

PENGARUH TAWAS DAN ARANG AKTIF DALAM PROSES DETOKSIFIKASI-FERMENTASI UNTUK MENINGKATKAN KADAR ETANOL

Sri Rahayu Gusmarwani

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

e-mail : gusmarwani@gmail.com

ABSTRACT

Bioethanol is one of promising renewable energy. Bioethanol can be produced from lignocellulosic material such as agricultural materials that was abundantly found in Indonesia and it was not optimally utilized. Three major steps to produce bioethanol from lignocellulosic materials, they are hydrolysis process, fermentation process, and separation process. The ethanol yield that was obtained from fermentation process relatively small because any impurities that was generated from hydrolysis process. Detoxification-fermentation process was done to reduce impurities. There are four major steps in detoxification-fermentation process: bases detoxification, flocculation and adsorption process, sterilization process, and the lastest step was fermentation. Detoxification process was done in a heated stirred reactor. 16.65 grams aluminium sulphate was added in 1 litre hydrolysates in detoxification flocculation process. Flocculation process could increase ethanol yiled from 2.1% to 2.2511%. 2.5 grams carbon active was added in detoxification adsorption process. It could increase ethanol yield from 2.1% to 2.2154%. Compunding flocculation and adsorption process in detoxification step could increase ethanol yield from 2.1% to 7.38%. It showed that detoxification-fermentation process was better than fermentation process without detoxification process.

Keywords: bioethanol, lignocellulosic biomass, detoxification, fermentation

INTISARI

Bioetanol merupakan salah satu energi terbarukan yang menjanjikan. Bioetanol dapat diproduksi dari bahan lignoselulosa seperti limbah pertanian yang keberadaannya sangat melimpah dan tidak banyak dimanfaatkan. Sangat penting untuk menghidrolisis limbah biomassa sebelum dilakukan fermentasi. Kadar etanol yang didapatkan dari fermentasi hasil hidrolisis biomasa relatif sangat kecil dikarenakan adanya komponen pengotor yang terbentuk selama proses hidrolisis. Untuk mengurangi komponen pengotor ini dapat dilakukan detoksifikasi-fermentasi. Proses detoksifikasi-fermentasi adalah proses fermentasi yang diawali dengan proses detoksifikasi untuk mengurangi komponen pengotor yang menjadi racun bagi mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi. Empat langkah utama dalam proses detoksifikasi-fermentasi, yaitu penambahan basa yang diikuti dengan penambahan tawas, penambahan arang aktif, sterilisasi, dan proses fermentasi. Proses detoksifikasi dilakukan di dalam reaktor yang dilengkapi dengan pemanas. Sebanyak 16.65 gram tawas ditambahkan ke dalam 1 liter hidrolisat (sebutan untuk cairan hasil hidrolisis) pada langkah detoksifikasi flokulasi-adsorpsi dan dihasilkan kadar etanol dalam cairan fermentasi sebesar 2.3%. Ini merupakan hasil yang lebih baik dibandingkan kadar etanol yang didapatkan tanpa penambahan tawas yaitu sebesar 2.1%. Arang aktif diberikan sebagai adsorben untuk menjerap bahan pengotor yang menjadi racun dalam cairan hidrolisat. Sebanyak 2,5 gram arang aktif ditambahkan kedalam 150 mL hidrolisat dan dihasilkan kadar etanol sebesar 2,2154%. Penggabungan penambahan tawas dan arang aktif dalam proses detoksifikasi dapat meningkatkan kadar etanol dari 2.1% menjadi 7.38%. Hal ini menunjukkan bahwa proses detoksifikasi-fermentasi dapat meningkatkan kadar etanol secara signifikan.

Kata kunci: bioetanol, biomassa lignoselulosa, detoksifikasi, fermentasi

PENDAHULUAN

Kebijakan pemerintah mengenai kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM) hampir dapat dipastikan menimbulkan gejolak di masyarakat. Kenaikan harga BBM biasanya akan diikuti dengan melambungnya harga-harga barang dan jasa lainnya. Sebagai salah satu penggerak ekonomi, baik sebagai

penggerak industri maupun transportasi, BBM merupakan persoalan strategis setiap negara.

Fakta menunjukkan konsumsi energi terus meningkat seiring dengan kenaikan mobilitas manusia dan barang. Sehingga, cepat atau lambat energi fosil tidak akan mampu memenuhi kenaikan permintaan (Soerawidjaya, 2009).

Bahan bakar fosil sangat terbatas jumlahnya sementara kebutuhan terus meningkat. Hal ini mengakibatkan subsidi bahan bakar minyak yang semakin besar sehingga perlu dicari bahan bakar pengganti yang mendukung kebijaksanaan pemerintah.

Pemerintah telah menetapkan kebijakan energi nasional dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak yang sampai tahun 2025 total energi baru terbarukan di Indonesia adalah 17 % dari total energi nasional, terdiri dari 5% nabati/biofuel, 5% panas bumi, 2% batubara cair, dan 5% energi air, surya, angin, biomassa, dan nuklir.

Salah satu bentuk dari energi terbarukan adalah energi biomassa. Energi biomassa berasal dari bahan organik dan sangat beragam jenisnya. Sumber energi biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, atau bahkan limbah, baik limbah domestik maupun limbah pertanian. Biomassa dapat digunakan untuk sumber energi langsung maupun dikonversi menjadi bahan bakar. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi ini tidak akan menyebabkan terjadinya penumpukan gas CO₂ karena gas CO₂ yang dihasilkan oleh reaksi pembakaran dipakai untuk pembentukan biomassa itu sendiri.

Salah satu bahan bakar nabati yang perlu dikembangkan adalah bioetanol. Bioetanol mempunyai sifat menyerupai bahan bakar bensin. Untuk pengganti bensin, alternatif pemakaian bioetanol sebagai campuran antara bensin dan bioetanol. Adapun manfaat pemakaian bioetanol adalah mengurangi impor BBM, memperbesar basis sumber daya bahan baku cair, menguatkan keamanan persediaan bahan bakar, meningkatkan kesempatan kerja, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri, mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan) dan berpotensi mendorong ekspor komoditi baru.

Generasi pertama bioetanol diproduksi dari pengolahan pati yang terdapat dalam jagung, singkong, dan bermacam umbi-umbian. Dikarenakan adanya benturan antara bahan baku bioetanol dengan bahan pangan, maka saat ini dikembangkan bioetanol generasi kedua dengan memanfaatkan limbah pertanian yang mengandung selulosa. Bahan limbah yang

mengandung lignin dan selulosa biasa disebut lignoselulosa.

Bioetanol dapat dibuat dari biomassa berbasis pati atau berbasis lignoselulosa. Namun biomassa berbasis pati umumnya dimanfaatkan sebagai makanan atau pakan, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan baku bioetanol dapat mengganggu penyediaan makanan atau pakan. Oleh karena itu, pemanfaatan biomassa berbasis lignoselulosa perlu dikembangkan. Contoh biomassa berbasis lignoselulosa adalah bonggol pisang yang sangat melimpah dan kurang banyak dimanfaatkan (Gusmarwani, dkk., 2010).

Teknologi pemanfaatan energi biomassa yang telah dikembangkan terdiri dari pembakaran langsung dan konversi biomassa menjadi bahan bakar. Hasil konversi biomassa ini dapat berupa biogas, bioetanol, biodiesel, arang dan sebagainya. Bioetanol dan biodiesel dalam jangka panjang diharapkan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak (Megawati, 2007).

Etanol banyak digunakan sebagai bahan bakar cair nabati. Etanol adalah alkohol yang didapat dari fermentasi bahan-bahan yang mengandung gula, pati atau selulosa. Etanol merupakan bahan yang sangat penting karena merupakan bahan bakar cair dari sumber yang dapat diperbaharui (bioetanol). Bioetanol, tidak seperti bensin, merupakan bahan bakar oksigenat yang mengandung 35% oksigen yang dapat mereduksi partikulat dan emisi NO_x dari hasil pembakaran (Demirbas, 2005).

Produksi bioetanol dari bahan lignoselulosa bukan tanpa kendala. Kendala pertama yang dihadapi adalah bagaimana mengubah selulosa menjadi gula sederhana yang siap untuk difermentasi. Kendala kedua adalah adanya lignin dalam bahan lignoselulosa yang menyebabkan reaksi hidrolisis yang dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi mengubah lignin menjadi senyawa lain yang bersifat racun bagi mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi (Gusmarwani, 2011).

Menurut Dale dan Moelhman, 2012, konversi biomasa menjadi etanol lebih sulit dikarenakan 1) kekuatan biomasa yang sulit dibreakdown 2) Bervariasinya jenis gula yang dihasilkan ketika polimer hemiselulosa dan selulosa dipecah dan diperlukan organisme yang dapat memfermentasi gula secara efisien 3) biaya pengumpulan dan penyimpanan biomasa berdensitas rendah.

Kendala yang pertama dapat diatasi dengan melakukan hidrolisis bahan lignoselulosa pada suhu dan tekanan yang tinggi dan dalam jangka waktu yang lama. Untuk memperoleh gula monohidrat yang dapat difermentasi dari lignoselulosa, hemiselulosa dan selulosa perlu dihidrolisis (Purwadi, dkk., 2004). Hidrolisis dengan asam encer adalah metode yang cepat dan murah untuk menghasilkan gula dari bahan lignoselulosa (Gray, dkk., 2006).

Proses hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer pernah dicobakan pada proses Scholler dalam reaktor tangki berpengaduk dengan kondisi operasi; konsentrasi asam sulfat 0,5 %, tekanan 11-12 bar dan selama 45 menit. Hemiselulosa sebanyak 80 % w/w dapat terhidrolisis pada suhu di bawah 200°C tetapi konversi maksimal dicapai pada suhu di atas 220°C (Taherzadeh dan Niklasson, 2003).

Lignin dalam bahan lignoselulosa menyebabkan reaksi hidrolisis yang dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi mengubah lignin menjadi senyawa lain yang bersifat racun bagi mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi. Proses hidrolisis pada suhu di atas 220°C juga mengakibatkan terbentuknya senyawa racun bagi pertumbuhan mikroorganisme di dalam proses fermentasi. Senyawa-senyawa kimia yang bersifat racun tersebut ialah jenis senyawa asam karboksilat, senyawa furan dan senyawa fenol.

Selain senyawa lignin, muncul pula senyawa-senyawa lain sebagai hasil reaksi hidrolisis yang bersifat racun bagi mikroba dalam proses fermentasi, antara lain: furfural, asam karboksilat, fenol, dan sebagainya. Dengan munculnya senyawa-senyawa yang bersifat racun bagi mikroba yang digunakan dalam fermentasi, menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi menjadi sangat kecil. Kecilnya kadar etanol yang dihasilkan menyebabkan diperlukannya proses pemurnian yang sangat berat sehingga proses pemurnian menjadi sangat mahal. Untuk mengatasi kendala ini diperlukan langkah detoksifikasi untuk meningkatkan kadar etanol dalam proses fermentasi.

Salah satu langkah untuk mengurangi senyawa beracun ini dengan metode *simultaneous detoxification-fermentation* dalam proses fermentasi agar dapat menghasilkan kadar etanol yang tinggi, sehingga tidak memberatkan proses pemisahan (Gusmarwani, 2011).

Metode *detoxification-fermentation* yaitu metode detoksifikasi dan fermentasi yang dilakukan secara seri untuk meningkatkan kadar etanol di dalam larutan fermentasi (*fermentation strain*) sebelum dilakukan proses pemisahan dalam hal ini adalah distilasi (Gusmarwani, dkk., 2014).

Tiga langkah utama yang dilakukan oleh Gusmarwani, (2011), dalam detoksifikasi, yaitu penyesuaian pH untuk membantu menetralkan racun-racun yang ada pada cairan hidrolisat akibat proses hidrolisis sebelumnya yang dilakukan dalam suasana asam, pengendapan racun dan kontaminan dengan cara menambahkan tawas dan arang aktif, serta sterilisasi cairan hidrolisat dengan pemanasan uap selama 4 jam bertujuan untuk membunuh mikroba-mikroba merugikan di dalam cairan hidrolisat (Gusmarwani, dkk., 2014).

Gusmarwani dan Budi, (2011), melaporkan mengenai penggunaan basa untuk proses detoksifikasi yang dilakukan sebelum proses fermentasi hidrolisat bonggol pisang, memberikan hasil dari 0,2689% jika fermentasi dilakukan tanpa detoksifikasi, menjadi 2.3107% jika detoksifikasi dilakukan dengan NaOH dan 7.3847% jika detoksifikasi dilakukan dengan Ca(OH)₂.

METODE PENELITIAN

Flokulasi menggunakan arang aktif dan tawas yang merupakan salah satu langkah dalam detoksifikasi yang dilakukan untuk menghilangkan senyawa yang bersifat racun sebelum langkah fermentasi dilakukan.

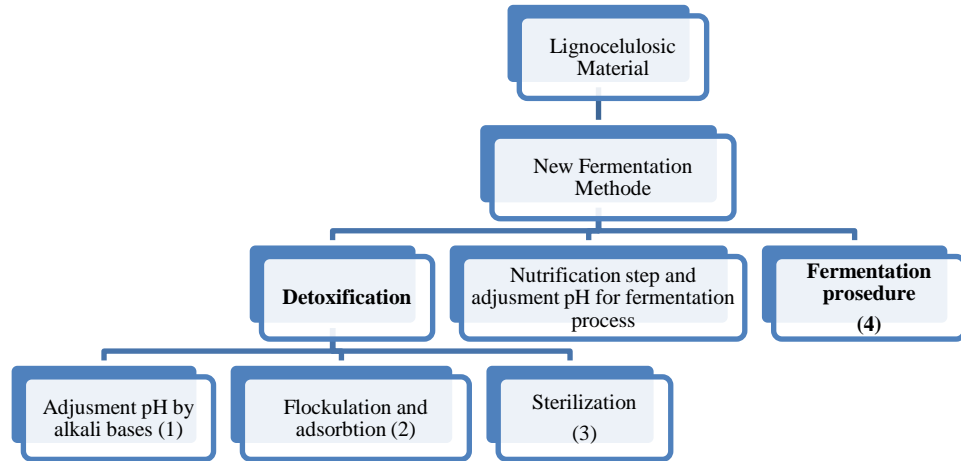
1000 mL cairan hidrolisat setelah dinetralkan dengan Ca(OH)₂ sampai dengan pH 10 selanjutnya dilakukan proses flokulasi dan adsorpsi. Banyaknya tawas dan arang aktif yang ditambahkan diamati untuk masing-masing perlakuan, yaitu: penambahan tawas tanpa arang aktif, penambahan arang aktif tanpa tawas, dan penambahan keduanya. Penambahan tawas dalam jumlah bervariasi dari 15 gram hingga 17 gram dengan interval 0,5 gram.

Untuk menyerap racun-racun yang disebabkan oleh proses-proses sebelumnya, perlu ditambahkan zat adsorben, seperti arang aktif. Diharapkan dengan penambahan arang aktif sebagai bahan adsorbent dengan proses adsorpsi yang dilakukan selama 1x24 jam dapat mengurangi senyawa hasil proses hidrolisis yang dilakukan sebelumnya sehingga dapat mengurangi senyawa kontaminan yang bersifat racun terhadap senyawa *Saccaromyces Cereviceae*.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan juga dalam perolehan kadar etanol dengan penambahan arang aktif yang dilakukan bersamaan dengan penambahan tawas, telah dilakukan percobaan detoksifikasi dengan menambahkan tawas dan arang aktif secara bersamaan, yaitu dengan rasio yang bervariasi antara 1:10 sampai dengan 1:6.

Pengendalian dilakukan dengan melakukan fermentasi terhadap cairan hidrolisat dengan pH sekitar 2 langsung difermentasi tanpa didahului proses detoksifikasi.

Skema proses detoksifikasi-fermentasi dapat dilihat pada gambar berikut:



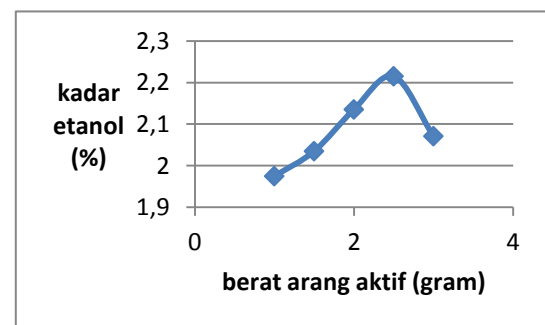
Gambar1. Skema proses detoksifikasi-fermentasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menyerap racun-racun yang disebabkan oleh proses-proses sebelumnya, perlu ditambahkan zat adsorben, seperti arang aktif. Diharapkan dengan penambahan arang aktif sebagai bahan adsorbent dengan proses adsorpsi yang dilakukan selama 1x24 jam dapat mengurangi senyawa hasil proses hidrolisis yang dilakukan sebelumnya yang bersifat racun terhadap senyawa Saccaromyces Cereviceae. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut

Daftar 1. Kadar etanol dalam fermentation strain dengan variasi penambahan arang aktif (150 mL hidrolisat, 6 gram yeast, waktu fermentasi 7x24 jam, pH 10)

Penambahan Arang aktif		
No	berat arang (gram)	Kadar etanol (%)
1	1	1.9753
2	1.5	2.0353
3	2	2.1356
4	2.5	2.2154
5	3	2.0714



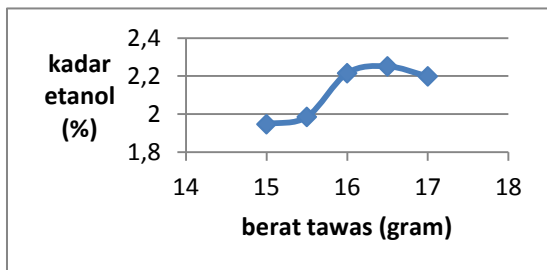
Gambar 2. Hubungan antara penambahan arang aktif dengan kadar etanol

Dari daftar 1 dan gambar 2 terlihat semakin banyak arang aktif yang ditambahkan, semakin banyak kadar etanol dalam fermentation strain. Ini berarti kemampuan arang aktif sebagai bahan penyerap dapat digunakan untuk mengurangi kontaminan dalam larutan hidrolisat agar tidak menjadi racun bagi senyawa Saccaromyces Cereviceae. Tetapi pada penambahan arang aktif di atas 2,5 gram yaitu sebesar 3 gram, maka terlihat adanya trend penurunan kadar etanol dalam fermentation strain. Hal ini dikarenakan arang aktif yang ditambahkan tidak sebanding dengan kemampuannya untuk menyerap racun dan kemungkinan

adanya senyawa glukosa yang ikut terjerap oleh arang aktif, sehingga menyebabkan turunnya kadar etanol dalam fermentation strain sebagai hasil fermentasi glukosa oleh senyawa *saccaromyces cereviceae*.

Daftar 2. Kadar etanol dalam fermentation strain dengan variasi penambahan tawas (150 mL hidrolisat, 6 gram yeast, waktu fermentasi 7x24 jam, pH 10)

Penambahan Tawas		
No	berat tawas (gram)	Kadar etanol (%)
1	15	1.9473
2	15.5	1.9856
3	16	2.2152
4	16.5	2.2511
5	17	2.1987



Gambar 3. Hubungan antara penambahan tawas dengan kadar etanol

Pada daftar 2 dan gambar 3 terlihat bahwa semakin banyak tawas yang ditambahkan semakin besar kadar etanol dalam fermentation strain. Hal ini memperlihatkan bahwa tawas sebagai koagulan mampu mengendapkan senyawa-senyawa kontaminan dalam hidrolisat yang timbul sebagai akibat proses hidrolisis untuk mengubah serat menjadi gula. Senyawa-senyawa kontaminan ini berada dalam cairan hidrolisat dalam bentuk koloid, sehingga tawas dapat digunakan untuk mengendapkannya. Penambahan tawas ke dalam larutan bertujuan mengendapkan racun-racun yang disebabkan oleh proses-proses sebelumnya, antara lain senyawa asam karboksilat, senyawa furan dan senyawa fenol. Senyawa asam karboksilat yang dihasilkan terdiri dari asam asetat, asam format dan asam levulinat. Asam levulinat dan

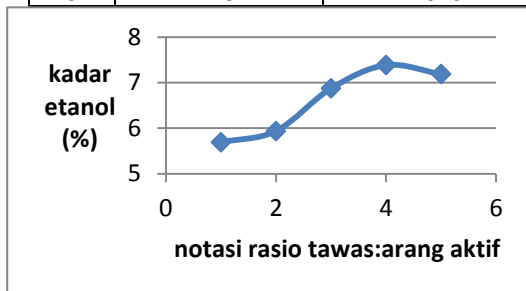
asam asetat dibentuk sebagai akibat degradasi lanjut dari 5-hidroksi metilfurfural (HMF), sedangkan asam format dibentuk dari degradasi grup metil pada hemiselulosa. Furfural dan HMF merupakan senyawa furan yang banyak ditemukan sebagai hasil samping dari reaksi hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer. Kedua senyawa tersebut merupakan hasil dekomposisi pentosa dan hexosa. Furfural memiliki sifat racun yang lebih kuat daripada senyawa lainnya, karena secara nyata keberadaan furfural (> 0,2 %) dapat menghambat pertumbuhan ragi (yeast), menurunkan evolusi CO₂ dan pelipatgandaan sel pada tahap permulaan proses fermentasi berlangsung. HMF menghambat pertumbuhan ragi lebih lama tetapi tidak sekuat furfural pada batas konsentrasi 1 g/L. Senyawa fenol memiliki daya racun sekuat furfural; dengan konsentrasi fenol 1 g/L dapat menurunkan kecepatan proses fermentasi mencapai 73 %. Terdapat juga senyawa vanili yang dapat meracuni proses fermentasi pada konsentrasi di atas 5 g/L. Tetapi penambahan tawas lebih dari 16,5 gram dapat menurunkan kadar etanol dalam fermentation strain. Hal ini disebabkan tawas yang terlarut dalam cairan fermentation strain dapat menjadi racun bagi *Saccaromyces Cereviceae*.

Jika dibandingkan dengan kadar etanol dalam hidrolisat yang tidak dilakukan detoksifikasi, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar etanol yang didapat dari hidrolisat dengan perlakuan detoksifikasi (dengan penambahan tawas : 2.2511%, dengan penambahan arang aktif: 2.2154%) dan hidrolisat tanpa perlakuan detoksifikasi (0.2689%). Ini membuktikan bahwa langkah detoksifikasi diperlukan untuk membuat lingkungan hidrolisat sesuai dengan lingkungan yang dibutuhkan oleh senyawa *saccaromyces cereviceae* sebagai media tumbuhnya.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan juga dalam perolehan kadar etanol dengan penambahan arang aktif yang dilakukan bersamaan dengan penambahan tawas, telah dilakukan percobaan detoksifikasi dengan menambahkan tawas dan arang aktif secara bersamaan, yaitu dengan rasio yang bervariasi antara 1:10 sampai dengan 1:6. Hasil selengkapnya tersaji pada daftar 3 dan gambar 4.

Daftar 3. Kadar etanol dalam fermentation strain dengan variasi penambahan arang aktif (150 mL hidrolisat, 6 gram yeast, waktu fermentasi 7x24 jam, pH 10)

Tawas dan Arang aktif		
No	rasio a.aktif : tawas	Kadar etanol (%)
1	1:10	5.6894
2	1:9	5.9356
3	1:8	6.8732
4	1:7	7.3847
5	1:6	7.1873



Gambar VI.6. Hubungan antara penambahan tawas dan arang aktif dengan kadar etanol
 Notasi 1 : untuk rasio arang aktif:tawas = 1:10
 Notasi 2 : untuk rasio arang aktif : tawas = 1:9
 Notasi 3 : untuk rasio arang aktif : tawas = 1:8
 Notasi 4 : untuk rasio arang aktif : tawas = 1:7
 Notasi 5 : untuk rasio arang aktif : tawas = 1:6

Dari daftar 3 dan gambar 4 terlihat, bahwa penambahan tawas dan arang aktif yang dilakukan secara bersamaan dapat meningkatkan kadar etanol dalam fermentation strain yang cukup signifikan, dari sekitar 2% menjadi sekitar 7%. Hal ini menunjukkan bahwa tawas sebagai koagulan dapat mengendapkan senyawa-senyawa kontaminan dalam cairan hidrolisat. Ditambahkan lagi arang aktif sebagai adsorbent dapat membantu kontaminan yang tidak terendapkan oleh tawas dapat terserap oleh arang aktif, sehingga penambahan keduanya secara bersamaan dapat lebih optimal dalam mengurangi senyawa-senyawa kontaminan yang dapat menjadi racun bagi senyawa *Saccaromyces cereviceae*. Penambahan arang aktif dan tawas paling baik pada rasio 1:7, yaitu 1 bagian arang aktif dengan 7 bagian tawas.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Penambahan tawas dan arang aktif dapat digunakan untuk mengurangi kontaminan dalam hidrolisat sebagai

proses detoksifikasi sebelum dilakukan fermentasi

2. Penambahan tawas dan arang aktif yang dilakukan secara bersamaan memperlihatkan hasil yang lebih baik dalam perolehan kadar etanol dibandingkan dengan penambahan tawas saja atau arang aktif saja.
3. Kadar etanol dalam fermentation strain yang dilakukan detoksifikasi dengan tawas saja sebesar 2,2511% dengan penambahan tawas sebesar 16,5 gram
4. Kadar etanol dalam fermentation strain yang dilakukan detoksifikasi dengan penambahan arang aktif saja sebesar 2,2154% dengan penambahan arang aktif sebesar 2,5 gram.
5. 7.3847% kadar etanol dalam fermentation strain dapat diperoleh dari proses detoksifikasi dengan penambahan arang aktif dan tawas secara bersamaan dengan perbandingan 1:7.

DAFTAR PUSTAKA

- Dale, M.C. dan Moelhman, M. (2012). "Enzymatic Simultaneous saccharification and fermentation (ssf) of biomass to ethanol in a pilot 130 liter multistage continuous reactor separator". <http://www.bio-process.com>. Access date: 19 July 2012 pada 17.00.
- Demirbas, A., (2005), "Bioetanol from Cellulosic Material : A Renewable Motor Fuel from Biomass", *Energy Source*, 27, hal. 327 – 337.
- Gray, K.A., Zhao, L., dan Emptage, M. (2006). "Bioethanol", *Current Opinion in Chemical Biology*. 10:141–146
- Gusmarwani, S.R., Budi, M.S.P., Sediawan, W, Hidayat, M, (2010), "Pengaruh Perbandingan Berat Padatan dan Waktu Reaksi terhadap Gula Pereduksi Terbentuk pada Hidrolisis Bonggol Pisang", *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 9, hal. 77-82
- Gusmarwani, S.R. (2011). "Pengaruh pH pada detoksifikasi hidrolisat bonggol pisang dengan NaOH terhadap kadar etanol terambil". *Proceedings seminar hasil penelitian dosen Kopertis V*, 195-202.
- Gusmarwani, S.R. dan Budi, M.S.P., (2011), *Effect of Bases Detoxification on*

- Fermentation of Banana Rhizome Waste Hydrolysates for Ethanol Production*, Seminar Internasional 19th IUPAC International Conference on Chemical Research Applied to World Needs (CHEMRAWN XIX 2011, Kuala Lumpur, Malaysia
- Gusmarwani, S.R., Asih, E.W., dan Andaka, G., (2014), "Aplikasi Detoxification-Fermentation untuk Berbagai Bahan Lignoselulosa", Prosiding Seminar Nasional Aplikasi dan Teknologi SNAST 2014, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta
- Megawati, (2007), "Etanol dari Lignoselulosa", *Profesional*, 1 No.5.
- Purwadi, R. Niklasson, C. Taherzadeh, M.J. (2004). "Kinetics Study of Detoxification of dilute acid Hydrolysates by $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ". *Journal of Biotechnology*. **114**:187-198.
- Soerawidjaya, T.H., 2009, "Strategi Pengembangan Teknologi untuk Penyediaan Bahan Bakar Nabati secara Mandiri dan Berkelanjutan", keynote speech pada Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung, Indonesia
- Taherzadeh, M. J., and Niklasson, C., 2003, *Ethanol from Lignocellulosic Materials: Pretreatment, Acid and Enzymatic Hydrolyses and Fermentation*, 3 ed., pp. 6-9, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.