

Pengaruh Jenis Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) Terhadap Kadar Bioetanol pada Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti

Different Kinds of Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) and Its Effect on Level of Bioethanol in Fermentation Process using Yeast

Puri Handayani, Khaidir, dan Zurrahmi Wirda

*Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh
Muara Batu Lhokseumawe.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis umbi gadung terhadap kadar etanol yang dihasilkan, konsentrasi ragi roti yang sesuai untuk mendapatkan etanol yang maksimal dan mengetahui interaksi antara jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial terdiri atas 2 faktor yaitu jenis umbi gadung (U), sebagai faktor pertama yang terdiri dari umbi gadung putih (U_1) dan umbi gadung kuning (U_2) faktor kedua konsentrasi ragi yang terdiri dari 2,5% (R_1), 3% (R_2), 3,5% (R_3). Lama fermentasi dilakukan selama 3 hari. Dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis proksimat pada dua jenis umbi gadung tertinggi terdapat pada umbi gadung putih. Rata-rata luas daun umbi gadung tertinggi pada umbi gadung putih. Uji brix pada umbi gadung tertinggi pada umbi putih. Pada pengamatan rendemen etanol tertinggi terjadi pada jenis umbi gadung putih dan konsentrasi ragi 2,5%. Pengamatan massa jenis terbaik terjadi pada jenis umbi gadung kuning dan konsentrasi ragi 2,5%. Pengamatan pH awal etanol tertinggi pada jenis umbi gadung putih dan konsentrasi ragi 2,5%. Pengamatan pH setelah distilasi tertinggi pada jenis umbi gadung putih dan konsentrasi ragi 2,5%. Pengamatan kadar etanol tertinggi pada jenis umbi gadung kuning dan konsentrasi ragi 2,5%. pengamatan kadar abu tertinggi pada jenis umbi gadung kuning dan konsentrasi ragi 3,5%.

Kata kunci: bioethanol, umbi gadung, ragi roti

Abstract

The objective of this research is to reveal the influence of the type of gadung to the produced ethanol content, the yeast concentration which is suitable to get the maximum ethanol and to know the interaction between the type of gadung and the yeast concentration on the ethanol content produced. The research using Randomized Complete Design with factorial pattern consisted of 2 factors: the gadung bulb type (U), as the first factor consisting of white gadung tuber (U_1) and yellow bulb tuber (U_2) second factor yeast concentration consisting of 2, 5% (R_1), 3% (R_2), 3.5% (R_3). Fermentation duration is done for 3 days. Each treatment is repeated 3 times. The results showed that the proximate analysis on two types of gadung is highest in white gadung. The average width of the highest gadung leaves on white gadung. Test brix on the highest gadung tubers on white gadung. On observation of the highest yield of ethanol occurs on the type of white gadung and 2.5% yeast concentration. The best type of mass observation occurred in yellow gadung tuber type and 2.5% yeast concentration. Observation of initial pH of ethanol was highest in white gadung and yeast concentration 2.5%. Observation of pH after distillation is highest on white gadung and at yeast concentration 2.5%. The highest concentration of ethanol content on yellow gadung and at yeast concentration 2.5%. The observation of the highest ash content on yellow gadung and at yeast concentration 3.5%.

Keywords: bioethanol, gadung, yeast

Pendahuluan

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) (Khairani, 2007 dalam Seftian Deky, 2012). Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena sifat bahan bakar ini adalah oksigenat, yaitu senyawa yang mengandung oksigen. Kandungan oksigennya membuat pembakaran bahan bakar ini sempurna sehingga meminimalisasi gas buang yang beracun. Emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bioetanol lebih rendah yaitu 19-25% dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Prihandana *et al.*, 2007).

Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah memanfaatkan pati yang terkandung dalam umbi gadung (*Dioscorea hirsuta* Dennst) dikonversi menjadi bioetanol. Gadung mengandung karbohidrat (pati) yang cukup tinggi, sehingga gadung sering dimanfaatkan untuk diolah menjadi tepung yang menjadi bahan dasar pembuatan kerupuk. Tanaman gadung bisa dipanen setelah usia 6-12 bulan, hal ini ditandai dengan pertumbuhan daun mulai berkurang, warna daun mulai menguning, dan banyak daun rontok. (Sutomo, 2008 dalam Hartono dan Pegarra, 2011). Umbinya bulat diliputi rambut akar yang besar dan kaku. Kulit umbi berwarna gading atau coklat muda, daging umbinya berwarna putih gading atau kuning. Umbinya muncul dekat permukaan tanah. Komponen yang merugikan pada gadung yaitu terdapat zat beracun berupa asam sianida (HCN), Asam sianida secara alami terdapat pada umbi-umbian selain gadung, yaitu singkong, talas, dan bengkuang (*Pachyrhizus bulbosus*).

Ketersediaan umbi gadung sangat melimpah di Indonesia sehingga dipilih sebagai sumber bahan baku pembuatan bioetanol, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu umbi gadung termasuk umbi yang tinggi karbohidrat dan memiliki senyawa bioaktif diantaranya yaitu polisakarida larut air (PLA), dioskorin dan diosgenin. Dioskorin yaitu suatu substansi yang bersifat relatif basa, mengandung satu atau lebih atom nitrogen, dan seringkali bersifat toksik (Kardian, 2005). Dioskorin bersifat lebih toksik dibanding dengan diosgenin, namun keduanya sering

menyebabkan keracunan apabila gadung dikonsumsi (Pambayun, 2008). Dioskorin merupakan senyawa yang bersifat sangat mudah larut dalam air, asam, basa, dan alkohol, namun sukar larut dalam eter dan benzene.

Umbi gadung meskipun beracun, tetapi masyarakat mengolahnya menjadi keripik. Jumlah yang dikonsumsi dari bentuk olahan ini masih relatif sedikit jika dibandingkan dengan panen yang dihasilkan bisa mencapai 19,7 ton/ha (Koswara, 2011). Kandungan karbohidrat di dalam pati gadung sebesar 18-20% (Winarno, 1998), sehingga umbi gadung potensial dijadikan bahan bakar bioetanol.

Umbi gadung yang dikonsumsi masyarakat dikelompokkan menjadi dua yaitu gadung yang berdaging umbi putih yang dikenal sebagai gadung punel atau gadung ketan atau gadung suntil dan gadung berdaging umbi kuning yang dikenal sebagai gadung kuning, gadung kunyit, atau gadung padi (Sudarnadi, 1996). Kandungan beracun dalam tanaman juga mungkin memiliki hubungan dengan warna umbi, tetapi belum pernah diteliti sebelumnya (Wahid *et al.*, 2011). Gadung kuning memiliki rasa lebih manis dan jika dijadikan keripik gadung lebih enak daripada gadung putih.

Ragi atau khamir adalah jamur yang terdiri dari satu sel, dan tidak membentuk hifa. Termasuk golongan jamur *Ascomycotina*. Reproduksi dengan membentuk tunas (budding). Konsentrasi ragi yang diberikan pada larutan yang akan difermentasikan optimalnya adalah 2 – 4% dari volume larutan (Satuhu dan Supardi, 1994 dalam Diah *et al.*, 2013). Sedangkan menurut penelitian (Irvan *et al.*, 2016), kombinasi perlakuan konsentrasi ragi dan lama fermentasi yang memberikan hasil terbaik pada penelitian ini adalah penambahan konsentrasi ragi sebanyak 9 %. Pada penelitian (Diah *et al.*, 2013), kombinasi konsentrasi ragi terbaik pada konsentrasi 3%.

Tahapan proses pembuatan etanol meliputi *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan pemurnian (Sukumaran, 2008). Tahapan proses ini sangat panjang, membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan energi atau bahan bakar yang jumlahnya banyak, karena pada setiap tahapan proses membutuhkan pemanasan. Pada proses gelatinasi dan likuifikasi dibutuhkan panas untuk menaikkan suhu sampai 90°C, dilanjutkan proses sakarifikasi, membutuhkan pendinginan sampai suhu 60°C (Brethauer *et al.*, 2009).

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium IPA Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh, Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe untuk analisis kadar etanol dan Laboratorium Analisis Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Syiah Kuala untuk analisis proksimat. Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli sampai September 2017.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu umbi gadung putih (2250 gram), umbi gadung kuning (2250 gram), aquades, ragi roti, TSP (4 gram), dan bahan-bahan lain yang digunakan dalam penelitian. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, mortar, batang pengaduk, sendok, pH meter, piknometer, refraktometer, hot plate, kompor, alat distilasi, timbangan analitik, termometer, cawan porselin, spatula, tabung reaksi, beker gelas, gelas ukur, pemanas mantel, labu leher, toples, tissue, kain saring, gelas kimia dan peralatan gelas lainnya.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial terdiri atas 2 faktor. Faktor pertama jenis tanaman gadung (U), jenis yang digunakan yaitu umbi gadung putih (U_1) dan umbi gadung kuning (U_2). Faktor kedua adalah konsentrasi ragi yaitu: (R_1)= 2,5%, (R_2)=3%,(R_3)=3,5%. Lama fermentasi selama 3 hari. dan diulang 3 kali. Kombinasi perlakuan adalah $2 \times 3 = 6$ dengan 3 kali ulangan sehingga di peroleh 18 satuan percobaan. Kombinasi perlakuan dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA). Menurut

Sugiandi dan Sugiarto (1994), bentuk linier nya sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + U_j + R_k + (UR)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Hasil pengamatan pada kelompok ke – i pada taraf ke-j faktor U (jenis umbi gadung kuning dan putih) dan taraf ke-k faktor R (konsentrasi ragi).

μ = Pengaruh rata-rata umum (nilai tengah) pada populasi Y_{ijk}

U_j = Pengaruh perlakuan faktor U (jenis umbi gadung kuning dan putih) pada taraf ke- j.

R_k = Pengaruh perlakuan faktor R pada taraf ke-k.

$(UR)_{jk}$ = Pengaruh interaksi faktor U (jenis umbi gadung kuning dan putih) taraf ke-j dan faktor R taraf ke-k.

ϵ_{ijk} = Pengaruh acak yang masuk dalam percobaan.

Bila hasil pengujian menunjukan pengaruh beda nyata anantara perlakuan, maka akan di uji lanjut dengan Uji Jarak berganda Duncan (UJBD) pada taraf 5%.

Pelaksanaan Penelitian

a. Tahap Persiapan

Hasil

Uji pendahuluan telah dilakukan terhadap tanaman umbi gadung yang akan dilakukan untuk pengujian bioetanol. Uji pendahuluan tersebut meliputi analisis proksimat, pengukuran luas daun dan uji derajat Brix ($^{\circ}$ Brix). Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi dalam 100 g Umbi Gadung, Rata-rata Luas Daun dan Rata-rata Nilai Brix.

Analisis	Sampel	
	Umbi gadung putih	Umbi gadung kuning
Analisis proksimat		
Kadar Air (%)	16.24000	15.74000
Kadar Abu (% BB)	18.93800	21.97400
Kadar Lemak (% BB)	0.94800	0.65000
Kadar Protein (% BB)	6.07900	6.88000
Kadar Serat (%)	2.42610	2.17870
Karbohidrat (g)	57.79000	54.75600
Luas daun		
Daun 1 (cm)	50.25000	49.35000
Daun 2 (cm)	48.08000	34.33000
Daun 3 (cm)	36.46000	35.48000
Daun 4 (cm)	61.76000	41.02000

Daun 5 (cm)	51.36000	45.59000
Uji brix		
Brix ⁰ (%)	5.23000	3.47000
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis umbi berpengaruh sangat nyata terhadap pH etanol, pH setelah destilasi. Selain itu konsentrasi ragi berpengaruh nyata terhadap pH etanol, dan tidak ada interaksi antara jenis		
umbi gadung dan konsentrasi ragi terhadap seluruh parameter yang diamati. Rekapitulasi analisis ragam parameter yang diamati dapat dilihat pada Tabel 2.		

Tabel 2. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi roti terhadap kadar etanol.

Pengamatan	Faktor		Interaksi U*R	KK %
	U	R		
Rendemen etanol	2.46000 tn	0.61000 tn	1.37000 tn	18.64000
pH Awal Etanol	221.38000 **	6.91000 *	1.51000 tn	4.54000
pH setelah Destilasi	14.50000**	0.06000 tn	1.18000 tn	6.15000

Keterangan: (**) berbeda sangat nyata, (*) berbeda nyata, (tn) tidak berbeda nyata, (KK) koefisien keragaman

Rendemen Etanol

Hasil analisis ragam menyatakan bahwa perlakuan jenis umbi dan konsentrasi ragi berpengaruh tidak nyata terhadap rendemen

etanol. Rata-rata rendemen etanol akibat perlakuan jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata-rata rendemen etanol

Perlakuan	Rendemen (%)
Jenis Umbi (U)	
U1	4.42780 a
U2	3.85670 a
Konsentrasi Ragi (R)	
R1 (2.5%)	4.38170 a
R2 (3%)	4.15500 a
R3 (3.5%)	3.89000 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji UJBD taraf 0.05.

Pada Tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan jenis umbi gadung terbaik terdapat pada jenis umbi gadung putih, dengan nilai rendemen 4.4278% dan konsentrasi ragi terbaik pada konsentrasi ragi 2.5%, dengan nilai rendemen 4.3817. Perlakuan umbi gadung putih dengan konsentrasi ragi 2.5% memberikan hasil (rendemen) yang lebih tinggi dibandingkan dengan umbi gadung kuning. Walaupun dalam uji statistik perlakuan jenis umbi tidak

berpengaruh nyata tetapi secara rerataan terlihat beda nyata.

4.1.2. Massa Jenis

Hasil data massa jenis menyatakan bahwa perlakuan jenis umbi berpengaruh terhadap massa jenis etanol sedangkan perlakuan konsentrasi ragi juga berpengaruh. Rata-Rata massa jenis etanol akibat perlakuan jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata-rata massa jenis

Perlakuan	Massa Jenis
-----------	-------------

U1R1	0.99400
U1R2	0.99270
U1R3	0.99000
U2R1	0.98500
U2R2	0.99040
R2R3	0.98680

Keterangan : (U1) umbi gadung putih, (U2) umbi gadung kuning, (R) konsentrasi ragi.

Pada Tabel 4, perlakuan jenis umbi gadung terbaik, pada jenis umbi gadung kuning (U2) dengan nilai 0.98500. dan konsentrasi ragi roti perlakuan terbaik pada konsentrasi ragi 2.5%.

4.1.3. Kadar Etanol

Untuk menentukan kadar etanol dapat ditentukan dengan menggunakan kurva standar perbandingan kadar etanol dengan indeks bias berikut ini:

Tabel 5. Data kurva standar kadar etanol dengan indeks bias

Indeks Bias	Standar Kadar Etanol (%)
1.33250	AQUADES
1.33418	10%
1.33610	20%
1.33815	30%
1.33984	40%
1.34090	50%
1.34103	60%
1.34904	70%
1.35207	80%
1.35503	90%
1.35938	100%

Pada data kurva standar di atas dihitung nilai regresi sehingga didapatkan persamaan $y = 0.026x + 1.330$. Rumus persamaan tersebut digunakan untuk menghitung kadar etanol

berdasarkan indeks biasa yang didapatkan pada penelitian ini sehingga diperoleh nilai rata-rata kadar etanol seperti tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata-rata kadar etanol

Jenis Umbi Gadung dan Konsentrasi Ragi	Kadar Etanol	Indeks Bias
U1R1	14.53846%	1.33378
U1R2	16.30769%	1.33424
U1R3	18.46153%	1.33480
U2R1	25.07692%	1.33652
U2R2	17.73076%	1.33461
U2R3	23.73076%	1.33617

Keterangan: kadar etanol diukur dengan menggunakan refraktometer.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan jenis umbi kuning dan konsentrasi ragi

roti 2.5% menghasilkan kadar etanol tertinggi 25.07000%.

4.1.4. pH Etanol

Hasil analisis ragam menyatakan bahwa perlakuan jenis umbi berpengaruh sangat nyata terhadap pH awal etanol selain itu perlakuan konsentrasi ragi berpengaruh nyata terhadap pH

awal etanol rata-rata pH etanol akibat perlakuan jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata- rata pH etanol

Perlakuan	pH Awal
Jenis Umbi (U)	
U1	4.52111 a
U2	3.28000 b
Konsentrasi Ragi (R)	
R1 (2.5%)	4.08000 a
R2 (3%)	3.92000 a
R3 (3.5%)	3.70170 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda sangat nyata berdasarkan uji UJBD taraf 0.05

Pada Tabel 7, menunjukkan bahwa perlakuan jenis umbi terbaik terdapat pada umbi putih dengan nilai 4.52111 yang berbeda nyata dengan umbi kuning. Selain itu konsentrasi ragi terbaik terdapat pada perlakuan konsentrasi ragi 2.5% dengan nilai rata-rata pH yaitu 4.08000.

terhadap pH setelah destilasi etanol selain itu perlakuan konsentrasi ragi berpengaruh tidak nyata terhadap pH setelah destilasi etanol rata-rata massa jenis etanol akibat perlakuan jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil analisis ragam menyatakan bahwa perlakuan jenis umbi berpengaruh sangat nyata

Tabel 8. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata-rata pH setelah destilasi

Perlakuan	pH setelah destilasi
Jenis Umbi (U)	
U1	3.29333 a
U2	2.94889 b
Konsentrasi Ragi (R)	
R1 (2.5%)	3.13830 a
R2 (3%)	3.12500 a
R3 (3.5%)	3.10000 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji UJBD taraf 0.05

Pada Tabel 8, perlakuan jenis umbi gadung terbaik pada jenis umbi gadung putih dengan nilai 3.29333 dan konsentrasi ragi terbaik pada konsentrasi ragi 2.5%, dengan nilai 3.13830.

4.1.5. Kadar Abu

Kadar abu tertinggi terdapat pada umbi gadung kuning konsentrasi ragi 3.5% yaitu 9.9% kadar abu.

Tabel 12. Pengaruh jenis umbi dan konsentrasi ragi terhadap nilai rata- rata kadar abu

Jenis Umbi Gadung dan Konsentrasi Ragi	Kadar abu (%)
U1R1	0.80000
U1R2	0.10000
U1R3	0.20000
U2R1	0.10000

U2R2	0.10000
U2R3	9.90000

Keterangan :pengukuran kadar abu menggunakan metode oven

Tabel 13. Hubungan jenis umbi, dengan kadar etanol

Jenis Umbi	Kadar Air (%)	Kadar Abu (% BB)	Kadar Lemak (% BB)	Kadar Protein (% BB)	Kadar Serat (%)	Karbohidrat (g)	Luas Daun (cm)	Brix ⁰ (%)	Kadar Etanol(%)
Umbi Gadung Putih	16.24000	18.93800	0.94800	6.07900	2.42610	57.79000	61.76000	5.23000	16.43%
Umbi Gadung Kuning	15.74000	21.97400	0.65000	6.88000	2.17870	54.75600	49.35000	3.47000	22.17%

Pembahasan

4.2.1. Pengaruh Jenis Umbi Gadung

Mengacu pada analisis pendahuluan proksimat pada Tabel 13, jenis umbi berpengaruh terhadap kadar air. Umbi gadung putih memiliki kadar air 16.24000%. Kadar air tinggi merupakan salah satu penyebab diperolehnya kandungan etanol yang rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dimana umbi gadung putih memiliki kadar air 16.24000% dengan kadar etanol berkisar antara 14-18%. Hal sebaliknya terjadi pada umbi gadung kuning kadar air 15.74000% dan kadar etanol diperoleh berkisar antara 17-25%. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar air berpengaruh terhadap kadar etanol yang didapat.

Jenis umbi gadung berpengaruh terhadap kadar abu, semakin tinggi kadar abu kandungan mineral lebih tinggi. Kemungkinan tingginya kadar abu dikarenakan pemupukan pada saat proses budidaya, dan terkontaminasi tanah, udara saat proses pengolahan, hasil analisis kadar abu tertinggi pada jenis umbi gadung kuning 21.97400%, hasil analisis ini sesuai dengan hasil penelitian yang diapat bahwa kadar abu tertinggi pada jenis umbi gadung kuning yaitu 9.90000%.

Kadar serat dan kandungan karbohidrat berpengaruh terhadap jenis umbi, kadar serat tertinggi pada jenis umbi gadung putih 2.42610, karbohidrat tertinggi pada jenis umbi gadung putih 57.79000, meskipun kandungan etanol lebih rendah ini disebabkan penggunaan alat destilasi yang sederhana.

Luas daun umbi gadung teringgi pada jenis umbi gadung putih yaitu 50.25000, umbi

gadung kuning lebih rendah yaitu 49.35000. Rendahnya jumlah dan lebih sempitnya luas daun suatu tanaman memberi indikasi terbatasnya kemampuan tanaman dalam menghasilkan asimilat (Ningrum, 2014 *dalam* Pahlevi *et al.*, 2014). Asimilat merupakan sumber energi yang digunakan untuk pertumbuhan, walaupun sebagian energi tersebut akan disimpan sebagai cadangan makanan dalam organ penyimpanan (umbi). (Susanto *et al.*, 2014).

Karakteristik daun tanaman gadung dengan daun yang lebih besar diharapkan dapat memanfaatkan sinar matahari secara efesien. Gurdner *et al.*, (1991) menyatakan spesies tanaman budidaya yang cenderung menginvestasikan sebagian besar awal pertumbuhan dalam bentuk penambahan luas daun, yang berakibat pemanfaatan radiasi matahari yang efesien. Cook (1992) menyatakan beberapa sifat tanaman yang akan memberikan hasil lebih tinggi yaitu luas daun terbesar harus tidak kurang dari 500 cm², cabang tanaman harus terbentuk enam bulan pertama setelah pertanaman setelah dan umur daun indiridual harus lebih seratus hari, sehingga tanaman akan memberikan keseimbangan optimum antara luas daun (*source*) dengan pertumbuhan akar (*sink*).

Menurut Alves (2002) pada tanaman singkong terdapat korelasi yang positif antara luas daun terhadap hasil umbi. Hal ini mengindikasikan bahwa luas daun merupakan hal penting yang menunjukkan laju pertumbuhan tanaman dan laju akumulasi pada bagian penyimpanan pada tanaman gadung.

Hasil pengamatan jenis umbi gadung terhadap pH etanol berpengaruh sangat nyata. Perlakuan pH awal etanol tertinggi pada jenis umbi gadung terdapat pada jenis umbi gadung putih dengan nilai 4.52111 dan konsentrasi ragi perlakuan tertinggi pada konsentrasi ragi 2.5% dengan nilai 4.08000 pada (Tabel 10) dan Perlakuan pH setelah destilasi tertinggi pada jenis umbi gadung putih dengan nilai 3.29333 dan konsentrasi ragi tertinggi pada konsentrasi ragi 2.5%, dengan nilai 3.13830 pada (Tabel 11). Berdasarkan nilai pH yang diperoleh, semakin besar persentase ragi roti menyebabkan pH semakin menurun, baik pada pH awal dan pada pH setelah destilasi umbi gadung berpengaruh dengan pH karena karbohidrat dalam umbi gadung di rombak menjadi glukosa, alkohol, asam asetat dan senyawa lainnya. Kecenderungan media fermentasi, semakin asam disebabkan amonia yang digunakan sel khamir sebagai sumber nitrogen diubah menjadi NH_4^+ . Molekul NH_4^+ akan menggabungkan diri ke dalam sel sebagai R-NH_3 , dalam proses ini H^+ ditinggalkan dalam media, sehingga semakin lama waktu fermentasi semakin rendah pH media (Judoamidjojo, *et al.*, 1989).

Hasil pengamatan jenis umbi gadung berpengaruh terhadap massa jenis. Rata-rata nilai massa jenis etanol dapat dilihat pada Tabel 7. Perlakuan jenis umbi gadung terbaik, pada jenis umbi gadung kuning (U2), dengan nilai 0.98500. dan konsentrasi ragi roti perlakuan terbaik pada konsentrasi ragi 2.5%. semakin besar massa jenis etanol maka kandungan etanolnya lebih rendah dan sebaliknya massa jenis lebih rendah menandakan kandungan etanol lebih tinggi (Skoog, 1985). Pada data Tabel 7 Massa jenis tersebut melebihi dari densitas bioetanol absolut yaitu sebesar 0,789 g/ml (Irvan 2016). Etanol yang dihasilkan masih belum murni karena bercampur dengan air. Hal ini disebabkan oleh destilasi yang dilakukan hanya destilasi sederhana bukan destilasi azeotrop serta kurang telitinya dalam menjaga kestabilan temperatur pada proses destilasi sehingga uap yang keluar bukan hanya bioetanol melainkan bercampur dengan air.

Massa jenis adalah massa dari suatu zat dalam setiap satuan volume. Massa jenis merupakan perbandingan antara massa suatu zat terlarut terhadap massa sejumlah volume air sebagai pelarut pada suhu tertentu. Jenis umbi gadung putih mempengaruhi massa jenis karena pada umbi gadung putih kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan jenis umbi gadung kuning

dan umbi gadung putih umbinya tidak padat berbeda dengan umbi gadung kuning, hal ini sesuai menurut Sukarsa (2010), yang menyatakan Gadung kuning umumnya lebih besar dan padat umbinya bila dibandingkan gadung putih. Pada uji pendahuluan proksimat bahwa umbi gadung putih lebih tinggi kandungan air. Menurut Muchtadi (2010), kandungan air pada umbi gadung 78.00 %.

Apabila massa jenis larutan etanol semakin kecil, maka kadar etanol semakin tinggi, sebaliknya jika massa jenis etanol semakin besar maka kadar etanol yang dihasilkan semakin rendah. Massa jenis etanol lebih kecil dari pada air, jika massa jenis etanol mendekati massa jenis air dapat dikatakan bahwa dalam larutan tersebut banyak mengandung air. Oleh karena itu, semakin kecil massa jenis larutan etanol, maka kadar etanol dalam larutan tersebut akan semakin tinggi (Skoog, 1985). Massa jenis etanol pada suhu 20°C adalah sebesar 0,79 g/ml (Rizani, 2000). Jika didasarkan pada literatur tersebut, jelas terlihat bahwa etanol yang dihasilkan sedikit bercampur dengan air.

Peralakuan jenis umbi gadung dan konsentrasi ragi roti terbaik terdapat pada jenis umbi gadung kuning dan konsentrasi ragi roti 2.5%, dengan nilai 25.07692%. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa jenis umbi gadung berpengaruh terhadap kadar etanol, di lihat pada massa jenis etanol nya umbi gadung kuning dengan konsentrasi ragi 2.5 % ini lebih banyak kandungan etanol. Etanol itu sendiri merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi etanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatis (Dewati, 2008).

Kadar etanol yang didapatkan dari hasil fermentasi umbi gadung putih sangat rendah karena masih banyak mengandung air. Kadar yang diperoleh berupa *crude* yang kemudian akan dilakukan destilasi untuk mendapatkan kadar etanol yang tinggi. Kadar etanol hasil fermentasi dapat menunjukkan banyaknya glukosa yang dikonversi menjadi etanol.

Kadar etanol menurun yang menunjukkan bahwa pada waktu tersebut *Saccharomyces cerevisiae* memasuki *death phase* sehingga jumlah mikroba yang tumbuh semakin melambat dan tidak ada penambahan jumlah mikroba yang dapat mengubah substrat

menjadi bioetanol sehingga bioetanol yang dihasilkan cenderung turun. Laju pertumbuhan mikroorganisme dapat dibagi menjadi empat fase, yaitu fase pertumbuhan lambat (*lag phase*), fase pertumbuhan cepat (*exponential phase*), fase pertumbuhan statis (*stationer phase*) dan fase kematian (*death phase*) (Shen, *et al.*, 2008). Jumlah *yeast* hanya berpengaruh pada semakin cepatnya penurunan gula, tidak berpengaruh pada jumlah gula yang tereduksi meskipun hingga akhir fermentasi.

Pada penelitian Mukti dan Aryani (2012), kadar etanol sangat rendah ini disebabkan oleh banyaknya jumlah ragi yang ditambahkan dalam substrat yang tetap menyebabkan persaingan hidup yang ketat. Hal ini menyebabkan metabolisme glukosa menjadi alkohol kurang optimal karena banyaknya ragi yang mati pada saat proses fermentasi berlangsung, ditandai dengan ditemukannya serbuk putih pada hasil akhir fermentasi. Jadi, pada kondisi tersebut terjadi “*kanibalisme*” sehingga jumlah sel yang hidup semakin sedikit dan aktivitas ragi untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol semakin berkurang. persentase hasil yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan ragi tidak mampu lagi untuk memecahkan glukosa menjadi etanol, disebabkan berkurangnya nutrisi pada sampel tersebut. Selain itu, dalam waktu yang semakin lama diindikasikan terjadinya penguraian alkohol yang telah terbentuk. Semakin lama waktu fermentasi maka jumlah mikroba semakin menurun, dan akan menuju ke fase kematian karena alkohol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrient yang ada sebagai makanan mikroba semakin menurun (Kunaepah, 2008).

Tabel 9 menunjukkan semakin banyak jumlah *yeast* maka kadar etanol semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin banyak *yeast*, maka waktu fermentasi hingga titik maksimum semakin cepat. Semakin cepatnya waktu fermentasi maka, waktu terkonversinya etanol menjadi asam organik semakin lama sehingga kadar etanol semakin turun. Hal ini sesuai dengan penelitian Chairul dan Silvia (2013), adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka, dan ester. Dari penelitian ini konsentrasi ragi terbaik adalah 2.5%. pada konsentrasi 3%, 3.5% menurun hal ini dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang lebih banyak, sehingga

Saccharomyces cerevisiae kekurangan makanan yang mengakibatkan kinerja *Saccharomyces cerevisiae* menurun dan mengakibatkan volume bioetanol yang dihasilkan akan menurun juga.

Pada tabel rata-rata kadar etanol dan indeks bias didapatkan perlakuan U2R1 konsentrasi ragi 2.5% dengan lama fermentasi 3 hari, merupakan perlakuan terbaik dalam penelitian ini dengan kandungan etanol 25.07692% hal ini menunjukkan jenis umbi dan konsentrasi ragi berpengaruh terhadap kadar etanol.

Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi adalah mikroorganisme dan media yang digunakan (Astuty, 1991). Selain itu hal yang perlu diperhatikan selama fermentasi adalah pemilihan khamir, konsentrasi gula, keasaman, ada tidaknya oksigen dan suhu dari perasan buah. Pemilihan sel khamir didasarkan pada jenis karbohidrat yang digunakan, sebagai medium untuk memproduksi alkohol dari pati dan gula digunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Suhu yang baik untuk proses fermentasi berkisar antara 25-30 °C. Derajat keasaman (pH) optimum untuk proses fermentasi sama dengan pH optimum untuk proses pertumbuhan khamir yaitu pH 4,0 - 5,0. Menurut Fardiaz (1992) dan Assegaf, F (2009), *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kisaran suhu pertumbuhan antara 20-30°C. Hal yang sama dituliskan Amin J.M. *et al.*, (2011) bahwa *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh optimal pada suhu 28 – 32°C dan pH media 4,5–4,8. Tetapi Azizah, N. *et al.*, (2012), menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu 30-35°C dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33°C. Jika suhu terlalu rendah, maka fermentasi akan berlangsung secara lambat dan sebaliknya jika suhu terlalu tinggi maka *Saccharomyces cerevisiae* akan mati sehingga proses fermentasi tidak akan berlangsung.

Mengacu pada SNI 7390: 2012 yang menyatakan bahwa kadar etanol minimum yang digunakan sebagai bahan bakar jenis bioetanol sebesar 94,0-99,5% (Badan standarisasi nasional, 2012). Etanol pada umbi gadung dalam penelitian ini belum dapat digunakan sebagai bahan bakar pembuatan etanol.

Pada Tabel 12 dapat dilihat bahwa kadar abu tertinggi pada umbi gadung putih (U1), dengan kadar abu 0.80000%, di ikuti umbi putih (U1) dengan konsentrasi ragi 3.5% yaitu 0.20000% dan terendah pada pada umbi gadung

putih yaitu 0.10000%. sedangkan pada umbi gadung kuning kadar abu tertinggi pada umbi gadung kuning yaitu 9.90000%, di ikuti umbi gadung kuning 3% dan 3.5% yaitu 0.10000%. Hasil ini berbeda dengan hasil yang diperoleh oleh Widowati (2001) yaitu kadar abu 1,5% pada kadar air 7%. Semakin tinggi kadar abu maka kandungan mineral semakin banyak dan kadar etanol kemungkinan semakin sedikit. Secara kuantitatif nilai kadar abu dalam tepung dan pati berasal dari mineral dalam umbi segar, pemakaian pupuk, dan dapat juga berasal dari kontaminasi tanah dan udara selama pengolahan (Soebito, 1988). Kadar abu pada pati cenderung lebih rendah dibanding tepung umbi, hal ini dipengaruhi oleh perbedaan proses pengolahan tepung dan pati. Pati diperoleh dari ekstraksi dan pencucian yang berulang-ulang dengan air. Hal tersebut menyebabkan mineral tersebut akan terlarut air dan ikut terbuang bersama ampas. Secara umum, perebusan dalam air menyebabkan hilangnya mineral atau penyusutan mineral pada sebuah bahan jika dibandingkan dengan pengukusan (Harris dan Karmas 1989).

Kadar abu berpengaruh terhadap jenis umbi, Abu merupakan zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan yang dianalisis. Sebagian besar bahan makanan, sekitar 96% terdiri dari bahan organik dan air. Sisanya terdiri dari unsur-unsur mineral yang juga dikenal sebagai unsur anorganik (kadar abu). Komponen-komponen organik terbakar, tetapi komponen anorganiknya tidak dan komponen ini disebut abu (Winarno 2008).

4.2.2. Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti

Konsentrasi ragi berpengaruh terhadap massa jenis, Tabel 7 menunjukkan bahwa jenis umbi gadung berpengaruh terhadap massa jenis etanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini nilai massa jenis terbaik terdapat pada perlakuan umbi gadung kuning (U2) yaitu 0.98500 dengan konsentrasi ragi ($R_1 = 2.5\%$) massa jenis etanol rendah mengidentifikasi bahwa kandungan etanol tinggi dan apa bila massa jenis tinggi maka kadar etanol lebih rendah (Skoog, 1985).

Konsentrasi ragi berpengaruh nyata terhadap pH awal etanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini pH awal tertinggi terdapat di umbi gadung putih, dengan konsentrasi ragi 4.08000 (2.5%), kemudian konsentrasi 3 % dan 3.5% nilai pH menurunnya. Nilai pH awal semakin menurun dikarenakan pada produksi etanol oleh ragi juga dihasilkan produk samping lainnya

seperti asetaldehid dan CO_2 sebagai hasil lain pemecahan piruvat. Menurut Wang *et al.*, (2006), penurunan pH selama fermentasi juga disebabkan oleh ionisasi H^+ , Dalam medium fermentasi akan terdisosiasi menjadi ion NH_4^+ . *Saccharomyces cerevisiae* mengkonsumsi senyawa ini untuk membentuk massa sel dalam bentuk R-NH_3^+ . Pengikatan NH_3^+ akan melepaskan H^+ ke lingkungannya, sehingga selama fermentasi, ion H^+ pada media fermentasi akan semakin banyak dan mengakibatkan penurunan pH selama proses fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian Simbolon K., 2008 menyatakan banyaknya ragi maka nilai pH juga menurun. Menurut Frazier and Westhoff (1987) pH optimum yeast adalah 4-5. Jika pH pada media menurun dan menjadi asam, maka aktivitas yeast mengonversi glukosa menjadi etanol dapat menurun. Sehingga dapat mengakibatkan menurunnya kadar etanol. Selama fermentasi perubahan pH dapat disebabkan oleh hasil fermentasi yang merupakan asam atau basa yang dihasilkan selama pertumbuhan mikroorganisme dan komponen organik dalam medium (Keenan 1990). Fermentasi pada pH 4,5 menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tertinggi. Hal ini terjadi karena pada pH 4,5 adaptasi yeast lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, serta berpengaruh pada pembentukan produk samping, dimana pada pH tinggi konsentrasi gliserol meningkat, sedangkan pada pH di bawah 4,5 aktifitas enzim akan terhambat sehingga kemampuan mikroba untuk mengurai gula menjadi bioetanol semakin rendah. Adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka dan ester (Chairul dan Sivia, 2013).

Nilai pH dipengaruhi oleh produk yang dihasilkan selama proses fermentasi. Dalam penelitian ini, produk fermentasi yang dihasilkan adalah alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* bersifat homofermentatif, sehingga produk fermentasi yang dihasilkan hanya alkohol. Alkohol bersifat asam, sehingga ketika waktu fermentasi ditambah maka akan semakin banyak alkohol yang terbentuk. Kondisi ini menyebabkan pH substrat semakin rendah. Menurut Irfandi (2005), pH awal substrat perlu diketahui agar fermentasi dapat berlangsung secara optimal. Elevri dan Putra (2006), menambahkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH 4,5. Proses fermentasi bioetanol tidak

hanya menghasilkan etanol tetapi jugah hasil samping *by product* yang berupa gas CO₂. Seiring meningkatnya lama fermentasi, produksi gas CO₂ juga semakin bertambah meskipun hasilnya tidak signifikan. Peningkatan produksi gas ternyata juga diikuti dengan penurunan nilai pH. Sesuai dengan pendapat Kartohardjono *et al.*, (2007), bahwa gas CO₂ sering disebut Gas asam *acid whey* karena gas CO₂ memiliki sifat asam. Oleh karena itu gas CO₂ juga berkontribusi terhadap nilai pH.

Konsentrasi ragi berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Kadar etanol tertinggi terdapat pada konsentrasi (2.5%) dengan kadar etanol 25.07692% , pada konsentrasi 3% dan 3.5% kadar etanol menurun produktivitas mikroorganisme menurun akibat kurangnya nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme tersebut. Apabila terlalu banyak penambahan ragi juga akan menghasilkan banyak asam dan bioetanol yang dihasilkan juga sedikit makanan mikroba semakin menurun (Kunaepah, 2008).

Tabel 9 menunjukkan semakin banyak jumlah *yeast* maka kadar etanol semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin banyak *yeast*, maka waktu fermentasi hingga titik maksimum semakin cepat. Semakin cepatnya waktu fermentasi maka, waktu terkonsersinya etanol menjadi asam organik semakin lama sehingga kadar etanol semakin turun. Hal ini sesuai dengan penelitian Chairul dan Silvia (2013), adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonsersi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka, dan ester, dari penelitian ini kondentrasi ragi terbaik adalah 2.5%. pada konsentrasi 3%, 3.5% menurun hal ini dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang lebih banyak, sehingga *Saccharomyces cereviceae* kekurangan makanan yang mengakibatkan kinerja *Saccharomyces cereviceae* menurun dan mengakibatkan volume bioetanol yang dihasilkan akan menurun juga.

Pada tabel rata-rata kadar etanol dan indeks bias didapatkan perlakuan U2R1 konsentrasi ragi 2.5% dengan lama fermentasi 3 hari, merupakan perlakuan terbaik dalam penelitian ini dengan kandungan etanol 25.07692% hal ini menunjukkan jenis umbi dan konsentrasi ragi berpengaruh terhadap kadar etanol.

Daftar Pustaka

- Amin, J.M., E. Margaretty, E. Dewi. 2011. *Petunjuk Praktikum Rekayasa Bioproses*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- AOAC. (1999). *Official Method of Analysis. 16th edition. As sociation of Official Analytical Chemist International*. USA.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official methods of analysis of the association of official of analytical chemist*. Washington.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemyst. 2005. *Official Method of Analysis of The Association of Offial Analytical of Chemist*. Arlington,;The Association of Official Analytical Chemyst, Inc.
- Alues, A.A.C. 2002. *Cassava Botaniy and Physiologi*. CAB Internasional.
- Assegaf, F. 2009. *Prospek Produksi Bioetanol Bonggol Pisang (Musa Paradisiacal) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Dan Enzimatis*, (online), <http://journal.ift.or.id/files/N.%20Azizah13-7277.pdf>. diakses pada 14 Desember 2017).
- Astuty ED. (1991). *Fermentasi Etanol Kulit Buah Pisang*. UGM, Yogyakarta.
- Azizah, N, Al-Baarri, N, dan Mulyani, S. 2012. *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alcohol Pada Proses Fermentasi Bioethanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas*, (online), (<http://journal.ift.or.id/files/N.%20Azizah13-7277.pdf>), diakses pada 14 Desember 2017).
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. *Sifat Fisik Etanol*. SNI.06-3565-1994.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. *Bioetanol Terdenaturasi Untuk Gasohol*. SNI. 7390:2008.
- Bhandari, M.R. and Kawabata, J. 2004. *Assessment Of Antinutritional factor And Bioavailability Of Calcium And Zinc in Wild Yam (Dioscorea spp.) tubers of*

- Nepal . *Jurnal Teknologi Pertanian*. 85: 187- 281.
- Brethauer, S. dan Wyman, C.E. 2009. Review: Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production. *Bioresource Technology*, 101(13), 4862-74.
- Chairul dan Silvia R N. 2013. *Pembuatan Bioetanol Dari Nira Nipah Menggunakan Saccharomyces Cereviceae*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau. Pekanbaru.
- Darmadjati, D.S., Widowati dan Sulismono. 1993. *Pembangunan Sistem Agroindustri Kassava*. Balittan Sukamandi.
- Dewanti, R. 2008. *Kewirausahaan*. Mitra Wacana Media. Jakarta.
- Diah, R.S., Sinaga, A.R., Dewi, T. K. 2013. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok. Universitas Sriwijaya. *Jurnal Teknik Kimia*. 19 (1): 09-15.
- Diniyah, N., Wijanarko, S. B. dan Purnomo, H. 2012. Teknologi Pengolahan Gula Coklat Cair Nira Siwalan. (*Borassus flabellifer* L.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 23 (1): 54-57.
- Cook, J.H. 1992. Ubi Kayu. In Goldworthy, P.R. dan N.M.Fisher. 1992. Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik. Gadjah Mada University Prees. Yogyakarta.
- Elevri, P. A. dan S. R. Putra. 2006. Produksi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang diamobilisasi dengan agar batang. *Akta Kamindo* 1 (2): 105-114.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Frazier, W. C. and Westhoff D. C. 1987. *Food Microbiology*. 3rd Edition. Hill Publishing Co. New York.
- Gardner, F.P.,R.B. Peace dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Gunaratne, A. dan Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*. 49: 425-437.
- Hapsari, M. A dan Pramashinta, A.2013.Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga sebagai upaya mempercepat konversi minyak tanah ke bahan bakar nabati. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (2): 240-245.
- Harris R.S. Karmas E. 1989. *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan*. Edisi ke-2. ITB Press. Bandung.
- Hartati, I. dan Yulianto, M. E. 2010. Reduksi Dioscorin dari Umbi Gadung Melalui Ekstraksi Gelombang Mikro. *Prosiding Seminar Nasional dan Internasional*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Hartono dan P. Halifah. 2011. Analisis Kadar Etanol Hasil Fermentasi Ragi Roti Pada Tepung umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) terhadap kadar etanol. Universitas Negeri Makassar. *Bionature*. 12 (2): 82 – 86.
- Hutami, F. D dan Harijono. 2004. Pengaruh Penggantian Larutan dan Konsentrasi NaHCO₃ Terhadap Penurunan Kadar Sianida Pada Pengolahan Tepung Ubi Kayu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2 (4): 220-230.
- Irvan. Putri, A.W ., Surbakti, S. U., dan Trisakti bambang. 2016. Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak (*Artocarpus champedon spreng*). *Jurnal Teknik Kimia*. 5 (2).21-26.
- Irfandi. 2005. *Karakteristik Morfologi Lima Populasi Nanas (Ananas comosus (L). Merr.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Janagam, D. Siddeswaran, P. and Kumar M. R. 2008. The Biochemical Effects on Occupational Exposure of Workers to HCN in Cassava Processing Industry. *Indian Journal of Science and Technology*. 1 (7).

- Judoamidjojo, R. M., Said, E. G., dan Hartato, L. 1989. *Biokonversi*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kardinan, A. 2005. *Tanaman Penghasil Minyak Atsiri Komoditas Wangi Penuh Potensi*. Cetakan I. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Kartohardjono, S., Anggara, Subihi, dan Yuliusman. 2007. Absorpsi CO_2 dari campurannya dengan CH_4 atau N_2 melalui kontaktor membran serat berongga menggunakan pelarut air. *Jurnal Teknologi*. 11 (2): 97-102.
- Keenan, C., W. 1990. *Ilmu Kimia Untuk Universitas*. dalam Pudjatkama, H, A. (Eds). 1990. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Koswara, S. 2011. *Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian*. Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFST) Centre. Insititut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kunaepah, U. 2008. *Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri. Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Muchtadi, T.R. Sugiono dan Ayustaningwarno, F. 2010. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Alfabeta. Bandung.
- Muljono. 2002. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali Pers. Jakarta.
- Mukti, N., L dan Aryani. 2012. *Pengaruh Waktu Fermentasi dan Jumlah Ragi Terhadap Persentase Hasil dalam Pembuatan Bioetanol dari Buah Talok (Kersen) Menggunakan Ragi Tape dan Ragi Roti (Saccharomyces cerevisiae)* Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND. Yogyakarta.
- Ndaru, H.K. 2012. *Artikel Umbi Gadung (Dioscorea hispida Dennst)*. Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Semarang.
- (online)
<https://ndaruimoet.files.wordpress.com>
- Pambayun, R. 2008. *Kiat Sukses Teknologi Pengolahan Ubi Gadung*. Ardana Media. Yogyakarta.
- Pahlevi, R.W., B.Gurito dan Kalium dan N.E. Suminarti. 2014. Pengaruh Kombinasi Proporsi Pemupukan Nitrogen dan Kalium Pada Pertumbuhan Hasil dan Kualitas Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea Batatas* L. (Lamb)) Varietas Crlembu pada Dataran Rendah. (online) Proton.studentjurnal.ub.ac.id/index.php/proton/article/download/255/247.
- Prescott, S. G and C. G. Dunn. 1959. *Industrial Microbiology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Prihandana, R., Neorwijati., K dan Adinurani, P. G. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. PT Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Qomaruddin, A. 2014. Eksperimen Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Tehnik Mesin*. 3 (2) : 76-85.
- Rahman, M.A, Nahar N, Jabbar M.A, Mosihuzzaman M. 1999. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus*) with different maturity and climatic conditions. *Food Chemistry* 65:91-97.
- Rukmana, R. 2001. *Aneka olahan jahe*. PT. Kanisus. Yogyakarta
- Rizani, K. Z. 2000. *Pengaruh konsentrasi gulareduksi dan inokulum (Saccharomyces cerevisiae) pada proses fermentasi sari kulit nenas untuk produksi etanol*. Skripsi. Jurusan biologi. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang.
- Seftian D., Antonius Ferdinand dan Faizal, M. 2012. Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (18): 10-16.

- Shen Y, Zhan Y, Ma T, Bao X, Du F, Zhang G, Qu Y. 2008. Simultaneous saccharification and fermentation of acid-pretreatment corn cobs with recombinant *Saccharomyces cerevisiae* expressing *b-glucosidase*. *Biores Technol* 99: 5099-5103.
- Simanjuntak, R. 2009. *Studi pembuatan etanol dari limbah gula (molase)*. Skripsi. Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Simbolon, K. 2008. *Pengaruh Persentasi Ragi Tape dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Tape Ubi Jalar*. Skripsi. Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Skoog D.A. 1985. *Principles of instrumental analysis*. Dalam Simbolon K. 2008. *Pengaruh persentase ragi tape dan lama fermentasi terhadap mutu tape ubi jalar*. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soebito, S. 1988. *Analisis Farmasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1989. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi ketiga. Yogyakarta. Liberty.
- Sudarnadi, H. 1996. *Tumbuhan Monokotil*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sugandi, E. dan Sugiarto. 1994. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Anova*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Sukarsa, E. (2010). *Tanaman Ganyong*. Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang. <http://www.bbpp-lembang.info/>. Diakses pada 21 Desember 2017.
- Sukumaran, R. K. 2008. Cellulase Production Using Biomassa Feed Stock and Its Application in Lignocellulosa Saccharification for Bioethanol Production. *Renewable Energy*. 30:1-4.
- Susanto, E. N. Herlina dan N.E. Suminarti. 2014. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman ubi jalar pada beberapa macam dan waktu aplikasi bahan organik. *Jurnal produksi tanaman*. 2 (5): 412-418.
- Svasty, M. R. 1999. *Characterization of a Novel Ratenoid β glucosidase Enzyme and its Natural Substrat*. Chulabhorn Research Institute. Bangkok. Thailand.
- [UKM] Usaha Kecil Menengah. 2009. *Bahan Bakar Nabati (Bioetanol)*. Khalifah Niaga Lantabura. Yogyakarta.
- Wahid, M.A.A., Mat, N., Razali, M.H.H. 2011. Application of Automatic Timer for Irrigation System in *Dioscorea hispida* Dennst. Propagation. *Science and Technology* 1(1): 24-28.
- Wahyuni A. 2008. *Rekayasa bioproses pembuatan bioetanol dari sirup glukosa ubi jalar (Ipomea batatas L.) dengan menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Tesis. Bogor Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wang, D., X. Wu, S. Bean, J. P. Wilson. 2006. Ethanol Production from Pearl Millet Using *Saccharomyces cerevisiae*. *Cereal Chem*. 83(2): 127-131.
- Winarno, F.G. 1998. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gamedia Pustaka. Jakarta.
- Widowati, S. 2001. Tepung ganyong: Kegunaan dan proses pembuatan. *Berita Puslitbangtan*. 19: 1-2.