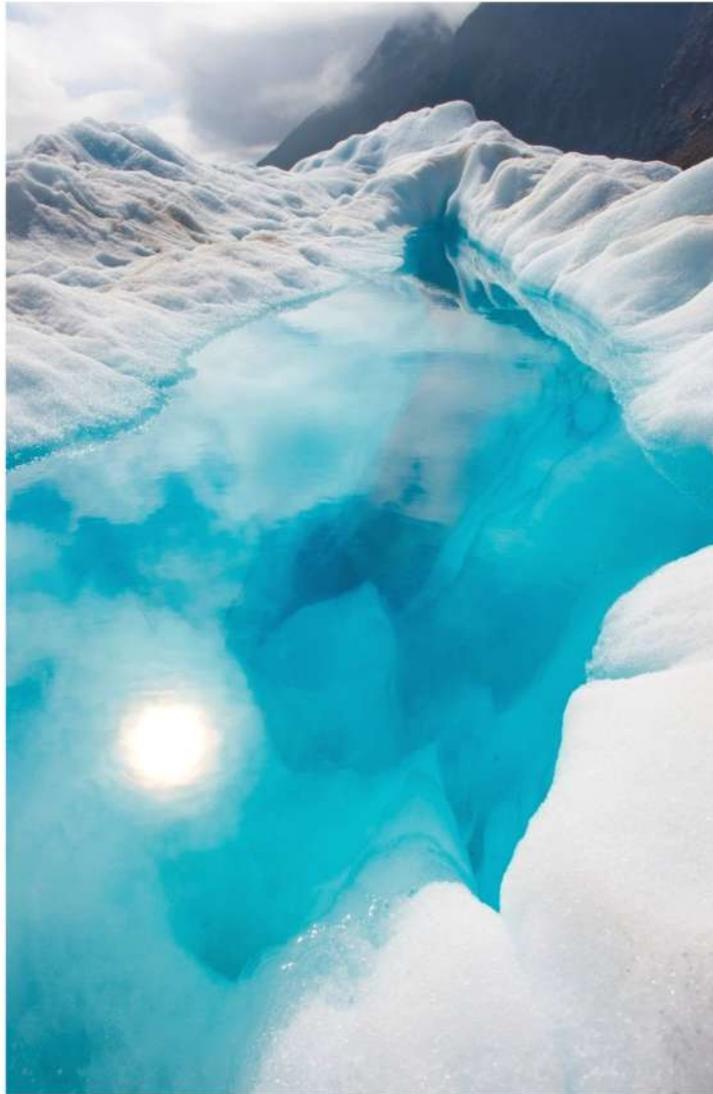


ISBN 978-623-366-012-9



MONOGRAF

BIOETANOL DARI LIMBAH TEPUNG TAPIOKA

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2021

MONOGRAF

BIOETANOL DARI LIMBAH TEPUNG TAPIOKA

OLEH :

ANDIN VITA AMALIA, MSc.

TALITHA WIDIATNINGRUM, PhD.

RISA DWITA HARDIANTI, MPd.



Penerbit LPPM Universitas Negeri Semarang Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 WA 085158837598 | Email sentraki@mail.unnes.ac.id

Hak Cipta© pada penulis dan dilindungi undang-undang penerbitan
Hak penerbitan pada LPPM UNNES
Gedung Prof. Retno Sriningsih Satmoko
Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Dilarang mengutip Sebagian atau seluruh buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari penerbit

*Monograf: Bioetanol dari Limbah Tepung
Tapioka*

Penulis:
Andin Vita Amalia, S.Si., M.Sc.
Talitha Widiatningrum, PhD.
Risa Dwita Hardianti, M.Pd.

ISBN 978-623-366-012-9

CETAKAN PERTAMA SEPTEMBER 2021

Dicetak Oleh:
CV. NAYLA JAYA MANDIRI
Per. Graha Mandiri Residence Blok E 8 Patemon-Semarang

PRAKATA

Buku ini dirilis untuk memenuhi standar luaran penelitian dasar dengan biaya DIPA UNNES Semarang. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di laboratorium IPA Terpadu dan pengambilan sampel di Pabrik Tepung Tapioka, Pati. Pada kesempatan ini, terwujudlah buku monograf yang berjudul Monograf : Bioetanol dari Limbah Tepung tapioka.

Buku ini mengulas tentang metode pembuatan bioethanol gel yang ramah lingkungan dengan menggunakan alat dan metode sederhana sehingga harapannya mampu diaplikasikan oleh para pengusaha menengah kebawah dan dapat digunakan sebagai substitusi dari lampu spirtus. Bioethanol gel yang berasal dari limbah diharapkan mampu menjawab dan mendukung tantangan pemerintah untuk menggalakkan program zero waste. Selain itu, buku ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari bioetanol.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian buku ini :

1. Bapak Rektor Universitas Negeri Semarang selaku penanggung jawab semua kegiatan baik Penelitian maupun pengabdian di Universitas Negeri Semarang.
2. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bantuan dana kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian ini.
3. Tim peneliti dan pendukung dalam penulisan buku monograf ini.
4. Berbagai pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna memperbaiki buku ini dan semoga buku ini dapat diterima dengan baik.

Semarang, September 2021

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
PENDAHULUAN	1
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
METODE PENELITIAN.....	10
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	35
GLOSARIUM	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prosedur pembuatan bioetanol.....	10
Gambar 2. Prosedur persiapan bahan baku bioetanol	12
Gambar 3. Prosedur hidrolisis dalam pembuatan bioetanol	13
Gambar 4. Penyiapan starter dan larutan sup(bubur) yang digunakan dalam pembuatan bioetanol	14
Gambar 5. Penyiapan distilasi untuk bioetanol.....	15
Gambar 6. Penyiapan bioetanol gel yang akan diberi warna	16
Gambar 7. Bioetanol gel diuji nyala api.....	16
Gambar 8. Persentase kadar glukosa pada berbagai perlakuan sebelum dan sesudah fermentasi.....	20
Gambar 9. Persentase kadar bioetanol dan glukosa pada berbagai perlakuan	24
Gambar 10. Nilai kalor pada berbagai sampel dengan 3 perlakuan	25
Gambar 11. Kadar abu pada berbagai sampel dengan 3 perlakuan.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan kimia dari kulit singkong dan onggok	18
Tabel 2. Persentase kandungan alkohol pada berbagai perlakuan selama fermentasi	22
Tabel 3. Persentase kandungan alkohol pada berbagai perlakuan sebelum dan setelah distilasi kolom refluks	25
Tabel 4. Viskositas bioetanol gel pada berbagai perlakuan.....	27
Tabel 5. Uji praklinis bioetanol gel 250 gram	31

Pendahuluan

Penjualan kendaraan dan barang elektronik di Indonesia makin marak sehingga hal ini dapat berdampak pada konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi meningkat. Padahal ketersediaan BBM justru semakin menipis. Pemerintah telah melakukan banyak hal dalam mengatasi ketersediaan BBM yang kian menipis. Salah satu upaya dari pemerintah adalah menggalakkan dukungan inovasi energi alternatif dari hasil penelitian para ilmuwan di negara ini. Inovasi yang diperoleh dapat berasal dari alam (sumber yang dapat diperbaharui) dan sustainable seperti contoh bioethanol. Dilain sisi, produksi bioethanol di Indonesia bersaing dengan kebutuhan pangan, pakan dan bahan baku industri lainnya. Kebutuhan ethanol semakin meningkat baik sebagai pelarut, desinfektan, bahan baku pabrik kimia maupun sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar. Oleh karenanya, perlu strategi jitu untuk produksi bioethanol.

Sebelum mengetahui lebih dalam apa itu bioethanol? saudara harus mengetahui terlebih dahulu tentang pengertian etanol. Etanol sederhana yang termasuk sumber energi terbarukan dan berasal dari fermentasi pada tumbuhan (Rikana & Adam 2009, Nurkholis, 2020). Nah, barulah saudara memahami tentang bioethanol itu sendiri. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar nabati berbentuk cair yang sangat penting. Bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) tergantung pada tingkat kemurniannya.

Tingkat kemurnian dengan kadar 95-99% dapat digunakan sebagai bahan substitusi premium berupa bensin, namun kadar dibawah tersebut dapat digunakan sebagai bahan substitusi minyak tanah (Widyastuti, 2019). Berdasarkan siklus karbonnya, bioethanol dianggap lebih ramah lingkungan karena kadar karbondioksida yang dihasilkan dari bioethanol mampu diserap oleh tanaman. Tanaman tersebut kemudian digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan bakar dan seterusnya sehingga tidak terjadi penumpukan atau akumulasi karbon di atmosfer.

Bioethanol dapat juga dikatakan sebagai sumber energi yang berasal dari makhluk hidup (bioenergy) dan dapat diperbarui, memiliki tingkat pencemaran di lingkungan yang rendah dan berasal dari bahan yang mengandung gula atau pati. Beberapa contoh bahan yang dapat digunakan dalam memproduksi bioethanol diantaranya : jagung, singkong (Rikana & Adam 2009), kentang, gandum, tebu, molases, nira, aren, ubi jalar (Lee et al, 2012), bamboo (Yang et al, 2019, onggok, jerami padi ampas tebu, tongkol jagung dan sebagainya (Mulyono et al, 2011, Baeyens et al, 2015). Adapun produksi bioethanol dapat berasal dari bahan baku yang berbeda dan dikelompokkan menjadi 3 yakni bahan bersukrosa, bahan berpati dan bahan berselulosa. Adapun bahan bersukrosa contohnya adalah gula tebu, gula bit, dan shorgum, sedangkan bahan berselulosa contohnya adalah rumput, kulit nanas, kulit singkong. Bahan

lainnya yang berpati misalnya jagung, kentang, gandum. Potensi limbah pertanian yang tersedia di Indonesia

Bahan baku dalam pembuatan bioetanol yang sudah mulai marak digunakan di masyarakat dalam program *zero waste* adalah pemanfaatan limbah. Pemanfaatan limbah menjadi produk bioethanol juga mulai marak diteliti dan digunakan. Limbah tersebut sudah tidak dapat digunakan atau dikonsumsi oleh manusia. Salah satu limbah yang seringkali menjadi permasalahan serius di lingkungan sekitar adalah limbah industri yang dekat dengan pemukiman penduduk. Masalah limbah belum tertangani dengan baik sehingga mengganggu kesehatan lingkungan sekitar.

Limbah tepung tapioka merupakan salah satu limbah yang berasal dari produksi tepung tapioka. Limbah padatan ini sebenarnya masih kaya akan gula yang artinya memiliki potensi dalam pembuatan bioethanol. Bioethanol saat ini harganya masih tergolong mahal. Hal ini disebabkan ketersediaan bioethanol di pasaran masih sedikit berbanding terbalik dengan konsumsi masyarakat yang cenderung tinggi. Selain bahan baku yang penting dalam proses pembuatan bioethanol, hal penting lainnya adalah proses fermentasi.

Fermentasi bioethanol dapat terjadi dengan bantuan mikroorganisme misalnya: *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia Stipitis*, *Zymomonas mobilis*, dsb. Mikroorganisme yang berperan ini merupakan indikator atau kunci keberhasilan dari proses bioethanol (Cha et al., 2012). Aktivitas mikroorganisme

secara kimia akan berperan dalam fermentasi gula. Fermentasi ini adalah proses metabolisme yang terjadi karena substrat mengalami perubahan kimia akibat pengaruh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Endah et al, 2007). Proses pembuatannya pun mengalami tiga tahapan meliputi pengubahan polisakarida menjadi gula sederhana, fermentasi dan berakhir pada proses pemurnian etanol (destilasi).

Bahan baku, hidrolisis dan fermentasi merupakan dasar kegiatan yang penting dalam pembuatan bioetanol. Adapun wujud bioetanol diantaranya padat, cair dan gel (Purba et al, 2017). Bioetanol sendiri memiliki karakteristik yang cair sehingga tidak mudah dibawa kemana-mana, mudah tumpah dan mudah meledak (Robinson, 2006). Oleh karenanya, perlu alternatif bioetanol yang mudah dibawa dan tidak mudah tumpah. Hal ini perlu inovasi baru dalam pembuatan bioetanol. Penambahan gel dalam pembuatan bioetanol dapat menjadi solusi dalam permasalahan ini. Wujud bioethanol padat dan gel bersifat terbaharukan, Ketika dinyalakan, apinya tidak berasap, tidak menghasilkan gas yang berbahaya, mudah dikemas dan didistribusikan (Purba et al, 2017). Bioethanol gel sangat cocok untuk memasak, saat travelling, pemanas untuk makanan siap saji di restoran atau catering makanan. Bioetanol gel lebih mudah aplikasinya.

Bioetanol gel lebih aman dibanding dengan bahan bakar bentuk cair (tidak mudah tumpah dan menguap). Bioetanol gel ini akan lebih ramah lingkungan lagi dan menerapkan konsep

zero waste apabila menggunakan bahan baku dari limbah. Limbah disini yang akan dibahas dalam buku ini adalah limbah tepung tapioka yang berupa kulit singkong dan onggok. Limbah tersebut pada dasarnya sudah tidak termanfaatkan oleh perusahaan atau industri tepung tapioka dan dibuang begitu saja sehingga tidak memiliki nilai ekonomis yang berarti. Pengembangan bioetanol dalam bentuk gel berbahan baku limbah diharapkan mampu menaikkan nilai ekonomis dari kulit singkong dan onggok.

Etanol gel sebagai bahan bakar memasak bersih dianggap sebagai alternatif bahan bakar biomassa padat dalam makalah ini (Oketch et al., 2012). Bioethanol cair dapat diubah menjadi bioethanol gel dengan penambahan bahan pengental misalnya Carboxymethyl cellulose (CMC) sehingga relatif aman ketika digunakan (Ariyani & Supriyatna, 2013). Penambahan bahan pengental akan mengubah sifat fisis bioethanol sehingga tidak mudah menguap. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bioethanol yang dapat digunakan dalam pembuatan bioethanol gel adalah bioethanol yang memiliki kadar lebih dari 70%.

Berdasarkan konsep dasar pembuatan bioetanol dari limbah tepung tapioka (kulit singkong dan onggok), hal ini memiliki 4 aspek utama yaitu pengembangan iptek, sosial, ekonomi dan pengembangan institusi. **Aspek pengembangan iptek**, penelitian ini memiliki tujuan khusus untuk menghasilkan bioetanol yang murah, aman diproduksi dan mengurangi limbah hasil industri tepung tapioka menjadi **zero**

waste yang terbagi menjadi beberapa tahapan yakni 1) **isolasi** kulit singkong dan onggok; 2) **distilasi** bioetanol dari kulit singkong dan onggok menggunakan distilasi kolom reflux; pengujian kadar etanol.

Tinjauan Pustaka

A. Limbah Tepung Tapioka

Tepung tapioka berbahan dasar dari singkong. Singkong merupakan salah satu keluarga umbi-umbian yang memiliki banyak manfaat yang dihasilkan terutama sebagai bahan baku makanan serta bahan awetan singkong yang selanjutnya akan diproduksi menjadi tepung tapioka. Industri tepung tapioka di Indonesia cukup banyak tersebar di Indonesia baik dalam skala besar maupun kecil. Pemilihan bahan singkong merupakan salah satu bahan yang harganya relatif murah dan dalam pembudidayaan tanaman singkong ini pun cukup mudah. Hal ini karena pengaruh kondisi geografis di Indonesia yang memiliki dua musim dan sangat menguntungkan untuk menanam tanaman umbi-umbian (Indrianeu, & Singkawijaya, 2019).

Aktivitas produksi tepung tapioka dari industri atau pabrik tentunya tidak terlepas dari masalah limbah. Limbah tepung tapioka saat ini tentunya perlu diolah kembali agar tidak memberikan dampak negatif bagi kehidupan lingkungan sekitar tempat industri atau pabrik tersebut. Kegiatan industri yang menghasilkan limbah dapat menghasilkan bahan berbahaya dan beracun pada konsentrasi tertentu jika di lepas begitu saja ke lingkungan. Limbah industri yang dihasilkan dapat berupa kulit singkong atau onggok. Daging singkong yang diambil sebagai bahan dasar tepung tapioka tentunya akan menyisakan kulitnya. Selain itu sisa gilingan tapioka yang berasal dari singkong atau ampas singkong inilah yang dinamakan onggok. Selama ini pemanfaatan limbah tepung tapioka masih

sebatas dalam pemberian pakan ternak. Oleh karenanya perlu terobosan baru tentang pengolahan limbah tepung tapioka yang bertujuan dalam *zero waste*.

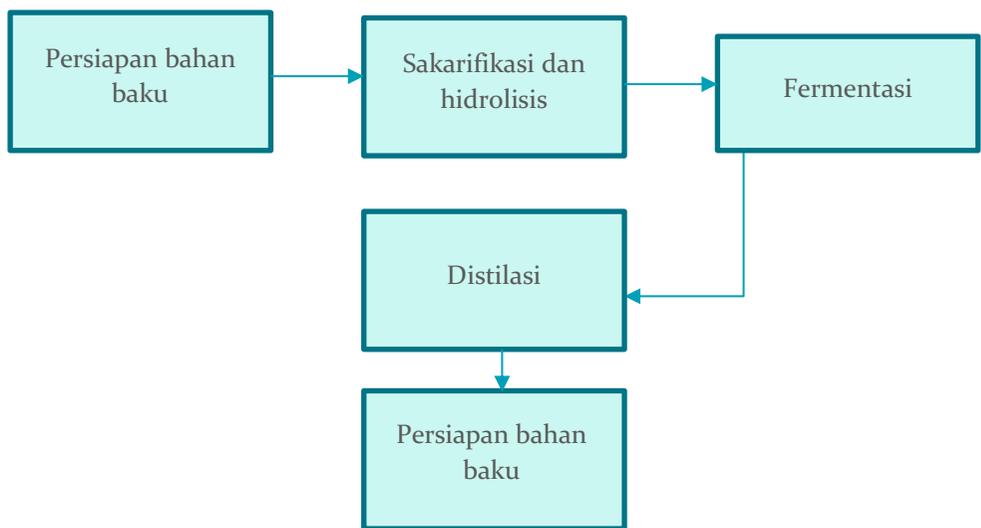
B. Bioetanol

Untuk mengurangi bahan bakar fosil, pemerintah Indonesia memberikan perhatian khusus dalam pengembangan biofuel atau bahan bakar nabati (BBN) sebagai bahan bakar sumber terbarukan yang ramah lingkungan. Biofuel yang seringkali digunakan salah satunya adalah bioetanol

Masyarakat pada umumnya mengenal alkohol yang dalam bahasa saintis dikatakan etanol. Rumus molekul etanol adalah C_2H_5OH dengan rumus empirisnya C_2H_6O . Etanol yang merupakan cairan dari hasil proses fermentasi gula dari karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme dinamakan bioetanol. Bioetanol memiliki karakteristik yang mudah menguap, mudah terbakar, tidak karsinogenik dan larut dalam air. Bioetanol tidak hanya digunakan dalam pencampuran BBM untuk bahan bakar. Sebetulnya, bioetanol diprogramkan dapat digunakan sebagai pengganti minyak tanah (kerosen). Berdasarkan bahan bakunya, bioetanol dikelompokkan menjadi empat generasi yakni generasi satu berbahan baku pati, generasi dua berbahan baku lignoselulosa, generasi tiga berbahan baku mikroalga atau makroalga dan generasi empat berbahan baku hasil dari biomassa atau mikroba yang telah mengalami modifikasi genetik (Sudiya et al, 2019).

Metode Penelitian

Buku ini membahas berbagai hal yang terkait dengan penelitian bioetanol. Penulis akan berusaha menjabarkan metode penelitian secara umum dalam pembuatan bioetanol. Berdasarkan literatur sebelumnya ada beberapa tahapan dalam pembuatan bioetanol sebagai berikut :



Gambar 1. Prosedur Pembuatan Bioetanol

Penelitian bioetanol dimulai pada tahun 2019 diawali dengan optimasi produksi bioetanol dari kulit singkong dan onggok melalui fermentasi sederhana. Selanjutnya, penelitian tahun berikutnya (2020) melakukan efektivitas starter dalam produksi bioetanol tersebut dan proses produksi etanol dari limbah tepung tapioka langsung kedalam pengaplikasian produk bahan bakar cair dalam bentuk gel. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium IPA Terpadu. Penelitian ini melibatkan beberapa

alat dalam percobaannya antara lain: blender, thermometer, refractometer, alcoholmeter, mesin pengaduk, neraca digital dengan ketelitian 0,001 gram, beerglass, gelas ukur, Erlenmeyer, stopwatch, viskometer oswold, kalorimeter, tungku, alat perebus. Selain itu, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah CMC, aquadest, bioethanol 90% dari limbah tepung tapioka (Perlakuan E dan F)

Tahapan produksi ini dimulai dari:

1. persiapan bahan baku, persiapan bahan baku ini adalah persiapan awal yang krusial dalam pembuatan bietanol. Mengapa dikatakan seperti itu? Karena kita harus mengetahui kandungan komposisi awal secara garis besar dahulu dalam menentukan bahan baku yang akan digunakan. Persiapan bahan baku dalam penelitian ini berasal dari onggok dan kulit singkong yang dibersihkan (dicuci bersih untuk menghilangkan tanah yang menempel sehingga baku yang kita inginkan murni onggok dan kulit singkong) kemudian kulit singkong dan onggok dihancurkan atau dihaluskan untuk memecah susunan tepungnya.



Gambar 2 Prosedur Persiapan bahan baku bioetanol

2. liquefikasi dan sakarifikasi, pada tahap ini bahan baku dikonversi menjadi gula kompleks menggunakan enzim alfa amylase melalui proses pemanasan pada suhu 90°C (hidrolisis). Pada kondisi ini enzim akan memecah struktur tepung secara kimia menjadi dekstrin. Proses liquifikasi ditandai dengan parameter dimana bubur berubah menjadi lebih cair seperti sup. Selanjutnya sakarifikasi dilakukan dengan mendinginkan bubur, pengaturan pH optimum

enzim, penambahan enzim glukosa amilase. Proses ini selesai dengan mengetes kadar gula sederhana yang dihasilkan dan mengukur kadar alkohol yang ada dalam tahap ini.



Proses hidrolisis

Gambar 3 Prosedur Hidrolisis dalam pembuatan bioetanol

Pada gambar tersebut, menunjukkan bahwa tepung di hidrolisis hingga menjadi bubur. Selanjutnya, akan di saring menggunakan kertas whatmann sehingga endapan tidak ikut dalam larutan yang akan diberikan starter dan tahap berikutnya akan di fermentasi.

3. Pada tahap fermentasi, tepung telah berubah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dengan kadar gula 5-12%. Tahap selanjutnya dengan mencampur ragi (yeast) pada cairan tersebut dan mendinginkannya dalam fermentor pada suhu 27-32°C selama 5-7 hari.



Starter yang disiapkan digunakan dan dicampur



Larutan sop (bubur) yang disaring dan siap untuk dicampur dengan starter dan selanjutnya difermentasi

Gambar 4. Penyiapan starter dan larutan sup (bubur) yang digunakan dalam pembuatan bioetanol

Pada tahap setelah fermentasi perlu adanya pengukuran bioetanol yang dihasilkan dan kadar glukosa yang dihasilkan. Kadar alkohol yang tinggi dan memiliki persentase lebih dari 30% akan dilanjutkan proses distilasi untuk menaikkan kadar alkohol dengan pemurnian.

4. Tahap selanjutnya adalah proses distilasi, pada tahap penyulingan dilakukan dengan cara memisahkan alkohol dalam cairan hasil fermentasi. Penyulingan menggunakan teknik dan distillator model kolom reflux (bertingkat).



Gambar 5. Penyiapan destilasi untuk bioetanol

Dengan cara menggunakan alat distillator ini kadar ethanol yang dihasilkan mampu mencapai 90-95 % melalui 2 (dua) tahap penyulingan. Setelah tahap distilasi dilakukan, maka perlu ada tindakan pembuatan gel sebagai salah satu formulasi dalam pembuatan bioetanol.

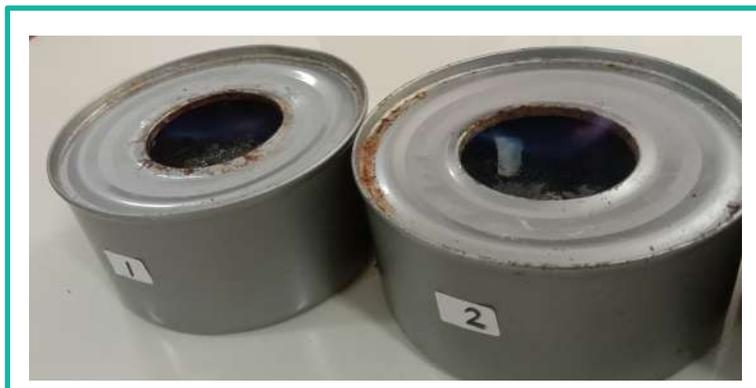
5. Prosedur pembuatan formulasi bioethanol gel yaitu dengan penyiapan bahan pengental CMC (Carboxymethylcellulose). Perlu diketahui, kegunaan CMC dalam bidang industri dapat digunakan sebagai campuran eutektik dan dapat digunakan sebagai pengental. CMC yang dipakai dalam pembuatan bioetanol ini memiliki kemurnian 76%. Tahapan pembuatan dimulai dari mencampur bahan CMC dengan aquadest yang dimasak kedalam tungku kompor dan diaduk terus hingga mendidih. Setelah itu, angkat dan didiamkan hingga mendingin. Kemudian bahan tersebut dicampur dengan

bioetanol dari limbah tepung tapioka (kulit singkong dan onggok) dan diaduk hingga 4-6 jam dengan mesin pengaduk. (pengadukan ini tergantung pada jumlah CMC yang diaduk dengan aquadest serta bioethanol). Pada prinsipnya bahan ini harus tercampur dengan rata, dan tidak ada gumpalan-gumpalan dalam bahan tersebut. Setelah tercampur semua, diamkan selama 1 malam. Berikut adalah gambaran bioetanol gel yang dihasilkan:



Gambar 6. Penyiapan bioetanol gel yang akan diberi warna

Tahap terakhir dari proses ini mencampurkan pewarna makanan secukupnya agar terlihat menarik, dan berbeda dengan air bening setelah itu dilakukan uji praklinis.



Gambar 7. Bioetanol gel diuji nyala api

Pada gambar 7 nampak bioetanol yang diuji nyala api dapat bertahan lebih lama dan warnanya yang biru dapat menandakan bahwa bahan bakar ini ramah lingkungan. Untuk mengetahui lebih lanjut data dan pembahasannya mari kita lihat dalam bab selanjutnya.

Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui kandungan kimia dari kulit singkong dan ongkok sebelum dilakukan tahap fermentasi, maka perlu uji pendahuluan untuk mengetahui kandungan komposisi kimia di awal terlebih dahulu. (Tabel 1).

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa kandungan selulosa dan hemiselulosa serta lignin masih tinggi yang artinya senyawa polimer karbohidrat ini berpotensi sekali dalam pemanfaatannya bioetanol.

Tabel 1. Kandungan kimia dari kulit singkong dan ongkok

Komponen	Kulit Singkong	Ongkok
Holoselulosa	65.7	56.2
Selulosa	37.6	40.3
Hemiselulosa	37.1	40.8
Lignin	7.3	5.7
Abu	4.5	1,9
Air	5.5	4.1
Kadar kelembaban	60.31	58.12

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah penentuan perlakuan dalam rangka untuk menghasilkan bioetanol paling optimal, ditentukan delapan perlakuan yakni :

Perlakuan A : kulit singkong dan onggok tanpa starter

Perlakuan B : onggok tanpa starter

Perlakuan C : kulit singkong dan onggok ditambah starter sebelum fermentasi (H-1)

Perlakuan D : onggok ditambah starter sebelum fermentasi (H-1)

Perlakuan E : kulit singkong dan onggok ditambah starter saat fermentasi hari H

Perlakuan F : onggok ditambah starter saat fermentasi hari H

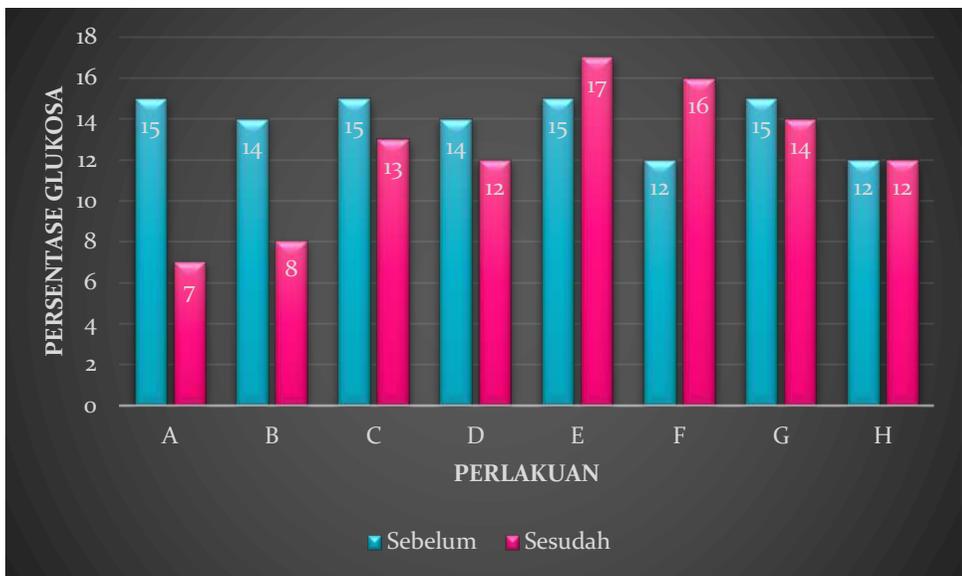
Perlakuan G : kulit singkong dan onggok ditambah starter setelah fermentasi (H+1)

Perlakuan H : onggok ditambah starter setelah fermentasi (H+1)

Berdasarkan penentuan perlakuan tersebut, didapatkan hasil persentase glukosa sebelum dan sesudah proses fermentasi (Gambar 8). Untuk mengetahui pengaruhnya akan dibahas selanjutnya.

A. PROSES PRA-PASCA PERLAKUAN FERMENTASI

Untuk mengetahui pengaruh fermentasi terhadap berbagai perlakuan yang telah ditentukan, dapat diamati pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 8. Persentase kadar glukosa pada berbagai perlakuan sebelum dan sesudah fermentasi

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa pengaruh fermentasi terhadap beberapa sampel menunjukkan hasil yang signifikan terhadap persentase glukosa. Pengamatan dilakukan hingga hari ke 14 fermentasi. Kadar glukosa di awal fermentasi masih tinggi, hal ini disebabkan karena glukosa belum dimanfaatkan sebagai makanan untuk mikroba dalam proses fermentasi nantinya. Oleh karenanya kadar glukosa hasil hidrolisis masih tergolong cukup tinggi. Selanjutnya kadar glukosa rata-rata cenderung menurun seiring dengan lama waktu fermentasi. Semakin lama fermentasi, semakin rendah pula kadar glukosa yang ada didalam setiap perlakuan. Hampir semua perlakuan menunjukkan penurunan yang signifikan terhadap lama fermentasi. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kadar glukosa akan mengalami

penurunan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi pada sampel kulit nanas (Setyawati & Rahman, 2017). Penelitian pendahuluan lainnya yakni menghasilkan bioethanol dari cassava pomace dengan kadar 6.2% selama 8 hari fermentasi (Heriyanti et al, 2020). Penelitian terkait dengan bioethanol dari singkong fermentasi dalam menghasilkan bioethanol 7-8 hari (Oyeleke, et al 2012).

Kadaan ini terjadi karena glukosa telah diubah menjadi bioethanol. Waktu hidrolisis yang lama mengakibatkan Sebagian glukosa yang terbentuk mengalami penurunan, waktu optimum untuk menghidrolisis pati menjadi gula berkisar 2 jam (Bahri et al., 2018). Perubahan tersebut terjadi karena aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dari enzim invertasi. Hanya perlakuan E dan F yang mengalami peningkatan kadar glukosa, meskipun hanya meningkat sedikit.

Untuk mengetahui kadar bioethanol pada berbagai sampel perlakuan yang berkaitan dengan kadar glukosa dan lama fermentasi. Maka dapat dijelaskan pada bahasan berikutnya.

B. KADAR BIOETANOL PADA BERBAGAI PERLAKUAN

Fermentasi pada pembuatan bioethanol sangat berkaitan dengan kadar bioethanol pada suatu sampel. Fermentasi menentukan aktivitas mikroba dalam mengambil nutrisinya sehingga bioethanol yang dihasilkan setelah fermentasi dapat diketahui.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan hasil yang signifikan terhadap lama fermentasi pada berbagai perlakuan.

Untuk mengetahui pengaruh tersebut, dapat diamati pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Persentase kandungan alkohol pada berbagai perlakuan selama fermentasi

No.	Perlakuan	Hari ke-						
		1	3	5	7	9	11	14
1	A	0	15	17	22	22	12	8
2	B	0	15	18	22	22	12	8
3	C	0	26	32	38	38	22	20
4	D	0	24	30	35	35	23	15
5	E	0	30	40	55	55	30	25
6	F	0	25	33	45	45	28	22
7	G	0	27	35	41	41	28	23
8	H	0	25	32	35	35	24	15

Berdasarkan tabel di atas, menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan batas optimal bioetanol yang dihasilkan tidak lebih dari 14 hari fermentasi. Dari tabel juga dapat terlihat kenaikan meningkat dari hari 1- 7 yang sangat signifikan. Hasil observasi pada 8 perlakuan yang telah dibuat, menunjukkan

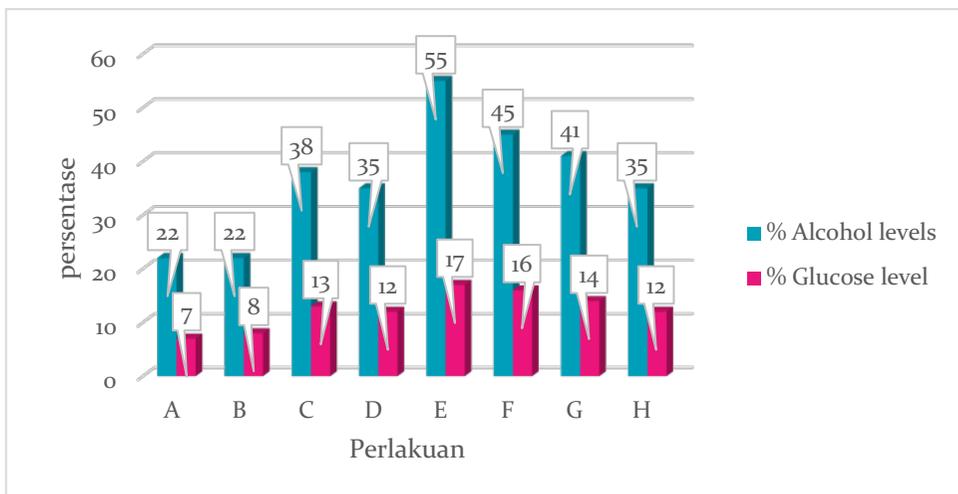
bahwa pada hari ke 7 fermentasi menghasilkan kadar bioethanol yang paling optimal. Setelah melampaui hari ke 7 fermentasi, kadar bioethanol semakin menurun. Kadar alkohol saat fermentasi dimulai adalah 0% pada semua perlakuan dengan kadar glukosa yang bermacam-macam sesuai dengan gambar 8 yang telah dipaparkan di atas. Pada perlakuan E dan F menunjukkan kadar bioethanol yang paling optimal dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Pengaruh starter terhadap pembentukan bioethanol terhadap lama fermentasi sangat signifikan sekali. Starter akan membantu aktivitas kerja *Saccharomyces cerevisiae* dalam pengubahan glukosa menjadi bioethanol. Penambahan volume starter yang sesuai dan tepat akan sangat mempengaruhi proses pembentukan bioethanol pada setiap perlakuan (Bahri et al, 2018). Starter dalam penelitian memiliki komposisi 10 gram dari sampel masing-masing perlakuan ditambahkan 100 ml air dan penambahan starter 8 ml. Oleh karena itu, penambahan starter yang digunakan adalah 0,08 %.

Hal ini juga selaras dengan penelitian sebelumnya bahwa penambahan volume starter pada saat proses fermentasi maksimal adalah 5% dari volume fermentasi (Bahri et al., 2018). Oleh karenanya perlakuan yang ditambahkan starter semuanya meningkat kadar bioethanol optimal dibandingkan tanpa starter (Perlakuan A dan B). Selain itu, kadar bioethanol yang berasal dari kulit singkong dan onggok hasilnya lebih tinggi dibandingkan hanya sampel onggok. Sehingga limbah tepung tapioka jika

dicampurkan masih memiliki potensi untuk menghasilkan bioethanol yang tinggi. Pencampuran kulit dan onggok menunjukkan potensi limbah dari industri tepung tapioka sangat tinggi potensinya untuk pemanfaatan kembali dalam menghasilkan bioenergi yang zero waste.

Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan antara kadar bioethanol dengan kadar glukosa pada tiap perlakuan dapat dilihat bahasanya sebagai berikut.



Gambar 9. Persentase kadar bioethanol dan glukosa pada berbagai perlakuan

Pada proses fermentasi, kadar alkohol dan kadar glukosa akan berbeda signifikan. Saat fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae* akan menggunakan glukosanya untuk sumber nutrisi sehingga menghasilkan produk berupa bioethanol. Akibat aktivitas mikroorganisme tersebut, menyebabkan kadar glukosa akan semakin menurun dengan lamanya fermentasi, dan kadar

bioethanol akan semakin tinggi hasil dari aktivitas mikroorganisme tersebut (yeast). Hal ini dapat dilihat pada gambar 9 menunjukkan bahwa semua perlakuan mengalami penurunan kadar glukosa dan semua perlakuan mengalami peningkatan kandungan bioetanolnya. Ini dapat disimpulkan bahwa kadar glukosa dengan kadar bioetanol akan berkebalikan persentase seiring dengan lama fermentasi yang diakibatkan karena aktivitas mikroorganisme yang semakin meningkat dalam mengambil sumber nutrisi untuk metabolismenya.

C. UJI KADAR BIOETANOL SETELAH DESTILASI

Tahapan berikutnya setelah memperoleh kandungan bioethanol dari fermentasi, maka dilanjutkan proses destilasi untuk meningkatkan kadar bioethanol yang mampu digunakan untuk bioethanol gel. Berdasarkan observasi, diperoleh data sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase kandungan alkohol pada berbagai perlakuan sebelum dan setelah distilasi kolom refluks

No.	Perlakuan	Sebelum	Sesudah
1	A	22	62
2	B	22	55
3	C	38	86
4	D	35	86

5	E	55	92
6	F	45	90
7	G	41	87
8	H	35	85

Berdasarkan tabel 3 diatas, menunjukkan bahwa seluruh perlakuan A hingga H mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Destilasi adalah suatu metode pemisahan dari sampel larutan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitasnya pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi ini dilakukan untuk memisahkan etanol dari larutan campurannya (yang Sebagian besar air dan ethanol) (Batutah, 2017). Proses destilasi dipengaruhi juga terhadap suhu destilasi yang tidak lebih dari 70°C (Putra et al, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian dalam pembuatan kadar bioethanol dari limbah tepung tapioka pada berbagai perlakuan selama 7 hari kemudian dilakukan destilasi dengan kolom refluks menunjukkan hasil yang signifikan (Tabel 3). Perlakuan fermentasi dari sampel tersebut selaras dengan penelitian sebelumnya yakni fermentasi untuk menghasilkan kadar bioethanol yang maksimal terjadi selama 5-7 hari (Candra, 2011). Hal ini didukung pula oleh Senthilraja et al., 2011 yang menyatakan bahwa produksi bioethanol akan menghasilkan kadar yang tinggi mulai pada umur 96 jam atau setelah umur 4 hari.

D. VISKOSITAS DARI BIOETANOL GEL

Hasil analisis dari 3 perlakuan dengan penambahan CMC dan berbagai sampel bioetanol, dapat dilihat pada tabel 4. Penambahan CMC didasarkan pada penelitian sebelumnya yakni meningkat tiap 1 % (Hermawan & Sudarmanta, 2018).

Tabel 4. Viskositas bioethanol gel pada berbagai perlakuan

Sampel	CMC 2,5% + Air 7,5%	CMC 3,5% + Air 6,5%	CMC 4,5% + Air 5,5%
Bioetanol 62%	660,773	762,553	901,344
Bioetanol 55%	586,199	676,507	799,653
Bioetanol 86%	916,453	1.057,568	1.249,999
Bioetanol 86%	916,453	1.057,568	1.249,999
Bioetanol 92%	980,373	1.131,322	1.337,163
Bioetanol 90%	959,066	1.106,737	1.308,108
Bioetanol 87%	927,106	1.069,861	1.264,526
Bioetanol 85%	905,799	1.045,276	1.235,472

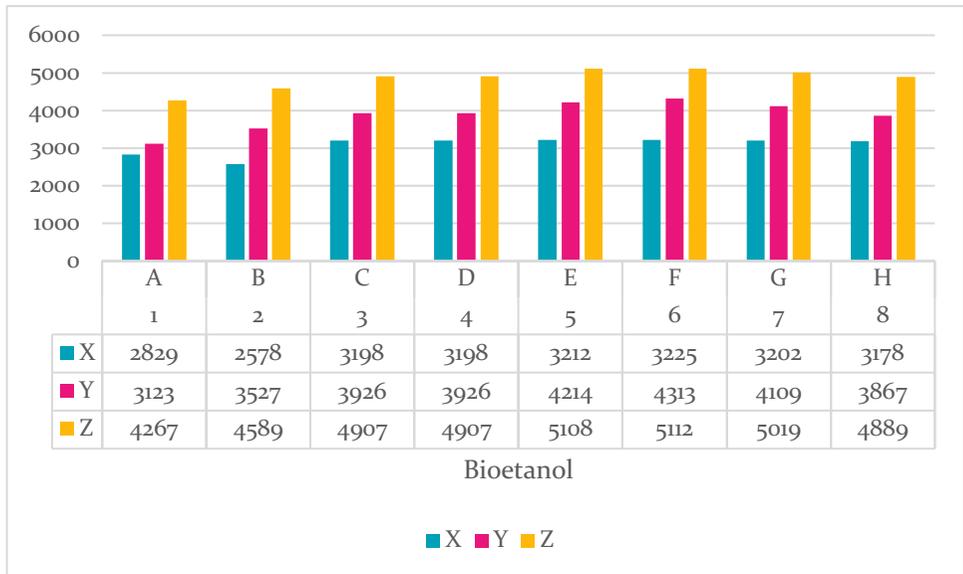
Berdasarkan tabel diatas, menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi kadar CMC akan semakin tinggi pula tingkat kekentalan (viskositas) dari bioethanol gel. Kadar CMC berbanding terbalik dengan kadar air yang digunakan menyebabkan viskositas pada bioethanol gel semakin meningkat. CMC berperan penting sebagai agen pengemulsi, pensuspensi (Agustriono & Hasanah 2016). Semakin tinggi bahan pengental

dan air yang rendah akan meningkatkan viskositas pada bioethanol gel (Purba et al.,2017). Keberadaan CMC dalam larutan cenderung membentuk ikatan silang dalam molekul polimer yang menyebabkan molekul pelarut terjebak didalammnya sehingga terjadi immobilisasi molekul pelarut dan pada akhirnya struktur molekul tersebut akan kaku dan tahan terhadap tekanan (Kamal, 2010).

E. NILAI KALOR

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting dalam mengamati kualitas bahan bakar. Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepas dalam bahan bakar tersebut secara sempurna. Untu mengetahui efisiensi pemanasan dalam pemanfaatan bioetanol gel ini dapat diterapkan dengan baik, maka perlu mengujian nilai kalor.

Berdasarkan pengujian nilai kalor dari 8 sampel dengan 3 perlakuan didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 10. Nilai kalor pada berbagai sampel dengan 3 perlakuan.

Adapun 3 perlakuan terdiri atas:

X : CMC 2,5 % dengan air 7,5 %

Y : CMC 3,5 % dengan air 6,5 %

Z : CMC 4,5 % dengan air 5,5 %

Pada gambar hasil pengujian kalor dapat diketahui bahwa dari berbagai sampel menunjukkan rata-rata kalor yang memiliki peningkatan hampir sama. Semakin tinggi penambahan CMC dan air akan meningkatkan nilai kalornya. Hal ini disebabkan karena bioethanol sebagai sampel dengan kadar yang berbeda memiliki volume yang lebih besar dibandingkan perlakuan. Oleh karenanya nilai kalor meningkat seiring dengan kadar bioethanol yang

meningkat yaitu pada sampel E dan F (kadar bioethanol 92% dan 90%). Nilai kalor menentukan perataan perapian yang akan digunakan dalam pemanasan yang menunjukkan efisiensi dalam penggunaannya dan lama nyala api. Keadaan ini akan sangat menguntungkan jika diaplikasikan kedalam pemanfaatannya sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dan murah harganya.

Selain itu nilai kalor juga memiliki hubungan dengan kadar air. Tinggi rendahnya kadar kalor sangat dipengaruhi kadar air. Kadar air yang rendah akan berbanding terbalik dengan kadar kalor yang dihasilkan dalam pengujian bioethanol gel (Tyastando, 2019). Hal ini pun selaras dengan penelitian ini semakin rendah kadar air (perlakuan Z) menyebabkan tiap sampel memiliki nilai kalor yang semakin tinggi. Pada semua sampel menunjukkan peningkatan nilai kalor seiring dengan penurunan kadar air yang ada pada setiap perlakuan.

F. UJI PRAKLINIS

Untuk pengujian selanjutnya agar bioethanol gel dapat dimanfaatkan dan diketahui nyala apinya maka dilakukan uji pra klinis. Uji praklinis diharapkan dapat menghasilkan produk nyata yang nantinya dapat diproduksi secara massal. Hasil uji pra klinis diamati berdasarkan lama nyala api, warna bara api dan residu yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Uji Pra Klinis Bioetanol gel 250 gram

No.	Sampel	Lama Nyala Api (menit)	Warna Bara api	residu yang dihasilkan
1	A	75	biru	++
2	B	78	biru	++
3	C	100	biru	++
4	D	100	biru	++
5	E	180	biru	+
6	F	120	biru	++
7	G	180	biru	+
8	H	180	biru	+

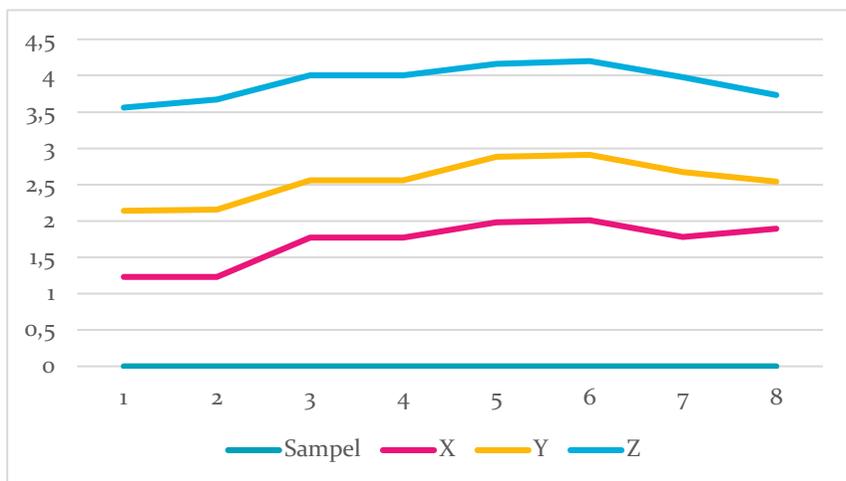
Keterangan : + residu banyak

++ residu sedikit

Berdasarkan hasil uji pra klinis dengan berat bioethanol gel 250 gram dapat diketahui hasilnya, bahwa seluruh perlakuan mampu nyala dengan lama paling lama sekitar 180 menit pada sampel E, G dan H. Rata-rata warna nyala api dalam bioetanol gel tersebut berwarna biru yang menunjukkan bahwa warna ini hemat energi. Selain itu residu yang dihasilkan rata-rata pada semua perlakuan adalah sedikit. Hal ini terkait dengan perlakuan dalam pengadukan CMC dengan bioethanol sehingga akan mempengaruhi lama nyala api pada bioethanol gel. Penelitian sebelumnya telah dilakukan tentang pengaruh proses pembuatan gel bioethanol terhadap kadar air, kadar abu, bahkan lama nyala api (Amalia, 2018).

G. KADAR ABU

Kadar abu dilakukan saat pengujian nyala api sehingga dihasilkan residu (abu yang dapat dihitung persentasenya. Untuk mengetahui kadar tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Kadar abu pada berbagai sampel dengan 3 perlakuan.

Kadar abu yang ada pada berbagai sampel dengan tiap

perlakuan menunjukkan hasil yang signifikan. Penambahan CMC yang berbeda memberikan pengaruh pembakaran bioethanol gel yang dihasilkan. Peningkatan CMC pada tiap perlakuan sebanding dengan kenaikan kadar abu. Hal ini membuktikan bahwa CMC bersifat inert (Kamal, 2010).

Sifat kimia CMC yang tidak mudah terbakar habis menyebabkan residu pembakaran. Kadar abu dalam pembakaran ini menunjukkan hasil yang bagus yakni $< 5\%$ sehingga bioethanol gel ini mampu diaplikasi lebih lanjut dalam pemanfaatannya untuk pemanasan sebagai bahan bakar rumah tangga. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan CMC berbanding lurus dengan kenaikan kadar abu (Tyastando, 2019).

Selain kadar abu dipengaruhi oleh kadar CMC yang terdapat dalam bioetanol, kadar kekeruhan juga berpengaruh didalamnya. Makin tinggi kadar CMC yang digunakan, maka kecenderungan bioetanol tersebut semakin keruh. Sebenarnya, CMC dapat dibuat dari daging singkong yang berpotensi dalam zero waste. Namun karena keterbatasan waktu dalam penelitian, sehingga CMC yang digunakan dalam penelitian pembuatan bioetanol dari limbah tepung tapioka menggunakan CMC sintetis yang dibeli dari toko kimia.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

Persentase kadar glukosa pada perlakuan cenderung meningkat sedikit dibandingkan sebelum fermentasi. Persentase kadar glukosa yang rendah berbanding terbalik dengan persentase kadar alkohol yang tinggi. Lama fermentasi yang optimum untuk memperoleh kadar ethanol yang optimal adalah pada hari ke-7. Pada berbagai variasi perlakuan, didapatkan kadar ethanol 92% pada perlakuan kulit singkong dan onggok dengan penambahan starter pada hari pertama fermentasi sampel.

Perlakuan tanpa menggunakan starter diperoleh kadar ethanol yang paling rendah. Starter membantu kerja mikroorganisme dalam proses fermentasi untuk menghasilkan kadar ethanol yang optimal. Selain itu penggunaan destilasi kolom reflux mampu meningkatkan kadar ethanol murni dalam sampel.

Pada tahapan pembuatan bioethanol gel menunjukkan hasil bahwa Semakin tinggi kadar CMC akan semakin tinggi pula tingkat kekentalan (viskositas) dari bioethanol gel. Semakin rendah kadar air menyebabkan tiap sampel memiliki nilai kalor yang semakin tinggi. Seluruh perlakuan mampu nyala dengan lama paling lama sekitar 180 menit pada sampel E, G dan H. Peningkatan CMC pada tiap perlakuan sebanding dengan kenaikan kadar abu.

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian ini, maka ada beberapa saran yang perlu diperhatikan yaitu: perlunya penelitian lainnya dari limbah industri yang memiliki potensi untuk dijadikan bioetanol gel.

Daftar Pustaka

- Agustriono, F. R., & Hasanah, A. N. (2016). Pemanfaatan Limbah Sebagai Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa.
- Ariyani, S. B., & Supriyatna, N. (2013). Comparison Of Carbopol And Carboxymethyl Cellulose As Thickener On Making Bioethanol Gel. *Biopropal Industri*, 4(2).
- Baeyens, J., Kang, Q., Appels, L., Dewil, R., Lv, Y., & Tan, T. (2015). Challenges And Opportunities In Improving The Production Of Bio-Ethanol. *Progress In Energy And Combustion Science*, 47, 60-88.
- Batutah, M. A. (2017). Distilasi Bertingkat Bioetanol Dari Buah Maja (Aegle Marmelos L.). *Jurnal IPTEK*, 21(9).
- Candra, K. P. (2011). Study On Bioethanol Production Using Red Seaweed Eucheuma Cottonii From Bontang Sea Water. *Journal Of Coastal Development*, 15(1), 45-50.
- Cha, C., Kim, S. R., Jin, Y. S., & Kong, H. (2012). Tuning Structural Durability Of Yeast-Encapsulating Alginate Gel Beads With Interpenetrating Networks For Sustained Bioethanol Production. *Biotechnology And Bioengineering*, 109(1), 63-73.
- Hermawan, B. M., & Sudarmanta, B. (2018, July). Characterization Of Bioetanol Gel And Applications On Bioethanol Gel Stove. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1983, No. 1, P. 020020). AIP Publishing LLC.
- Inal, M., & Yiğitoğlu, M. (2011). Production Of Bioethanol By Immobilized Saccharomyces Cerevisiae Onto Modified Sodium Alginate Gel. *Journal Of Chemical Technology & Biotechnology*, 86(12), 1548-1554.

- Indrianeu, T., & Singkawijaya, E. B. (2019). Pemanfaatan Limbah Industri Rumah Tangga Tepung Tapioka Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan. *JURNAL GEOGRAFI Geografi dan Pengajarannya*, 17(2), 39-50.
- Kamal, N. (2010). Pengaruh bahan aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) terhadap beberapa parameter pada larutan sukrosa. *Jurnal Teknologi*, 1(17), 78-84.
- Lee, W. S., Chen, I. C., Chang, C. H., & Yang, S. S. (2012). Bioethanol Production From Sweet Potato By Co-Immobilization Of Saccharolytic Molds And *Saccharomyces Cerevisiae*. *Renewable Energy*, 39(1), 216-222.
- Mulyono, A. M. W., Handayani, C. B., Tari, A. I. N., & Zuprizal. (2011). Fermentasi Etanol Dari Jerami Padi. Paper Presented At The Karya Tulis Ilmiah Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepadamasayarakat Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo.
- Nurkholis, N., Fajar, A., & Rohman, S. A. (2020). Karakteristik Bioetanol Gel Dari Buah Berenuk (*Crescentia Cujete L.*). *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 5(1), 57-62.
- Oketch, P. O., Ndiritu, H. M., & Gathitu, B. B. (2012). Experimental Study Of Fuel Efficiency And Emissions Comparison From Bio-Ethanol Gel Stoves.
- Purba, A. A., Admadi, B., & Arnata, I. W. Pengaruh Penambahan Kalsium Asetat ($\text{Ca} (\text{CH}_3\text{COO})_2$) Dan Bioetanol Terhadap Karakteristik Bioetanol Gel.
- Putra, I. G. G. S. A., Wartini, N. M., & Wrsiati, N. L. P. (2015). Pengaruh Suhu Dan Lama Distilasi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Distilat Alkohol Dari Cairan Pulpa Hasil Samping Fermentasi Biji Kakao. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(3), 95-102.

- Rikana, H., & Adam, R. (2009). Pembuatan Bioethanol Dari Singkong Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape.
- Robinson, J. 2006. Bio-Ethanol As A Household Cooking Fuel: A Mini Pilot Study Of The Super Blu Stove In Peri-Urban Malawi. Thesis Report. Loughborough University, Leics, UK.
- Senthilraja, P., Kathiresan, K., & Saravanakumar, K. (2011). Comparative Analysis Of Bioethanol Production By Different Strains Of Immobilized Marine Yeast. *Journal Of Yeast And Fungal Research*, 2(8), 113-116.
- Sudiyani, Y., Amriani, F., & Simanungkalit, S. P. (2019). Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif.
- Tyastando, R. D., Ardiansah, J., Pramudita, A. E., & Riandadari, D. (2019). Studi Experiment Al Pembuatan Bioetanol Gel Dengan Pengental Carboxymethyl Cellulose Dan Pengujian Performance Bioetanol Gel. *Inajet: Indonesian Journal Of Engineering And Technology*, 1(2), 74-80.
- Widyastuti, P. (2019). Pengolahan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Bakar Bioetanol melalui Proses Fermentasi. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1), 41-46.
- Yang, H., Shi, Z., Xu, G., Qin, Y., Deng, J., & Yang, J. (2019). Bioethanol production from bamboo with alkali-catalyzed liquid hot water pretreatment. *Bioresource technology*, 274, 261-266.

GLOSARIUM

Bioetanol	salah satu bahan bakar nabati berbentuk cair yang sangat penting.
CMC	salah satu zat aditif yang sering digunakan pada bahan pangan sebagai pengental dan penstabil emulsi.
Distilasi	Suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan.
Fermentasi	merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba.
Hidrolisis	Proses pemecahan ikatan kimia dengan penambahan air
Sakarifikasi	Suatu pemecahan karbohidrat menjadi komponen molekul gula sederhana melalui proses hidrolisis

ISBN 978-623-366-012-9



9

786233

660129