

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Berat Sukrosa dan pH Awal Medium terhadap Ketebalan BC

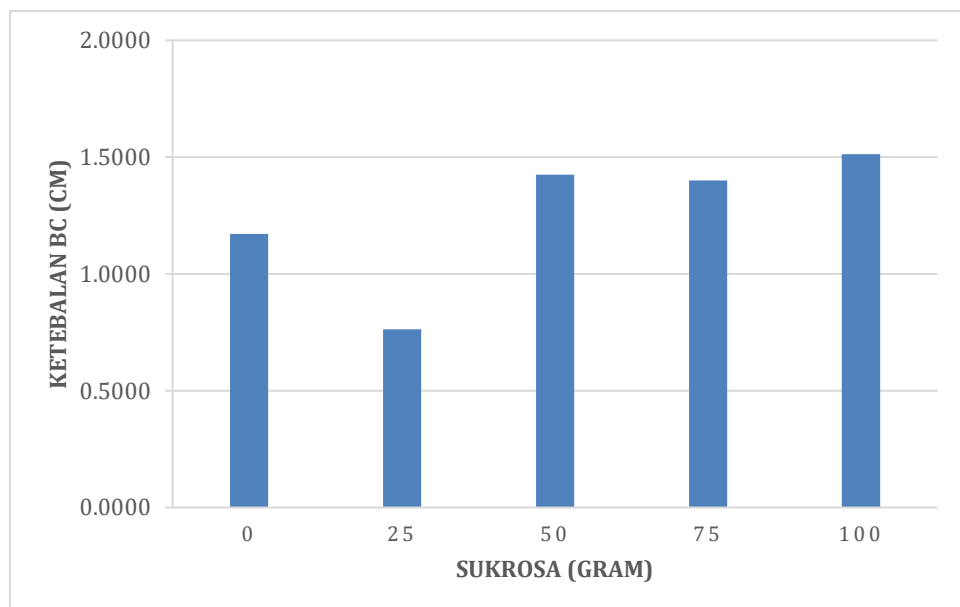
Makronutrien, mikronutrien dan pH merupakan faktor penting di dalam proses fermentasi. Dalam proses fermentasi, makronutrien seperti glukosa dan sukrosa merupakan sumber karbon dan nitrogen yang dibutuhkan oleh bakteri. *Acetobacter xylinum* (bakteri) memerlukan sumber karbon seperti sukrosa sebagai sumber energi bagi aktivitasnya dalam pembentukan BC (Hasbullah, 2009). Kemudian kondisi pH juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri di dalam medium fermentasi. Pertumbuhan bakteri akan optimal jika kondisi pH di dalam medium fermentasi juga optimum. pH optimum untuk proses fermentasi antara 4,5-5 (Poedjiadi & titin, 2006). Pengaruh makronutrien seperti sukrosa dan pH terhadap aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam proses fermentasi ditandai dengan ketebalan BC yang dihasilkan. Pengaruh berat sukrosa dan pH awal medium terhadap ketebalan BC dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Ketebalan BC

Berat Sukrosa (g)/500 mL	pH awal medium	Ketebalan BC (cm)		
		Hari ke-0	Hari ke-10	Hari ke-15
0	3	0	0,05	0,05
	4	0	0,8	1,1715
	5	0	0,675	0,825
	6	0	1	1,265
25	3	0	0,05	0,05
	4	0	0,065	0,7625
	5	0	0,85	1,0925
	6	0	0,05	0,05
50	3	0	0,975	1,5
	4	0	1,25	1,425
	5	0	0,065	0,8

	6	0	0,3	1,05
75	3	0	1,025	1,175
	4	0	1,25	1,4
	5	0	0,2025	0,9875
	6	0	0,757	1,075
100	3	0	0,05	0,05
	4	0	0,3875	1,5125
	5	0	0,425	1,045
	6	0	0,875	1,35

Tabel 4.1 diatas merupakan data ketebalan BC setelah dilakukan proses fermentasi selama 15 hari dengan variasi pH awal medium dan berat sukrosa. Data - data ketebalan BC diperoleh dengan mengukur ketebalan BC di setiap sisi fermentor yang kemudian dijumlahkan semua data dan dibagi dengan jumlah sisi fermentor, maka didapatkan nilai rata - rata ketebalan BC. Grafik peningkatan ketebalan BC yang dipengaruhi berat sukrosa dan pH awal medium dapat diamati pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Berat Sukrosa Dan pH Optimum Medium Terhadap Ketebalan BC

Ketebalan BC merupakan tingginya lapisan selulosa yang dihasilkan oleh starter bakteri *Acetobacter xylinum*. Dalam pembentukan BC, aktivitas *Acetobacter xylinum* membutuhkan makronutrien seperti sukrosa sebagai sumber karbon dan juga membutuhkan sumber nitrogen berupa ammonium sulfat. Sukrosa digunakan sebagai sumber energi yang ditambahkan dengan berat tertentu untuk kegiatan metabolisme *Acetobacter xylinum* dan sisanya akan dibentuk menjadi lapisan BC (Yusmarini dkk., 2004). Pada penelitian ini produksi BC paling optimum terdapat pada penambahan berat sukrosa 100 gram, menghasilkan BC dengan ketebalan 1,5125 cm. Semakin banyak penambahan sukrosa maka akan meningkatkan ketebalan BC (Naufalin dan Wibowo, 2004), namun penambahan gula yang berlebihan akan mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri terganggu dan mengakibatkan banyak gula yang diubah menjadi asam yang menyebabkan penurunan pH secara drastis sehingga BC yang dihasilkan tidak maksimal (Herawaty dan Moulina, 2015). Selain berat sukrosa, pH juga menjadi faktor yang mempengaruhi produksi BC selama proses fermentasi. Selama proses fermentasi, mikroorganisme (*Acetobacter xylinum*) memerlukan kondisi pH tertentu sebagai faktor penting untuk pertumbuhannya agar dapat memproduksi BC dalam jumlah besar. Nilai pH di dalam medium fermentasi harus dipertahankan di bawah 6,0 (Sulaiman, F., 2023). Pada penelitian ini BC dengan ketebalan tertinggi didapat pada pH 4. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Munawwaro, S. (2009) tentang pengaruh pH media dan lama fermentasi (*Acetobacter xylinum*) terhadap hasil nata de coco, bahwa kombinasi perlakuan yang menghasilkan nata de coco dengan sifat-sifat paling baik diperoleh pada pH 4 dan lama fermentasi 14 hari.

4.2 Pengaruh Berat Sukrosa dan pH awal medium terhadap perubahan pH selama Fermentasi

Glukosa (Sukrosa) merupakan salah satu sumber makronutrien untuk pertumbuhan bakteri dalam proses fermentasi. Berat sukrosa pada substrat fermentasi berdampak terhadap pH medium selama proses berlangsung. Besar atau kecilnya berat sukrosa dapat mempengaruhi aktivitas bakteri asam laktat dalam

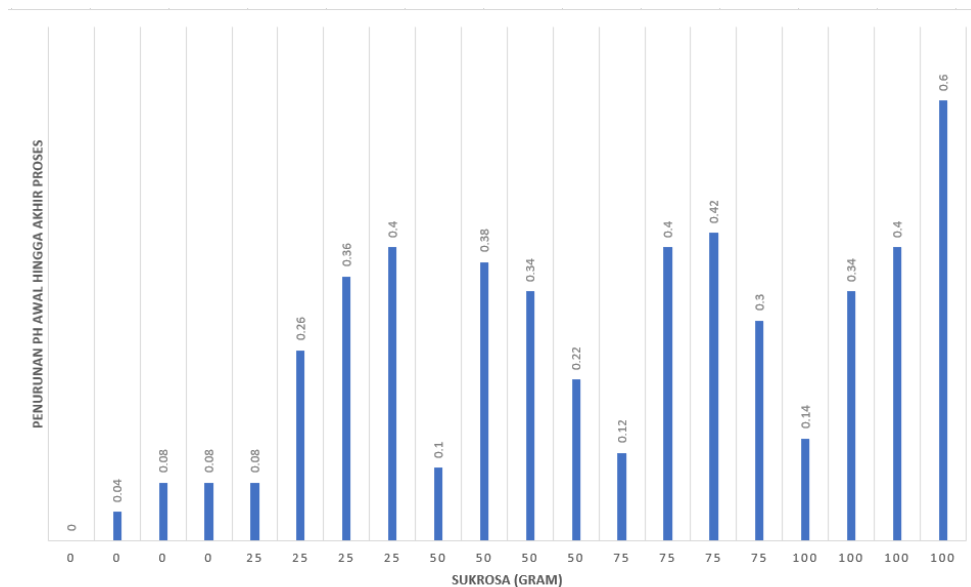
merombak nutrisi pada substrat (sukrosa) selama proses fermentasi. Kemudian pH awal proses fermentasi berpengaruh terhadap optimasi pertumbuhan bakteri. Bakteri memiliki rentang pH ideal untuk tumbuh, ketika pH awal sesuai dengan pH ideal bakteri maka aktivitas bakteri dalam merombak nutrisi dan memanfaatkan senyawa organik dalam substrat akan semakin baik sehingga berpengaruh kepada pH selama proses. Berdasarkan hal ini maka terdapat korelasi antara berat sukrosa, pH awal medium dan pH selama proses fermentasi. Tabel 4.2 menunjukkan pengaruh berat sukrosa dan pH awal medium terhadap pH selama proses fermentasi.

Tabel 4.2 Data pH selama proses fermentasi

Berat Sukrosa (g)/500 mL	pH awal medium	pH Fermentasi		
		Hari ke-0	Hari ke-10	Hari ke-15
0	3	3	3	3
	4	4	3,96	3,96
	5	5	4,98	4,92
	6	6	5,92	5,92
25	3	3	2,96	2,92
	4	4	3,86	3,74
	5	5	4,88	4,64
	6	6	5,78	5,6
50	3	3	3	2,9
	4	4	3,8	3,62
	5	5	4,78	4,66
	6	6	5,9	5,78
75	3	3	2,96	2,88
	4	4	3,89	3,6
	5	5	4,8	4,58
	6	6	5,88	5,7
100	3	3	2,96	2,86
	4	4	3,8	3,66
	5	5	4,78	4,6
	6	6	5,76	5,4

Tabel 4.2 merupakan tabel data perubahan pH selama proses fermentasi akibat penambahan sukrosa dan lamanya waktu fermentasi. Gambar 4.2

menunjukkan pengaruh berat sukrosa dan pH awal medium terhadap pH selama proses fermentasi.

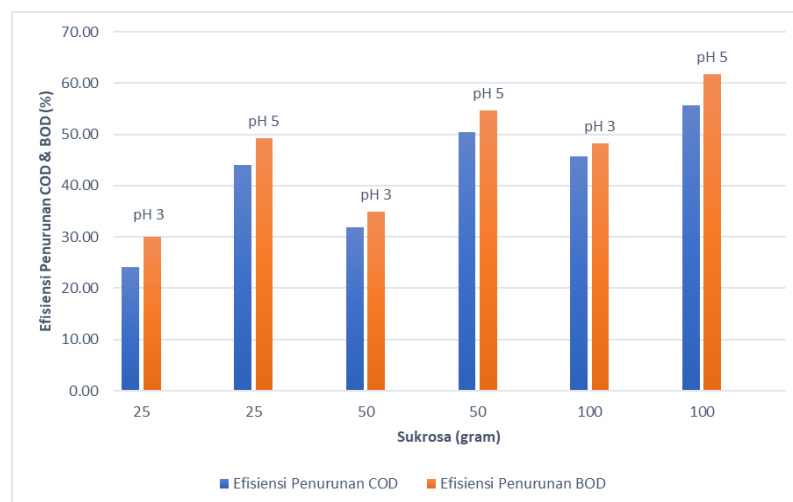


Gambar 4.2 Grafik pengaruh berat sukrosa dan pH awal medium terhadap pH selama proses fermentasi

Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan sukrosa dan semakin lama proses fermentasi, maka pH medium fermentasi akan menurun (semakin asam). Semakin tinggi berat sukrosa maka total asam yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena substrat (sukrosa) yang tersedia lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain, sehingga bakteri asam laktat dapat menggunakan substrat tersebut sebagai nutrisi pertumbuhan dan menghasilkan asam yang lebih banyak. Kemudian semakin lama fermentasi maka total asam yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan total asam meningkat seiring dengan lama fermentasi sehingga semakin banyak waktu yang tersedia bagi bakteri asam laktat untuk merombak nutrisi yang terkandung dalam substrat dan dapat memungkinkan terakumulasinya asam-asam organik dalam jumlah yang lebih banyak (Yunus, Y., & Zubaidah, E., 2015).

4.3 Pengaruh Berat Sukrosa dan pH awal terhadap Nilai COD dan BOD Medium Fermentasi

Chemical oxygen demand (COD) dan *biological oxygen demand* (BOD) merupakan kadar pencemar di dalam limbah cair yang amat berbahaya bagi makhluk hidup. COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan senyawa organik secara kimiawi, sedangkan BOD merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. COD dan BOD ini dapat dikurangi melalui aktivitas bakteri seperti pada proses fermentasi. Bakteri akan mengurai senyawa organik sehingga nilai COD dan BOD cairan tersebut menurun. Gambar 4.3 menunjukkan pengaruh berat sukrosa dan pH awal medium fermentasi terhadap efisiensi penyisihan COD dan BOD pada awal hingga akhir proses.



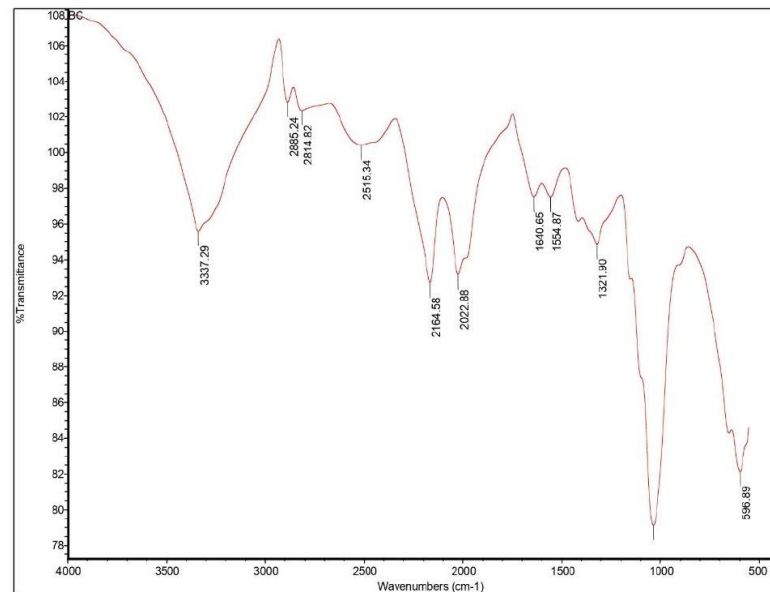
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Berat Sukrosa Dan pH Awal Medium Fermentasi Terhadap Efisiensi Penyisihan COD Dan BOD Medium Fermentasi

Gambar 4.3 menunjukkan efisiensi penurunan COD dan BOD pada awal hingga akhir proses akibat penambahan berat sukrosa dan pH awal medium fermentasi. Dilihat pada Gambar 4.3 sampel dengan efisiensi penurunan COD dan BOD tertinggi yaitu kondisi awal medium pada pH 5 dan penambahan sukrosa

sebanyak 100 gram yaitu sebesar 61,7% (COD) dan 55,7% (BOD). Penambahan sukrosa pada awal proses akan menaikkan nilai COD medium fermentasi. Bakteri *Acetobacter xylinum* yang ditambahkan pada medium akan tumbuh dan berkembang dengan memanfaatkan bahan-bahan berupa sukrosa dan mikronutrien dengan diindikasikan terbentuknya BC. Proses ini dikenal dengan istilah anabolisme yaitu proses sintesis molekul kimia kecil menjadi molekul yang lebih kompleks atau proses pemecahan komponen gula sehingga terbentuk suatu polisakarida yang tidak beracun (ekstraseluler selulosa) oleh bakteri *Acetobacter xylinum* (Whistler et al, 1976). Dengan adanya aktivitas *Acetobacter xylinum* dalam memanfaatkan sukrosa, maka akan menurunkan kandungan bahan organik yang ada dalam medium. Berkurangnya kandungan sukrosa dalam medium menyebabkan nilai COD dan BOD menurun (Nisa, F. C., 2002). Kemudian ditinjau dari pH mediumnya, pH 5 dapat dikatakan suasana yang cukup ideal untuk pertumbuhan dan aktivitas *Acetobacter xylinum*, sehingga kadar COD yang terdapat didalam limbah cair mengalami penurunan, hal ini didukung dengan literatur bahwa *Acetobacter xylinum* dapat tumbuh pada kisaran pH 3,5-7,5 dengan pH optimum 4,3, sedangkan metabolisme sel bakteri tersebut akan terganggu pada kondisi basa (Sulaiman, F., 2023).

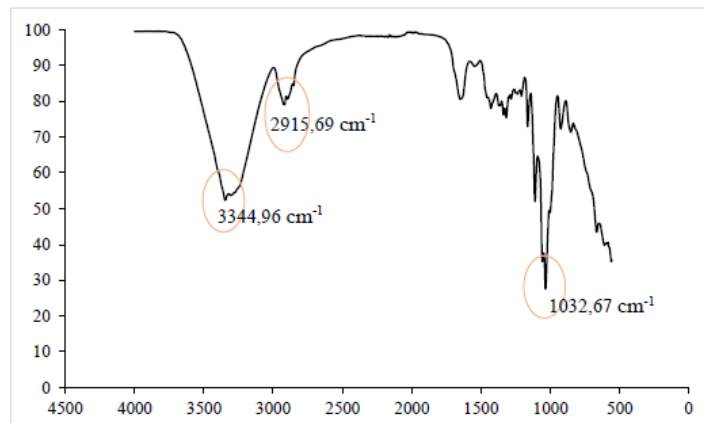
4.4 Uji Fourier Transform Infrared (FTIR) BC

Fourier Transform Infrared (FTIR) yaitu metode yang digunakan untuk menganalisa gugus fungsional dari bahan atau sampel dengan menggunakan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR). Gambar 4.4 menunjukkan gugus fungsi dari BC yang dihasilkan dalam penelitian ini.



Gambar 4.4 Grafik Analisa *Fourier Transform Infrared* (FTIR) BC

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa BC memiliki empat puncak utama yang terletak pada *range* bilangan gelombang 1.030; 1.321; 2.022-2.164, dan 3.337 cm^{-1} . Bilangan gelombang pada *range* 1.030 cm^{-1} merupakan gugus fungsional C–O (Ballén et al., 2016). Bilangan gelombang pada *range* 3.337 cm^{-1} merupakan gugus fungsional –OH (Serbanescu et al., 2020). Selanjutnya untuk bilangan gelombang pada *range* 2.022-2.164 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus fungsi C–H yang merupakan ikatan utama pada selulosa (Ballén et al., 2016; Nadiratuzzahra & Tristantini, 2020). Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Panjaitan, dkk. (2023) ditemukan puncak selulosa khas pada bilangan gelombang 1.031 (cm^{-1}) sesuai dengan peregangan simetris C–O dari alkohol primer yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dan tabel 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.5 Analisa *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Biofilm BC (Panjaitan, dkk. 2024)

Tabel 4.3 Perbandingan Analisis spektrum FTIR

Bilangan Gelombang BC (cm ⁻¹)	Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang Referensi (cm ⁻¹)	Sumber
1.030	-O-H (regangan)	3.344,96	(Panjaitan, dkk. 2024)
1.321	-C-H (regangan)	2.915,69	
2.022 – 2.164	C-O-C (<i>fingerprint</i>)	1.162,64	
3.337	-C-O (regangan)	1.032,67	