

## Pengaruh Massa Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Air Limbah Pencucian dari Tangki *Dissolving* Industri Kecap

Achmad Fatoni<sup>1</sup>, Adhi Setiawan<sup>1\*</sup>, dan Tarikh Azis Ramadani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: adhi.setiawan@ppns.ac.id

### Abstrak

Air limbah pencucian tangki *dissolving* di industri kecap belum banyak dimanfaatkan karena memiliki kadar COD sebesar 299.999,99 mg/l. Air limbah pencucian tangki *dissolving* dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol karena mengandung glukosa sebesar 7,55%. Tujuan penelitian ini yaitu memanfaatkan air limbah pencucian tangki *dissolving* menjadi bahan baku pembuatan bioetanol melalui dua tahap, yaitu fermentasi menggunakan *Saccharomyces cereviceae* dan destilasi menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Variasi proses fermentasi yaitu massa ragi sebanyak 0 gram, 2 gram, 5 gram, dan 8 gram serta waktu fermentasi selama 4 hari, 7 hari, dan 10 hari. Pengukuran kadar bioetanol pada penelitian ini menggunakan alat hidrometer. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar bioetanol tertinggi sebesar 53,5% diperoleh dari sampel yang difermentasi selama 7 hari dengan penambahan 5 gram ragi.

**Keywords:** Bioetanol, Destilasi, Fermentasi, Glukosa, Industri Kecap.

### 1. PENDAHULUAN

Air limbah pencucian tangki *dissolving* di industri kecap bersumber dari kegiatan *cleaning* tangki *dissolving* yang dilakukan setiap selesai proses pemasakan gula. Air limbah pencucian tangki *dissolving* memiliki kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 29.999,99 mg/l. Menurut Wicheisa dkk. (2018) air limbah yang memiliki kadar COD tinggi dapat mematikan biota air karena oksigen terlarut akan semakin rendah. Pemanfaatan terhadap air limbah pencucian tangki *dissolving* dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi bioetanol, karena kandungan glukosa pada air limbah tersebut sebesar 7,55%. Bioetanol diproduksi dari bahan yang bergula melalui fermentasi alkohol dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengubah gula seperti glukosa menjadi etanol (Rulli dkk., 2016). Menurut Nasrun dkk. (2015) pembuatan bioetanol dari bahan yang bergula atau mengandung glukosa seperti nira tebu, nira kelapa, dan nira sorgum manis dapat langsung difermentasi dengan menambahkan ragi atau *yeast*.

Kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis mikroorganisme, waktu fermentasi, pH, suhu, dan konsentrasi gula (Moeksin dkk., 2016). Menurut Azhar dkk. (2017) ragi *Saccharomyces cerevisiae* memiliki keunggulan dibandingkan jenis mikroorganisme lain seperti toleransi dan produktivitas bioetanol yang tinggi serta mampu memfermentasi bahan dari berbagai jenis gula. Selama proses fermentasi sel ragi akan tumbuh dan berkembang dengan mengkonsumsi gula sehingga kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar (Ojewumi dkk., 2018). Kadar bioetanol pada sampel hasil fermentasi dimurnikan melalui proses destilasi. Menurut Errico dan Rong (2012) destilasi menjadi teknologi utama yang dapat dipertimbangkan, meski terdapat berbagai jenis teknik pemurnian bioetanol. Berdasarkan permasalahan dan data yang telah diuraikan, maka diperlukan penelitian mengenai pengaruh penambahan ragi dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari air limbah pencucian tangki *dissolving* industri kecap.

### 2. METODE

Metode pada penelitian ini terdiri dari persiapan alat dan bahan, pengambilan sampel air limbah, proses fermentasi, pengukuran pH, proses destilasi, dan pengukuran kadar bioetanol.

#### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan digital, pH meter, *rotary vacuum evaporator*, hidrometer, gelas ukur, pipet ukur, dan *stopwatch*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini

adalah air limbah pencucian tangki *dissolving* industri kecap, mikroorganismenya *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk fermipan ragi roti, Larutan HCl, urea, dan Nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK).

## 2.2 Pengambilan Sampel Air Limbah

Pengambilan sampel air limbah pencucian tangki *dissolving* mengacu pada SNI 6989.59:2008. Sampel air limbah diambil sewaktu-waktu (*grab sample*) menggunakan jeriken *Poly Etilen* (PE) ukuran 50 liter. Variasi sampel pada penelitian ini berjumlah 24 varian (3 variasi waktu dan 4 variasi massa ragi) dengan masing-masing varian menggunakan 1 liter air limbah serta dilakukan pengulangan sebanyak dua kali (*duplo*).

## 2.3 Proses Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan secara anaerob menggunakan wadah jeriken ukuran 2 liter. pH air limbah pencucian tangki *dissolving* terlebih dahulu diukur, kemudian mengaturnya menjadi 4,5. Sebanyak 1 liter sampel kemudian dimasukkan ke dalam fermentor seperti **Gambar 1**. Fermipan ragi roti juga dimasukkan ke dalam fermentor dengan jumlah sesuai variasi yaitu 0 gram, 2 gram, 5 gram, dan 8 gram. Sebanyak 1 gram urea dan NPK juga dimasukkan ke dalam semua variasi sampel. Jeriken kemudian ditutup menggunakan penutup yang sudah dipasang selang, lalu disambungkan dengan wadah yang berisi air. Fermentasi dilakukan sesuai variasi waktu fermentasi yaitu 4 hari, 7 hari, dan 10 hari. Langkah terakhir yaitu menyaring hasil fermentasi hingga terpisah antara supernatan dan endapan.



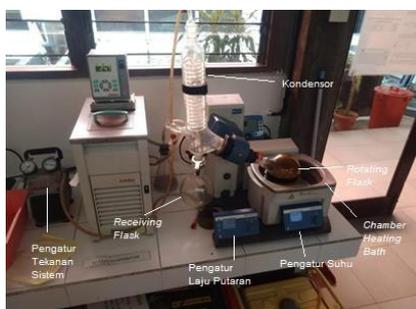
**Gambar 1.** Rangkaian Fermentor

## 2.4 Pengukuran pH

Pengukuran pH pada sampel yang telah selesai variasi waktu fermentasinya menggunakan alat pH meter digital. Sebelum digunakan, alat pH meter digital harus dikalibrasi. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan pH meter digital ke dalam sampel hasil fermentasi. Amati dan catat nilai pH yang ditampilkan pada layar *display*.

## 2.5 Proses Distilasi

Proses distilasi dilakukan menggunakan alat *rotary vacuum evaporator* seperti **Gambar 2**. Sampel hasil fermentasi dimasukkan ke dalam *rotating flask*, kemudian isi *chamber heating bath* dengan aquades lalu *setting* suhu menjadi 78,3°C dengan kecepatan putaran 100 rpm dan uapnya akan dialirkan pada kondensor. Vakum juga dinyalakan untuk menurunkan tekanan, karena proses pemanasan akan meningkatkan suhu dan tekanan. Lakukan distilasi selama 2 jam hingga semua sampel destilat tertampung dalam *receiving flask*.



**Gambar 2.** Alat Rotary Vacuum Evaporator

### 2.6 Pengukuran Kadar Bioetanol

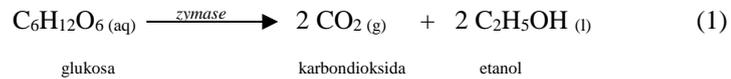
Kadar bioetanol pada sampel destilat diukur menggunakan alat hidrometer seperti **Gambar 3**. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan sampel destilat terlebih dahulu lalu hidrometer ke dalam gelas ukur. Amati posisi angka hidrometer ketika mengambang, kemudian catat angka yang dihasilkan. Angka pada hidrometer menunjukkan persentase kadar bioetanol pada sampel destilat.



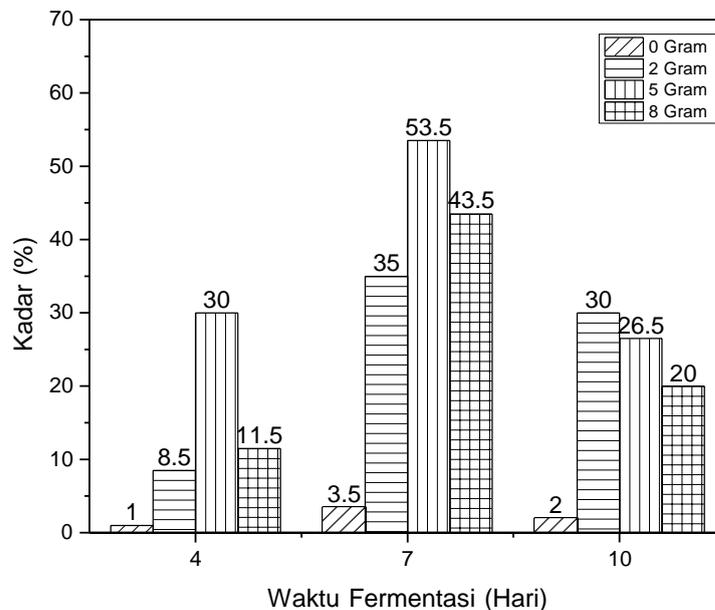
**Gambar 3.** Alat Hidrometer

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh perlakuan variasi pada proses fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Proses fermentasi dilakukan dengan fermipan ragi roti dalam jangka waktu tertentu, sehingga penelitian ini menggunakan dua jenis variasi yaitu massa ragi dan waktu fermentasi. Air limbah pencucian tangki *dissolving* mengandung 7,55% glukosa yang digunakan sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme ketika memproduksi bioetanol. Secara sederhana reaksi pembentukan etanol dari glukosa selama proses fermentasi sesuai persamaan reaksi (1).



Pembentukan bioetanol dari glukosa menurut Handayani dkk. (2016) berlangsung melalui dua tahap yaitu tahap glikolisis dan tahap fermentasi alkohol. Tahap pertama fermentasi glukosa selalu terbentuk asam piruvat melalui jalur glikolisis Embden Meyerhof Parnas (EMP). Glikolisis merupakan serangkaian reaksi kimia yang dapat menguraikan glukosa menjadi asam piruvat, NADH, dan ATP. Tahap kedua yaitu fermentasi alkohol dengan mengubah asam piruvat menjadi asetaldehid oleh piruvat dekarboksilase, kemudian asetaldehid oleh alkohol dehidrogenase direduksi dengan NADH<sub>2</sub> menjadi etanol. Rata-rata nilai kadar bioetanol yang dihasilkan setelah proses distilasi dapat dilihat pada **Gambar 4**.

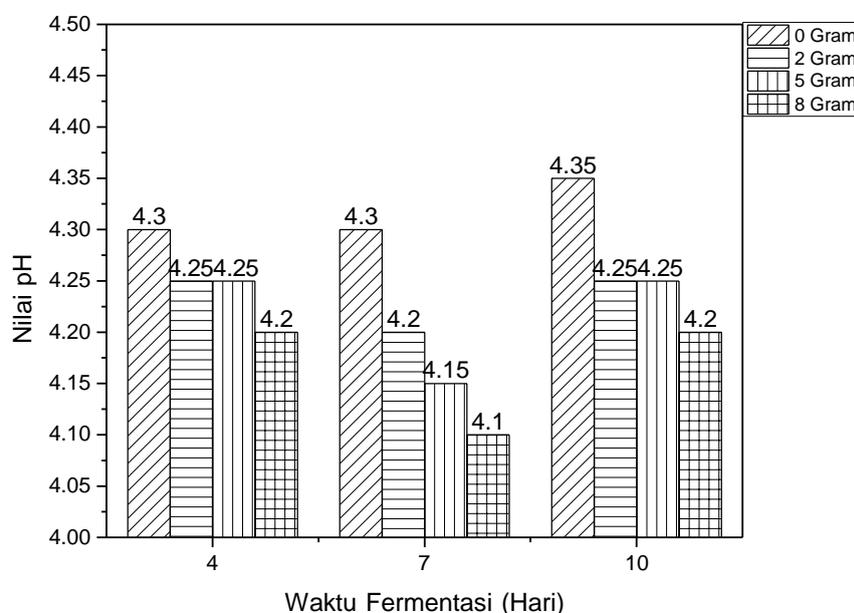


**Gambar 4.** Rata-Rata Kadar Bioetanol

Berdasarkan **Gambar 4** proses fermentasi tanpa ragi (0 gram) menghasilkan kadar bioetanol yang lebih rendah dibandingkan pemberian 2 gram, 5 gram, dan 8 gram ragi. Selama 4 hari fermentasi pemberian 2 gram, 5 gram, dan 8 gram ragi menghasilkan kadar bioetanol berturut-turut sebesar 8,5%; 30%; dan 11,5%. Selama 7 hari fermentasi pemberian 2 gram, 5 gram, dan 8 gram ragi menghasilkan kadar bioetanol secara berturut-turut sebesar 35%; 53,5%; dan 43,5%. Penambahan 5 gram ragi menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi dibandingkan penambahan 2 gram ragi dan mengalami penurunan kadar ketika penambahan 8 gram ragi. Menurut Khurniawati dkk. (2019) nilai kadar bioetanol dipengaruhi oleh konsentrasi glukosa pada sampel. Sampel yang memiliki konsentrasi glukosa tinggi dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk proses metabolisme, namun jika konsentrasi glukosa pada sampel terlalu rendah menyebabkan waktu pertumbuhan mikroorganisme pendek (Khurniawati dkk., 2019).

Berdasarkan **Gambar 4** fermentasi selama 7 hari menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi dibandingkan fermentasi selama 4 hari, dan mengalami penurunan kadar ketika fermentasi selama 10 hari. Waktu fermentasi menjadi bagian dari kombinasi perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap produksi bioetanol dari air limbah pencucian tangki *dissolving* industri kecap. Semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol juga semakin meningkat, namun kadar bioetanol akan menurun setelah kondisi optimum tercapai. Tingginya kadar bioetanol pada fermentasi selama 7 hari sejalan dengan penelitian Hapsari dan Pramashinta (2013) ketika membuat bioetanol dari singkong karet (*Manihot glaziovii*) dengan kadar bioetanol sebesar 35%. Menurut Fadilah dkk. (2017) penurunan kadar bioetanol ketika fermentasi selama 10 hari diakibatkan oleh mikroorganisme yang tidak bekerja secara optimal dalam memproduksi bioetanol karena mengalami fase stasioner, hal ini ditandai dengan adanya penurunan kadar glukosa, penurunan jumlah mikroorganisme, dan berkurangnya jumlah nutrisi.

Menurut Taslim dkk., (2017) selama nutrisi dalam medium tersedia, maka mikroorganisme akan terus melakukan perombakan dan berakhir ketika nutrisi dalam medium berkurang. Penggunaan urea dan NPK pada penelitian ini menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Urea akan terhidrolisis dalam air menjadi ammonium dan karbondioksida, ammonium kemudian diambil unsur nitrogennya oleh mikroorganisme guna proses pertumbuhan dan peningkatan aktivitas (Fitria dan Lindasari, 2021). NPK menjadi sumber K dan P. Unsur K berfungsi sebagai kofaktor enzim, sedangkan unsur P sebagai sintesis asam nukleat, ATP, fosfolipid, dan beberapa senyawa yang mengandung fosfor lain (Junuansyah dkk., 2015). Analisis pada penelitian ini tidak hanya mengenai kadar bioetanol, namun juga menganalisis nilai pH yang dihasilkan sampel setelah proses fermentasi. Nilai pH awal pada sampel dikondisikan sebesar 4,5 karena menurut Moeksin dkk. (2016) pH optimum pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah 4 sampai 4,5. Rata-rata nilai pH setelah proses fermentasi terdapat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Rata-Rata Nilai pH Sampel Setelah Fermentasi

Berdasarkan **Gambar 5** nilai pH mengalami penurunan seiring dengan semakin lamanya proses fermentasi dan banyaknya jumlah ragi yang diberikan. Menurut Arif dkk. (2017) terjadinya penurunan pH

pada sampel karena dihasilkannya produk samping ketika proses fermentasi seperti asetaldehid dan karbondioksida sebagai hasil akhir pemecahan piruvat. Penurunan pH ketika proses fermentasi juga disebabkan oleh ionisasi  $H^+$ . Medium fermentasi akan terdisosiasi menjadi ion  $NH^+$  karena mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* mengkonsumsi senyawa tersebut untuk membentuk massa sel dalam bentuk  $R-NH_3^+$ . Pengikatan  $NH^+$  akan melepas  $H^+$  ke lingkungannya, sehingga ion  $H^+$  ketika proses fermentasi akan semakin banyak yang mengakibatkan terjadinya penurunan pH (Ghoridkk., 2011).

#### 4. KESIMPULAN

Rata-rata kadar bioetanol tertinggi sebesar 53,5%, dihasilkan dari sampel dengan penambahan 5 gram ragi yang difermentasi selama 7 hari. Semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol akan semakin meningkat, namun akan menurun setelah kondisi optimum tercapai. Faktor penentu dihasilkannya kadar bioetanol tertinggi adalah keseimbangan antara jumlah mikroorganisme dengan konsentrasi glukosa dan nutrisi.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dari penulis kepada industri kecap yang telah diizinkan untuk mengambil data selama penelitian dilaksanakan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A. B., Budiyanto, A., Diyono, W., dan Richana, N. 2017. Optimasi Waktu Fermentasi Produksi Bioetanol dari Dedak Sorghum Manis (*Sorghum bicolor L.*) Melalui Proses Enzimatis. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. Vol 14 (2) : 67-78.
- Azhar, Siti, H. M., Abdulla, R., Jambo, Siti, A., dkk. 2017. Yeast in Sustainable Bioethanol Production: a Review. *Biochemistry and Biophysics Report*. Elsevier. 52-61.
- Errico, Massimiliano., dan Rong, Ben. G. 2012. New Distillation Sequences for Bioethanol Production by Extractive Distillation. *Computer Aided Chemical Engineering*. Vol 30, 737-741.
- Fadilah, Umi., Wijaya, I, M, M., dan Antara, N, S. 2017. Studi Pengaruh pH Awal Media dan lama Fermentasi pada Proses Produksi Etanol dari Hidrolisat Tepung Biji Nangka dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. Vol 6 (2) : 92- 102.
- Fitria, N., dan Lindasari, E. 2021. Optimasi Perolehan Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas cosmosus*) dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter dan Waktu Fermentasi. *Reka Lingkungan*, Volume 9. 80 Nomor 1 : 1-10.
- Ghori MI, Sibtain A, Muhammad AM, Amer J. 2011. Corn stover enhanced cellulose production by *Aspergillus niger* NRRL 567. *African Journal of Biotechnology*. 10: 5878- 5886.
- Handayani, Sri, S., Hadi, Surya., dan Patmala, Haryanti. 2016. Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Buah Kumbi untuk Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Pijar MIPA*. Vol 11 (1) : 28-33.
- Hapsari, Mira, A., dan Pramashinta, Alice. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) untuk Bahan Bakar Kompur Rumah Tangga sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah ke Bahan Bakar Nabati. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol.2 (2) : 240-245.
- Junuansyah, M. W., Chairul, dan Drastinawati. 2015. Pengaruh Jenis Pengaduk Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Sari Nenas Reject. *JOM FTEKNIK*, Volume 2. Nomor 2 : 1-8.
- Khurniawati., Fathoni, Muhammad, U., dan Sari, Ni, K. 2019. Pembuatan Bioetanol Berbasis Glukosa *Off Grade* dengan Proses Fermentasi Menggunakan Fermiol. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 13 (2) : 48-52.
- Moeksin, Rosdiana., Comerioresi, Liliana., dan Damayanti, Rika. 2016. Pembuatan Bioetanol dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan Perlakuan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 22 (1) : 9- 17.
- Nasrun., Jalaluddin., dan Mahfuddhah. 2015. Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia*. 4(2) : 1- 10.
- Ojewumi, Modupe, E., Job, Akwayo, I., Taiwo, Olugbenga, S., dkk. 2018. Bio-Conversion of Sweet Potato Peel Waste to Bio-Ethanol Using *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*. Vol 8 (3) : 46-54.
- Rulli, Maria, C., Bellomi, D., Cazzoli, A., dkk. 2016. The Water Land Food Nexus of First Generation Biofuels. *Scientific Report*. Vol 6 (10) : 1-10.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59 : 2008. Air dan Air Limbah – Bagian 59, Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Taslim, Mulyadi., Mailoa, Meggy., dan Rijal M. 2017. Pengaruh pH dan Lama Fermentasi Terhadap Produksi Etanol dari *Sargassum crassifolium*. *Jurnal Biology and Education*. Vol 6 (01) : 13-25.

Wicheisa, Fransiska, V., Hanani, Yusniar., dan Astorina, Nikie. 2018. Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif TempurungKelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol 6 (6) : 135-142.