

STUDI LITERATUR PENAMBAHAN GLISEROL PADA PENGUAPAN VINASSE SEBAGAI ANTI KERAK

Mifta Rahmidinna dan Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
miftarahmidinna@gmail.com, [eko.naryono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Bioetanol diproduksi melalui proses fermentasi dan destilasi, proses destilasi menghasilkan limbah yang berwarna coklat pekat yang dikenal dengan istilah *vinasse*. Pada pembuatan 1 liter etanol akan menghasilkan limbah *vinasse* sebanyak 13 liter (1:13). *Vinasse* dapat mencemari air, udara, dan tanah apabila langsung dibuang ke lingkungan. *Vinasse* perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang dapat dilakukan adalah dengan cara evaporasi. Proses evaporasi menghasilkan sisa padatan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Penguapan *vinasse* akan menimbulkan kerak dan dapat mengakibatkan saluran pada *evaporator* tersumbat. Pada penelitian ini digunakan gliserol sebagai *anti-scaling agent* agar tidak timbul kerak pada *evaporator*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan gliserol pada penguapan *vinasse*, mempelajari pengaruh jumlah penguapan air pada penguapan *vinasse* agar tidak terjadi kerak, dan mempelajari pengaruh konsentrasi gliserol terhadap massa kerak yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan cara mencampurkan gliserol pada *vinasse* dengan gliserol sebanyak 0,06 ppm, 0,11 ppm, dan 0,16 ppm kemudian diuapkan. Hasil penelitian dievaluasi berdasarkan studi literatur kemudian massa kerak yang didapatkan dari literatur diinterpolasi dengan variabel penambahan gliserol sebanyak 0,06 ppm, 0,11 ppm, dan 0,16 ppm untuk mengetahui jumlah pembentukan kerak selama penguapan *vinasse*. Dan diperoleh hasil kerak yang terbentuk dengan penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,06 ppm, 0,11 ppm, dan 0,16 ppm menghasilkan kerak sebesar 1,108 gram, 1,1057 gram, dan 1,1035 gram.

Kata kunci: *Vinasse, Gliserol, Evaporasi*

ABSTRACT

Bioethanol is produced through the process of fermentation and distillation, the process of distillation produces brown waste known as vinasse. In the manufacture of 1 liter of ethanol will produce 13 liters of vinasse (1:13). Vinasse needs to be treated before being discharged into the environment. The method used to enlarge this large amount of vinasse is evaporation. The evaporation process will produces solids that can be used as fuel. Evaporation of vinasse will lead to scale and clogged the evaporator. In this research, glycerol is used as an anti-scaling agent to prevent crust from forming on the evaporator. This study aims to study the effect of adding glycerol to vinasse evaporation, studying the effect of the amount of water evaporation on vinasse evaporation so that there is no scale, and studying the effect of glycerol concentration on the mass of the resulting crust. The research was conducted by mixing glycerol in vinasse with glycerol as much as 0.06 ppm, 0.11 ppm, and 0.16 ppm then evaporated. The results were evaluated based on literature studies and then the crust mass obtained from the literature was interpolated with the addition of glycerol as much as 0.06 ppm, 0.11 ppm, and 0.16 ppm to determine the amount of scale formation during vinasse evaporation. And the resulting crust is formed by adding glycerol with a concentration of 0.06 ppm, 0.11 ppm, and 0.16 ppm to produce a crust of 1.108 grams, 1.1057 grams, and 1.1035 grams.

Keywords: *Vinasse, Glycerol, Evaporation*

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi untuk mengembangkan bioetanol sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, hal ini disebabkan karena sumber biomassa di Indonesia berlimpah. Bioetanol adalah cairan bening, tidak berwarna, tidak berasa, tetapi memiliki bau khas, mudah menguap, mudah terbakar dan *biodegradable* [1]. Pada pembuatan 1 liter etanol akan menghasilkan limbah *vinasse* sebanyak 13 liter (1:13) [2]. Semakin banyak etanol yang di produksi, maka semakin banyak limbah *vinasse* yang dihasilkan. Apabila limbah *vinasse* tersebut tidak ditanggulangi dengan baik, maka akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Pengolahan limbah *vinasse* secara biologis terbukti masih belum menyelesaikan permasalahan yang dihasilkan dari limbah tersebut [3].

Salah satu cara untuk mengurangi dampak lingkungan dari *vinasse* adalah dengan cara memanfaatkan *vinasse* sebagai bahan bakar. *Vinasse* dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan cara menguapkannya terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan bakar residu untuk bahan bakar *boiler*. Sisa pembakaran pada *boiler* berupa kalium dapat dimanfaatkan untuk pupuk. Proses serupa ditemukan di industri *pulp* dan kertas di mana *black liquor* diuapkan untuk memulihkan bahan kimia proses. Evaporasi adalah teknologi pemisahan yang terkenal dan karena karakteristik dan sifat yang sama dari *vinasse* dan *black liquor*, konsep pemisahan menggunakan *evaporator* juga dapat diterapkan pada *vinasse* [2].

Kelemahan proses penguapan *vinasse* adalah terbentuknya kerak pada alat *evaporator* yang dapat menyebabkan saluran *evaporator* buntu. Penguapan maksimal hanya sampai 30% air yang diuapkan, jika air yang diuapkan lebih dari 30% kemudian akan terbentuk kerak. Efek merugikan utama dari kerak adalah bahwa perpindahan panas berkurang dan dengan demikian efisiensi penguapan juga akan turun. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi untuk mencegah terbentuknya kerak. Terdapat beberapa metode dalam pencegahan kerak yaitu penggunaan membran anti kerak, penambahan enzim, dan penambahan gliserol. Penambahan gliserol sebagai anti kerak dipakai karena lebih murah dan mudah dalam penggunaannya. Beberapa contoh penggunaan gliserol sebagai bahan anti kerak yaitu pengontrol pergerakan pada sistem air pendingin, *boiler*, dan *gas scrubbing*.

Pembentukan kerak dan deposit endapan lain adalah proses kristalisasi yang kompleks. Kecepatan pembentukan lapisan awal kerak dan kecepatan pertumbuhan yang berikutnya ditentukan melalui interaksi dari beberapa kecepatan proses antara lain: nukleasi, difusi, reaksi kimia, kesesuaian pola geometris molekul-molekul dan atom-atom kristal kerak. bila larutan lewat jenuh bersinggungan dengan permukaan transfer panas, mineral tersebut mengendap menjadi padatan karena daya larut setimbangannya menurun. Pada saat larutan menjadi lewat jenuh dan nukleasi terjadi, kondisi ini sangat cocok dan ideal untuk pertumbuhan kristal partikel kerak [4].

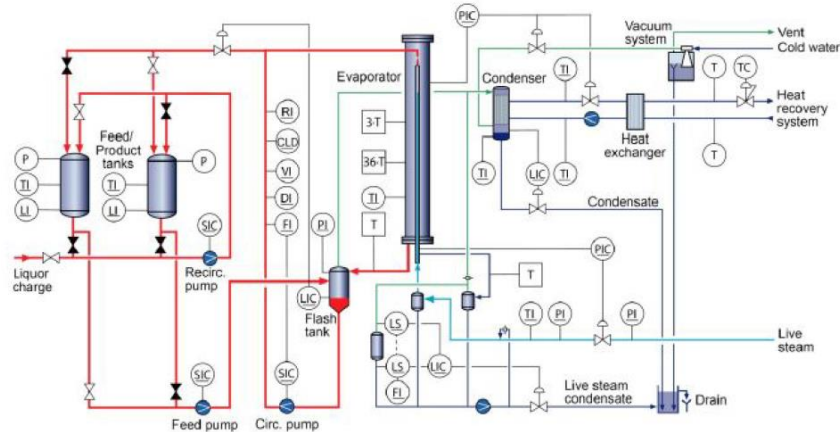
Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penambahan gliserol pada penguapan *vinasse*, mempelajari pengaruh jumlah penguapan air pada penguapan *vinasse* agar tidak terjadi kerak, dan mempelajari pengaruh konsentrasi gliserol terhadap massa kerak yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *evaporator* satu tahap yang awalnya dibangun oleh Valmet Power AB untuk penguapan *black liquor*. *Vinasse* sebanyak 500 L akan dikonsentrasikan dalam interval waktu untuk meningkatkan kandungan padatan, mengukur viskositas, densitas, ketinggian titik didih dan koefisien perpindahan panas. Pengukuran

didasarkan pada pengukuran *on-line* di pabrik penelitian dan ekstraksi sampel untuk pengukuran kandungan padatan kering dengan metode pemindaian. Beberapa sampel yang diekstraksi juga akan dikirim untuk analisis kimia yang lebih ketat. Desain proses akan disajikan, dengan bantuan alat penghitungan yang digunakan di Valmet Power untuk perhitungan dan pengukuran dimensi pabrik penguapan [2].

2.1. Proses Penguapan Vinasse



Gambar 1. Overview evaporator vinasse [2]

Vinasse yang akan diumpangkan pada *evaporator* ditampung dalam *flash tank*. Kemudian pompa sirkulasi memasok cairan *vinasse* dari *flash tank* ke bagian atas *evaporator*. Lalu cairan mengalir turun di bagian luar tabung dan sebagian diuapkan, sisa cairan diumpangkan kembali ke *flash tank*, sedangkan uapnya pergi ke kondensor. Suhu dan tekanan diukur menggunakan sensor densitas, viskositas, dan indeks bias diukur menggunakan alat pengukur yang terdapat dalam sistem *evaporator* [2].

Pada penelitian Larsson dan Tommy [2] *evaporator* memiliki satu tahap tunggal, yang terdiri dari satu tabung vertikal dengan cairan penguapan mengalir di luar. Panjang tabung 4,5 m dan memiliki diameter luar 60 mm, memberikan area perpindahan panas 0,848 m². Bahan tabung adalah *stainless steel duplex* dan ketebalan dinding 5 mm. *Vinasse* sebanyak 500 L akan dikonsentrasikan dalam interval waktu untuk meningkatkan kandungan padatan, mengukur viskositas, densitas, ketinggian titik didih dan koefisien perpindahan panas. Pengukuran didasarkan pada pengukuran *on-line* di pabrik penelitian dan ekstraksi sampel untuk pengukuran kandungan padatan kering dengan metode pemindaian.

Pada penelitian Túlio [5] menggunakan *evaporator* jenis *multiple effect evaporator*. *Vinasse* yang diumpangkan ke *evaporator* sebanyak 100 m³/jam. Separator diinstallkan diantara *evaporator* untuk menghindari aliran tetesan uap *vinasse* dari satu *evaporator* ke *evaporator* lain. *Vinasse* mengandung 3-5% Brix dan 3,37 kg/m³ K₂O. setelah penguapan, 18-20 m³/h *vinasse* dengan 20-25% Brix dan 30 kg/m³ K₂O diproduksi. Data dikumpulkan dari pabrik dan diproses menggunakan *software* bernama *Sugars TM*. Melalui perhitungan interaktif, *software* dapat menghitung semua aliran massa dan energi.

2.2. Metode Analisa Kerak

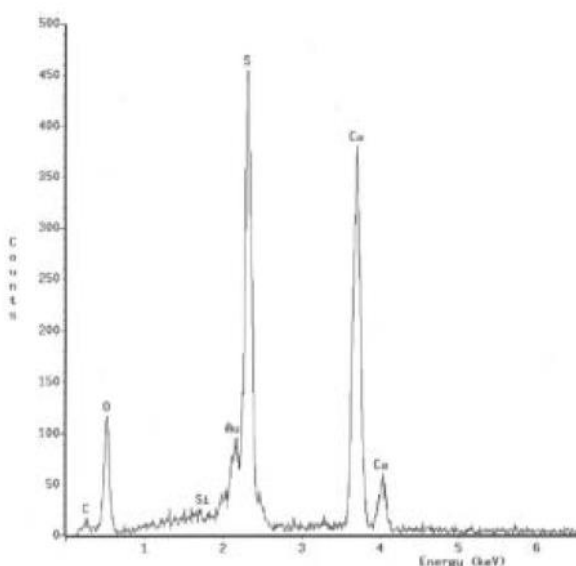
Berdasarkan studi literatur, kerak dianalisa dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui komposisi penyusun kerak yang terbentuk. Pada penelitian ini untuk mengetahui komposisi kerak dan massa kerak didasarkan pada studi literatur, data kerak yang didapatkan dari literatur kemudian diinterpolasikan dengan variabel gliserol yang dipelajari.

2.3. Metode Analisa Hubungan Data Review Jurnal dengan Variabel Penelitian

Untuk perhitungan massa kerak yang terbentuk setelah penguapan dilakukan melalui pendekatan densitas dengan komponen kerak yaitu CaSO_4 [6], 10% dari volume *vinasse* akan berubah menjadi kerak saat diuapkan. Maka dari itu 10% dari volume umpan *vinasse* dikalikan dengan densitas CaSO_4 untuk mendapatkan massa kerak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji XRF dari kerak yang dihasilkan saat penguapan, elemen utama yang terdeteksi dari sampel berupa oksigen (O), sulfur (S), dan kalsium (Ca). Elemen lain yang juga terdeteksi adalah karbon, silikon (Si), dan emas (Au). Elemen yang dianalisis menggunakan XRF dikombinasikan menjadi senyawa yang paling memungkinkan. Dari investigasi kerak pada *evaporator*, Kumar [6] menyimpulkan bahwa jenis anion tertentu hanya dapat timbul pada kombinasi kerak dengan kation tertentu. Sulfat hanya bisa hadir sebagai kalsium sulfat, senyawa lain yang mungkin terbentuk yaitu kalsium oksalat dan kalsium fosfat. Dari informasi ini dapat disimpulkan bahwa unsur-unsur yang terdeteksi menunjuk ke kalsium sulfat (CaSO_4) sebagai bahan dominan dalam kerak yang diselidiki [7].



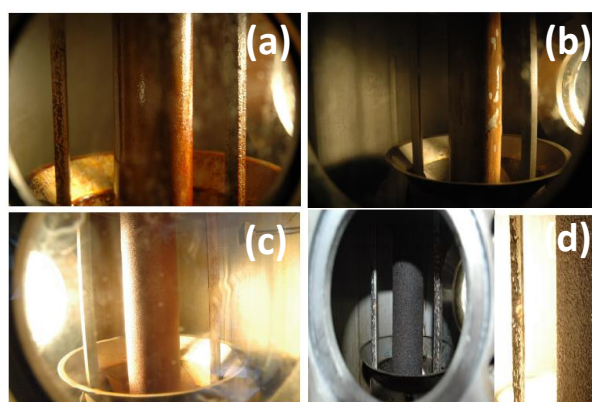
Gambar 2. Hasil uji XRF kerak penguapan *vinasse* [6]

Penguapan *vinasse* dapat menghasilkan kerak karena kandungan kalsium dan sulfat yang tinggi. Sedangkan kandungan kalium yang tinggi pada *vinasse* juga dapat dimanfaatkan untuk bahan *fertilizer*. Se jauh ini studi tentang *vinasse* lebih banyak membahas tentang pemanfaatan *vinasse* sebagai *fertilizer*, oleh karena itu perlu adanya studi lebih lanjut mengenai penguapan *vinasse*.

Tabel 1. Komposisi kimia *vinasse* [2]

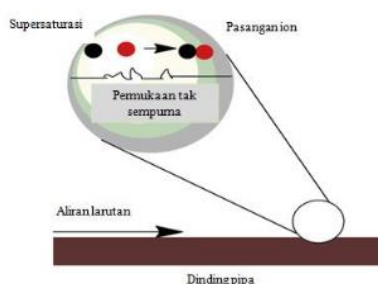
Senyawa	Satuan	Jumlah
pH	-	3,9
BOD	mg/L	5046
Kalium	mg/L	2058
Natrium	mg/L	50,2
Sulfat	mg/L	710
Kalsium	mg/L	719
Magnesium	mg/L	237
Fosfor	mg/L	190

Berdasarkan pengamatan pada saat dilakukan eksperimen, penguapan *vinase* pada alat *evaporator* yang digunakan pada penelitian seperti pada Gambar 1, pada saat penguapan air 49% tidak terlihat kontaminasi dalam bentuk kerak yang menempel pada *evaporator* seperti terlihat pada Gambar 2, dinding *evaporator* terlihat basah, tidak ada padatan yang menempel pada dinding tabung *evaporator*. Kenampakan padatan pada terlihat lapisan tipis seperti *slurry* pasir yang kemungkinan dapat membentuk kristal. Penguapan dilanjutkan, pada saat 68% air diuapkan mulai terbentuk lapisan tipis pada tabung yang terlihat mengering seperti pada Gambar 3. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi terbentuknya kerak, namun kerak tersebut retak dan dapat terlepas dari tabung. Hasil pengamatan dari kerak yang jatuh, berbentuk kristal dan saat dimasukkan ke dalam air terlihat sebagian larut dan terbentuk *slurry* keruh. Saat jumlah air yang diuapkan sebanyak 76% terdapat lebih banyak pengotoran pada tabung seperti pada Gambar 4, akan tetapi mirip dengan percobaan pada penguapan 68% pada eksperimen sebelumnya sebelumnya, mudah jatuh membentuk *slurry* saat ditambahkan air. Pada saat penguapan air mencapai 90% dapat dilihat bahwa tabung ditutupi oleh partikel-partikel kristal coklat gelap setebal 2-3 mm menempel pada dinding *evaporator* seperti pada Gambar 5, kristal-kristal ini tidak membentuk *slurry* dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa *vinasse* berpotensi untuk menempel pada tabung saat kering yang dapat membentuk kerak. Pada penelitian ini volume *vinase* yang diuapkan sebesar 500 mL dan saat air di dalam *vinase* diuapkan jumlah massa padatan yang dihasilkan adalah 116 gram.

**Gambar 3.** Hasil percobaan (a) pertama, (b) kedua, (c) ketiga, (d) keempat, [2]

Untuk mengurangi timbulnya kerak selama penguapan perlu adanya penambahan *anti scaling agent*. Salah satu bahan yang berpotensi sebagai *anti scaling agent* adalah gliserol. Gliserol dapat digunakan sebagai *anti scaling agent* karena titik didih yang tinggi yaitu 290°C, sehingga saat proses penguapan gliserol tidak akan mudah menguap bersama air. Gliserol juga bersifat licin, sehingga gliserol akan melapisi permukaan alat pemanas dan mencegah *vinasse* menempel pada permukaan pemanas.

Gliserol yang melapisi permukaan alat pemanas akan mengendalikan laju pembentukan nukleasi. Nukleasi adalah terbentuknya inti kristal yang muncul dari larutan. Teori nukleasi menyatakan bahwa ketika kelarutan dari larutan telah dilewati (*supersaturated*), molekul-molekul mulai mengumpul dan membentuk *cluster*. *Cluster* tersebut akhirnya akan mencapai ukuran tertentu yang disebut *critical cluster*. Penambahan molekul lebih lanjut ke *critical cluster* akan melahirkan inti kristal (*nucleus*). Untuk menjadi inti kristal yang stabil maka *cluster* harus mempunyai ketahanan terhadap kecenderungan untuk melarut kembali. Menurut teori nukleasi, menurunkan energi permukaan substrat akan mencegah nukleasi, sehingga pengerakan akan tertunda. Permukaan yang sangat halus dapat menurunkan luas permukaan nukleasi sehingga akan menurunkan tingkat pembentukan kerak. Untuk mengurangi terjadinya nukleasi, permukaan harus memiliki permukaan rendah energi, dan sehalus mungkin. Pendekatan berfokus pada penurunan energi permukaan untuk menciptakan antar muka yang halus untuk mencegah terjadinya nukleasi.



Gambar 4. Nukleasi heterogen [8]

Tempat nukleasi heterogen mencakup permukaan tak sempurna seperti kekasaran permukaan pipa atau perforasi di *liners* produksi atau bahkan bergabung dan meninggalkan bekas pada *tubing* dan *pipelines* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 [8]. Karena permukaan berpengaruh pada terjadinya nukleasi heterogen, maka perubahan struktur permukaan, penutup permukaan, dan komposisi bisa memiliki dampak yang signifikan terhadap proses pembentukan kerak.

Tabel 2. Massa kerak dengan penambahan gliserol

Konsentrasi Gliserol (ppm)	Massa Kerak (gram)
0,06	1,108
0,11	1,1057
0,16	1,1035

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat kita lihat penurunan massa yang terjadi setelah ditambahkan gliserol. Pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,06 ppm hanya menghasilkan kerak sebesar 1,108 gram. Pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,11 ppm menghasilkan kerak sebanyak 1,1057 gram. Pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,16 ppm menghasilkan kerak sebanyak 1,1035 gram. Dengan memanfaatkan gliserol sebagai *anti scaling agent* pada penguapan *vinasse*, dapat menanggulangi 2 masalah lingkungan secara bersamaan yaitu limbah pabrik ethanol dan juga produk samping pabrik biodiesel.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Gliserol merupakan bahan yang berpotensi digunakan sebagai *anti scaling agent* pada penguapan *vinasse* karna sifatnya yang licin yang akan menghambat terjadinya proses nukleasi kerak selama penguapan. *Vinasse* hanya bisa diuapkan sampai 49% jika tanpa adanya penambahan *anti scaling agent*, jika kadar air dalam *vinasse* yang diuapkan lebih dari 49% maka perlu adanya penambahan *anti scaling agent* agar tidak terbentuk kerak dalam *evaporator*. Massa kerak yang dihasilkan setelah ditambahkan gliserol dengan konsentrasi sebesar 0,06 ppm, 0,11 ppm, dan 0,16 ppm menghasilkan kerak sebesar 1,108 gram, 1,1057 gram, dan 1,1035 gram.

REFERENSI

- [1] Balat, M., 2009, *Recent Trends in Global Production and Utilization of Bio-ethanol Fuel*, Sila Science and Energy Unlimited Company, Turkey.
- [2] Larsson, E., and Tommy, T., 2014, *Evaporation of Vinasse*, Chalmers University of Technology, Sweden.
- [3] Candido, C., and Ana, T. L., 2017, *Growth of Chlorella Vulgaris in Treated Conventional and Biodigested Vinasses*, Brazil.
- [4] Salimin, Z., dan Gunandjar, 2007, *Penggunaan EDTA sebagai Pencegah Timbulnya Kerak pada Evaporasi Limbah Radioaktif Cair*. Prosiding PPI-PDIPTN. Pustek Akselerator dan Proses Bahan – Batan, Yogyakarta.
- [5] Túlio, C. C., 2011, *Reduction of Vinasse Volume by the Evaporation Process*, 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Brazil.
- [6] Kumar, A., 1989, *Problem of Scale Formation in Indian Sugar Factories*, Bhartiya Sugar, India.
- [7] Mwaba, M. G., 2003, *Analysis of Heat Exchanger Fouling in Cane Sugar Industry*, University of Eindhoven, Netherlands.
- [8] Al-ahmad, M., 2008, *Factors Affecting Scale Formation in Sea Water Environmentsean Experimental Approach*, Chemical Engineering and Technology.