

Pembuatan Gum Xanthan dengan Proses Fermentasi dari Hidrolisat Selulosa Eceng Gondok dan Penerapannya dalam *Enhanced Oil Recovery*

Synthesis of Xanthan Gum with Fermentation Process from Hydrolysis of Water Hyacinth's Cellulose and Its Application in Enhanced Oil Recovery

Handi Ramadhan*, Wahyu Arif Dharmawan, Titi Susilowati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya No. 1, Kota Surabaya, 60294, Indonesia

*Email: 19031010091@student.upnjatim.ac.id

Article history:

Diterima : 23 Maret 2023
Direvisi : 9 April 2023
Disetujui : 31 Mei 2023
Mulai online : 28 September 2023

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Handi Ramadhan, Wahyu Arif Dharmawan, Titi Susilowati. (2023). Pembuatan Gum Xanthan dengan Proses Fermentasi dari Hidrolisat Selulosa Eceng Gondok dan Penerapannya dalam *Enhanced Oil Recovery*. Jurnal Teknik Kimia USU, 12(2), 92-99.

ABSTRAK

Eceng gondok adalah tanaman air tawar yang memiliki dampak buruk bagi perairan, tetapi memiliki kandungan selulosa cukup tinggi (77,6%) dan masih kurang dimanfaatkan. Salah satu alternatif dalam mengendalikan jumlah eceng gondok adalah memanfaatkan potensi kandungan selulosanya sebagai bahan pembuatan gum xanthan. Fermentasi dilakukan dengan bantuan *Xanthomonas campestris* dan diperoleh gum xanthan yang dapat digunakan sebagai bahan injeksi polimer guna meningkatkan produksi minyak mentah pada industri kilang minyak. Tahapan untuk memperoleh gum xanthan yaitu delignifikasi, hidrolisis, dan fermentasi anaerob (28 °C) dengan variasi waktu 24 jam hingga 120 jam dengan interval 24 jam. Variabel hidrolisat selulosa adalah 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5%. Hasil rendemen gum xanthan pada penelitian ini mencapai 18%, kadar air sebesar 13% – 15%, dan kadar abu sebesar 3% – 3,9%. Gum xanthan yang dihasilkan dianalisis gugus fungsinya menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan telah sesuai dengan gum xanthan komersial.

Kata kunci: selulosa eceng gondok, glukosa, fermentasi, gum xanthan, *enhanced oil recovery*

ABSTRACT

Water hyacinth is a freshwater plant that has a negative impact on waters, but has a high cellulose content (77.6%) and is still underutilized. One alternative in controlling the amount of water hyacinth is to utilize its potential cellulose content as an ingredient in xanthan gum. Fermentation was carried out with the help of *Xanthomonas campestris* and xanthan gum was obtained, which can be used as a polymer injection material to increase crude oil production in the oil refinery industry. The stages to obtain xanthan gum are delignification, hydrolysis, and anaerobic fermentation (28 °C) with a time variation of 24 hours to 120 hours with an interval of 24 hours. The cellulose hydrolysate variable is 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, and 2.5%. The yield of xanthan gum in this research was 18%, with a moisture content was 13% – 15% and an ash content was 3% – 3.9%. The resulting xanthan gum was analyzed for its functional groups using *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) and was in agreement with commercial xanthan gum.

Keyword: *water hyacinth's cellulose, glucose, fermentation, xanthan gum, enhanced oil recovery*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v12i2.11574>

1. Pendahuluan

Eceng gondok adalah jenis tanaman air tawar yang kurang dimanfaatkan dan memiliki sifat merugikan bagi ekosistem di bawah permukaan air apabila jumlahnya tak terkendali karena memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi, sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Pertumbuhan tanaman eceng gondok yang begitu cepat disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen, fosfat, dan kalium. Selain dampak yang ditimbulkan bagi lingkungan, eceng gondok memiliki kandungan yang bermanfaat, yaitu 77,6% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 9,3% lignin [1].

Selulosa adalah salah satu polisakarida yang memiliki struktur dan sifat yang menarik sebagai polimer [2]. Berdasarkan hal tersebut, selulosa dapat dimanfaatkan sebagai alternatif lain, salah satunya adalah pembuatan gum xanthan. Gum xanthan merupakan salah satu contoh biopolimer yang dihasilkan melalui proses fermentasi dengan substrat dan bakteri *Xanthomonas campestris*. Substrat yang digunakan pada proses fermentasi dapat berupa hidrolisat selulosa (hasil dari proses hidrolisis selulosa) atau glukosa dari biomassa yang salah satunya adalah eceng gondok. Pada penelitian terdahulu mengenai gum xanthan juga berasal dari biomassa yang mengandung selulosa atau glukosa, contohnya ampas tahu [3] dan limbah padat tapioka [4].

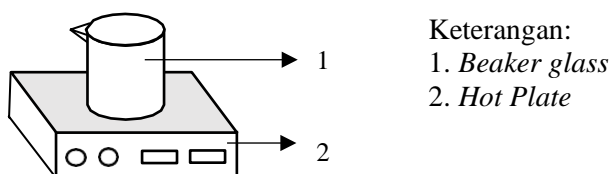
Penerapan biopolimer banyak dilakukan terutama di bidang industri, salah satunya di industri minyak, yaitu membantu peningkatan produksi minyak mentah dengan cara *Enhance Oil Recovery* (EOR). EOR merupakan salah satu metode pengambilan minyak menggunakan energi luar *reservoir* atau meningkatkan perolehan minyak yang berasal dari penginjeksian fluida tertentu ke dalam *reservoir* [5]. Jika ditinjau dari data Badan Pusat Statistik, produksi minyak bumi selama tahun 2015 – 2020 mengalami penurunan 5 tahun terakhir dengan produksi sebesar 286.814,2 barel, 292.373,8 barel, 281.826,61 barel, 273.494,8 barel, dan 259.246,8 barel [6]. Berdasarkan data di atas, solusi alternatif perlu dilakukan untuk meningkatkan produksi minyak bumi, salah satu diantaranya melalui EOR. Salah satu jenis dari metode EOR yaitu injeksi polimer, yang mana polimer tersebut dapat berupa gum xanthan. Injeksi polimer bertujuan untuk menurunkan tegangan permukaan di antara fasa minyak dan fasa air. Keuntungan dari injeksi polimer yaitu meningkatkan area dan *displacement sweep efficiency*, tidak beracun dan tidak korosif, serta bisa diaplikasikan pada *reservoir* yang besar [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar rendemen, kadar air, kadar abu, dan hasil FTIR gum xanthan dengan berbagai variasi kadar hidrolisat selulosa eceng gondok dan waktu fermentasi serta membandingkan hasil tersebut dengan gum xanthan komersial.

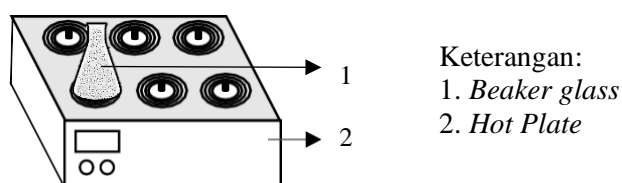
2. Metode

Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok rawa yang diperoleh dari Waduk Perumahan Gunungsari Indah Surabaya. Bahan penunjang yang dibutuhkan adalah isolat bakteri *Xanthomonas campestris*, *nutrient broth* sebagai media, natrium hidroksida (NaOH) sebagai pelarut dalam proses delignifikasi, asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa dalam proses hidrolisis, natrium klorida (NaCl), magnesium sulfat ($MgSO_4$), urea (CON_2H_4), dan kalium dihidrogenfosfat (KH_2PO_4) sebagai nutrisi dalam proses fermentasi. Rangkaian peralatan dalam pembuatan gum xanthan terdiri atas dua proses, yaitu proses delignifikasi dan hidrolisis yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Rangkaian alat proses delignifikasi



Gambar 2. Rangkaian alat proses hidrolisis

Prosedur Penelitian

Preparasi Eceng Gondok

Eceng gondok yang digunakan adalah eceng gondok dengan kondisi baik dan berwarna hijau, dengan tinggi ± 1 m, lalu dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan di bawah sinar matahari (± 7 hari), kemudian digiling menggunakan blender hingga menjadi tepung eceng gondok dan diseragamkan ukurannya menjadi 40 mesh *undersize*. Tepung eceng gondok yang telah diperoleh kemudian dianalisis kadar selulosanya menggunakan metode *chesson*.

Delignifikasi Eceng Gondok

Ambil 50 g tepung eceng gondok kering dan tambahkan 500 mL natrium hidroksida (NaOH) 4% (b/b), kemudian dipanaskan pada suhu 70 °C – 80 °C selama 120 menit di *hot plate*. Sampel disaring menggunakan kertas saring, kemudian endapan dicuci dengan *aquadest* untuk memisahkan lignin yang terlarut, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 120 menit. Setelah itu dilakukan analisis terhadap kadar selulosa setelah proses delignifikasi eceng gondok menggunakan metode *chesson*.

Hidrolisis Selulosa Eceng Gondok

Ambil tepung eceng gondok yang telah didelignifikasi, kemudian tambahkan 500 mL asam sulfat (H₂SO₄) 2% (v/v) di dalam erlenmeyer yang ditutup rapat. Larutan diinkubasi dalam *steam water bath* pada suhu 100 °C selama 120 menit. Hasil hidrolisis disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh glukosa lalu filtrat didinginkan hingga mencapai suhu sebesar 28 °C dan menetralkan pH menjadi 7 – 8 menggunakan NaOH 5% (b/b). Setelah itu, analisis kadar hidrolisat selulosa eceng gondok dilakukan menggunakan refraktometer brix.

Preparasi Media *Nutrient Broth* dan Inokulasi Bakteri *Xanthomonas campestris*

Media *nutrient broth* 20% (b/b) disiapkan sebanyak 125 mL dan disterilkan dengan metode pemanasan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 1 atm dengan suhu sebesar 121 °C. Bakteri *Xanthomonas campestris* diinokulasi pada masing-masing tabung reaksi dengan mengambil kurang lebih 3 ose, kemudian inokulat (bakteri yang telah diinokulasi) diinkubasi pada suhu 28 °C selama 16 jam.

Pembuatan Gum Xanthan

Inokulat yang mengandung *Xanthomonas campestris* dengan waktu inkubasi 16 jam dimasukkan pada volume tetap 200 mL media yang berisi urea (CON₂H₄) 5 g/L (1 g), magnesium sulfat (MgSO₄) 1 g/L (0,2 g), natrium klorida (NaCl) 1,5 g/L (0,3 g), dan kalium dihidrogenfosfat (KH₂PO₄) 2 g/L (0,4 g), kemudian dimasukkan hidrolisat selulosa dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 (%b/b). Selanjutnya, proses fermentasi dilakukan dengan metode *batch* menggunakan botol kaca pada kondisi suhu 28 °C, yang mana media fermentasi dimasukkan bersamaan, kemudian ditaruh di inkubator dan fermentasi dilakukan dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam. Setelah itu, proses pasteurisasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 80 °C selama 15 menit menggunakan *steam water bath* untuk membunuh bakteri yang masih tersisa. Langkah selanjutnya adalah melakukan sentrifugasi untuk memisahkan filtrat dan endapan selama 15 menit dengan kecepatan 400 rpm, kemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dan diambil filtratnya. Setelah diperoleh filtrat, lalu dilakukan penambahan (1:3) isopropil alkohol ke dalam filtrat pada botol 600 mL dan didiamkan selama 1 x 24 jam pada suhu ruang hingga mengendap. Endapan yang terbentuk disaring kembali menggunakan kertas saring *Whatman* dan dikeringkan pada suhu ruang selama 1 x 24 jam. Setelah itu, analisis kadar air dan abu gum xanthan dilakukan menggunakan metode gravimetri yang dapat dilihat pada Tabel 1 serta FTIR gum xanthan yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Prosedur Penerapan Gum Xanthan dalam *Enhanced Oil Recovery*

Pada penelitian ini, digunakan *beaker glass* sebagai wadah dalam melakukan injeksi polimer dan sebagai penampungan minyak yang akan diinjeksikan. Selain *beaker glass*, bantuan *sandstone* dapat juga digunakan sebagai batuan *reservoir*. Polimer yang digunakan berupa gum xanthan memiliki variasi konsentrasi yang berbeda-beda, yaitu 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm. Awal mulanya, *sandstone* yang sebagai batuan *reservoir* dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Setelah *sandstone* dimasukkan ke dalam *beaker glass*, minyak berupa oli sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam *beaker glass*, kemudian air diinjeksikan sebanyak 50 ml dan akan terbentuk *viscous fingering* yang menyebabkan ketidakaturan air dan minyak di dalam batuan *reservoir*. Setelah itu, injeksi polimer dilakukan dengan berbagai konsentrasi ke dalam *beaker glass*.

3. Hasil

Delignifikasi Eceng Gondok

Analisis yang dilakukan dalam penelitian pembuatan gum xanthan dengan proses fermentasi dari hidrolisat selulosa eceng gondok dimulai dari analisis bahan baku, yaitu kadar selulosa eceng gondok sebelum perlakuan delignifikasi diperoleh sebesar 66,8%. Kandungan lain yang terdapat pada tepung eceng gondok sebelum perlakuan delignifikasi antara lain hemiselulosa sebesar 10,165%, lignin sebesar 13,585%, kadar air sebesar 3,67%, dan kadar abu sebesar 5,78%. Setelah melalui proses delignifikasi, selulosa yang diperoleh bertambah menjadi 72,4%. Proses delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi mudah diperoleh karena telah terpisah dari lignin [8]. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan, sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan selulosa. Penambahan natrium hidroksida (NaOH) pada proses delignifikasi juga mengakibatkan lignin terlarut dan terpisah, sehingga meningkatkan kadar selulosa [1].

Hidrolisis Selulosa Eceng Gondok

Hasil yang diperoleh adalah hidrolisat selulosa eceng gondok yang selanjutnya digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk pembuatan gum xanthan. Setelah itu, uji kadar gula (glukosa) dilakukan pada substrat, sehingga diperoleh sebesar 4%. Kadar glukosa yang didapatkan dalam penelitian ini masih dalam kondisi optimal pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris*. Konsentrasi optimal substrat yang digunakan dalam pembuatan gum xanthan sebesar 2% - 4% [3].

Pembuatan Gum Xanthan dari Hidrolisat Selulosa Eceng Gondok

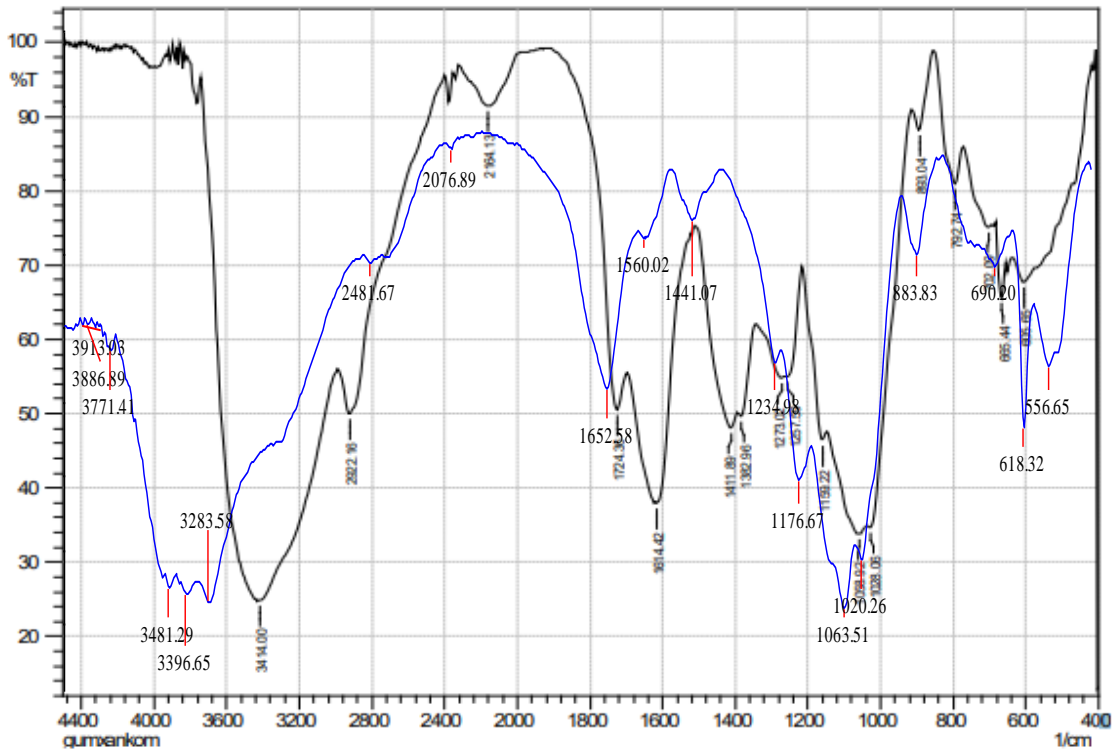
Fermentasi hidrolisat selulosa eceng gondok dilakukan pada suhu 28 °C secara anaerobik dengan variasi waktu 24 jam sampai 120 jam dengan selang waktu 24 jam. Variabel hidrolisat selulosa yang digunakan adalah 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0%, dan 2,5%. Hasil yang diperoleh berupa gum xanthan yang kemudian dianalisis kadar air, kadar abu, dan FTIR. Analisis kadar air dan abu dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari gum xanthan yang dapat diamati pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kadar air dan abu gum xanthan

Sampel Gum Xanthan	Air (%)	Abu (%)
Gum Xanthan (Kadar Hidrolisat Selulosa 0,5%)	14,66	3,05
Gum Xanthan (Kadar Hidrolisat Selulosa 1%)	14,51	3,07
Gum Xanthan (Kadar Hidrolisat Selulosa 1,5%)	13,39	3,08
Gum Xanthan (Kadar Hidrolisat Selulosa 2%)	13,29	3,10
Gum Xanthan (Kadar Hidrolisat Selulosa 2,5%)	13,20	3,12

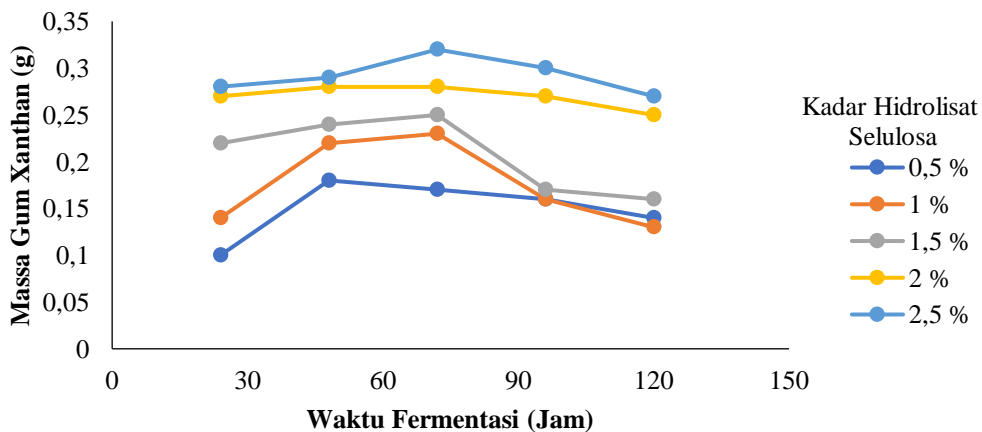
Berdasarkan Tabel 1, semakin tinggi kadar hidrolisat selulosa, maka kadar air yang diperoleh mengalami penurunan, sedangkan kadar abu yang diperoleh mengalami peningkatan. Kadar air gum xanthan komersial sebesar 13% – 15% dan kadar abu gum xanthan komersial sebesar 3% – 3,9% [9], sehingga kadar air dan abu gum xanthan dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria gum xanthan komersial. Perbandingan hasil FTIR pada gum xanthan komersial dan hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil pengujian FTIR pada penelitian ini memiliki nilai titik puncak (*peak*) yang mirip dengan gum xanthan komersial. Gum xanthan komersial memiliki gugus fungsi -OH dengan titik puncak 3.429,43 cm^{-1} , gugus fungsi -CH₂ sebesar 2.920,23 cm^{-1} , gugus fungsi -CO sebesar 1.625,99 cm^{-1} , dan gugus fungsi -COOH sebesar 1.409,96 cm^{-1} [10]. Spektra FTIR gum xanthan memiliki titik puncak yang hampir sama dengan gum xanthan komersial, yaitu gum xanthan dengan kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa 2% dan waktu fermentasi 48 jam yang memiliki titik puncak di tiap gugus -OH sebesar 3.481,29 cm^{-1} , gugus -CH₂ sebesar 2.925,78 cm^{-1} , gugus -CO sebesar 1.652,58 cm^{-1} , dan gugus -COOH sebesar 1.441,08 cm^{-1} . Gum xanthan komersial juga memiliki kondisi operasi yang hampir sama dengan penelitian ini, yaitu pada kondisi operasi suhu fermentasi 28 °C, pH awal sebelum perlakuan fermentasi yaitu 7, dan substrat yang digunakan sekitar 1% - 5% [11]. Selain FTIR, hasil penelitian yang didapatkan hampir sama dengan gum xanthan komersial. FTIR hasil penelitian juga menunjukkan kemiripan dengan penelitian terdahulu, yang mana panjang gelombang gugus -OH sebesar 3.386 cm^{-1} , gugus -CH₂ sebesar 2.928 cm^{-1} , gugus -CO sebesar 1.627 cm^{-1} , dan gugus -COOH sebesar 1.529 cm^{-1} , tetapi dengan kondisi operasi yang berbeda, yaitu menggunakan biofermentor dengan suhu fermentasi 28 °C selama 80 jam [4].



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil FTIR gum xanthan komersial dengan penambahan sukrosa 3% (garis hitam) dan FTIR gum xanthan penelitian dengan penambahan kadar hidrolisat selulosa 2% (garis kuning)

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Massa Gum Xanthan pada Variasi Kadar Hidrolisat Selulosa



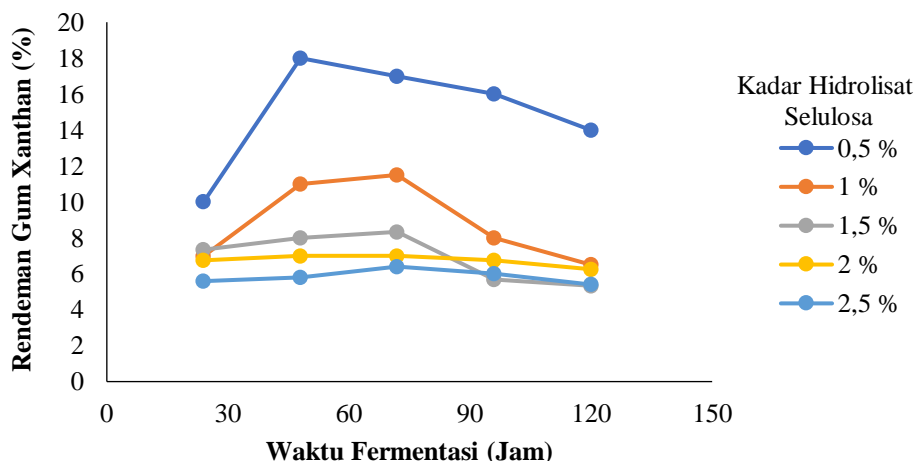
Gambar 4. Grafik pengaruh waktu fermentasi dan kadar hidrolisat selulosa terhadap massa gum xanthan

Berdasarkan Gambar 4, waktu fermentasi sangat mempengaruhi massa gum xanthan yang dihasilkan pada setiap perubahan waktu. Dapat dilihat bahwa waktu fermentasi dari jam ke-24 hingga jam ke-48 mengalami kenaikan awal massa gum xanthan pada setiap kadar hidrolisat selulosa. Hal ini dikarenakan terjadi fase eksponensial yang mengakibatkan pertumbuhan bakteri berkembang dengan cepat dan fase ini dipengaruhi oleh jumlah nutrisi, sehingga bakteri bisa bertahan hidup. Waktu fermentasi pada jam ke-72 mengalami penurunan awal berat gum xanthan saat kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5%, namun kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa 0,5% mengalami penurunan awal pada jam ke-48. Hal ini dikarenakan sudah mencapai fase stasioner yang kemudian mengalami fase kematian yang diakibatkan oleh jumlah hidrolisat selulosa yang sedikit, sehingga mengalami penurunan massa gum xanthan lebih awal.

Bakteri *Xanthomonas campestris* mengalami fase lag pada jam ke-0 hingga jam ke-24. Fase lag atau fase awal pertumbuhan bakteri adalah terjadinya sel bakteri yang mulai aktif melakukan metabolisme seperti sintesis enzim dan organel untuk mempersiapkan pembelahan sel. Fase berikutnya adalah ekponensial atau fase log yang terjadi pada jam ke-24 hingga jam ke-48, yaitu bakteri mulai membelah, sehingga terjadi

peningkatan secara signifikan. Ketika fase stasioner, pertumbuhan bakteri terjadi setelah jam ke-48 hingga jam ke-68. Pada fase stasioner tersebut, media bakteri mulai habis, sehingga banyak bakteri yang mengalami lisis sel atau penghancuran sel. Jumlah populasi pada fase ini tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Setelah jam ke-68, bakteri memasuki fase kematian [11].

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Rendemen Gum Xanthan pada Variasi Kadar Hidrolisat Selulosa

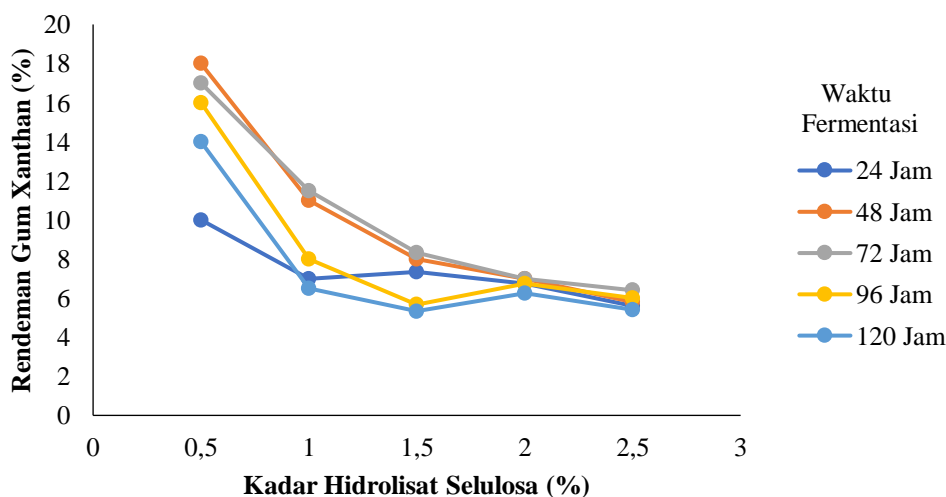


Gambar 5. Grafik pengaruh waktu fermentasi dan kadar hidrolisat selulosa terhadap rendemen gum xanthan

Rendemen gum xanthan tertinggi sebesar 18% yang diperoleh pada kondisi konsentrasi substrat hidrolisat selulosa eceng gondok sebesar 0,5% dan waktu fermentasi 48 jam, sedangkan rendemen gum xanthan terendah sebesar 5,4% yang diperoleh pada kondisi konsentrasi substrat sebesar 2,5% dan waktu fermentasi 120 jam. Pengaruh waktu fermentasi terhadap rendemen gum xanthan pada variasi kadar hidrolisat selulosa dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa jam ke-24 hingga jam ke-48 mengalami peningkatan. Kemudian, jam ke-48 hingga jam ke-72 rendemen gum xanthan konstan dan jam ke-96 hingga jam ke-120 mengalami penurunan.

Waktu fermentasi dapat mempengaruhi rendemen dari gum xanthan. Dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan rendemen gum xanthan seiring dengan bertambahnya waktu. Rendemen gum xanthan akan meningkat dan mencapai nilai konstan pada fase stasioner pertumbuhan sel bakteri *Xanthomonas campestris* [12]. Jumlah nutrisi yang semakin sedikit dapat menyebabkan kompetisi pada bakteri untuk memperoleh sumber karbon dan sel akan menyusut yang mengakibatkan produksi gum xanthan menurun [4].

Pengaruh Kadar Hidrolisat Selulosa terhadap Rendemen Gum Xanthan pada Variasi Selang Waktu Fermentasi



Gambar 6. Grafik pengaruh kadar hidrolisat selulosa dan waktu fermentasi terhadap rendemen gum xanthan

Pengaruh kadar hidrolisat selulosa terhadap rendemen gum xanthan pada variasi selang waktu fermentasi dapat dilihat pada Gambar 6, yang mana semakin tinggi kadar hidrolisat selulosa, maka rendemen gum xanthan yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena penambahan glukosa yang semakin pekat akan menyebabkan terjadinya osmosis, sehingga metabolisme bakteri *Xanthomonas campestris* akan terganggu dalam mensintesis menjadi gum xanthan [10]. Kadar glukosa yang digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi gum xanthan sekitar 2% - 4% [13] dan konsentrasi substrat yang lebih tinggi juga akan menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* [3].

Selain substrat berupa hidrolisat selulosa yang digunakan dalam proses fermentasi, nitrogen juga merupakan nutrisi yang penting dalam media fermentasi gum xanthan dalam jumlah yang terkontrol. Sumber nitrogen dapat digunakan untuk fase pertumbuhan sel bakteri selama proses fermentasi [13]. Salah satu sumber nitrogen yang digunakan berupa amonium klorida (NH_4Cl) yang menunjukkan efisiensi tertinggi dalam produksi gum xanthan dengan 44,00 g/L [14]. Sumber nitrogen yang digunakan pada penelitian ini adalah urea dengan efisiensi produksi gum xanthan sebesar 42,6 g/L. Urea digunakan pada penelitian ini karena harga urea yang lebih terjangkau dibandingkan NH_4Cl .

Penerapan Gum Xanthan sebagai Injeksi Polimer dalam *Enhanced Oil Recovery*

Hasil *recovery factor* diperoleh dengan konsentrasi 400 ppm sebesar 88%, konsentrasi 600 ppm sebesar 86%, 800 ppm sebesar 82%, dan 1000 ppm sebesar 78%. Terdapat pengaruh antara konsentrasi polimer yang digunakan untuk injeksi terhadap hasil *recovery factor*. Semakin tinggi konsentrasi dari polimer akan menyebabkan hasil *recovery factor* menurun. Semakin tinggi konsentrasi polimer yang digunakan untuk injeksi, maka *recovery factor*-nya akan menurun. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi polimer sangat berpengaruh pada *performance* dari polimer itu sendiri [15]. Selain gum xanthan, terdapat bahan lain yang dapat digunakan sebagai agen injeksi polimer. CMC-AM (*Carboximethyl cellulose acrylamide*) dapat digunakan sebagai agen injeksi polimer pada *enhanced oil recovery* yang menghasilkan nilai *recovery factor*, yaitu 79% [16].

4. Kesimpulan

Konsentrasi hidrolisat selulosa eceng gondok dan lama proses fermentasi mempengaruhi karakteristik dan rendemen gum xanthan. Semakin besar hidrolisat selulosa dan waktu fermentasi akan menurunkan rendemen gum xanthan. Struktur gum xanthan yang dihasilkan pada proses fermentasi sudah sesuai dengan gum xanthan komersial yang ditunjukkan pada spektrum FTIR. Diperoleh rendemen gum xanthan tertinggi sebesar 18% pada kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa sebesar 0,5% pada waktu fermentasi 48 jam, sedangkan rendemen gum xanthan terendah sebesar 5,4% pada kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa sebesar 2,5% pada waktu fermentasi 120 jam. Gum xanthan sudah memenuhi syarat mutu pada gum xanthan komersial, yaitu dengan kadar air sebesar 13% – 15% dan kadar abu 3% – 3,9%. FTIR gum xanthan dari hidrolisat selulosa eceng gondok memiliki titik puncak yang hampir sama dengan gum xanthan komersial, yaitu gum xanthan dengan kondisi konsentrasi hidrolisat selulosa 2% dan waktu fermentasi 48 jam, yang mana memiliki titik puncak pada tiap gugus -OH sebesar $3.481,29 \text{ cm}^{-1}$; gugus $-\text{CH}_2$ sebesar $2.925,78 \text{ cm}^{-1}$; gugus $-\text{CO}$ sebesar $1.652,58 \text{ cm}^{-1}$, dan gugus $-\text{COOH}$ sebesar $1.441,08 \text{ cm}^{-1}$. Penelitian lebih lanjut untuk melakukan pembuatan gum xanthan dari hidrolisat selulosa eceng gondok dapat dilakukan dengan variasi nutrisi dan volume media fermentasi yang berbeda sebagai acuan serta memperhatikan faktor pertumbuhan bakteri, antara lain jenis fermentor dan sistem secara *batch* maupun kontinyu.

5. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] E. Kusumawati and Haryadi, "Ekstraksi dan karakterisasi serat selulosa dari tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*)," *Jurnal Fluida*, vol. 14, no. 1, p. 7, 2021.
- [2] J. Pratama, R. Rohmah, A. Amalia, and T. Saraswati, "Isolasi mikroselulosa dari limbah eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan metode bleaching-alkalinasi," *Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 15, no. 2, pp. 239-250, 2019.
- [3] S. Gustiani, Q. Helmy, C. Kasipah, and E. Novarini, "Produksi dan karakterisasi gum xanthan dari ampas tahu sebagai pengental pada proses tekstil," *Arena Tekstil*, vol. 32, no. 2, pp. 51-58, 2018.
- [4] Z. Hasan, A. Yulianto, I. Mulawati, and S. Putri, "Produksi xanthan gum skala pengembangan menggunakan limbah padat tapioka," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 97-105, 2018.

- [5] M. R. Ansyori, “Mengenal *enhanced oil recovery* (EOR) sebagai solusi meningkatkan produksi minyak,” *Forum Teknologi*, vol. 8, no. 2, p. 18, 2018.
- [6] Anonim, *Produksi minyak bumi di Indonesia tahun 2015 - 2020*, Badan Pusat Statistik, 2021.
- [7] T. Erfando, N. Rita, and R. Ramadhan, “The key parameter effect analysis of polymer flooding on oil recovery using reservoir simulation,” *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 49 - 55, 2019.
- [8] I. Kurniaty, U. Habibah, D. Yustiana, and I. Fajriah, “Proses delignifikasi menggunakan NaOH dan amonia (NH₃) pada tempurung kelapa,” *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 4, p. 198, 2018.
- [9] A. A. Mariod, *Gum Arabic: Structure, Properties, Application and Economics*, vol. 1, London: Academic Press, 2018, pp. 175 - 180.
- [10] S. Baig, “Biosynthesis of xanthan gum by locally isolated *Xanthomonas* species”, Thesis, University of The Punjab, Pakistan, 1984.
- [11] T. J. Pollock, *Preparation of Xanthan Gum Using Xanthomonas Campestris Having Lactose Utilization Genes*, California: SHIN-ETSU BIO, Inc., 2003.
- [12] H. Habibi and K. Khosravi-darani, “Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review,” *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 10, pp. 130-140, 2017.
- [13] A. Palaniraj and V. Jayaraman, “Production, recovery, and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*,” *Journal of Food Engineering*, vol. 1, no. 106, pp. 1 - 12, 2019.
- [14] I. Prabawa, R. Salim, H. Ihsan, and R. Lestari, “Produksi dari substrat biomassa, variabel efektif, karakteristik dan regulasi serta aplikasi dan potensi pasar,” *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 11, no. 2, pp. 97-112, 2019.
- [15] S. Kasmungin, T. Fathaddin, and Ricky, “Pengaruh konsentrasi polimer terhadap recovery factor dengan berbagai salinitas,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 1, pp. 1-7, 2018.
- [16] G. C. Parera, “Studi laboratorium pengaruh injeksi polimer CMC-AM terhadap perolehan minyak,” *Jurnal Teknik Perminyakan*, vol. 1, no. 2, pp. 1 - 19, 2020.