

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Produksi etanol dengan kadar tertinggi yaitu pada Kosentrasi Ca-alginat 4 % didapatkan kadar etanol sebesar 18,2, 13,4, dan 8,3 %.
2. Teknik imobilisasi sel *Saccharomyces cerevisiae* dengan Ca-alginat pada substrat kulit nanas dapat digunakan sebanyak 3 kali pengulangan fermentasi.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengukuran pH, pertumbuhan sel, dan viabilitas sel agar meningkatkan efisiensi dan produksi etanol secara optimal.
2. Perlu menggunakan model reaktor *packed bed reactor* agar dapat meningkatkan produksi dari etanol.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan metode analisis pori-pori (ukuran pori dan struktur pori) membran Ca-alginat dengan metode *Bubble Point* dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) agar dapat meningkatkan efektivitas dari sel imobil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. 2007. Solid and liquid pineapple waste utilization for lactic acid fermentation using *Lactobacillus delbrueckii*. *Jurnal Reaktor* 11(1): 50-52.
- Ahmad, R. Z. 2005. Pemanfaatan khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk ternak. *Wartazoa* 15(1): 49-55.
- Anindyawati, T. 2010. Prospek enzim dan limbah lignoselulosa untuk produksi bioetanol. *Jurnal Selulosa* 44(1): 12-21
- Anshori, R. 1985. *Pengantar Teknologi Fermentasi*. Depdikbud Dirjen Perguruan Tinggi PAU Pangan dan Gizi. IPB, Bogor. Halaman 29-48.
- Azizah, N., Al-Barrii, A. N., dan Mulyani, S. 2012. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 1(3): 72-77
- Balan, V., B. Bals, S.P.S. Chundawat, D. Marshall, dan B.E. Dale. 2009. Lignocellulose Biomass treatment Using AFEX. *Method in Molecular Biology* 581(3): 61-77.
- Bardiya, N., D. Somayaji dan S. Khanna. 1996. Biomethanation of banana peel and pineapple waste. *Bioresource Technol* 58(1): 73-76.
- Behera, S., Kar, S., Mohanty, R. C., dan Ray, R. C. 2010. Comparative study of bio-ethanol production from mahula (*Madhuca latifolia L.*) flowers by *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilized in agar agar and Ca-alginate matrices. *Applied Energy* 87(1): 96-100.
- Benson, H. J. 2002. *Microbiology Application-Laboratory Manual in General Microbiology 8 Editon*. McGraw Hill, New York.
- Beshay, U. 2003. Production of alkaline protease by *Teredinobacter turnirae* cells immobilized in ca-alginate beads. *Journal of Biotechnology* 2(3):60-65.
- Brat, P., Hoang, L. N. T., Soler, A., Reynes, M., dan Brillouet, J. M. 2004. Physicochemical characterization of a new pineapple hybrid. *Journal of Agricultural and food chemistry* 52(20): 6170-6177.
- Brooks. G, Butel. J, dan Morse. S. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*. Salemba Medika, Jakarta.
- Bintang, M. 2010. *Biokimia Teknik Penelitian*. Erlangga, Jakarta.
- Bulawayo, B., Bvochora, J. M., Muzondo, M. I., dan Zvauya, R. 1996. Ethanol production by fermentation of sweet-stem sorghum juice using various yeast strains. *World journal of Microbiology and Biotechnology* 12(4): 357-360.

- Busti, S., Coccetti, P., Alberghina, L., dan Vanoni, M. 2010. Glucose signaling-mediated coordination of cell growth and cell cycle in *Saccharomyces cerevisiae*. *Sensors* 10(6): 6195-6240.
- Choonut, A., Saejong, M., dan Sangkharak, K. 2014. The production of ethanol and hydrogen from pineapple peel by *Saccharomyces cerevisiae* and *Enterobacter aerogenes*. *Energy Procedia* 52: 242-249.
- Darmawan, R., Darmawan, R., Widjaja, T., Mulyanto, M., dan Ardiansyah, E. T. 2010. Studi perbandingan produksi etanol secara kontinyu menggunakan *Z. Mobilis* termutasi dengan teknik immobilisasi sel:Ca-Alginat dan K-Karaginan. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Universitas Diponegoro Semarang, 7 Oktober 2010.
- Darwis dan Aziz, A. 1995. Kajian kondisi fermentasi pada produksi selulase dari limbah kelapa sawit (tandan kosong dan sabut) oleh *Neurospora sitophila*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 5 (3):199-207.
- Dhanasekaran, D., Lawanya, S., Saha, S., Thajuddin, N., dan Panneerselvam, A. 2011. Production of single cell protein from pineapple waste using yeast. *Innovative Romanian Food Biotechnology* 8(8): 26.
- Dhar, M., Rahman, S. M., dan Sayem, S. M. 2008. Maturity and post harvest study of pineapple with quality and shelf life under red soil. *Int. Journal Sustain Crop Prod* 3(2): 69-75.
- Elevri, P. A., dan Putra, S. R. 2006. Produksi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang diamobilisasi dengan agar batang. *Akta Kimindo* 1(2): 105-114.
- Fernandez, J., Perez, M., dan Romero, L. I. 2008. Effect of substrate concentration on dry mesophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Bioresource technology* 99(14) 6075-6080.
- Galeote, V., Blondin, B., Dequin, S., dan Sablayrolles, J. M. 2001. Stress effect of ethanol on fermentation kinetics by stationary-phase cells of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Letters* 23(9): 677-681.
- Grote, W., Lee, K. J., dan Rogers, P. L. 1980. Continuous ethanol production by immobilized cells of *Zymomonas mobilis*. *Biotechnology Letters* 2(11): 481-486.
- Goksungur, Y., dan Zorlu, N. 2001. Production of ethanol from beet molasses by Ca-alginate immobilized yeast cells in a packed-bed bioreactor. *Turkish Journal of Biology* 25(3):265-275.
- Harun, R., Jason, W., Cherrington, T., dan Danquah, M. K. 2010. Exploring Alkaline Pre-Treatment Of Microalgae Biomass For Bioethanol Production. *Applied Energy* 88 (10): 3464-3467.
- Hutagalung, T., Nainggolan, R. J., dan Nurminah, M. 2016. Effect of ratio of pineapple pulp with carrot pulp and stabilizer type on the quality of jam sheet. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian* 4(1): 58-64.

- Indriany, D., Mappiratu, M., dan Nurhaeni, N. 2013. Pemanfaatan limbah tongkol jagung (*Zea Mays*) untuk produksi bioetanol menggunakan sel ragi amobil secara berulang. *Online Journal of Natural Science FMIPA* 2(3): 54-65.
- Ikbal, M. 2010. Produksi Bioetanol Dari Jerami padi (*Oryza sativa*) Secara Fermentasi Menggunakan Inokulum Ragi Roti Amobil. *Sripsi Kimia FMIPA Universitas Tadulako*, Palu.
- Iliev, I. dan Vasileva, T. 2012. Study of the Transgalactosylation Activity of Beta Galactosidase from A New Strain *Kluyveromyces lactis* 3. *Journal BioScience* 1(2): 149-153
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Statistik Minyak Bumi 2012*. http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektoresdm/doc_download/1256-statistik-minyak-bumi-2012.html. diakses tanggal 20 Agustus 2016.
- Khairani, R. 2007. *Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bio-fuel* <http://www.Macklintmip.unpad.net/Biofuel/Jagung/Pati.pdf>. diakses tanggal 16 Juni 2016
- Kwartiningsih, E., Mulyati, L., dan Sri, N. 2005. Fermentasi sari buah nanas menjadi vinegar. *Ekulibrium* 4(1), 8-12.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Dunlap, P.V., dan Clark, D.P. 2008. *Biology of Microorganisms* 12th edition. Pearson, San Francisco.
- Mcintosh, S., dan Vancov, T. 2010. Enhanced Enzyme Saccharification of Shorgum Bicolor Straw Using Dilute Alkali Pretreatment. *Bioresource Technology* 20(3): 6718- 6722.
- Megawati, M., dan Ciptasari, R. 2015. Pembuatan etanol dari limbah kulit jeruk bali hidrolisis menggunakan selulase dan fermentasi dengan yeast. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik*.
- Mosier, N., C. Wayman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, dan M. Ladisch. 2005. Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulose. *Bioresource Technology* 96(3): 673-686.
- Muchtadi, D.N., S. Palupu dan M. Astawan. 1992. *Enzim Dalam Industri Pangan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Halaman 12-14.
- Muhiddin, N.H. dan Nuryati J. 2001. Peningkatan kandungan protein kulit ubi kayu melalui proses fermentasi. *Jurnal Biokimia* 2(6): 11-21.
- Novia, N., Mathilda, E. T., dan Septia, P. D. 2012. Alkaline pre-treatment dan proses simultan sakarifikasi-fermentasi (SSF) untuk memproduksi bioetanol berbahan baku jerami padi. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional AvoER IV*.
- Novia, N., Windarti, A., dan Rosmawati, R. 2014. Pembuatan bioetanol dari jerami padi dengan metode ozonolisis-SSF. *Jurnal Teknik Kimia* 20(3): 38-48.

- Novianti, N., Mappiratu, M., dan Musafira, M. 2013. Pemanfaatan limbah serbuk gergaji untuk produksi bioetanol menggunakan sel ragi imobil secara berulang. *Online Journal of Natural Science FMIPA* 2(3):9-18.
- Nurhayani H.M, Nuryati J dan I Nyoman P Aryantha, 2000. Peningkatan kandungan protein kulit umbi ubi kayu melalui proses fermentasi. *JMS*. 6(1):1-12.
- Ozturk, B. 2001. *Immobilization of lipase from Candida rugosa on hydrophobic and hydrophilic supports*. İzmir Institute of Technology, Turkey.
- Palmer, T. 1991. *Understanding Enzymes*. Ellis Horwood, England. Halaman 7-9.
- Pelczar, M. J dan Chan, E. S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Edisi I. UI-Press, Jakarta. Halaman 90-98.
- Pramashinta, A., dan Abdullah, A. 2014. Kinetika fermentasi limbah kulit nanas dan produktivitas etanol. *Metana* 10(1):12-17.
- Prescot, S. C. dan C. G. Dunn. 1981. *Industrial Microbiology*. McGraw- Hill Book Co. Ltd, New York.
- Purves, B. dan Sadava, D. 2003. *Life The Science of Biology Seventh Edition*. Sinauer Associates Inc, New York.
- Rakin, M., Nikolic, S., Mojovic, L., dan Pejin, D. 2009. Bioethanol production from corn meal by simultaneous enzymatic saccharification and fermentation with immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae*. *Fuel* 88(9): 1602-1607.
- Ria., Birgitta, N., Muhammad, N. C. 2016. Produksi Bioetanol Daun Sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*). *Journal of Biota* 1(1):44-50.
- Saha, B. C. 2003. Hemicellulose bioconversion. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 30(5): 279-291.
- Seftian, D., Antonius, F., dan Faizal, M. 2012. Pembuatan etanol dari kulit pisang menggunakan metode hidrolisis enzimatik dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 18(1):10-16.
- Setyawati, H., dan Rahman, N. A. 2012. Peningkatan kadar bioetanol dari kulit Nanas menggunakan zeolit alam dan batu kapur. *Teknik Kimia* 1(1): 13-16.
- Shen, F., Jinguang, H., Yuehua, Z., Michael, L., Jack, N., dan Ronghou. 2012. Ethanol Production from Steam Pretreated Sweet Sorghum Bagasse With High Substrate Consistency Enzymatic Hydrolysis. *Biomass and Bioenergy* 41(2): 157-164.
- Shuler, M. L dan K. F. Kargi. 1992. *Bioprocess Engineering Basic Concepts*. Prentice Hall, New Jersey. Halaman 20-32.
- Susanti, A. D. 2011. Pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui hidrolisis dengan melalui hidrolis dengan asam. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering* 10(2):81-86.

- Sun, Y., dan Cheng, J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production. *Bioresource Technology* 83(1): 1-11.
- Tarigan, J. 1988. *Pengantar Mikrobiologi*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Perguruan Tinggi, Jakarta. Halaman 40-52.
- Taherzadeh, M. J. dan Karimi, K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas : A Review. *Bio Resource* 2 (4): 707-738
- Tranggono. 1984. *Biokimia Pangan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Volk, W. A. dan Wheeler, M. F. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Edisi Kelima. Jilid Satu. Erlangga, Jakarta.
- Widiastuti, D., dan Pramesti, E. 2011. Proses pembuatan anggur dari buah rambutan. *Jurnal fermentasi* 2(3):4-10.
- Widjaja, T., Andina, M., dan Agustin, D. 2009. Pengaruh konsentration gula terhadap produksi etanol dari molases dengan teknik immobilisasi sel. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*.
- Wijana, S., Kumalaningsih, A. Setyowati, U. Efendi dan N. Hidayat. 1991. optimalisasi penambahan tepung kulit nanas dan proses fermentasi pada pakan ternak terhadap peningkatan kualitas nutrisi. *Laporan Hasil Penelitian Balittan Malang tahun Anggaran (ARMP)*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Winarno, F. G. dan S. Fardiaz. 1979. *Biofermentasi dan Biosintesis Protein*. Angkasa, Bandung. Halaman 20-25.
- Yuianti, M.L.I. 2014. *Biostatika*. Graha Ilmu, Yogyakarta. Halaman 32-39.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Gula Reduksi, Gula Reduksi Standar, Uji Etanol, Rendemen Kadar Etanol dan Produktifitas Etanol

Tabel 7. Uji Gula Reduksi (mg/ml)

Konsentrasi Ca-alginat (%)	Waktu (jam)	Absorbansi Pemakaian Sel			Pemakaian Sel Ke-		
		1	2	3	1	2	3
2	0	0,220	0,220	0,220	0,54	0,54	0,54
	12	0,180	0,167	0,191	0,47	0,45	0,49
	24	0,143	0,151	0,169	0,41	0,43	0,46
	48	0,046	0,111	0,146	0,25	0,36	0,42
	72	0,029	0,083	0,128	0,22	0,31	0,39
4	0	0,220	0,220	0,220	0,54	0,54	0,54
	12	0,185	0,187	0,192	0,48	0,49	0,49
	24	0,150	0,165	0,172	0,42	0,45	0,46
	48	0,054	0,123	0,151	0,26	0,38	0,43
	72	0,034	0,088	0,133	0,23	0,32	0,40
6	0	0,220	0,220	0,220	0,54	0,54	0,54
	12	0,182	0,188	0,194	0,48	0,49	0,50
	24	0,155	0,165	0,174	0,43	0,45	0,46
	48	0,058	0,133	0,153	0,27	0,40	0,43
	72	0,036	0,092	0,133	0,23	0,33	0,40
8	0	0,220	0,220	0,220	0,54	0,54	0,54
	12	0,185	0,193	0,196	0,48	0,50	0,50
	24	0,159	0,174	0,173	0,44	0,46	0,46
	48	0,084	0,144	0,156	0,31	0,41	0,43
	72	0,045	0,108	0,135	0,23	0,35	0,40

Tabel 8. Gula Reduksi Standar

x (konsentrasi)	y (absorbansi)	x ²	xy
0,2	0,234	0,04	0,0468
0,4	0,356	0,16	0,1424
0,6	0,484	0,36	0,2904
0,8	0,617	0,64	0,4936
1	0,696	1	0,696
$\Sigma = 3$	$\Sigma = 2,387$	$\Sigma = 2,2$	$\Sigma = 1,6692$

$$s^2 = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} = \frac{5(1,6692) - 3(2,387)}{5(2,2) - (3)^2} = \frac{8,346 - 7,161}{2} = 0,5925 = 0,59$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{(\sum x)(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(2,387)(2,2) - (3)(1,6692)}{(3)(2,2) - (3)^2}$$

$$a = \frac{5,2514 - 5,0076}{6,6 - 9}$$

$$a = \frac{0,2438}{-2,4}$$

$$a = -0,1016$$

Perhitungan gula reduksi

$$C = C_0 + a \cdot t$$

$$C = \frac{C_0 - a \cdot t}{1 - a \cdot t}$$

Pemakaian Sel ke-1 (Konsentrasi Ca-alginat 2%)

Jam ke 0

$$C = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$C = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$C = \frac{0,180 + 0,1016}{0,5925}$$

$$C = 0,47 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$C = \frac{0,143 + 0,1016}{0,5925}$$

$$C = 0,41 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$C = \frac{0,046 + 0,1016}{0,5925}$$

$$C = 0,25 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,029 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,22 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-1 (Konsentrasi Ca-alginat 4%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,185 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,48 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,150 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,42 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,054 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,26 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,034 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,23 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-1 (Konsentrasi Ca-alginat 6%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,182 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,48 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,155 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,43 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,058 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,27 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,036 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,23 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-1 (Konsentrasi Ca-alginat 8%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,185 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,48 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,159 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,44 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,084 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,31 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,034 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,23 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-2 (Konsentrasi Ca-alginat 2%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,167 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,45 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,151 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,43 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,111 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,36 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,083 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,31 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-2 (Konsentrasi Ca-alginat 4%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,187 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,49 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,165 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,45 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,123 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,38 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,092 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,32 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-2 (Konsentrasi Ca-alginat 6%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,188 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,49 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,165 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,45 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,133 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,40 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,092 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,33 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-2 (Konsentrasi Ca-alginat 8%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,193 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,50 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,174 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,46 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,144 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,41 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,108 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,35 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-3 (Konsentrasi Ca-alginat 2%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,191 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,49 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,169 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,46 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,146 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,42 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,128 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,39 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-3 (Konsentrasi Ca-alginat 4%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,192 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,49 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,172 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,46 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,151 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,43 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,133 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,40 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-3 (Konsentrasi Ca-alginat 6%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,194 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,50 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,174 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,46 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,153 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,43 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,133 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,40 \text{ mg/ml}$$

Pemakaian Sel ke-3 (Konsentrasi Ca-alginat 8%)

Jam ke 0

$$\diamond = \frac{0,220 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,54 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 12

$$\diamond = \frac{0,196 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,50 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 24

$$\diamond = \frac{0,173 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,46 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 48

$$\diamond = \frac{0,156 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,43 \text{ mg/ml}$$

Jam ke 72

$$\diamond = \frac{0,135 + 0,1016}{0,5925}$$

$$\diamond = 0,40 \text{ mg/ml}$$

Tabel 9. Uji Etanol dan Produktivitas Etanol

Konsentrasi Ca-alginat (%)	Kadar Etanol (%) Pemakaian Sel			Produktivitas (g/Ljam) Pemakaian Sel		
	1	2	3	1	2	3
2	13	8,4	4,5	1,80	1,16	0,625
4	18	13,4	8,5	2,5	1,86	1,18
6	15	10,6	6,3	2,08	1,47	0,875
8	7	4,4	2,1	0,97	0,61	0,292

Rumus Produktivitas

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kadar Etanol}}{\text{Waktu Fermentasi}}$$

Produktivitas Sel immobil *Saccharomyces cerevisiae* Pada Konsentrasi Ca-alginat 2%

Pemakaian ke-1

$$\text{Produktivitas} = \frac{13\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 1,80 \text{ g/Ljam}$$

Pemakaian ke-2

$$\text{Produktivitas} = \frac{8,4\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 1,16 \text{ g/Ljam}$$

Pemakaian ke-3

$$\text{Produktivitas} = \frac{4,5\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 0,625 \text{ g/Ljam}$$

Produktivitas Sel immobil *Saccharomyces cerevisiae* Pada Konsentrasi Ca-alginat 4%

Pemakaian ke-1

$$\text{Produktivitas} = \frac{18\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 2,5 \text{ g/Ljam}$$

Pemakaian ke-2

$$\text{Produktivitas} = \frac{13,4\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 1,86 \text{ g/Ljam}$$

Pemakaian ke-3

$$\text{Produktivitas} = \frac{8,5\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 1,18 \text{ g/Ljam}$$

Produktivitas Sel immobil *Saccharomyces cerevisiae* Pada Konsentrasi Ca-alginat 6%

Pemakaian ke-1

$$\text{Produktivitas} = \frac{15\%}{72}$$

$$\text{Produktivitas} = 2,08 \text{ g/Ljam}$$

Pemakaian ke-2

$$\text{Produktivitas} = \frac{10,6\%}{72}$$

Produktivitas = 1,47 g/Ljam

Pemakaian ke-3

$$\text{Produktivitas} = \frac{6,3 \%}{72}$$

Produktivitas = 0,875 g/Ljam

Produktivitas Sel immobil *Saccharomyces cerevisiae* Pada Konsentrasi Ca-alginat 8%

Pemakaian ke-1

$$\text{Produktivitas} = \frac{7 \%}{72}$$

Produktivitas = 0,97 g/Ljam

Pemakaian ke-2

$$\text{Produktivitas} = \frac{4,4 \%}{72}$$

Produktivitas = 0,61 g/Ljam

Pemakaian ke-3

$$\text{Produktivitas} = \frac{2,1 \%}{72}$$

Produktivitas = 0,292 g/Ljam

Tabel 10. Rendemen Kadar Etanol (%)

Konsentrasi Ca-alginat (%)	Pemakaian Sel		
	1	2	3
4	1,8	1,34	0,85

Rumus Rendemen Kadar Etanol

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Etanol}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

Rendemen Kadar Etanol Pemakaian ke-1

$$\text{Rendemen} = \frac{18 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\%$$

Rendemen = 1,8 %

Rendemen Kadar Etanol Pemakaian ke-2

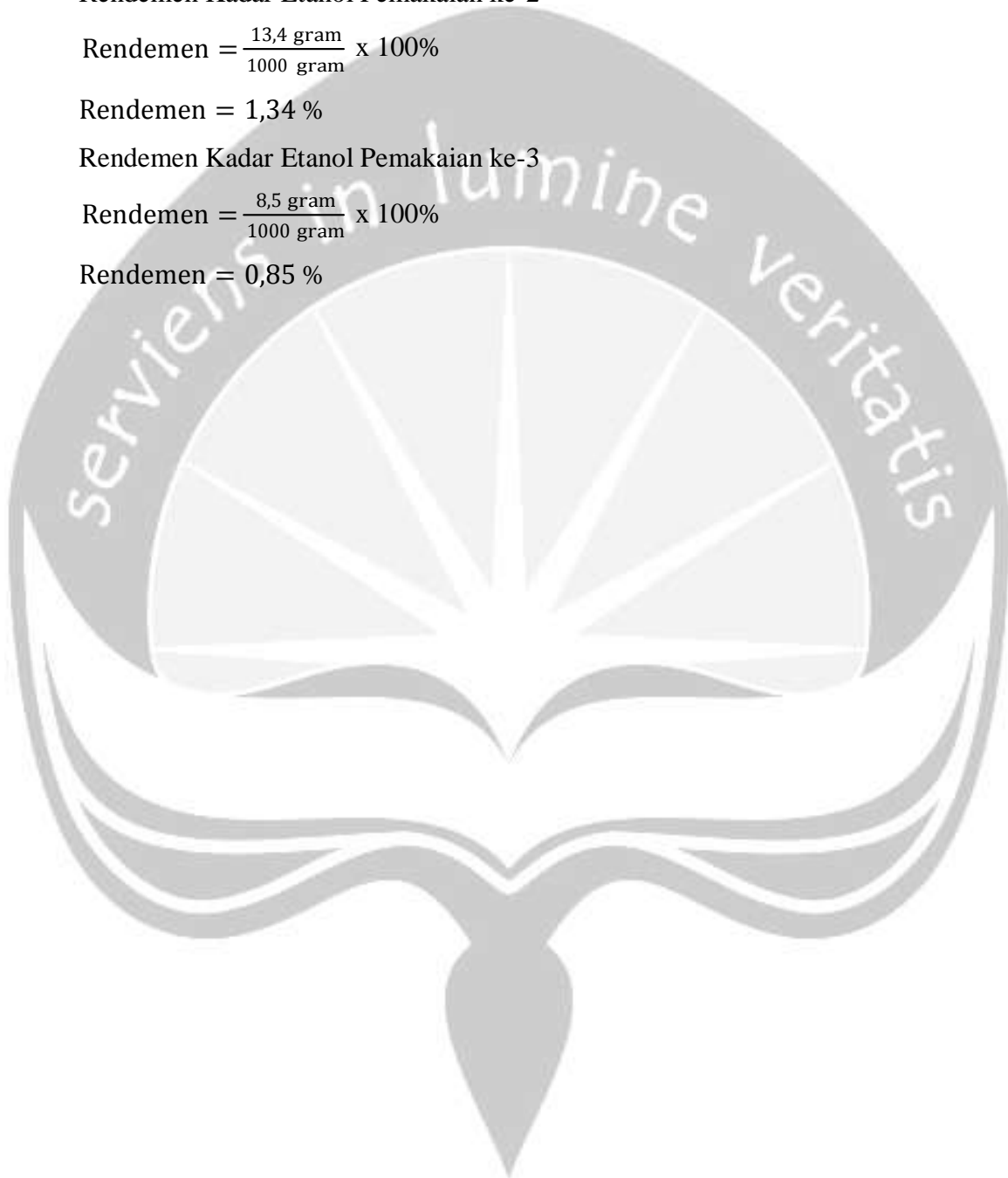
$$\text{Rendemen} = \frac{13,4 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = 1,34 \%$$

Rendemen Kadar Etanol Pemakaian ke-3

$$\text{Rendemen} = \frac{8,5 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = 0,85 \%$$



Lampiran 2. Pengukuran Kadar Etanol dan Pemotongan Kulit Nanas



Gambar 14. *Hand Refractometer* Atago PAL-34S Pengukur Etanol (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 15. Pemotongan Kulit Nanas (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 16. Kadar Etanol Ca-alginat Konsentrasi 2 % (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 17. Kadar Etanol Ca-alginat Konsentrasi 4 % (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 18. Kadar Etanol Ca-alginat Konsentrasi 6 % (Dokumentasi Pribadi, 2016).

Lampiran 3. Bubur Kulit Nanas, Alat Fermentasi, Botol Penyimpanan Etanol, dan Sertifikat Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3012



Gambar 19. Bubur Kulit Nanas (Dokumentasi Pribadi, 2016).
Keterangan: warna kuning coklat dan kental



Gambar 20. Alat Fermentasi (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 21. Botol Kaca Penyimpan Etanol (Dokumentasi Pribadi, 2016).



Gambar 22. Sertifikat Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3012
(Dokumentasi Pribadi, 2017)