

LAPORAN PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
TAHUN ANGGARAN 2009
(ENERGI TERBARUKAN)



PEMANFAATAN SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI
BIOETANOL SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

Oleh:
Kusnadi, M.Si
Dra. Ammi Syulasmu, M.S
Drs. Yusuf Hilmi Adisendjaja, M.Sc

JURUSAN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2009

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini penyediaan energi dunia sangat tergantung pada minyak bumi yang ketersediaannya terus berkurang. Demikian juga di Inonesia, sejak beberapa tahun terakhir ini mengalami penurunan produksi minyak bumi nasional yang disebabkan oleh berkurangnya cadangan minyak di Indonesia. Cadangan minyak Indonesia saat ini hanya tinggal 18 tahun lagi setelah itu kemungkinan besar akan habis (Departemen ESDM, 2007).

Bahan bakar minyak berasal dari minyak bumi yang merupakan sumber energi fosil yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan BBM dapat menimbulkan dampak pencemaran lingkungan serta sebagai pemicu terjadinya fenomena pemanasan global (*global warming*). Oleh karena itu perlu penggalan sumber energi baru sebagai alternatif pengganti BBM.

Penelitian mengenai energi terbarukan terus dikembangkan, bahkan menjadi salah satu program pemerintah untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang ketersediaanya terus berkurang. Saat ini produk energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan adalah bioethanol dan Biodiesel. Bioetanol memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi alternatif lainnya. Etanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi, dan ramah lingkungan (Handayani, 2007). Disamping itu substrat untuk produksi bioethanol

cukup melimpah di Indonesia. Produk ini diharapkan nantinya bisa menggantikan bahan bakar minyak kendaraan bermotor dan mesin industri.

Bahan baku yang banyak diteliti untuk produksi bioetanol diantaranya adalah singkong dan tetes tebu (molase). Namun, belakangan harga singkong di pasaran terus merambat naik seiring tingginya minat pabrik dan produsen bioetanol untuk mengolah singkong dan juga tetes tebu menjadi bioetanol. Sehingga perlu dicari bahan baku lain pengganti singkong tersebut. Salah satu substrat yang potensial untuk dijadikan bahan baku adalah limbah organik seperti sisa pertanian, sampah pasar dan sampah rumah tangga.

Sampah merupakan salah satu masalah global yang terjadi dalam kehidupan kita sekarang ini. Berbagai jenis sampah, seperti sampah padat-cair, organik-anorganik banyak dibuang percuma dan menimbulkan banyak efek negatif kepada lingkungan. Kurangnya sekali usaha pemanfaatan sampah menimbulkan volume sampah semakin bertambah setiap harinya seiring dengan meningkatnya aktivitas penduduk yang diakibatkan oleh peningkatan jumlah penduduk dan gaya hidup yang berkembang saat ini.

Menurut pramono (2004) dari total sampah organik kota, sekitar 60% merupakan sayur-sayuran dan 40% merupakan daun-daunan, kulit buah-buahan dan sisa makanan.. Sampah organik terutama sampah sayuran dan buah-buahan banyak mengandung selulosa, pati, gula, dan hemiselulosa (Nugraha, 2008), sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol. Oleh karena itu bioethanol dari sampah organik memiliki potensi untuk dikembangkan agar dapat menjadi salah satu solusi permasalahan energi di Indonesia.

Akan tetapi pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa tidaklah mudah dan memerlukan peralatan dengan teknologi tinggi. Dalam pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa memerlukan proses *pretreatment* yakni tahap perlakuan awal untuk menghilangkan kandungan lignin dalam lignoselulosa dan menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa itu sendiri menjadi gula sederhana yang selanjutnya dikonversi menjadi etanol. Proses *pretreatment* yang dilakukan bisa dengan tiga cara, yakni secara fisik dengan panas dan tekanan tinggi, secara kimia dengan menggunakan asam encer, serta secara biologis dengan menggunakan agen biologis. Disamping itu untuk mengoptimalkan proses fermentasi etanol, agar dapat diperoleh hasil dan produktivitas etanol yang tinggi, maka dibutuhkan kondisi yang optimum seperti jenis dan jumlah inokulum mikroba, penambahan gula, pH substrat, suhu inkubasi dan lain-lain

Sehubungan dengan hal tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan sampah organik sebagai substrat untuk produksi bioetanol, dengan harapan dapat diketahui metode yang tepat *pretreatment* selulosa sampah organik serta jenis dan konsentrasi inokulum (mikroba) yang paling baik untuk fermentasi etanol. Selain itu dapat ditemukan kondisi lingkungan fermentasi yang optimum dalam produksi bioetanol dari sampah organik.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:
“Bagaimanakah proses fermentasi bioetanol dari sampah organik dengan menggunakan kultur ragi untuk menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi ?

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Sampah Organik yang dipakai adalah campuran sampah organik sayuran dan buah-buahan yang berasal dari pasar Ciroyom Bermartabat Kodya Bandung
2. Sampah sayuran yang dipakai terutama sampah sayuran basah yang kadar airnya cukup tinggi yakni kubis, sawi putih, sawi hijau, dan wortel. Sementara buah-buahan yang dipakai adalah tomat.
3. Jenis Ragi yang digunakan adalah ragi tape dan ragi roti serta kultur murni *Saccharomyces cerevisiae*
4. Konsentrasi ragi yang dipakai adalah 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/v.
5. Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan adalah 0%, 3%, 5%, dan 7% v/v
6. Parameter yang diamati yaitu kadar alkohol, kadar gula reduksi, dan pH

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui metode pretreatment terbaik pada produksi bioetanol dari sari sampah organik
2. Untuk mengetahui jenis ragi terbaik dalam produksi bioetanol sampah organik
3. Untuk mengetahui kondisi fermentasi yang optimum untuk produksi bioetanol dari sampah organik
4. Menemukan teknologi tepat guna yang dapat diterapkan di masyarakat untuk produksi bioetanol dari sampah organik.

E. Keutamaan dan Luaran Penelitian

Indonesia saat ini dituntut untuk mengambil langkah strategis, berjangka panjang, dan berkesinambungan dalam masalah kebijakan energi. Sumber energi yang tidak terbarukan (*non-renewable*) tingkat ketersediaanya semakin berkurang. Disamping

itu dampak negative yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan bakar minyak semakin buruk yang diakibatkan oleh sisa pembakaran energi yang tidak ramah lingkungan tersebut. Saat ini teknologi yang berpeluang dikembangkan sebagai pengganti energi tidak terbarukan tersebut adalah bioetanol (Prihandana, 2007)

Menurut priandana (2007), bioetanol memiliki berbagai macam fungsi dan keunggulan, yaitu berfungsi sebagai octane booster, artinya mampu menaikkan angka oktan dengan dampak positif terhadap efisiensi bahan bakar dan menyelamatkan mesin, sebagai *oxygenating agen*, yakni mengandung oksigen yang tinggi sehingga menyempurnakan pembakaran bahan-bakar dengan efek positif meminimalkan pencemaran udara, dan berfungsi sebagai *fuel extender* yaitu dapat menghemat bahan bakar fosil.

Oleh karena itu penelitian ilmiah tentang energi terbarukan (bioetanol) yang diproduksi dari bahan yang jumlahnya melimpah sangat penting untuk dilakukan. Selain untuk mencari bahan bakar baru yang ramah lingkungan. Penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui proses yang paling baik dan paling optimum dalam produksi bioetanol tersebut.

Luaran dari penelitian ini adalah dapat ditemukan teknologi tepat guna produksi bioetanol dari limbah pertanian yang sederhana, sehingga mudah untuk diaplikasikan di masyarakat. Lebih jauh dapat berpeluang untuk dapat diproduksi secara masal pada masa sekarang dan di masa yang akan datang. Sehingga dapat berimplikasi pada aspek ekonomi dan lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah Organik

Sampah (*refuse*) adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), tetapi bukan biologis (karena *human waste* tidak termasuk didalamnya) dan umumnya bersifat padat (Setyorini,2005).

Sumber sampah bisa bermacam-macam, diantaranya adalah dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri, dan jalan. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat. Peningkatan aktivitas manusia, lebih lanjut menyebabkan bertambahnya sampah. Faktor yang mempengaruhi jumlah sampah selain aktivitas penduduk antara lain adalah jumlah atau kepadatan penduduk, sistem pengelolaan sampah, keadaan geografi, musim dan waktu, kebiasaan penduduk, teknologi serta tingkat sosial ekonomi (Depkes RI.,1987).

Berdasarkan komposisi kimianya, maka sampah dibagi menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Penelitian mengenai sampah padat di Indonesia menunjukkan bahwa 70% merupakan sampah organik, dan diperkirakan hampir seluruh dari sampah tersebut dapat digunakan kembali (Pramono,2004). Menurut Murtadho dan Said (1987), sampah dibedakan menjadi sampah organik yang mudah membusuk (misalkan sisa

makanan, sampah sayuran, dan kulit buah) dan sampah anorganik yang tidak mudah membusuk (misalkan plastik dan kertas). Kegiatan atau aktivitas pembuangan sampah merupakan kegiatan yang tanpa akhir. Oleh karena itu diperlukan sistem pengelolaan sampah yang baik. Sementara itu, penanganan sampah perkotaan mengalami kesulitan dalam hal pengumpulan sampah dan upaya mendapatkan tempat atau lahan yang benar-benar aman (Soeryani et al,1997 *dalam* Setyorini,2005). Maka pengelolaan sampah dapat dilakukan secara preventif, yaitu memanfaatkan sampah salah satunya seperti usaha penggunaan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol.

Menurut pramono (2004) dari total sampah organik kota, sekitar 60% merupakan sayur-sayuran dan 40% merupakan daun-daunan, kulit buah-buahan dan sisa makanan. Dengan tingginya komposisi sayur-sayuran ini maka hal ini merupakan potensi yang besar untuk dimanfaatkan untuk produksi bioethanol. Sampah organik terutama sampah sayuran dan buah-buahan banyak mengandung pati, gula, dan hemiselulosa (Nugraha, 2008), sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol. Oleh karena itu bioethanol dari sampah organik baik untuk dikembangkan agar dapat menjadi salah satu solusi permasalahan energi di Indonesia.

B. Bioetanol

Etanol atau *etil alkohol* merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah terbakar, larut dalam air, *biodegradable*, tidak karsinogenik, dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan (Anonim,2008). Alkohol yang diproduksi secara biologi, yang umum adalah ethanol, dan yang kurang umum adalah propanol dan butanol. Etanol (C₂H₅OH) adalah cairan biokimia yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat

menggunakan bantuan mikroorganisme, karena pembuatannya melibatkan proses biologis, produk etanol yang dihasilkan diberi nama bioetanol (Yudiarto, 2007). Substrat karbohidrat yang dapat difermentasikan menjadi alkohol antara lain (dari berbagai sumber): bahan bergula (*sugary materials*), bahan-bahan berpati (*starchy materials*), bahan-bahan lignoselulosa (*lignosellulosic material*) yakni sumber selulosa dan lignoselulosa berasal dari limbah pertanian, salah satunya adalah sampah sayur (Chemiawan, 2007).

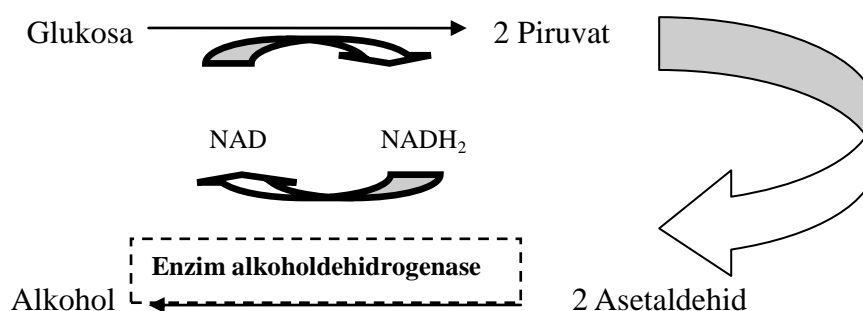
Tabel 2.1. Sifat Fisik Etanol

Massa molekul relatif	46,07 g/mol
Titik beku	-114,1°C
Titik didih normal	78,32°C
Dentitas pada 20°C	0,7893 g/ml
Kelarutan dalam air 20°C	sangat larut
Viskositas pada 20°C	1,17 cP
Kalor spesifik, 20°C	0,579 kal/g°C
Kalor pembakaran, 25°C	7092,1 kal/g
Kalor penguapan 78,32°C	200,6 kal/g

Sumber: Rizani (2000)

Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan CO₂ oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Karbohidrat akan dipecah dahulu menjadi gula sederhana yaitu dengan hidrolisa pati menjadi unit-unit glukosa (Fardiaz, 1988: 46). Dalam tahap pertama fermentasi glukosa selalu terbentuk asam piruvat melalui jalur *Embden Meyerhof Parnas* (EMP) atau glikolisis.

Menurut Schlegel (1994), piruvat tersebut diubah menjadi alkohol melalui dua tahap yaitu pertama, piruvat didekarboksilasi menjadi asetaldehid oleh *piruvat dekarboksilase* (1) dengan melibatkan tiamin pirofosfat dan tahap kedua asetaldehid oleh *alkohol dehidrogenase* (2) direduksi dengan NADH_2 menjadi alkohol. Perubahan glukosa menjadi alkohol dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 2. 1. Skema Perubahan Glukosa Menjadi Alkohol

Selain alkohol, dihasilkan juga sejumlah senyawa lain seperti asam suksinat, amilalkohol dan gliserol. Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap fermentasi alkohol diantaranya konsentrasi inokulum, lama fermentasi, nutrisi dan pH. Menurut Buckle *et al.* (2007: 88) konsentrasi inokulum yang ditambahkan ke dalam medium fermentasi adalah 5% dari volume keseluruhan. Sumber karbon bagi *S. cerevisiae* biasanya sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, manosa dan maltosa (Judoamidjojo, 1992: 27). Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu dari beberapa faktor penting yang mempengaruhi fermentasi alkohol. Derajat keasaman optimum untuk proses fermentasi adalah antara 4-5. Pada pH dibawah 3, proses fermentasi alkohol akan berkurang kecepataannya (Samsuri *et al.*, 2007: 20).

Proses pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa dalam persamaan kimia sederhana adalah sebagai berikut (Scheper, 2007) :

Lignoselulosa -----*Enzim sellulase*--> Selobiosa dan Glukosa (C₆H₁₂O₆)

Selobiosa + H₂O_(aq) -----> C₆H₁₂O_{6 (aq)} + C₆H₁₂O_{6 (aq)}

C₆H₁₂O_{6 (aq)} -----> C₂H₅OH_(aq) + 2 CO_{2 (g)}

Adapun tahap-tahap dalam pembuatan bioethanol ini adalah sebagai berikut :

Fermentasi : Bahan baku dimasukan kedalam fermentor. Di dalam fermentor ini ditambahkan nutrisi untuk ragi *Sacharomyces cerevisiae* dan bahan lainya berupa malt, barley sprout, dan beberapa bahan lainnya. Fermentasi dilakukan dalam waktu 6 hari. Selama proses fermentasi suhu dipertahankan tetap rendah untuk mengurangi pembentukan asam asetat atau produk fermentasi selain ethanol.

Destilasi : Larutan hasil fermentasi dialirkan ke kolom distilator untuk memurnikan bioethanol. Dan etanol pun siap digunakan.

Dehidrasi: Yakni proses pemurnian dengan cara mengurangi kadar air bioethanol.

Dalam proses produksi bioetanol dari bahan lignoselulosa, diperlukan proses perlakuan awal (*pretreatmen*)t. Yakni proses perlakuan awal sebelum substrat difermentasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dalam substrat, serta untuk mengubah polisakarida menjadi gula sederhana yang selanjutnya akan difermentasi oleh ragi menjadi etanol. Secara umum, teknologi selulosik etanol dapat dibagi menjadi dua kelompok utama: biokimia dan termokimia. Teknologi biokimia untuk memproduksi etanol selulosa meliputi hidrolisis (pemecahan) sebagian besar fraksi selulosa dan hemiselulosa dari biomassa menjadi gula penyusunnya.

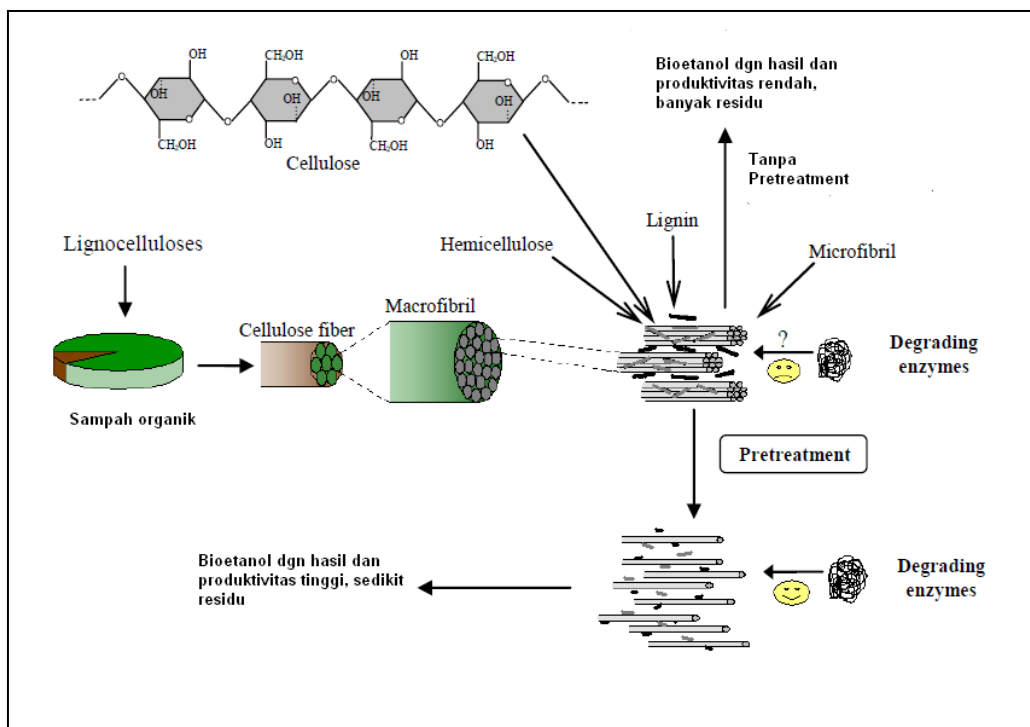
Teknologi Biokimia dapat dikelompokkan lagi menjadi tiga sub kelompok berdasarkan metode hidrolisis yang digunakan, yaitu: 1) hidrolisis asam encer (*dilute acid hydrolysis*), 2) hidrolisis asam pekat (*concentrated acid hydrolysis*), dan 3)

hidrolisis enzymatic (*enzymatic hydrolysis*) (NREL, 2008). Setelah tahap hidrolisis tersebut dilakukan tahap fermentasi, tahapan fermentasi merupakan tahapan penting dari semua kelompok di atas, tetapi teknik fermentasi bervariasi tergantung pada organisme yang digunakan dan metode fermentasinya.

1. Teknologi hidrolisis asam encer (*dilute acid hydrolysis*) adalah teknologi tertua untuk memproduksi etanol selulosik dari biomassa. Secara umum hidrolisis asam encer terdiri dari dua tahap. Pada tahap pertama sebagian besar hemiselulosa akan terhidrolisis. Tahap kedua dioptimasi untuk menghidrolisis selulosa sehingga menghasilkan glukosa yang selanjutnya akan difermentasikan. Jenis asam encer yang biasanya digunakan untuk hidrolisis ini adalah H₂SO₄ encer.
2. Teknologi biokimia yang ke dua yaitu hidrolisis asam pekat (*concentrated acid hydrolysis*), yang meliputi proses dekrystalisasi selulosa dengan asam pekat (Misalnya H₂SO₄) dan dilanjutkan dengan hidrolisis selulosa dengan asam encer. Tantangan utama dari teknologi ini adalah pemisahan gula dengan asam, recovery asam, dan rekonsentrasi asam (Scheper, 2007).
3. Metode hidrolisis ke tiga adalah hidrolisis enzimatis mirip dengan proses-proses di atas yaitu dengan mengganti asam dengan enzim. Teknik ini dikenal dengan teknik Hidrolisis dan Fermentasi Terpisah (SHF, *Separated Hydrolysis and Fermentation*). Hidrolisis dengan enzim tidak membuat atau menghasilkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung proses biologi/fermentasi seperti pada hidrolisis dengan asam, kondisi ini memungkinkan untuk dilakukan tahapan hidrolisis dan fermentasi secara bersamaan yang dikenal dengan *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Teknik ini

menggunakan kombinasi enzim sellulase dan mikroorganisme fermentasi, gula yang dihasilkan dari hidrolisis enzim selulase dapat secara segera diubah menjadi etanol oleh mikroba. Tiga fraksi enzim sellulase dihasilkan dari fungi mesofilik misalnya *Trichoderma resei* atau dari bakteri termofil selulolitik seperti *Themotoga*, *Anaerocellum*, *Rhodothermus*, *Clostridium*, *Thermoascus*, *Thermophilum*, *Acremonium* (Scheper, 2007 ; Kavanagh, 2005).

Selama beberapa tahun terakhir berbagai teknik *pretreatment* telah dipelajari melalui pendekatan biologi, fisika, kimia. Menurut (Sun & Cheng, 2002) *pretreatment* seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini: 1) meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula pada proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatik; 2) menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat; 3) menghindari pembentukan produk samping yang dapat menghambat proses hidrolisis dan fermentasi, 4) biaya yang dibutuhkan ekonomis.



Gambar 2.2 Tahapan proses hidrolisis dan fermentasi sampah organik lignoselulosa untuk produksi bioetanol.

Dalam proses fermentasi bioetanol terdapat faktor-faktor yang dapat memicu dan menghambat proses produksi bioetanol. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan dari fermentasi adalah mikroorganisme dan media yang digunakan, adanya komponen media yang dapat menghambat pertumbuhan serta kemampuan fermentasi mikroorganisme dan kondisi selama fermentasi (Astuty, 1991). Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan selama fermentasi adalah pemilihan khamir, konsentrasi gula, keasaman, ada tidaknya oksigen dan suhu ruangan tempat fermentasi.

C. Ragi

Ragi atau *fermen* ialah zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi ragi tersebut. Media biakan ini dapat berupa butiran butiran kecil atau cairan nutrient. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan dan minuman seperti roti, tempe, bir, dll. Mikroorganisme yang digunakan dalam ragi umumnya terdiri dari berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang). Yaitu *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Endomycopsis*, *Sacharomyces*, *Hansenula* anomala, dan lain sebagainya.

Ada tiga jenis ragi yang umum dikenal yaitu ragi roti, ragi tape, dan ragi tempe. Ragi roti dan ragi tape mengandung jenis mikroba yang sama yaitu *Sachcharomyces cerevisiae*, sedangkan ragi tempe adalah jenis *Rhizopus*.

Dwidjoseputro & Wolf (1970) merupakan salah satu peneliti pertama yang berusaha mengidentifikasi mikroorganisme dari ragi tape dan berhasil mengidentifikasi dua spesies khamir yaitu *Candida lactosa* dan *Pichia malanga*. Djien (1972) adalah

peneliti lain yang berhasil mengidentifikasi kapang *Chlamydomucor oryzae*, lima spesies dari genus *Mucor* dan satu spesies *Rhizopus*, serta khamir *Pichia burtonii* dan *Endomycopsis fibuliger* dari ragi tape.

Penelitian-penelitian terbaru mengungkapkan spesies-spesies lain yang terdapat dalam ragi tape selain yang telah disebutkan di atas, antara lain khamir *Candida utilis* dan *Saccharomyces cerevisiae*, serta bakteri *Pediococcus* sp. dan *Bacillus* sp. (Gandjar 2003).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan mikroorganisme yang terdapat di dalam ragi tape adalah kapang *Amylomyces rouxii*, *Mucor* sp., dan *Rhizopus* sp.; khamir *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomycopsis malanga*, *Pichia burtonii*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Candida utilis*; serta bakteri *Pediococcus* sp. dan *Bacillus* sp.

Ragi mengandung enzim *zimase* yang bertindak sebagai katalis untuk mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Fruktosa dan glukosa kemudian bereaksi dengan enzim *invertase* yang mengubahnya menjadi alkohol (ethanol) dan karbondioksida. Proses fermentasi berlangsung selama 3-7 hari dan berlangsung Pada temperatur 25-30 0C. Fungsi enzim *alfa amilase* 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. Pada awal fermentasi masih diperlukan oksigen untuk pertumbuhan dan perkembangan *Sacharomyces cereviseae*, tetapi kemudian tidak dibutuhkan lagi karena kondisi proses yang diperlukan adalah anaerob. Sebelum dilakukan proses fermentasi dilakukan proses sterilisasi dan proses penyiapan inokulum.

Sterilisasi dilakukan terhadap bahan dan alat sehingga terbebas dari kontaminasi mikroorganisme lain.

D. Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae memiliki sel berbentuk ellipsoid atau silindir (Hidayat *et al.*, 2006: 21). Ukuran sel antara 5-20 mikron, biasanya 5-10 kali lebih besar dari ukuran bakteri dan merupakan mikroorganisme bersel tunggal, tidak bergerak sehingga tidak memiliki struktur tambahan di bagian luarnya seperti flagella (Buckle *et al.*, 2007: 95). *Saccharomyces cerevisiae* termasuk khamir uniseluler. Khamir ini bersifat nonpatogenik dan nontoksik, sehingga sejak dahulu banyak digunakan dalam berbagai proses fermentasi seperti pada pembuatan roti, asam laktat, dan alkohol (Lee, 1992 dalam Thontowi *et al.*, 2007: 253).

Saccharomyces cerevisiae memerlukan kondisi lingkungan yang cocok untuk pertumbuhannya, yaitu nutrisi sebagai sumber energi terutama gula, pH optimum 4-5, temperatur optimum 28 °C - 30°C serta kebutuhan akan oksigen terutama pada awal pertumbuhan (Hidayat *et al.*, 2006: 181). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari pemecahan glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol dalam jumlah yang besar (Elevri & Putra, 2006: 105). Selain itu juga memiliki toleransi yang tinggi terhadap alkohol, toleransi terhadap alkohol pada variasi strain berbeda (Crueger, 1984: 105).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen karena terdapat suatu pengendalian perlakuan untuk memanipulasi objek penelitian disertai dengan adanya kontrol (Nazir, 1988).

B. Desain Eksperimen

Rancangan dasar penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) untuk perbedaan konsentrasi ragi yang diberikan. Penempatan sample dilakukan secara acak berdasarkan pengundian. Konsentrasi ragi yang digunakan pada uji pendahuluan, yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% b/v. sedangkan untuk uji utama digunakan konsentrasi ragi tape berturut-turut 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/v, sedangkan untuk perlakuan dengan *Saccharomyces cerevisiae* digunakan konsentrasi: 0%, 3%, 5% dan 7% v/v. Lama waktu fermentasi ditentukan berdasarkan hasil uji pendahuluan yakni selama 6 hari. Pengujian parameter kadar alkohol, kadar gula pereduksi, dan pH dilakukan dalam 2 hari sekali selama proses fermentasi.

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Biologi dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI Jalan Dr. Setiabudhi No.229 Bandung. Waktu penelitian dilakukan dari bulan Februari-November 2009.

D Alat dan Bahan Penelitian

Tabel 3.1 Alat – alat Penelitian

No	Alat-alat	Spesifikasi	Jumlah
1.	Alat destilasi skala industri	Produksi KSU Agromakmur, Solo	1 unit
2.	Botol Fermentasi	-	120 buah
3.	Blender	Merk Nasional	1 unit
4.	Botol penampung Bioetanol	-	4 unit
5.	Panci Penangas	-	2 buah
6.	Alkoholmeter	Produksi KSU Agromakmur	1 buah
7.	Gelas Beaker; labu Erlenmeyer 100 ml, 250ml, 500 mL; labu ukur 100 mL; gelas ukur 25 mL, 100 mL, 500 ml; lampu Spirtus, dan tabung reaksi	Merek Pyrex	
8	Kantung plastik steril	-	3 buah
9	Ember	-	5 buah
10	Oven	-	1 unit
11	Hotplat	-	1 unit
12	Kain penyaring	-	5 buah
13	Termometer	Alkohol	2 buah
14	Spektrofotometer	Milton Rey Spectronic 20+	1 unit
15.	Buret dan Statif	-	1 buah
16.	Pipet tetes dan volum	-	6 buah
17.	Plastik buram/ bening	-	1 pak
18.	Kamera digital	-	1 unit
19.	Kompor gas	-	1 unit
20.	Kertas label	-	1 bks
21.	Kompor gas	-	2 unit
22.	Alat destilator skala laboratorium		1 unit
23.	Autoklaf	EYELA model HL36AE	1 unit
24.	Shaker	EYELA model multi shaker MMS	1 unit

b. Bahan

Tabel 3.2. Bahan - bahan penelitian

No	Bahan – bahan	Spesifikasi	Jumlah
1.	Sampah organik	Sampah sayuran dan buah-buahan	500 kg
2.	Urea	Teknis	2 Kg
3.	Aquades.	Teknis	100 L
4.	Gula pasir	Teknis	10 kg
5.	NaOH 1 M	pa	50 liter
6.	NPK	Teknis	2 Kg
7.	Ragi Tape dan ragi roti	Ragi tape kuningan dan fermipan	4 Kg
8.	Alkohol absolut	pa	100 ml
9.	Phenolftalein	Teknis	500 ml
10.	Anhidrat asetat	Teknis	30 liter
11.	Asam Asetat (H ₂ SO ₄) pekat	Teknis	2 liter
12.	<i>Sacharomyces cereviceae</i>	Kultur murni	10 liter
13.	Reagen Somogyi I dan II	p.a	2 ltr
14.	Reagen Nelson	p.a	1 ltr

E. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap besar yakni **perlakuan awal** sampah organik (*pretreatment*) dan **tahap Fermentasi**. Pretreatment dilakukan dengan tiga cara, yaitu secara fisik dengan pemanasan suhu tinggi, cara biologi dengan penambahan EM4 serta cara kimia dengan hidrosilisis asam encer. Masing-masing *pretreatment* dilakukan fermentasi dengan dua macam ragi/ inokulum yang berbeda, yakni dengan ragi tape dan kultur murni *Saccharomyces cerevisiae*.

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan:

1. Tahap penelitian pendahuluan

Tahap ini meliputi: a). Pembuatan kurva baku Glukosa, b). Pembuatan kurva Standar Alkohol, c). Pengujian Kandungan Karbohidrat total Sari Sampah d). Penentuan Jenis Ragi terbaik. dan e). Penentuan lama waktu fermentasi

▪ Tahap penelitian Pretreatment Fisik

Tahapan ini meliputi: a). Pemanasan Sari Sampah dan fermentasi dengan Ragi Tape

b). Pemanasan Bubur sampah dan fermentasi dengan Ragi Tape, c). Pemanasan Sari sampah dan fermentasi dengan *Sacharomyces cereviceae* d). Pemanasan Bubur sampah dan fermentasi dengan *Sacharomyces cereviceae*

▪ **Tahap penelitian Pretreatment asam encer**

Tahapan ini meliputi a). Penentuan konsentrasi Asam (H_2SO_4), b). Pemanasan dengan asam encer dan fermentasi dengan ragi tape, c). Pemanasan dengan asam encer dan fermentasi dengan *Sacharomyces cereviceae*,

▪ **Tahap pretreatment dengan penambahan EM4**

▪ **Tahap pengujian produksi bioetanol skala Pilot Plan dan skala industri**

2. Prosedur dan langkah Kerja

a. Tahap Penelitian Pendahuluan

1). Pembuatan kurva baku glukosa

Sebelum dilakukan analisis kadar gula pereduksi pada sampel, maka terlebih dahulu dibuat kurva baku glukosa. Kurva baku glukosa menyatakan hubungan antara konsentrasi glukosa dengan kerapatan optik (panjang gelombang 520 nm). Kurva ini dibuat untuk menentukan harga konsentrasi larutan glukosa dengan pengukuran transmisi cahaya menggunakan spektrofotometer dengan metode Somogyi-Nelson (Kusnadi, 2001: 40).

2). Pembuatan kurva standar alkohol

Kadar alkohol pada sampel ditentukan dengan cara titrasi asam basa. Untuk mengetahui kadar alkohol pada sampel terlebih dahulu dibuat kurva standar alkohol yang menyatakan hubungan antara kebutuhan NaOH sebagai sebagai

sumbu x dan kadar alkohol sebagai sumbu y. Prosedur titrasi yang dilakukan mengikuti Hidayat (1995: 44) yang dimodifikasi sebagai berikut:

1) Pembuatan Larutan Blanko

Satu ml aquades dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian dimasukkan 1 ml asam anhidrida asetat dan 2 tetes phenolftalein. Selanjutnya NaOH 1 M dari buret diteteskan secara hati-hati ke dalam erlenmeyer tersebut sambil digoyang-goyangkan sampai warnanya berubah (dari tidak berwarna menjadi warna merah muda). Kemudian dicatat kedudukan skala pada buret.

2) Pengujian Larutan Alkohol Standar

Satu ml larutan alkohol standar (1-10%) dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 1 ml asam anhidrida asetat dan 2 tetes phenolftalein. Sambil digoyang-goyangkan, ke dalam erlenmeyer tersebut ditambahkan NaOH 1 M sampai terjadi perubahan warna (dari tidak berwarna menjadi warna merah muda). Kemudian dicatat kedudukan skala pada buret.

3). Pengujian kandungan karbohidrat total sari sampah

Pengujian kadar karbohidrat total dilakukan oleh Balai Besar Selulosa, Bandung.

4). Penentuan jenis ragi terbaik

a. Aktivasi Ragi

- Ragi roti dan Ragi tape ditimbang masing-masing sebanyak 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram dan 5 gram
- Masukkan 1 gram gula putih kedalam 10 ml air hangat ($\pm 40^{\circ}$ C)
- Tambahkan ragi kedalam larutan glukosa tersebut, masukan kedalam botol dalam kondisi anaerob

- Biarkan ragi selama 24 jam, setelah itu ragi bisa dipakai untuk fermentasi sari sampah

b. Proses fermentasi

- Sari sampah dimasukan ke dalam 20 botol fermentor masing-masing sebanyak 90 ml
- Kemudian kedalam fermentor tersebut dimasukan ragi roti dan ragi Tape yang telah diaktivasi sebelumnya.
- Dilakukan pengukuran kadar Alkohol, Glukosa, dan pH pada hari ke 0,2,4 dan 6

c. Pengukuran kadar Glukosa (Somogyi-Nelson)

- Ambil 2 ml sampel kedalam tabung reaksi
- Kemudian tambahkan 1,6 ml larutan Somogyi I dan 0,4 Larutan Somogyi II kemudian homogenkan dengan menggunakan vorteks
- Kemudian larutan disimpan dalam penangas selama 10 menit dan tabung ditutup dengan menggunakan kelereng
- Setelah 10 menit pindahkan tabung kedalam es kemudian tambahkan 2ml larutan Nelson dan 4ml Aquades, setelah itu homogenkan larutan
- masukan larutan dalam cuvet kemudian ukur dalam spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nm
- jika larutan terlalu pekat dan tidak terbaca pada spektrofotometer, ambil 1 ml larutan kemudian encerkan dengan menambahkan 9ml aquades.

d. Pengukuran pH: Pengukuran pH pada sari sampah dengan menggunakan pH indikator.

e. Pengukuran kadar alkohol

- Pada hari ke 0,2,4, dan 6, sari sampah hasil fermentasi dari fermentor diambil sebanyak 1 ml ke dalam labu erlenmeyer 100ml lalu ditambahkan 1 ml anhidrat asetat dan 2 tetes phenolftalein
- Kemudian titrasi dengan NaOH 1 M dari buret sampai terlihat perubahan warna menjadi warna merah muda kemudian kedudukan skala pada buret dicatat. Kadar alkohol pada sampel ditentukan dengan cara membandingkan NaOH yang dibutuhkan pada titrasi sampel dengan NaOH yang dibutuhkan pada alkohol standar.

5). Penentuan lama fermentasi terbaik

- a. Sari sampah hasil pengomposan dimasukan ke dalam 25 botol fermentor masing-masing sebanyak 100 ml
- b. Kemudian kedalam fermentor tersebut dimasukan Ragi Tape yang telah diaktivasi sebelumnya sebanyak 0 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, dan 10 % dengan 5kali pengulangan untuk tiap konsentrasi
- c. Dilakukan pengukuran kadar Alkohol, Glukosa, dan pH pada hari ke 0,3,6,9 dan 12

b. Tahap penelitian Pretreatment Fisik

Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap pengujian dengan pretreatment sari sampah dan tahap kedua adalah pengujian dengan pretreatment bubur sampah. Perbedaan dari kedua tahap ini adalah, pada tahap pertama sebelum dilakukan fermentasi sari sampah diberikan perlakuan secara fisik dengan pemanasan pada suhu 100⁰ C selama 30 menit. Sedangkan untuk tahap kedua pemanasan dilakukan pada tahap bubur sampah, setelah itu sari sampah diekstrak dari bubur sampah tersebut.

1. Fermentasi dengan Ragi tape

- Sari sampah dimasukan ke dalam 120 botol fermentor masing-masing sebanyak 100 ml
- Kemudian kedalam fermentor tersebut dimasukan Ragi Tape yang sebanyak 0 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, dan 10 % dengan 4 kali pengulangan untuk tiap konsentrasi
- setelah itu masukan larutan gula sebanyak masing-masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% sesuai dengan rancangan perlakuannya.
- Dilakukan pengukuran kadar Alkohol,Glukosa,dan pH pada hari ke 0,2,4, dan 6.

2. Fermentasi dengan *Saccharomyce cereviceae*

- Sari sampah dimasukan ke dalam 40 botol fermentor masing-masing sebanyak 100 ml
- Kemudian kedalam fermentor tersebut dimasukan inokulum *Sacharomyces cereviceae* sebanyak 0 %, 3 %, 5 %, 7 %, dengan 5 kali pengulangan untuk tiap konsentrasi
- Setelah itu ditambahkan larutan gula sebanyak masing-masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% sesuai dengan rancangan perlakuannya.
- Dilakukan pengukuran kadar Alkohol,Glukosa,dan pH pada hari ke 0,2,4, dan 6.

c. Tahap penelitian Pretreatment asam encer

1. Penentuan konsentrasi Asam (H_2SO_4)

Sebanyak 8 buah botol disiapkan dan diberi label, 4 botol pertama digunakan untuk sampah dengan pemberian Larutan H_2SO_4 1% dan 4 botol kedua untuk pemberian Larutan H_2SO_4 10%. Sebanyak 20 g sampel ditambah 20 ml Larutan dimasukan kedalam botol, tutup rapat dan dididihkan selama 45 menit

20 g Ampas sampah	+20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 1% →A1	} Panaskan
20 g Bubur sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 1% →B1	
20 g Cacahan sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 1% →C1	
20 ml Sari sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 1% →D1	
20 g Ampas sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 10% →A2	
20 g Bubur sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 10% →B2	
20 g Cacahan sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 10% →C2	
20 ml Sari sampah	+ 20 ml Larutan H ₂ SO ₄ 10% →D2	

Cacahan direndam dalam Larutan H₂SO₄ 1% dengan perbandingan 1:1 (2 kg Cacahansampah : 2 L H₂SO₄ 1%). Direbus selama 60 menit dalam panci tertutup. Lalu dibiarkan sampai panasnya berkurang, saring sebanyak 2x penyaringan. Penyaringan pertama menggunakan kain puring dan penyaringan kedua menggunakan kain lap dengan pori-pori yang lebih rapat. Setelah dipanaskan, masing-masing sampel dites dengan uji Somogy Nelson, sampel yang telah diberi reagen diukur dengan menggunakan Spectofotometer dengan absorbansi 100 dan transmittan 0.

2. Fermentasi dengan ragi tape

Berdasarkan hasil percobaan *pretreatment* kadar gula paling tinggi terdapat pada sampah yang dicacah Setelah didapat sampah dengan kadar gula tertinggi dilakukan tahap kedua, tretment yakni dengan memberi perlakuan ragi tape terhadap sampah dengan konsentrasi ragi tape 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5 % dalam 100 ml sari sampah dengan kadar gula 5%, dan inkubasi pada suhu

30°C. Parameter yang diukur adalah pH dengan menggunakan pH indikator, kadar alkohol dengan titrasi, dan kadar gula dengan metode somogy-nellson.

3. Fermentasi Dengan *Sacharomyce cereviceae*

Proses perlakuan dengan *Sacharomyce cereviceae* sama saja dengan perlakuan ragi tape. Yang berbeda hanya konsentrasi *Sacharomyce cereviceae* yang dipakai yakni 0%, 3%, 5%, dan 7%. Serta jumlah pengulangan sebanyak 5 pengulangan.

d. Tahap penelitian pretreatment dengan penambahan EM4 (*Effective microorganism*)

- a. sampah sayur sebanyak 250 Kg dipilih dan dicacah sampah berukuran kecil kemudian diaduk sampai homogen.
- b. kemudian sampah diberi activator pembusukan EM4 sebanyak 2500 ml dan diaduk sampai homogen.
- c. sampah yang telah diberi EM4 kemudian dimasukkan kedalam drum komposter
- d. sampah dibiarkan sampai 7 hari pembusukan untuk kemudian sari sampah hasil pembusukan diambil dan dimasukkan kedalam jerigen.
- e. selanjutnya dilakukan fermentasi dengan penambahan ragi tape dan ragi roti.

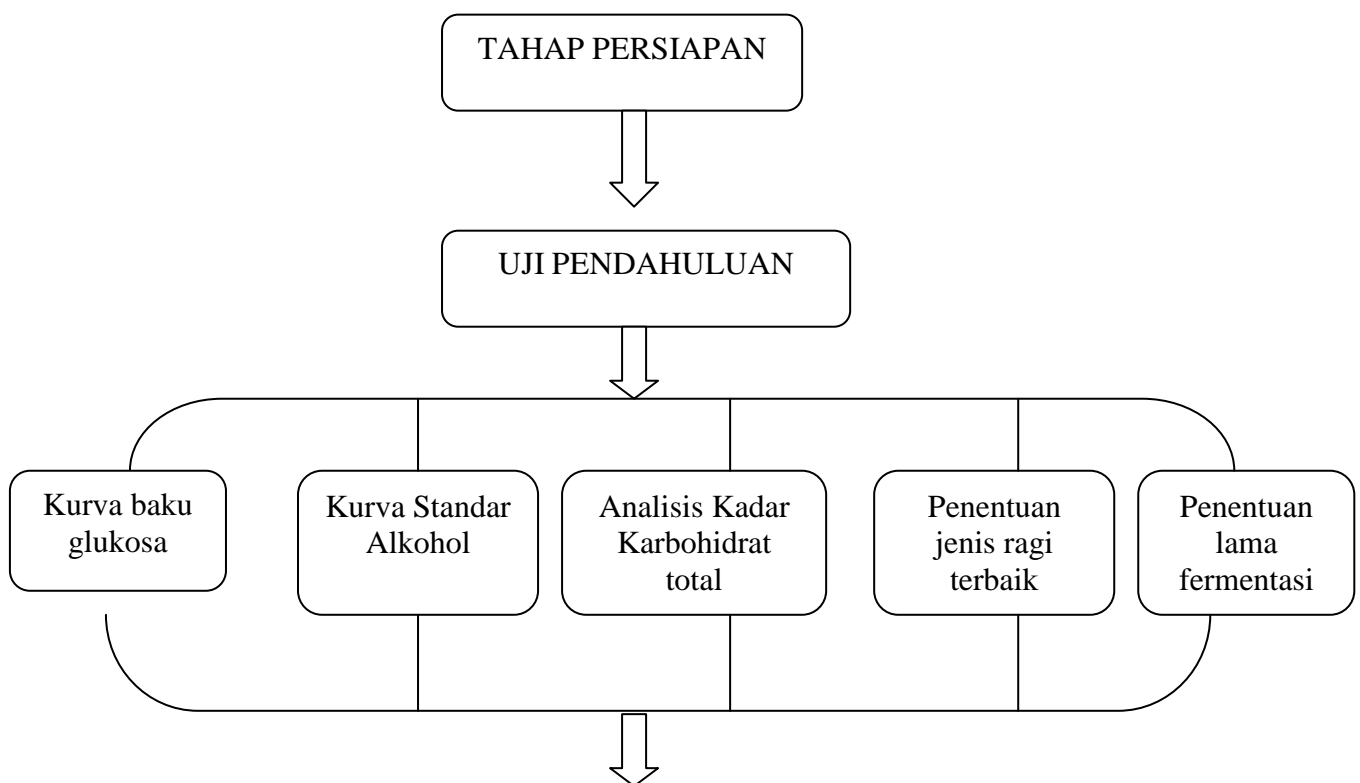
3.. Tahap penelitian Uji coba Fermentasi skala Pilot Plan dan skala industri

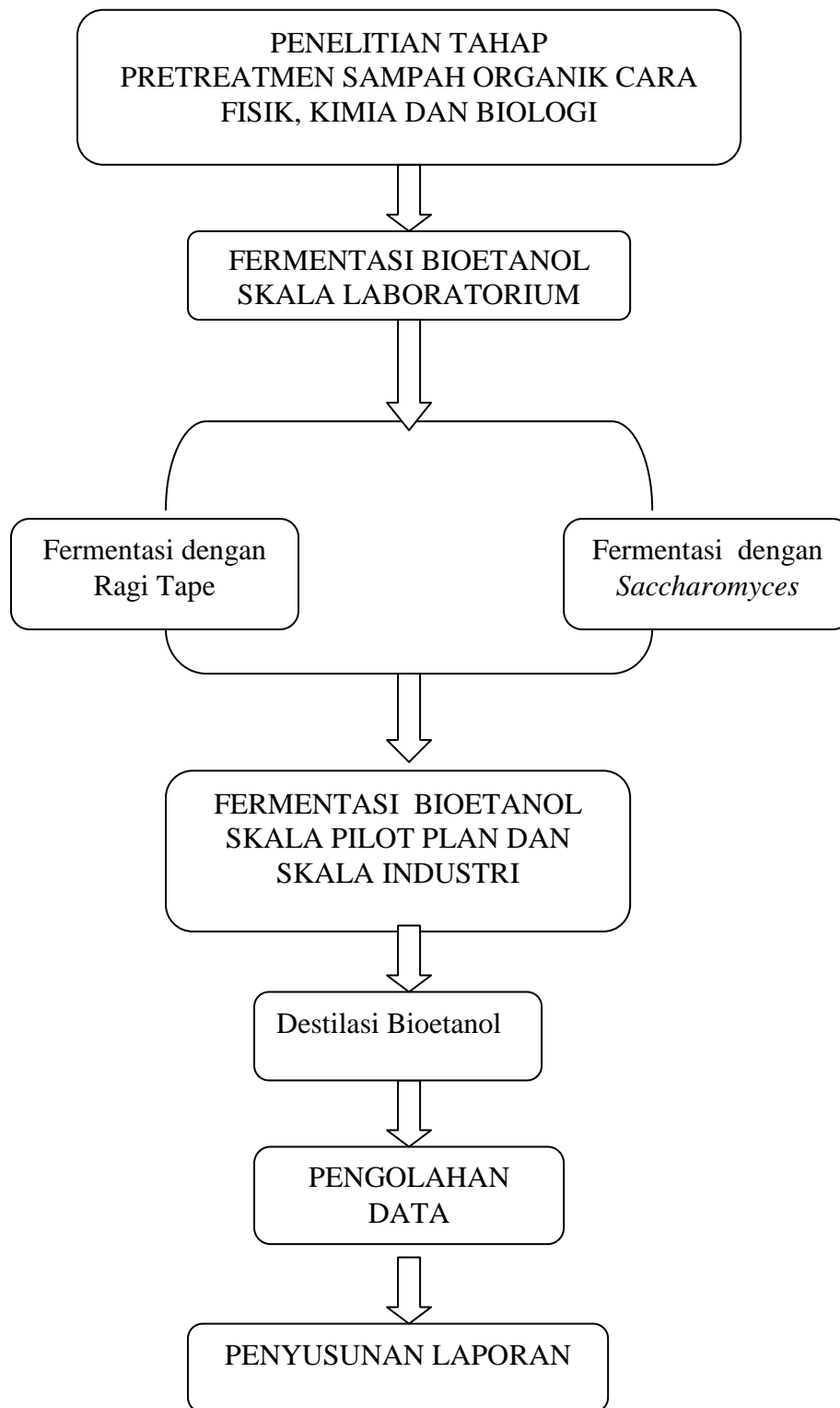
Pengujian tahap ini sebagai langkah lanjutan dari fermentasi skala laboratorium.. Pengujian skala pilot plan dilakukan dengan menguji hasil perlakuan yang memberikan rendemen bioetanol terbesar.

Sebanyak 8 kg sampah dicuci dan dihaluskan (diblender) sampai halus. Kemudian 2 kg bubur diperas untuk diambil sari nya kemudian dipanaskan. Sedangkan 2 kg lagi buburnya langsung dipanaskan dan kemudian diambil sari nya. Dan 4kg dipanaskan dengan larutan asam encer. Total sari sampah sampai 1 liter.

Kemudian ditambahkan masing-masing gula 5% sebanyak 100 ml (75g dalam 100 ml aquadest) kedalam larutan, homogenkan. Masukkan dalam labu Erlenmeyer, setelah dingin masukan ragi 3 % (60g ragi tape) lalu masukan dalam incubator suhu 30°C. Selanjutnya diinkubasi selama 6 hari dan dilakukan destilasi dengan alat destilator skala laboratorium. Selanjutnya hasil destilasi diukur kadar alkoholnya dengan menggunakan alkohol meter. Untuk uji coba fermentasi bioetanol skala industri sebanyak 100 liter sari sampah yang telah di perlakuan awal, dimasukkan dalam tong dan diferemntasi selama 6 hari pada suhu kamar, kemudian di destilasi dengan menggunakan destilator skala industri dan selanjutnya hasil destilasi diukur kadar alkoholnya dengan menggunakan alkohol meter.

F. Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian fermentasi bioetanol dari sampah organik

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji pendahuluan

1. Pengujian kandungan karbohidrat total

Berdasarkan hasil analisis sampel sari sampah organik yang dilakukan di Laboratorium pengujian Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK Bandung) diperoleh kandungan karbohidrat seperti tabel 4.1 dibawah ini.

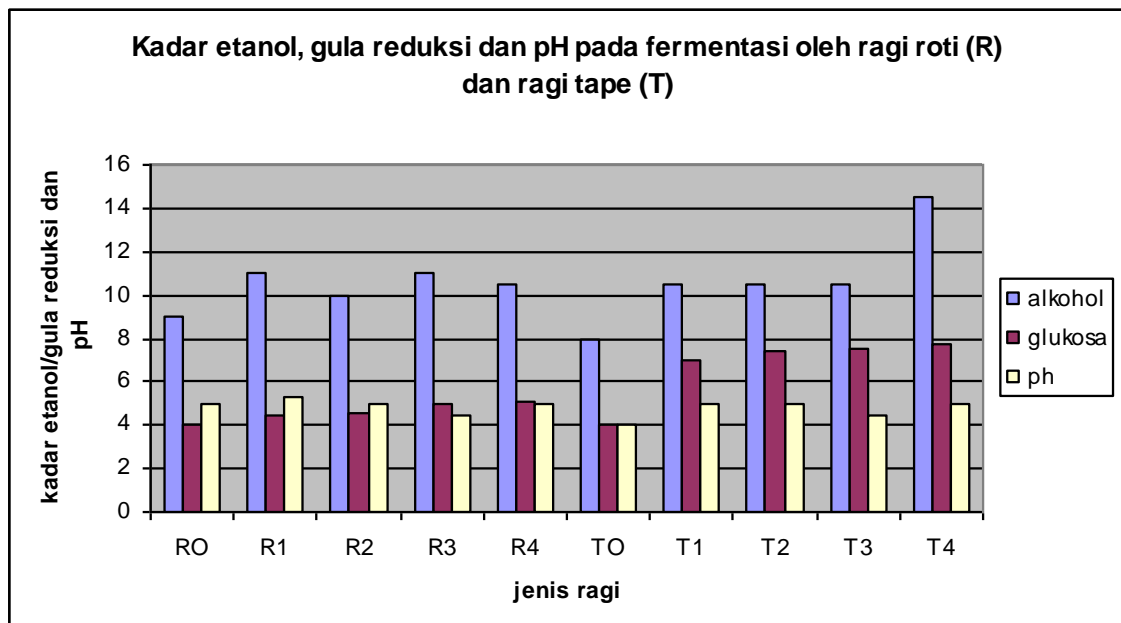
Tabel 4.1 Kandungan karbohidrat total

Sampel	Kadar lignin (ppm)	Kadar pentosan (ppm)	Total selulosa (%)
Sari sampah sebelum dipanaskan	350 ppm	700 ppm	1.125
Sari sampah setelah dipanaskan	75 ppm	700 ppm	1.3

Dari tabel di atas dapat terlihat bahwa sari sampah dari sisa sayuran dan buah-buahan mengandung senyawa kompleks lignoselulosa terdiri dari: lignin, pentosan dan selulosa. Secara keseluruhan kadar karbohidrat total meningkat setelah sari sampah diberi perlakuan fisik dengan pemanasan. Sedangkan untuk kadar lignin mengalami penurunan. Hal ini berarti perlakuan pemanasan sari sampah telah bisa mendegradasi kandungan karbohidrat dan menghilangkan lignin yang terdapat dalam sari sampah tersebut.

2. Penentuan Jenis ragi Terbaik

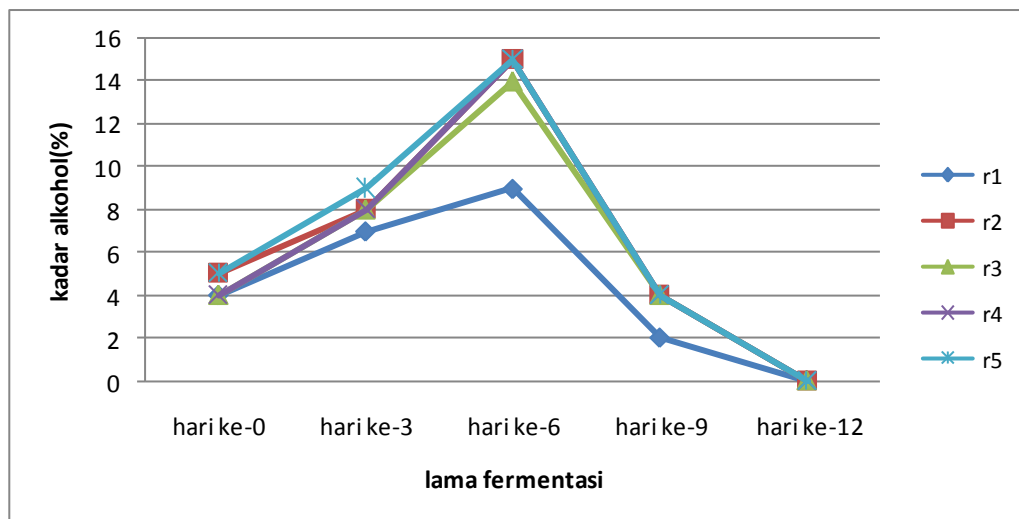
Data hasil penelitian dengan perlakuan dua jenis ragi, yaitu ragi tape dan ragi roti menunjukkan bahwa ragi yang menghasilkan kadar alkohol tertinggi adalah ragi tape dengan kadar ragi 5%. Rata-rata kadar alkohol meningkat setiap hari sampai hari ke-6. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 dibawah ini, rata-rata fermentasi dengan menggunakan ragi tape menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi daripada fermentasi dengan ragi roti. Kadar gula total yang terukur menunjukkan bahwa kadar gula cenderung naik turun. Sedangkan untuk kadar pH relative stabil berkisar antara 3-5. Perlakuan ragi tape menghasilkan etanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan ragi roti, karena ragi tape selain mengandung jenis khamir juga mengandung jenis kapang yang dapat menghidrolisis selulosa atau pati pada sari sampah menjadi gula sederhana dan selanjutnya dikonversi menjadi etanol oleh jenis khamir.



Gambar 4.1 Grafik kadar etanol, gula reduksi dan nilai pH pada fermentasi etanol sari sampah dengan perlakuan ragi roti (R) dan ragi tape (T)

3. Penentuan lama fermentasi terbaik

Penentuan lama fermentasi terbaik dilakukan dengan menggunakan ragi tape dengan konsentrasi yang berbeda. Pengukuran dilakukan selama 12 hari. Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa semua jenis perlakuan menunjukkan kadar etanol yang paling tinggi pada hari ke-6. Setelah hari ke-6 kadar alkohol mengalami penurunan (lampiran 4), sehingga pada hari ke-12 alkohol sudah tidak terukur lagi. Hal ini karena alkohol mengalami fermentasi lanjutan menjadi asam asetat.



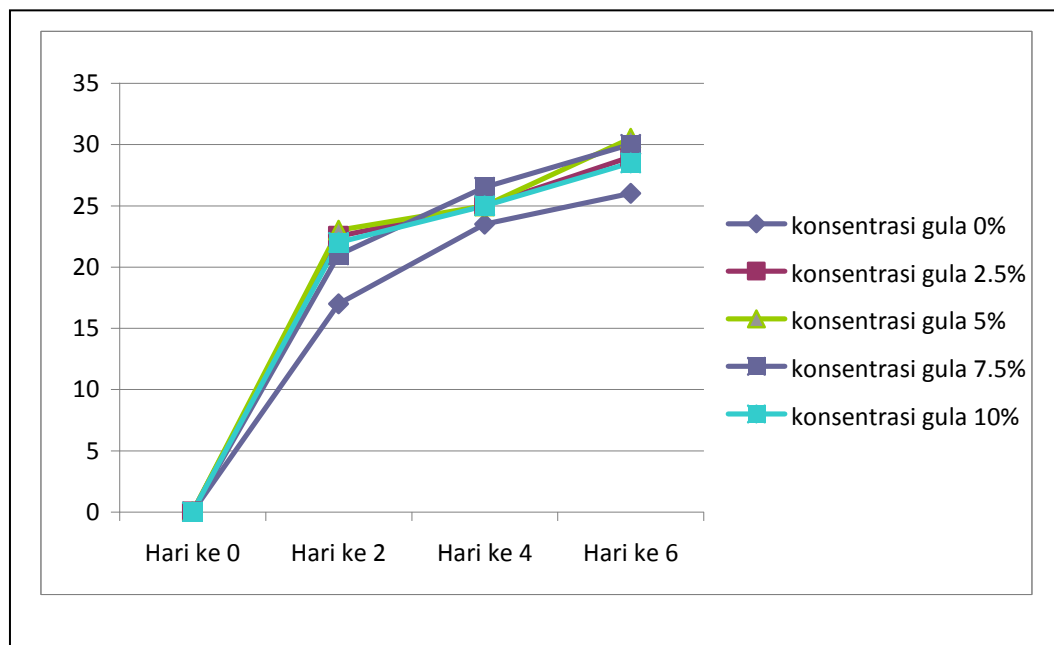
Gambar 4.2 Grafik kadar alkohol berdasarkan lama fermentasi

B. Perlakuan pretreatment fisik

Perlakuan dengan pretreatment fisik ini dilakukan dengan pengujian dua jenis ragi yang berbeda, yakni ragi tape dan kultur murni *Sacharomyces cereviceae*. Untuk perlakuan dengan fermentasi ragi tape dibedakan lagi antara pemanasan pada tahap sari sampah, dan pemanasan pada tahap bubur sampah. Begitu pula untuk *S.cerevisiae*. pada masing-masing perlakuan dibedakan kadar ragi yang diberikan dan kadar gula awal yang ditambahkan sebelum proses fermentasi.

1. Pemansan sari sampah dan fermentasi dengan ragi tape

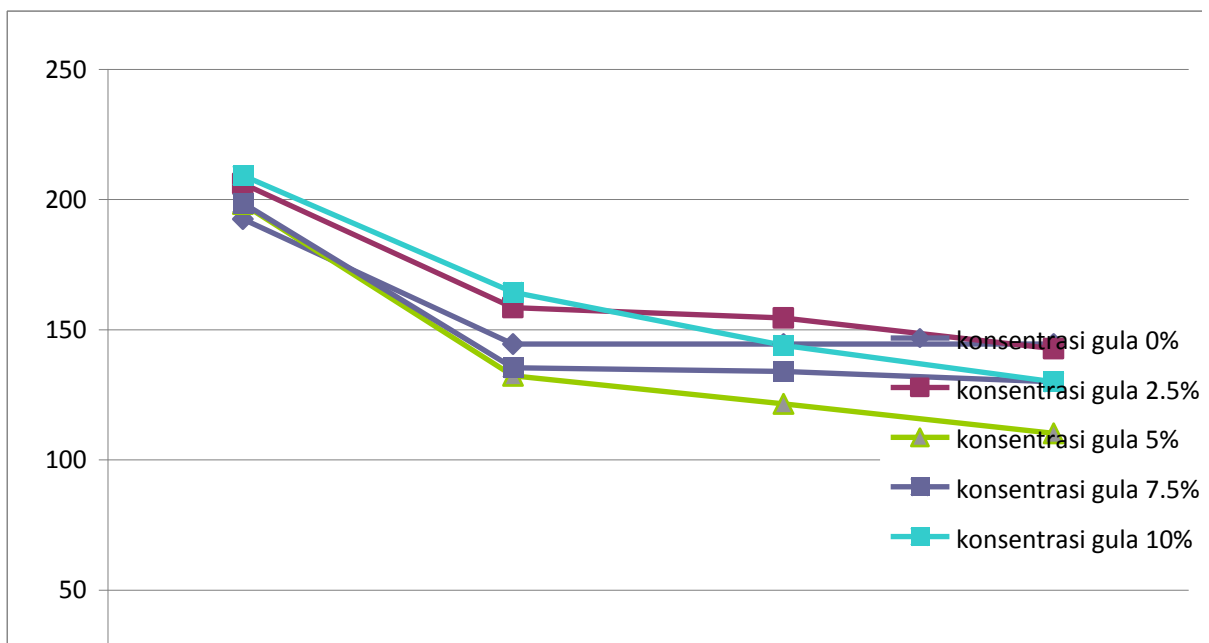
Berdasarkan analisis kandungan alkohol yang dihasilkan dengan berbagai konsentrasi ragi yang berbeda, alkohol tertinggi dihasilkan pada hari ke-6 seperti terlihat pada lampiran 5. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian statistika dengan metode post Hac, treatment yang memiliki selisih terbesar adalah pada hari ke-6. Artinya, pada hari ke-6 kadar alkohol yang dihasilkan akan sangat banyak bila dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Terlihat pada kolom Mean Difference bahwa yang memiliki selisih terbesar adalah hari ke-6. Dan perbedaannya pun signifikan, dapat dilihat dari kolom Sig. pada tabel yang bernilai 0.000 dan nilai tersebut kurang dari taraf signifikansi penelitian yaitu 5%. Secara keseluruhan semua perlakuan pada konsentrasi ragi tape 3% menunjukkan kadar alkohol yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar alkohol dari perlakuan lain.



Gambar 4.3 Grafik kadar etanol dengan perlakuan pemanasan sari sampah dengan penambahan ragi tape 3%

Dari grafik di atas terlihat bahwa perlakuan yang memberikan kadar alkohol yang paling tinggi adalah perlakuan dengan kadar ragi 3 gram/100 ml sari smpah. Dengan nilai tertinggi mencapai 31% pada kadar gula awal 2,5%.

Sementara itu untuk kadar gula pereduksi yang terukur menunjukkan bahwa kadar gula semakin menurun dari hari ke hari. Berdasarkan analisis statistic terdapat nilai korelasi antara kadar gula dan kadar alkohol nilai korelasi antara kadar alkohol dan gula adalah sebesar -0,788. Tanda negatif menunjukkan terdapatnya hubungan yang berbanding terbalik antara kadar alkohol dan kadar gula. Angka korelasi tersebut adalah signifikan, dapat dilihat dari nilai sig. pada tabel yaitu 0,000 lebih kecil dari taraf signifikansi penelitian ini yaitu 5%. Seperti terlihat pada grafik dibawah ini, kadar gula semakin menurun setiap hari.

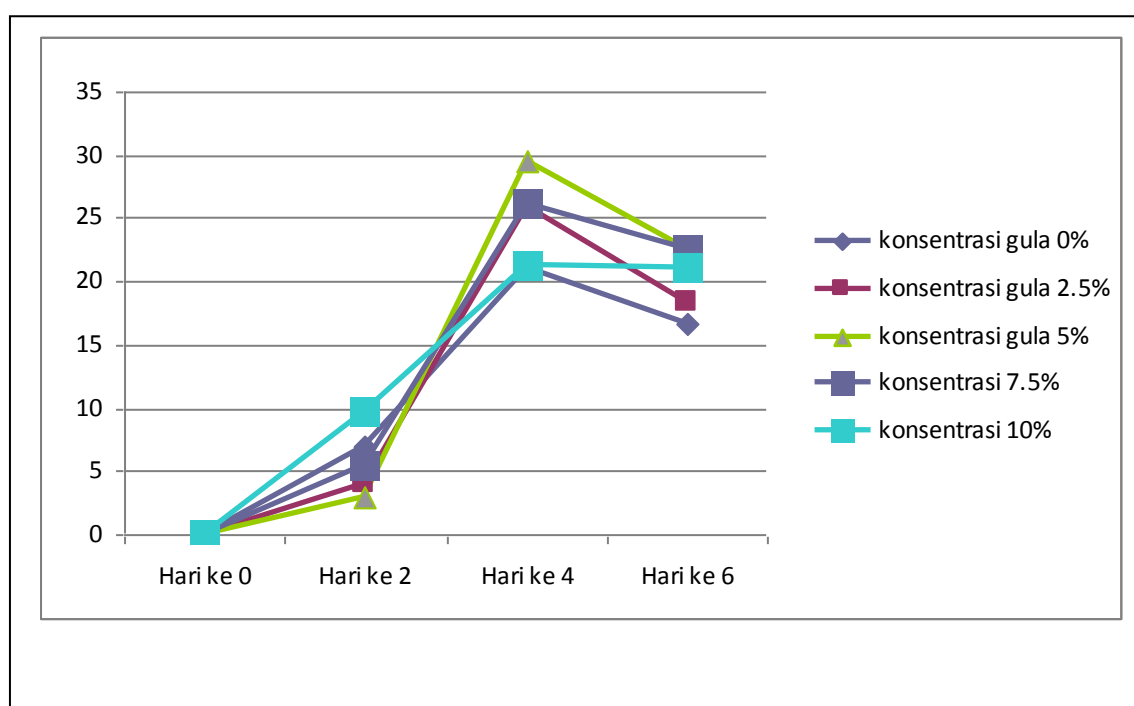


Gambar 4.4 Grafik kadar gula pereduksi pada konsentrasi ragi tape tape 3%

Kecenderungan pH semakin meurun dari hari ke hari. pH yang semakin menurun tersebut kemungkinan terjadi karena terjadi proses fermentasi oleh mikroba pada perlakuan tersebut, sehingga dihasilkan asam.

2.Pemanasan Bubur sampah dan fermentasi dengan ragi tape

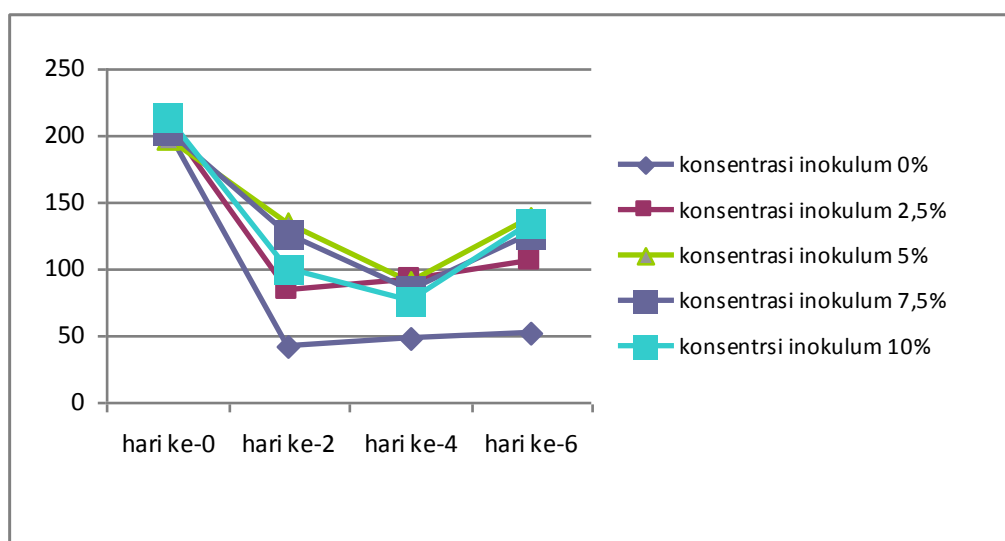
Perlakuan ini sama dengan fermentasi sebelumnya. Yang membedakan adalah tahap perlakuan awal dengan pemanasan bubur sampah. Setelah bubur sampah dipanaskan kemudian disaring dan diambil sari sampahnya. Tabel kadar alkohol, kadar gula pereduksi, dan kadar pH dapat dilihat pada lampiran 6. Grafik dibawah ini menunjukkan kadar alkohol pada setiap perlakuan dengan konsentrasi ragi tape yang berbeda.



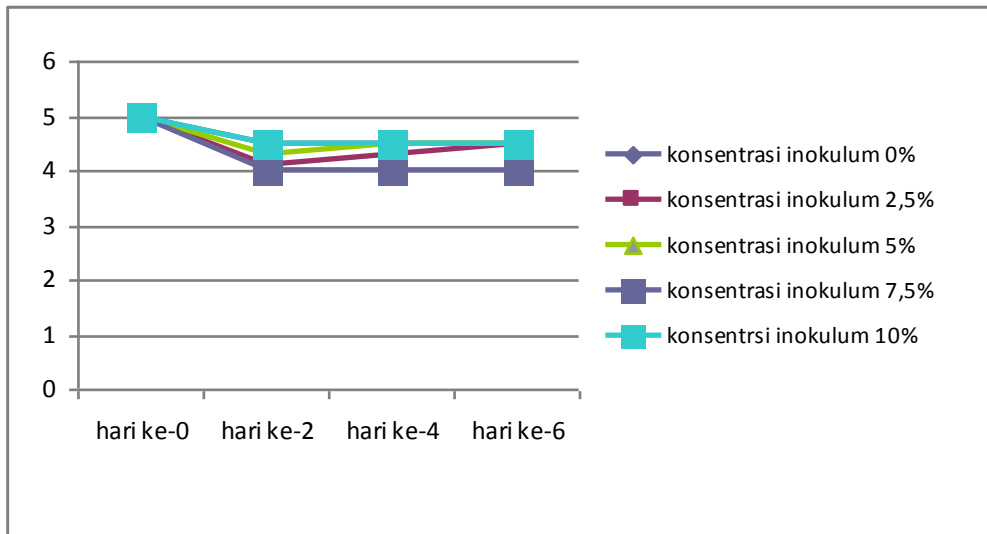
Gambar 4.5 Grafik kadar etanol dengan perlakuan pemanasan bubur sampah dengan penambahan ragi tape 3%

Dari grafik-grafik di atas dapat dilihat bahwa kadar alkohol tertinggi adalah pada perlakuan dengan konsentrasi 3% ragi tape, yang mencapai kadar etanol 29,5%. Rata-rata perlakuannya pun paling tinggi pada ragi tape. Hal ini sesuai dengan hasil analisis dengan pengujian multivariate, perlakuan yang memiliki selisih terbesar adalah pada hari ke-4. Artinya, pada hari ke-4 kadar alkohol yang dihasilkan akan sangat banyak bila dibandingkan dengan hari-hari lainnya.

Untuk kadar gula pada konsentrasi ragi 3 %, setiap hari mengalami penurunan sampai hari ke-4 kadar gulanya paling kecil. Namun setelah hari ke-4 kadar gula nya mengalami peningkatan kembali. Hal ini menunjukkan pada perlakuan ini terdapat hubungan korelasi negative dengan kaadar alcohol yang dihasilkan. Nilai korelasi antara kadar alkohol dan gula adalah sebesar -0,574. Tanda negatif menunjukkan terdapatnya hubungan yang berbanding terbalik antara kadar alkohol dan kadar gula. Sementara itu dibandingkan dengan perlakuan sebelumnya, pH pada perlakuan kedua ini relative konstan dan tidak terjadi penurunan pH secara besar.



Gambar 4.6 Grafik kadar gula reduksi dengan penambahan ragi tape 3%



Gambar 4.7 nilai pH selama fermentasi etanol dengan penambahan ragi tape 3%. Selanjutnya akan dilihat perbandingan secara kuantitas kadar alkohol antara sari sampah dan bubur sampah dengan menggunakan uji statistic nonparametric, Mann Whitney.

Test Statistics^a

	Kadar_Alkohol
Mann-Whitney U	89079.500
Wilcoxon W	204519.500
Z	-6.152
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: kategori

Jika nilai sig pada tabel kurang dari nilai taraf signifikansi 5%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kadar alkohol dari sari sampah dan bubur sampah adalah memang berbeda secara signifikan. Dari tabel terlihat bahwa nilai sig. kurang dari 5%, maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan. Selanjutnya, akan dilihat mana yang mengandung kadar alkohol paling banyak. Dapat dilihat dari tabel ranks berikut ini.

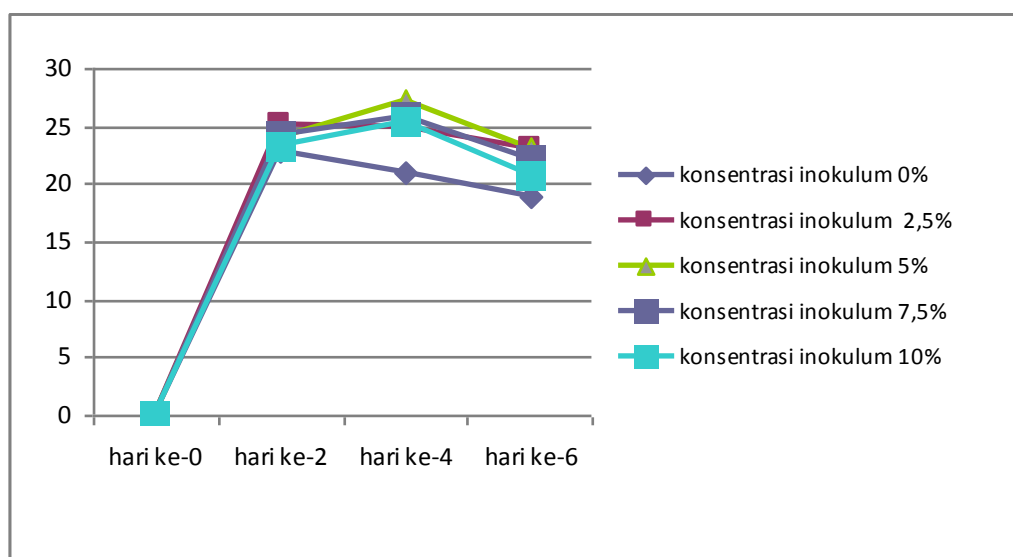
Ranks

	kategori	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kadar_Alkohol	Bubur Sampah	480	426.08	204519.50
	Sari Sampah	480	534.92	256760.50
	Total	960		

Berdasarkan tabel ranks, didapatkan kesimpulan bahwa kadar alkohol pada pemanasan sari sampah adalah lebih banyak daripada bubur sampah.

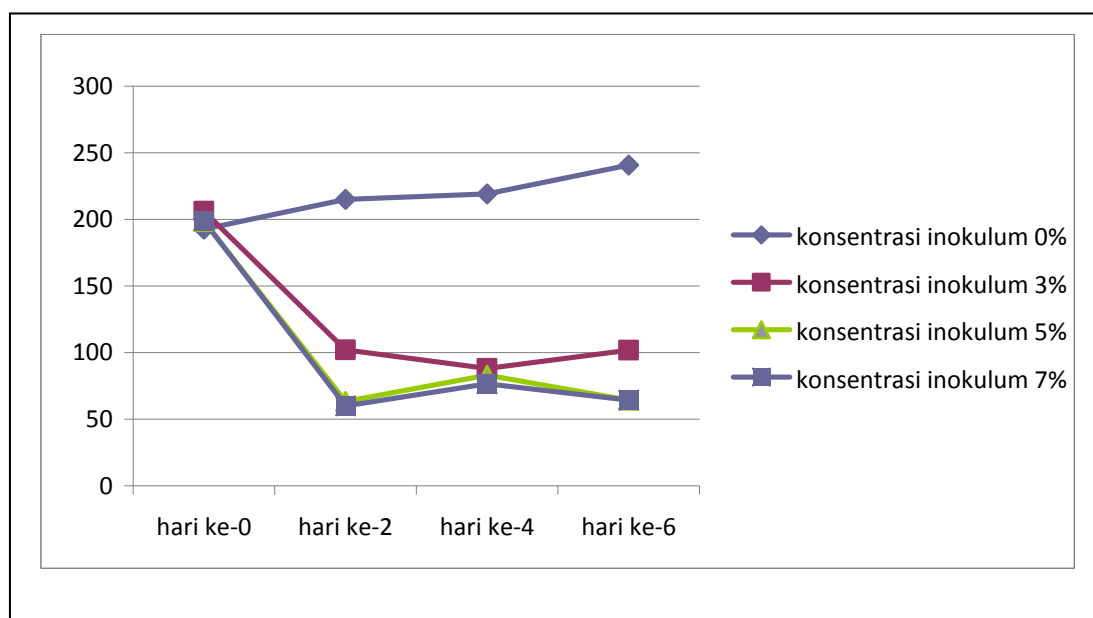
3. Pemanasan sari sampah dan fermentasi dengan *S.cerevisiae*

Data kadar alkohol dari perlakuan fermentasi sari sampah dengan *S.cerevisiae* dapat dilihat pada lampiran 6. Grafik dibawah ini menunjukkan kadar alkohol pada perlakuan dengan kadar gula awal 10%.



Gambar 4.8 Grafik kadar alkohol perlakuan pemanasan sari sampah dengan penambahan inokulum *S. cerevisiae*

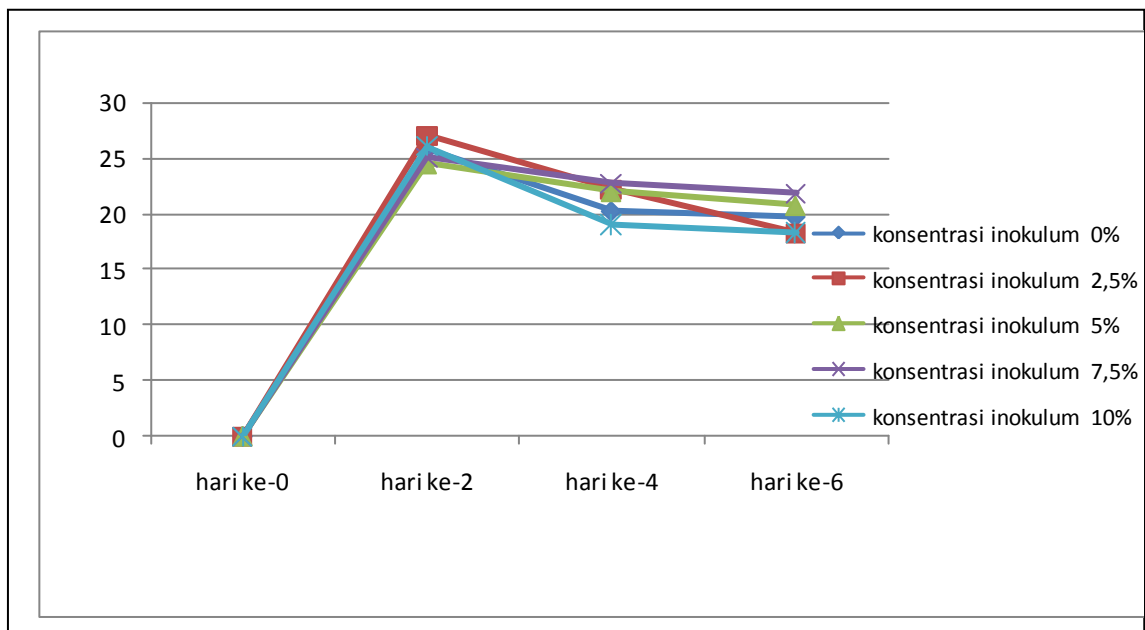
Dari grafik di atas terlihat bahwa kadar alkohol yang paling tinggi dihasilkan oleh *S.cereviceae* konsentrasi 5% v/v. Secara keseluruhan peningkatan jumlah alkohol relatif sama antar perlakuannya. Alkohol meningkat tajam pada hari ke-2, terus meningkat sampai hari ke-4. Kemudian pada hari ke-6 alkohol mengalami penurunan. Kadar gula pada perlakuan ini mengalami penurunan dari hari ke hari. Dan penurunan tajam terjadi pada hari ke-2. Sedangkan kadar gula kontrol tidak terlalu mengalami penurunan. Untuk kadar pH hampir sama dengan keadaan kadar gula.pH mengalami penurunan tajam pada hari ke-2. Setelah itu pH relatif stabil hingga hari ke-6.



Gambar 4.9 Grafik kadar gula selama fermentasi etanol dengan penambahan inokulum *S. cerevisiae*

4. Pemanasan bubur sampah dan fermentasi dengan *S.cereviceae*

Kadar alkohol terbesar yang dihasilkan pada perlakuan ini dihasilkan pada hari ke-4 dengan konsentrasi *S.cerevisiae* 5%.



Gambar 4.10 Grafik kadar alkohol fermentasi oleh *S.cerevisiae* 5%

Berdasarkan pengujian statistik antar variable dapat disimpulkan, bahwa dari treatment hari, kadar gula awal, berat, interaksi antara hari dan kadar gula awal, hari dan berat, kadar gula awal dan berat, serta interaksi antara hari, kadar gula awal, dan berat memang dapat disimpulkan bahwa semua treatment adalah menghasilkan perbedaan yang signifikan. Atau dapat disimpulkan bahwa factor-faktor yang terdapat di dalam masing-masing treatment menghasilkan kadar alkohol dalam jumlah yang berbeda. Hal tersebut dapat terlihat dari masing-masing nilai Sig. pada tabel yaitu hampir semua nilainya bernilai di bawah taraf signifikansi penelitian ini, yaitu 5%. Treatment yang memiliki selisih terbesar adalah pada hari ke-2. Artinya, pada hari ke-2 kadar alkohol yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan hari-hari lainnya.

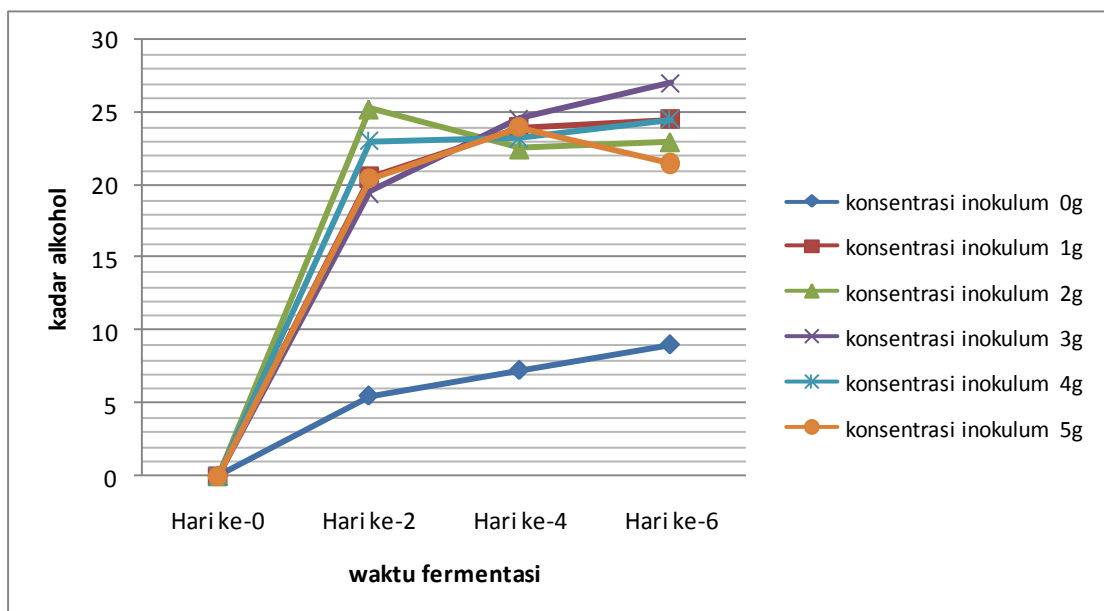
Kadar gula perduksi yang terdapat pada perlakuan mengalami penurunan yang sangat besar mulai dari hari ke-2 sampai seterusnya. Berdasarkan analisis korelasi

antara kadar alkohol dan kadar gula pereduksi bahwa nilai korelasi antara kadar alkohol dan gula adalah sebesar -0,748. Tanda negatif menunjukkan terdapatnya hubungan yang berbanding terbalik antara kadar alkohol dan kadar gula. Sementara itu, nilai pH relatif stabil dan tidak mengalami perubahan. pH mengalami penurunan pada hari ke-2.

C. Perlakuan pretreatment kimia

1. Fermentasi dengan ragi tape

Berdasarkan tabel kadar alkohol seperti yang terdapat pada lampiran 7, dapat dilihat bahwa kadar alkohol tertinggi dihasilkan pada perlakuan ragi tape 3 % pada hari ke-4. Berdasarkan pengujian signifikansi dengan ANAVA treatment yang memiliki selisih terbesar adalah pada konsentrasi inokulum 3%. Artinya, pada konsentrasi inokulum 3% kadar alkohol yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan hari-hari lainnya.

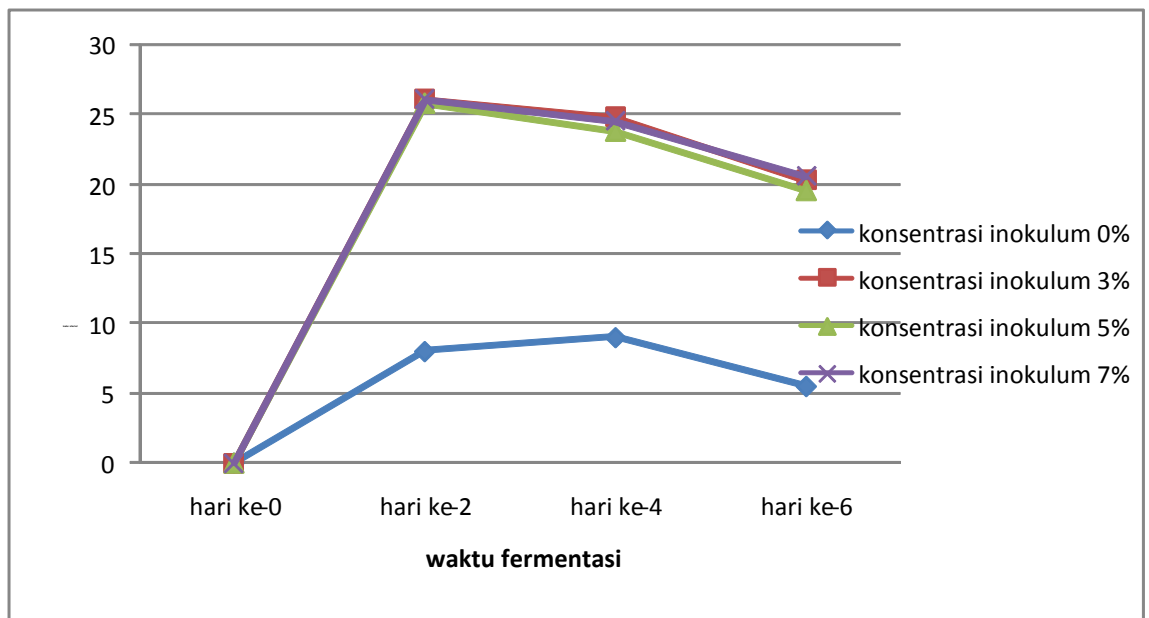


Gambar 4.11 Grafik kadar alkohol pada perlakuan penambahan asam sulfat encer, dengan ragi tape

Kadar gula pereduksi yang terdapat pada perlakuan mengalami penurunan yang sangat besar mulai dari hari ke-2 sampai seterusnya. Berdasarkan analisis korelasi antara kadar alkohol dan kadar gula pereduksi bahwa nilai korelasi antara kadar alkohol dan gula adalah sebesar $-0,977$. Tanda negatif menunjukkan terdapatnya hubungan yang berbanding terbalik antara kadar alkohol dan kadar gula.

2. Fermentasi dengan kultur murni *Sacharomyces cereviceae*

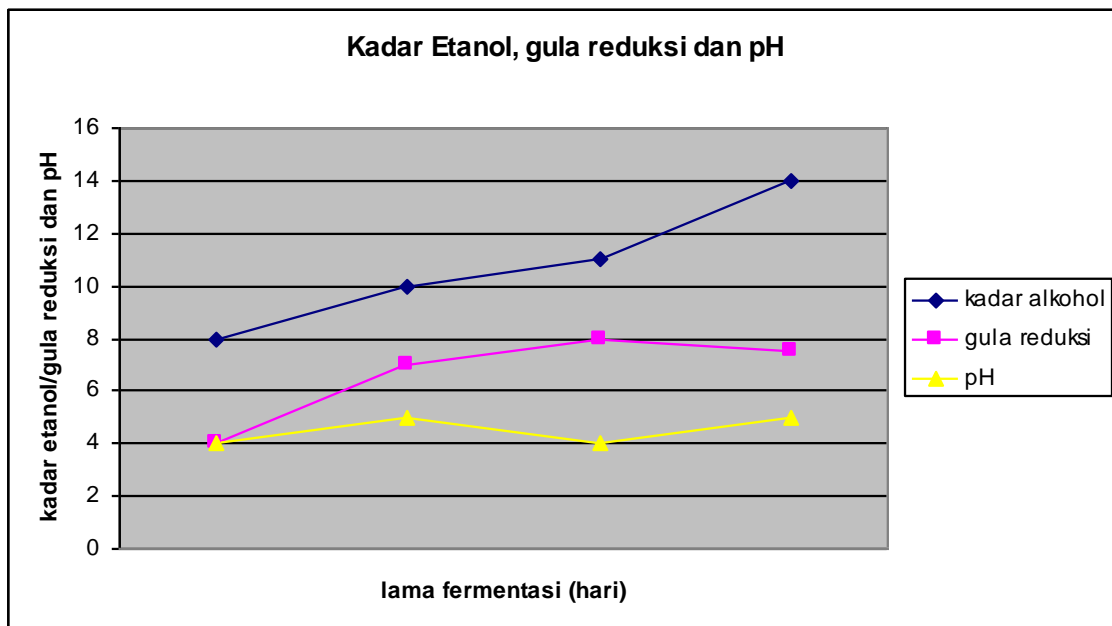
Berdasarkan tabel kadar alkohol seperti yang terdapat pada lampiran 8, dapat dilihat bahwa kadar alkohol tertinggi dihasilkan pada perlakuan ragi tape 3 % pada hari ke-6. Berdasarkan pengujian signifikansi dengan ANAVA treatment yang memiliki selisih terbesar adalah pada konsentrasi inokulum 3%. Artinya, pada konsentrasi inokulum 3% kadar alkohol yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan hari-hari lainnya.



Gambar 4.12 kadar etanol yang dihasilkan pada perlakuan kimia dengan penambahan inokulum *S. cerevisiae*

D. Perlakuan *pretreatment* biologi

Perlakuan *pretreatment* secara biologis dilakukan dengan penambahan cairan EM4 pada sampah organik dengan cara *composting*, sehingga diperoleh sari sampah yang selanjutnya diferementasi dengan ragi tape. Data hasil perlakuan terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.13 Grafik kadar etanol, gula reduksi dan pH dengan perlakuan EM4 pada sampah organik dengan fermentasi ragi tape

Dari gambar 4.13 di atas tampak bahwa kadar etanol dengan perlakuan penambahan cairan EM4 lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan fisik dan kimia, sehingga perlakuan ini kurang baik untuk diterapkan dalam *pretreatment* senyawa lignoselulosa sampah organik. Cairan EM4 mengandung berbagai bakteri yang dapat mengurai selulosa menjadi senyawa sederhana dan kemudian difermentasi menjadi asam.

E. Hasil Uji Coba Penelitian skala pilot plan dan skala industri

Hasil data penelitian dengan kondisi yang optimum, yaitu fermentasi dengan penambahan ragi tape 3% dan inokulum *S. cerevisiae* 5% serta penambahan kadar

gula awal 5%, diperoleh kadar etanol dengan menggunakan metode titrasi, seperti tampak pada table 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 kadar etanol dengan perlakuan ragi tape dan *S.cervisiae* selama 6 hari fermentasi pada skala pilot

Perlakuan	Kadar alkohol
Sari sampah dipanaskan	25 %
Bubur sampah dipanaskan	27 %
H ₂ SO ₄ (ragi tape)	27 %
H ₂ SO ₄ (Sacharomyces)	27%

Hasil destilasi bioetanol dengan alat destilator skala laboratorium maupun skala industri telah diuji cobakan untuk fermentasi yang optimum. Hasil destilasi diperoleh kadar etanol rata-rata 35% dengan rendemen sebanyak 100 ml dari 1 liter sampel yang didestilasi. Sedangkan pengujian dengan destilator skala industri hanya diperoleh kadar etanol 15%. Dengan demikian penelitian untuk skala pilot plan dan skala industri belum mendapatkan hasil yang memuaskan, hal ini disebabkan beberapa faktor diantaranya, desain fermentor, suhu inkubasi serta *pretreatment* sampah organik yang belum optimum. Untuk itu diperlukan penelitian lanjutan untuk pengujian dan produksi bioetanol dalam skala pilot plan (1-5 liter) dan skala industri (lebih dari 100 liter). Sehingga dapat diperoleh hasil dan produktivitas bioetanol yang tinggi untuk aplikasi energi alternatif bahan bakar mesin bermotor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampah organik yang mengandung senyaa kompleks lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi bioetanol sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.
2. Perlakuan awal (*pretreatment*) substrat bahan baku produksi bioetanol dari sampah organik diperlukan, sehingga dapat dikonversi menjadi bioetanol. *Pretreatment* yang paling baik pada penelitian ini adalah dengan cara kimia dengan penambahan asam sulfat encer (1%).
3. Jenis ragi yang paling baik untuk fermentasi etanol dari sampah organik adalah ragi tape dengan kadar ragi 3% b/v dengan menghasilkan rata-rata kadar etanol sebesar 31%, sementara itu dengan penambahan kultur murni *Saccharomyces cerevisiae* dengan kadar 5% v/v, menghasilkan etanol rata-rata 27%
4. Lama fermentasi etanol dari sampah organik berkisar antara 4 sampai 6 hari pada suhu inkubasi 30 °C.
5. Penambahan gula awal berpengaruh terhadap produksi etanol dari sampah organik dengan kadar 5% b/v.
6. Penelitian sakala pilot plan dan skala industri belum mendapatkan hasil dan produktivitas bioetanol yang tinggi.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat diajukan beberapa saran untuk perbaikan penelitian lanjutan di masa yang akan datang.

1. Mengingat hasil (rendemen) dan produktivitas bioetanol yang dihasilkan masih rendah, maka diperlukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan data kondisi optimum konversi sampah organik menjadi bioetanol, seperti desain fermentor, inkubator, dan perlakuan awal yang lebih optimum.
2. Untuk produksi bioetanol pada skala pilot plan dan industri perlu dikembangkan lebih lanjut dengan desain fermentor dan destilator yang tepat, sehingga dapat dihasilkan rendemen dan produktivitas bioetanol yang tinggi, untuk aplikasi energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2007). "Bioethanol Production from Enzyme Hydrolysed Agroresidues". *Karnataka J. Agric. Sci.*, 20(4) : (871-872)
- Bon, E.P.S & Ferrara, M.A, (2006). *Bioethanol Production via Enzymatic Hydrolysis of Cellulosic Biomass*. Brazil : Chemistry Institute, Federal University of Rio de Janeiro. [Online]. Tersedia : <http://www.fao.org/biotech/docs/bon.pdf>
- Cardona Carlos A & Sa´nchez O’scar. (2007). "Fuel ethanol production: Process design trends and integration opportunities". *Bioresource Technology*.
- Chemiawan,T. (2007). Membangun Industri Bioetanol Nasional Sebagai Pasokan Energi Berkelanjutan dalam Menghadapi Krisis Energi Global. [online]. Tersedia: <http://mahasiswanegarawan.wordpress.com/>. [Diakses tanggal 20 Juni 2008].
- Handayani, S.U. (2008). "Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin". *Jurnal Teknik UNDIP* : 99-102.
- Karimi, K.; Emtiazi, G. & Taherzadeh, M. J.(2006). "Ethanol production from dilute-acid pretreated rice straw by simultaneous saccharification and fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopus oryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*". *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 138-144
- Liimatainen, H, Kuokkanen, T & Kääriäinen, J (2004). "Development of Bio-ethanol Production from Waste Potatoes" . In: Pongrácz E (ed.) *Proceedings of the Waste Minimization and Resources Use Optimization Conference*, University of Oulu, Finland. Oulu University Press: Oulu. p.123.- 129. [Online]. Tersedia : <http://www.oulu.fi/resopt/wasmin/liimatainen2.pdf>.
- Mohammad J. Taherzadeh and Keikhosro Karimi, (2008). "Pretreatment of lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production": A Review *International Journal of Molecular Sciences*.
- Nazir, M (1988). *Metode penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Nelson, R (2007). *Cellulosic Ethanol/ Bioethanol in Kansas*. Kansas Energy Council Biomass Committee.[Online].Tersedia: http://kec.kansas.gov/reports/Cellulosic_Ethanol_FINAL.pdf
- Nugraha, N (2008). *Pengaruh Penambahan Inokulum Jamur Hasil Isolasi dari Sampah Organik terhadap Kecepatan Waktu Pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik*. Skripsi sarjana pada FPMIPA UPI Bandung: tidak diterbitkan.

- Oyeleke,SB and Jibrin,NM.(2009). “Production of bioethanol from guinea cornhusk and millet husk”. *African Journal of Microbiology Research Vol. 3(4)* pp.147-152
- Pandey Ashok (2009). *Handbook of Plant-Based Biofuels*. CRC Press is an imprint of of the Taylor & Francis Group, an **informa** business. Boca Raton London New York
- Pramono, S.S (2004). *Studi Mengenai Komposisi Sampah Perkotaan di Negara-negara Berkembang*. Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Prasad S, Anoop Singh and H.C. Joshi (2006). “Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues”. *Journal Resources, Conservation and Recycling. Elsevier*
- Prihandana, *et.al.* (2007). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta : Agromedia
- Rakin M., *et.al.*(2009). “Bioethanol production by Immobilized *Saccharomyces cerevisiae* var ellipsoids cells. *African Journal of Biotechnology Vol. 8(3)*,pp 464-471.
- Scheper, T. (2007). *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. Berlin : Springer press.
- Sugandi, E., & Sugiarto. (1994). Rancangan percobaan Edisi Pertama. Yogyakarta : Andi Offset.
- Vaithanomsat, P, Chuichulcherm, S & Apiwatanapiwat, W (2004). “Bioethanol Production from Enzymatically Saccharified Sunflower Stalks Using Steam Explosion as Pretreatment”. *International Journal of Biological and Life Sciences*.
- Yudiarto, M. Arif & Djuma'ali. (2008). [Menimbang Kelayakan Bioetanol Sebagai Pengganti Bensin](http://www.kreatifEnergiIndonesia.co.id). [Online]. Tersedia:<http://www.kreatifEnergiIndonesia.co.id> [Diakses tanggal 26 Juni 2008].

CURRICULUM VITAE (CV) Ketua Peneliti

1. Data Pribadi

Nama Lengkap Kusnadi, M.Si.
 Tempat/Tanggal Lahir Sumedang / 9 Mei 1968
 Pekerjaan Staf Pengajar (Dosen) Universitas Pendidikan Indonesia
 NIP. 132086623
 Bidang Keahlian Pendidikan Biologi /Bioproses
 Pangkat/jabatan/golongan Penata Tk I/Lektor/III D
 Alamat Kantor Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI, Gedung JICA Lt 2,
 Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung 40154
 Telp/fax: (022) 2001937
 Alamat Rumah Kp. Cirateun Peuntas No. 30 RT 1 RW 14 Desa Wangun Sari
 Kec. Lembang Kab.DT II. Bandung
 Telp: (022) 70781293
 Hp: 081321383422
 Email kusnadi@upi.edu

2. Pendidikan tinggi

Sekolah/Universitas	Jenjang	Tahun lulus	Jurusan
Dept. Biologi IKIP Bandung	S1	1993	Pendidikan Biologi
Dept. Biologi-FMIPA ITB	S2	2001	Mikrobiologi Industri/Bioproses

3. Penelitian

No	Topik/Judul	Sumber Dana/tahun
1	Isolasi dan identifikasi mikroorganismen yang berperan aktif dan Optimasi factor lingkungan fermentasi "Tea-cider"	Grant/2001
2	Uji Aktivitas Antibakteri Chitosan Terhadap Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>glycines</i> Secara In Vitro	Pen.mandiri/2001
3	Mengembangkan kemampuan mahasiswa Jurusan Pendidikan Biologi dalam mengisolasi plasmid bakteri	Hibah Due-like/ 2003
4	Uji aktivitas senyawa antimikroba dari ekstrak tumbuhan <i>Plantago mayor</i> dan <i>Phyllanthus niruri</i> terhadap bakteri enteropatogenik <i>Shygella flexnerri</i>	Pen. Dosen Muda-Dikti/2003
5	Uji Efektivitas entomopatogen <i>Beauveria bassiana</i> terhadap mortalitas larva <i>Hypothenemus hampei</i>	Pen.Mandiri/2003
6	Optimasi pH, suhu dan konsentrasi substrat dalam fermentasi enzim selulase dengan menggunakan inokulum kapang <i>Aspergillus niger</i> van Tiegh.	KPP-Hayati ITB/ 2004
7	Biokonversi substrat umbi tanaman Garut untuk Produksi sirup glukosa dengan menggunakan inokulum kapang <i>Aspergillus niger</i> Van Tiegh	DIK- UPI/2005
8	Karakterisasi pertumbuhan bakteri <i>Agrobacterium tumefaciens</i> guna	DIK-UPI/

	menunjang Perkuliahan Mikrobiologi (studi awal transfer gen bakteri pda tumbuhan)	2005
9	Kajian Awal aktivitas amylase jamur <i>Aspergillus niger</i> pada berbagai substrat sumber pati dengan fermentasi kultur curah	SP4 /2006
10	Produski enzim selulase jamur <i>Trichoderma viride</i> pada berbagai substrat sumber selulosa dengan fermentasi kultur curah (Batch culture)	Hibah Kompetitif UPI/ 2006
11	Pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai media dalam pembuatan bibit induk jamur tiram putih (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Pen.pembinaan UPI/2006

4. Publikasi Ilmiah

No	Judul>Nama Jurnal	Tahun
1	Kultur campuran dan faktor lingkungan optimum dalam fermentasi "tea-cider"/Proseding ITB	2003
2	Study the efectivity of <i>Beauveria bassiana</i> starter toward the mortality of <i>Hypothenemus hampei</i> /Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia	2003
3	Mengembangkan kemampuan mahasiswa Jurusan Pendidikan Biologi dalam mengisolasi plasmid bakteri /Jurnal Pendidikan MIPA	2005
4	Penggunaan LKS observasi untuk meningkatkan kemampuan klasifikasi siswa SMA pada konsep keanekaragaman hayati/Proseding seminar pendidikan IPA Pasca sarjana UPI	2005
5	Profil kemampuan klasifikasi siswa SMA pada konsep keanekaragaman hayati melalui "LKS observasi" /Jurnal Metalogika Vol.9 No.2 UNPAS	2006
6.	Pemanfaatan Berbagai Limbah selulosa sebagai media untuk produksi enzim selulase jamur <i>Trichoderma viride</i> .Proseding seminar dan temu alumni Biologi,FPMIPA.UPI	2007
7.	Produksi Minyak kelapa fermentasi dengan penambahan inokulum ragi temped dan ragi roti/ Proseding seminar dan temu alumni Biologi,FPMIPA.UPI	2007
8.	Penggunaan Berbagai macam media tumbuh dalam pembuatan bibit induk jamur tiram putih (<i>Pleurotu oestreatus</i>). CHIMERA-Jurnal biologi dan pengajarannya.tahun12,nomor1,januari 2007	2007
9.	Profil Keterampilan proses sains mahasiswa melalui pembelajaran berbasis kerja ilmiah pada praktikum mikrobiologi / Jurnal pengajaran MIPA,volume 9,nomor2 Desember 2007	2007
10.	Aktivitas antibakteri ekstrak daun patikan kebo (<i>Euphorbia hirta</i>) terhadap pertumbuhan bakteri <i>S. aureus</i> . / Jurnal pengajaran MIPA,volume 12,nomor2 Desember 2008	2008

Bandung, November 2009

Kusnadi, MSi.

