

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penelitian mengenai eksperimental pembuatan bioetanol menggunakan nira siwalan dengan volume fermentasi 250 ml maka diperoleh data-data pengujian yang kemudian dijabarkan melalui beberapa sub-sub pembahasan dari masing-masing jenis pengujian. Data-data pengujian tersebut meliputi data selama fermentasi dan data setelah dilakukan proses distilasi *broth* fermentasi nira siwalan dengan volume 250 ml. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian pengamatan gula dan derajat keasaman (pH) selama fermentasi serta pengujian volume dan kadar etanol yang diperoleh setelah dilakukannya distilasi. Metode fermentasi yang digunakan ada dua metode yaitu variasi jumlah *yeast* dan variasi waktu.

4.1. Hasil Pengujian Metode Fermentasi Variasi Jumlah *Yeast*

Pada fermentasi nira siwalan volume 250 ml dengan variasi jumlah *yeast* akan mempengaruhi data hasil fermentasi maupun bioetanol setelah dilakukan distilasi. Berikut adalah salah satu *broth* fermentasi nira siwalan yang diperoleh selama fermentasi dengan variasi jumlah *yeast* ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Broth* Fermentasi Nira Siwalan dengan Variasi *Yeast*

Keterangan :

Sampel Jumlah *yeast* 0,5 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 1,0 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 1,5 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 2,0 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Fermentasi sudah mulai bekerja dapat diketahui secara visual dengan adanya gelembung-gelembung gas CO_2 yang naik dari dasar botol fermentor. Lama waktu frementasi terhitung, awalnya gelembung gas CO_2 memiliki frekuensi yang lambat namun setelah setengah jam kemudian frekuensi gelembung gas CO_2 yang keluar semakin banyak sampai waktu proses fermentasi telah selesai. Waktu fermentasi telah selesai, secara visual ditandai dengan tidak adanya gelembung – gelembung gas yang muncul dari dasar fermentor. Hal ini mengindikasikan semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak pula produksi gelembung gas CO_2 . Jika produksi gas CO_2 semakin banyak, maka akan diindikasikan semakin banyak pula produksi bioetanol yang dihasilkan.

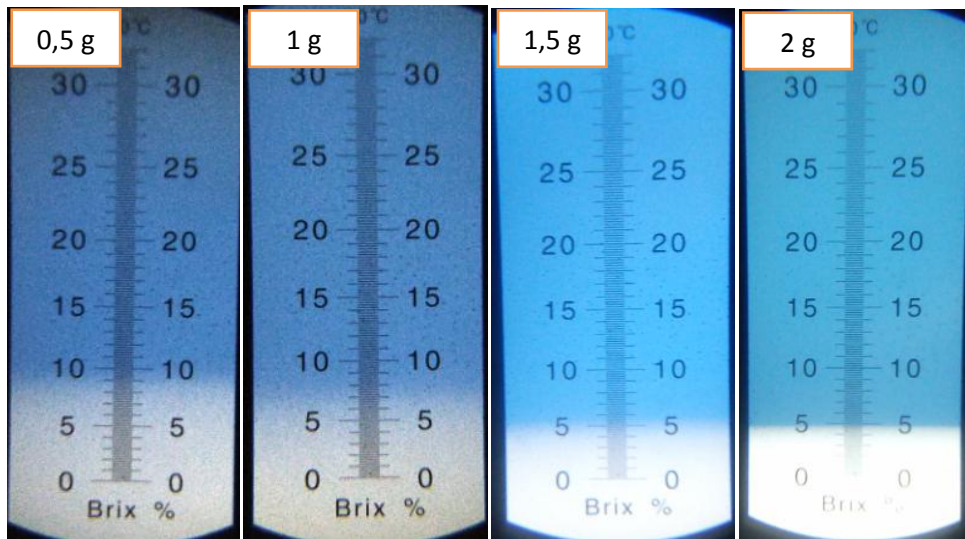
Namun semakin lama waktu fermentasi yang dimaksud adalah waktu fermentasi hingga titik optimum. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, gelembung gas terakhir berhenti yaitu pada jam ke-48 untuk sampel 0,5 gram

yeast. Dengan demikian pada jam ke-48 inilah waktu optimum untuk proses fermentasi menghasilkan bioetanol. Bukan berarti jika lama waktu fermentasi ditambah akan menghasilkan etanol yang lebih banyak, justru produksi bioetanol akan menurun. Hal ini dikarenakan jika waktu fermentasi telah mencapai titik maksimum etanol justru akan menjadi asam – asam organik, sehingga produksi bioetanolnya akan berkurang. Menurut 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.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan yaitu fermentasi variasi jumlah *yeast* didapatkan data yang berbeda antara *yeast* 0,5 gram, *yeast* 1,0 gram, *yeast* 1,5 gram ataupun *yeast* 2,0 gram. Perbedaan data tersebut diantaranya penurunan gula dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses fermentasi. Jumlah *yeast* yang semakin banyak akan mempercepat proses fermentasi sehingga produksi CO₂ ataupun bioetanol akan semakin cepat pula. Dengan demikian waktu fermentasi yang dibutuhkan untuk merombak gula menjadi bioetanol juga akan semakin pendek.

4.1.1. Pengukuran Kadar Gula

Pengukuran kadar gula bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar gula selama proses fermentasi sampai proses fermentasi tersebut telah selesai. Pengukuran gula dilakukan menggunakan alat *brix refractometer* merk ATC kemudian dilakukan pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone*. Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil sampel fermentasi kemudian diteteskan pada *prism*, kemudian untuk melihat nilai terukur dilakukan pengamatan pada *eyepiece* pada bagian belakang *brix refractometer*. Berikut adalah salah satu kondisi pengukuran kadar gula untuk pengambilan data pertama dengan waktu fermentasi selama 12 jam ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengukuran Kadar Gula Pengambilan Data Pertama pada Waktu Fermentasi 12 Jam

Keterangan :

Sampel Jumlah *yeast* 0,5 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 1,0 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 1,5 gram dengan Fermentasi 72 Jam

Sampel Jumlah *yeast* 2,0 gram dengan Fermentasi 72 Jam

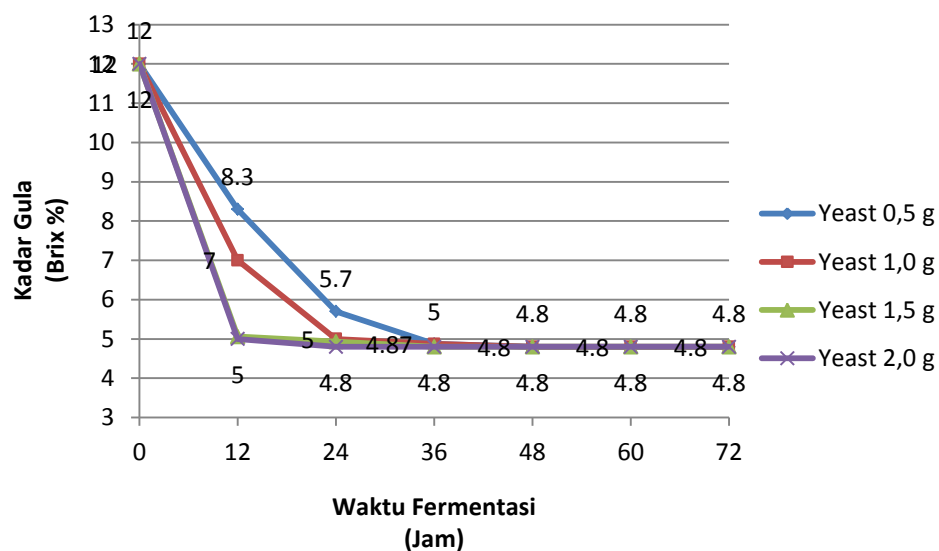
Dari pengamatan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa variasi jumlah *yeast* yang diberikan dalam fermentasi akan mempengaruhi penurunan kadar gula.

Untuk mengetahui lebih jelas semua hasil pengujian data, kemudian dari semua data hasil pengujian kadar gula sebanyak tiga kali pengambilan data dilakukan rata-rata. Data rata-rata kadar gula dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Rata-Rata Kadar Gula

JUMLAH YEAST (g)	GULA PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU (%)						
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam
Yeast 0,5 g	12,00	8,30	5,70	5,00	4,80	4,80	4,80
Yeast 1,0 g	12,00	7,00	5,00	4,87	4,80	4,80	4,80
Yeast 1,5 g	12,00	5,06	4,93	4,80	4,80	4,80	4,80
Yeast 2,0 g	12,00	5,00	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80

Dari semua data hasil pengujian penurunan kadar gula pada tabel 4.1 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.3 berikut.



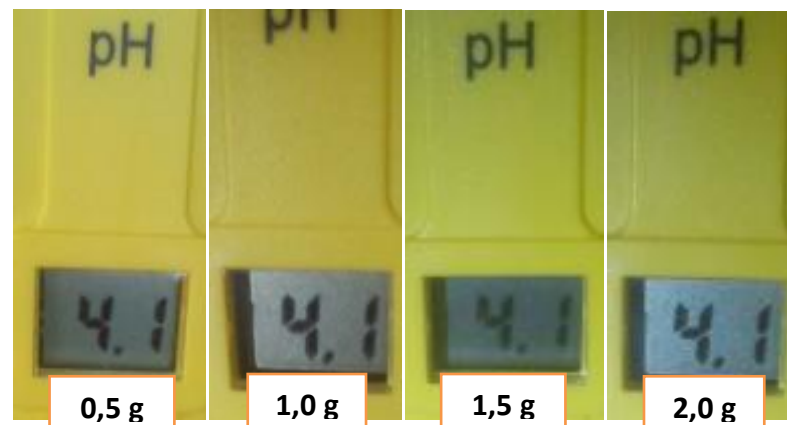
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Variasi Jumlah *Yeast* Terhadap Kadar Gula Waktu Fermentasi Hingga 72 Jam

Dari hasil pengamatan grafik gambar 4.3 terlihat bahwa penurunan gula tercepat adalah fermentasi yang menggunakan *yeast* 2 gram. Perbedaan penurunan kadar gula ini disebabkan karena semakin banyaknya *yeast* yang diberikan maka jumlah mikroba akan semakin banyak pula, sehingga perombakan gula menjadi etanol akan semakin cepat. Jumlah *yeast* hanya berpengaruh pada semakin cepatnya penurunan gula, tidak berpengaruh pada jumlah gula yang tereduksi meskipun

hingga akhir fermentasi. Terlihat pada fermentasi jam ke-48, semua variasi jumlah *yeast* mulai memiliki gula sisa yang sama yaitu 4,8 brix persen. Gula sisa sebesar 4,8 brix persen ini tidak terfermentasi dikarenakan telah habisnya nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba, sehingga mikroba tidak mampu lagi mengubah gula menjadi etanol. Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan nutrient yang tersedia. Dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak jumlah *yeast* maka waktu fermentasinya semakin cepat.

4.1.2. Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) bertujuan untuk mengetahui penurunan derajat keasaman selama proses fermentasi sampai proses telah selesai. Pengukuran dilakukan menggunakan alat pH meter merk ATC. Pengambilan data dilakukan dengan cara alat pH meter dicelupkan pada sampel, kemudian nilai keasaman akan muncul pada layar digital alat tersebut. Berikut adalah salah satu kondisi pengamatan penurunan derajat keasaman (pH) untuk pengambilan data dengan waktu fermentasi selama 12 jam ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengukuran Derajat Keasaman (pH) Pengambilan Data Pertama pada Waktu Fermentasi 12 Jam

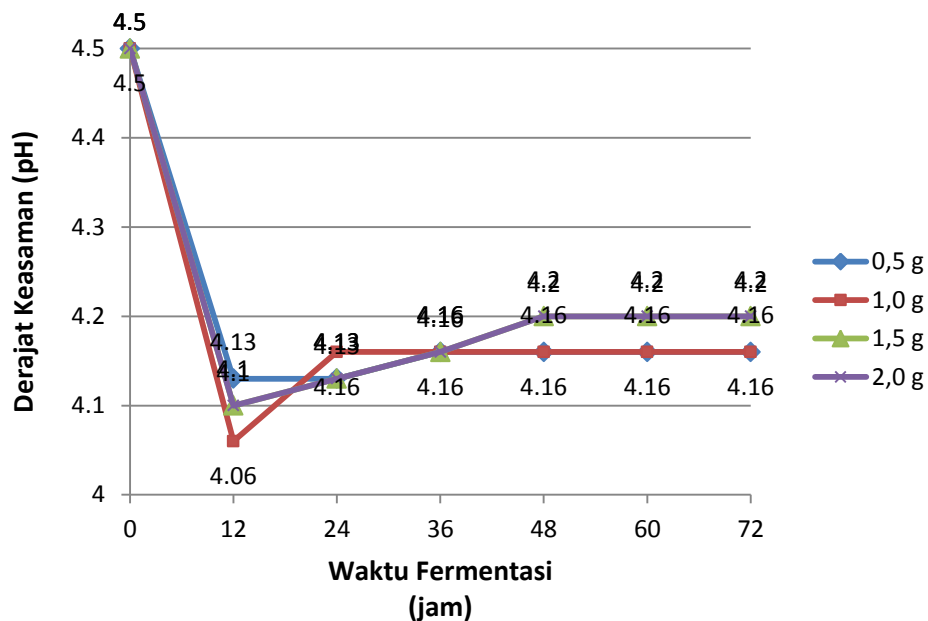
Dari gambar 4.4 pengambilan data di atas terlihat bahwa dalam waktu fermentasi 12 jam, derajat keasaman (pH) yang semula 4,5 turun menjadi 4,1. Ternyata variasi jumlah *yeast* tidak berpengaruh besar terhadap penurunan derajat keasaman (pH). Hal ini terlihat bahwa meskipun jumlah *yeast* yang berbeda ternyata penurunan derajat keasaman (pH) semuanya relative sama.

Untuk mengetahui lebih jelas semua hasil pengujian data, kemudian dari semua data hasil pengujian derajat keasaman (pH) sebanyak tiga kali pengambilan data dilakukan rata-rata. Data rata-rata derajat keasaman (pH) ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Rata-Rata Derajat Keasaman.

YEAST (g)	DERAJAT KEASAMAN PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU						
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam
0,5 g	4,50	4,13	4,13	4,16	4,16	4,16	4,16
1,0 g	4,50	4,06	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16
1,5 g	4,50	4,10	4,13	4,16	4,20	4,20	4,20
2,0 g	4,50	4,10	4,13	4,16	4,20	4,20	4,20

Dari semua data hasil pengujian keasaman (pH) pada tabel 4.2 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.5 berikut.



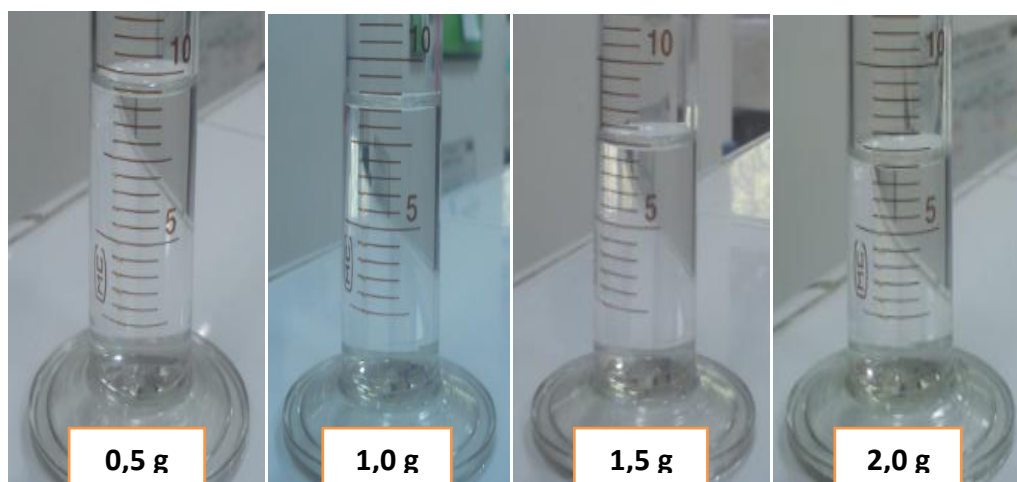
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Variasi Jumlah *Yeast* Terhadap Derajat Keasaman (pH) Waktu Fermentasi Hingga 72 Jam

Berdasarkan pengamatan grafik gambar 4.5 ternyata variasi jumlah *yeast* tidak berpengaruh besar terhadap penurunan derajat keasaman (pH). Namun yang berpengaruh terhadap penurunan derajat keasaman (pH) adalah waktu fermentasi. Grafik gambar 4.5 menunjukkan derajat keasaman (pH) turun drastis pada jam ke-12, lalu derajat keasaman (pH) ada sedikit kenaikan pada jam berikutnya yang akhirnya derajat keasaman (pH) stabil pada jam ke-48 hingga jam ke-72. Adanya penurunan derajat keasaman (pH) ini dikarenakan selama proses fermentasi akan menghasilkan gas CO_2 , yang mana CO_2 ini bersifat asam. Sifat asam ini akan mempengaruhi keasaman pada *broth* fermentasi, sehingga yang semula derajat keasaman (pH) awal fermipan diatur 4,5 akan mengalami penurunan. Kemudian penyebab derajat keasaman (pH) yang semula mengalami penurunan dapat mengalami sedikit kenaikan, hal ini diakibatkan karena seiring lamanya waktu fermentasi maka gas CO_2 juga keluar dari botol fermentor sedikit demi sedikit. Jika gas CO_2 keluar, maka volume gas CO_2 akan berkurang. Jika gas CO_2 berkurang maka sifat asamnya juga akan berkurang. Dengan demikian sifat asam yang semula turun akan ada sedikit kenaikan yang diakhiri derajat keasaman (pH)

menjadi stabil setelah jam berikutnya. Menurut putra dan amran (2009), penurunan keasaman juga disebabkan karena fermentasi akan menghasilkan asam organik oleh mikroba. Dari analisa data dapat disimpulkan bahwa, yang berpengaruh terhadap derajat keasaman adalah waktu fermentasi. Semakin lama fermentasi maka keasaman akan semakin kecil.

4.1.3. Pengukuran Volume Bioetanol

Pengukuran volume bioetanol bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak volume bioetanol setelah dilakukan distilasi atau penyulingan. Setelah dilakukan pengukuran, volume bioetanol, variasi jumlah *yeast* berpengaruh terhadap volume bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran volume dilakukan menggunakan gelas ukur dengan kapasitas 50 ml. Berikut adalah salah satu kondisi pengamatan pengukuran volume etanol ditunjukkan pada gambar 4.6.



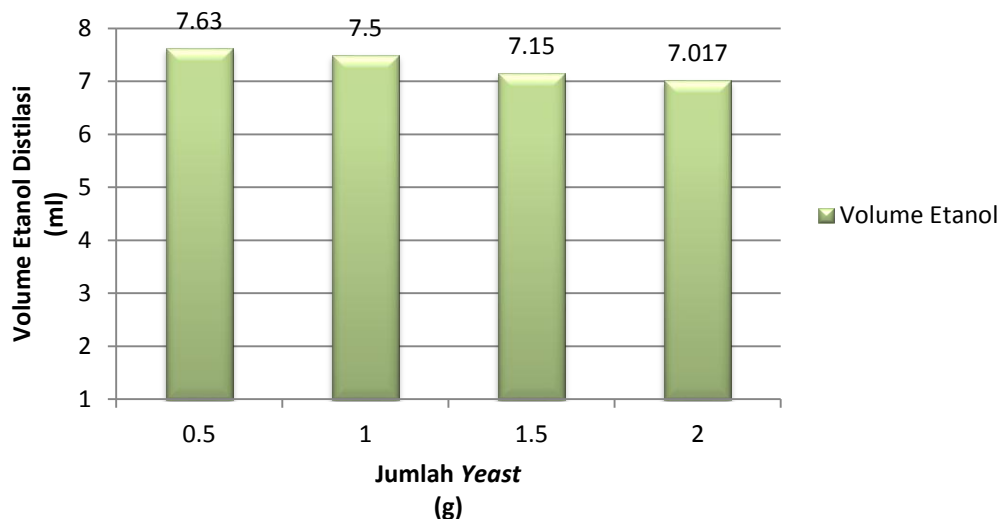
Gambar 4.6 Pengukuran Volume Etanol Pengambilan Data Ketiga

Untuk mengetahui lebih jelas semua hasil pengujian data, kemudian dari semua data hasil pengujian volume etanol sebanyak tiga kali pengambilan data dilakukan rata-rata. Data rata-rata volume etanol ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Rata-Rata Volume Etanol.

Jumlah yeast (g)	Volume Etanol (ml)
0,5	7,630
1,0	7,500
1,5	7,150
2,0	7,017

Dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 4.3 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.7 berikut.



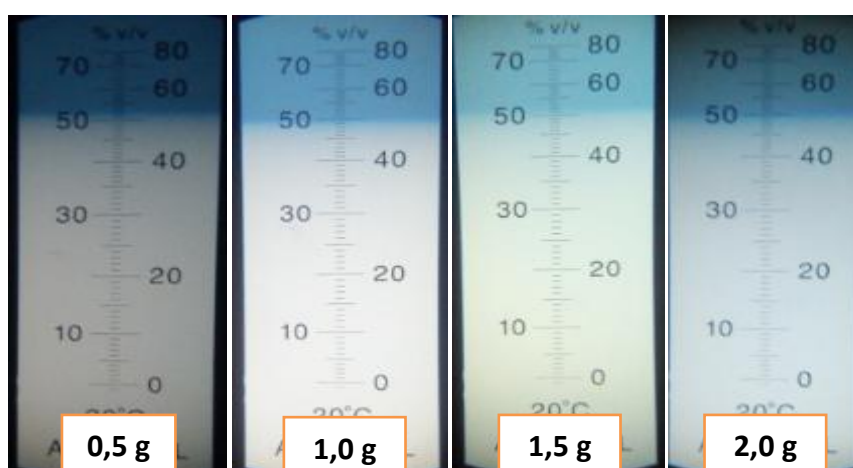
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Variasi Jumlah *Yeast* Terhadap Volume Etanol yang Dihasilkan

Dari grafik gambar 4.7 terlihat bahwa volume etanol mengalami penurunan untuk seiring jumlah *yeast* yang semakin banyak. Dari grafik gambar 4.7 terlihat bahwa volume etanol tertinggi sebanyak 7,63 ml yaitu pada jumlah *yeast* 0,5 gram. Hal ini dikarenakan waktu yang tepat antara fermentasi dan distilasi, karena masih belum banyaknya etanol yang terkonversi menjadi asam-asam organik. Pada jam ke-48 masih ada penguraian gula menjadi etanol. Karena proses fermentasi masih berjalan hingga jam ke-48 maka, waktu sisa hingga proses distilasi (Jam ke-72)

paling sedikit yaitu kurang lebih 24 jam. Berbeda dengan fermentasi yang menggunakan ragi 1 gram hingga 2 gram. Semakin banyak ragi yang digunakan maka semakin cepat waktu fermentasi, sehingga waktu sisa hingga jam ke-72 semakin lama. Dengan demikian kadar etanol akan semakin banyak yang terkonversi menjadi asam organik, sehingga volume etanol yang dihasilkan akan turun. Untuk mendapatkan volume etanol optimal harus diketahui waktu yang tepat antara fermentasi dan distilasi. Dari pengamatan data dapat disimpulkan bahwa jumlah *yeast* optimal adalah 0,5 gram dengan menghasilkan etanol sebanyak 7,63 ml.

4.1.4 Pengukuran Kadar Etanol

Pengujian kadar etanol bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan etanol yang dihasilkan. Pengujian kadar etanol dilakukan menggunakan alat refraktometer alkohol merk ATC. Cara pengukuran kadar etanol dengan mengambil sampel dan meneteska pada *prism*, kemudian untuk melihat nilai terukur dilakukan pengamatan pada *eyepiece*. Berikut adalah salah satu pengambilan data pengukuran kadar etanol dapat ditunjukkan pada gambar 4.8.



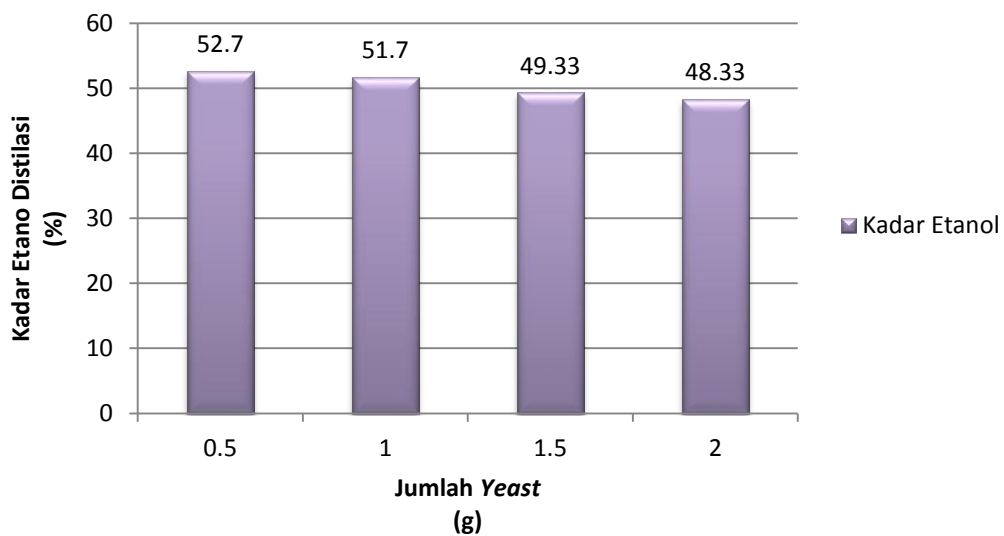
Gambar 4.8 Pengukuran Kadar Etanol Untuk Pengambilan Data Ketiga

Kemudian untuk mengetahui lebih jelas semua hasil pengujian data, kemudian dari semua data hasil pengujian kadar etanol sebanyak tiga kali pengambilan data dilakukan rata-rata. Data rata-rata pengukuran kadar etanol dapat ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Rata-Rata Pengukuran Kadar Etanol.

Jumlah yeast (g)	Kadar Etanol (%)
0,5	52,70
1,0	51,70
1,5	49,33
2,0	48,33

Dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 4.4 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Variasi Jumlah *Yeast* Terhadap Kadar Etanol Hasil Distilasi

Dari grafik gambar 4.9 terlihat bahwa kadar etanol terbaik pada variasi ragi 0,5 gram. Untuk waktu fermentasi 72 jam, variasi ragi 0,5 gram kadar etanol yang terkonversi menjadi asam organik paling sedikit dibandingkan yang lainnya. Grafik

menunjukkan semakin banyak jumlah *yeast* maka kadar etanol semakin turun, namun penurunannya hanya sedikit. Hal ini dikarenakan semakin banyak *yeast*, maka waktu fermentasi hingga titik maksimum semakin cepat. Jika waktu fermentasi semakin cepat, maka waktu sisa hingga dilakukan distilasi semakin lama. Karena waktu sisa semakin lama, maka perubahan etanol menjadi asam organik semakin banyak sehingga kadar etanol akan 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 data pengamatan dapat disimpulkan bahwa jumlah *yeast* optimal adalah 0,5 gram dengan kadar etanol sebesar 52,7 persen.

4.2. Hasil Pengujian Metode Fermentasi Variasi Waktu

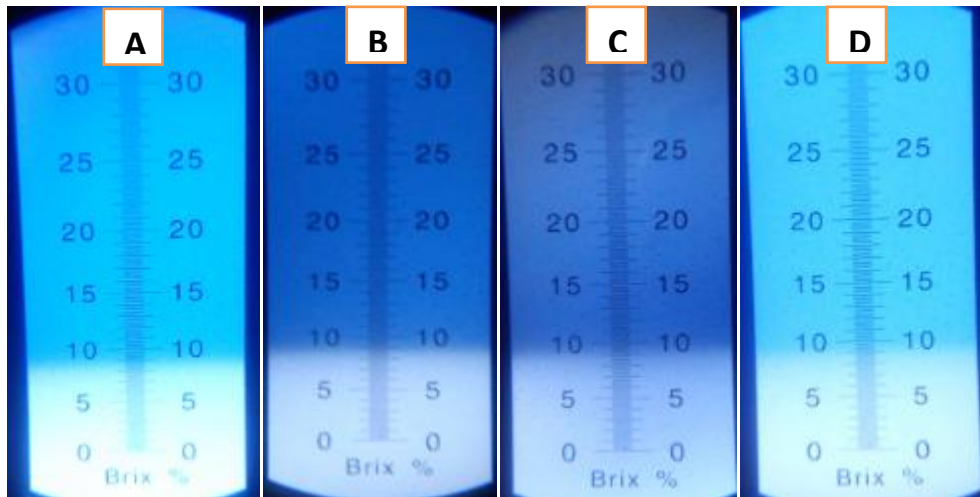
Pada penelitian eksperimental pembuatan bioetanol kali ini menggunakan variasi waktu fermentasi. Variasi waktu bertujuan untuk mengetahui waktu terbaik fermentasi pembuatan bioetanol, sehingga didapatkan etanol yang optimal.

Metode ini merupakan kelanjutan dari metode pertama (variasi jumlah *yeast*), yaitu setelah didapat *starter* jumlah *yeast* terbaik (0,5 gram) maka diaplikasikan untuk mencari waktu terbaik. Distilasi dilakukan dengan variasi waktu fermentasi yang digunakan yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Penelitian yang dilakukan sama seperti pada metode pertama (variasi jumlah *yeast*), yaitu penurunan gula, penurunan derajat keasaman (pH), volume etanol yang dihasilkan, dan kadar etanol.

4.2.1. Pengukuran Kadar Gula

Pengukuran kadar gula ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar gula selama proses fermentasi sampai proses fermentasi tersebut telah selesai. Pengamatan dilakukan menggunakan alat *brix refractometer* merk ATC kemudian dilakukan pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone*. Berikut adalah

salah satu kondisi pengamatan kadar gula untuk pengambilan data pertama dengan waktu fermentasi selama 12 jam ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pengukuran Gula pada Waktu Fermentasi 12 Jam Pengambilan Data Pertama

Keterangan :

Sampel (A) : Sampel distilasi dengan fermentasi 24 jam *yeast* 0,5 gram

Sampel (B) : Sampel distilasi dengan fermentasi 48 jam *yeast* 0,5 gram

Sampel (C) : Sampel distilasi dengan fermentasi 72 jam *yeast* 0,5 gram

Sampel (D) : Sampel distilasi dengan fermentasi 96 jam *yeast* 0,5 gram

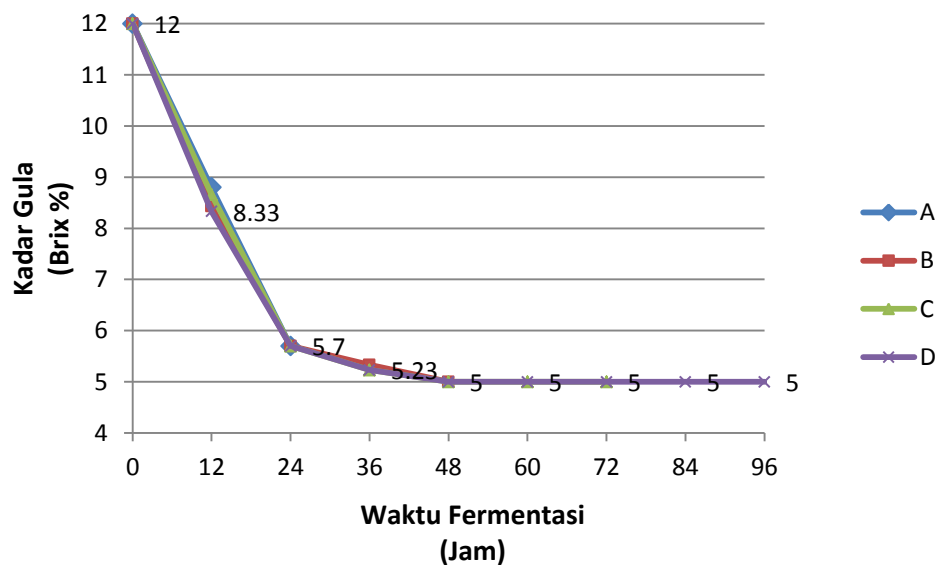
Dari hasil pengukuran gula terlihat bahwa dari keempat sampel untuk fermentasi selama 12 jam dengan jumlah *yeast* yang sama (0,5 gram) memiliki penurunan gulanya hampir sama yaitu diantara 3 - 4%, atau gula sisanya 8 - 9% dari 12% gula awal. Namun untuk mengetahui penurunan gula secara spesifik harus dilakukan pengamatan penurunan gula hingga fermentasi akhir (96 jam).

Untuk mengetahui penurunan gula secara spesifik, semua data hasil penelitian dilakukan rata-rata. Data rata-rata gula ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Rata-Rata Kadar Gula Hingga Fermentasi 96 Jam

Nama Sampel	GULA PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU (%)								
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam	84 Jam	96 Jam
A	12,00	8,80	5,70						
B	12,00	8,43	5,70	5,33	5,00				
C	12,00	8,66	5,70	5,23	5,00	5,00	5,00		
D	12,00	8,33	5,70	5,23	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Kemudian dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 4.5 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Gula

Dari grafik gambar 4.11 di atas menunjukkan bahwa penurunan gula turun secara drastis hingga jam ke-24 dengan gula sisa 5,7%. Penurunan mulai melambat hingga jam ke-48 dengan gula sisa 5,0%. Setelah pada jam ke-48 ini gula tidak mengalami penurunan, dengan demikian menunjukkan bahwa penguraian gula menjadi etanol yang dilakukan mikroba telah berhenti. Penguraian yang dilakukan mikroba telah berhenti diakibatkan karena aktifitas mikroba berkurang atau bahkan berhenti karena substrat dan nutrisi yang dibutuhkan mikroba telah habis.

Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan *nutrient* yang tersedia. Dari data pengamatan dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak penguraian gula menjadi etanol, namun hingga fermentasi telah mencapai titik optimum.

4.2.2. Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) ini bertujuan untuk mengetahui penurunan derajat keasaman (pH) selama proses fermentasi sampai proses fermentasi tersebut telah selesai. Pengamatan dilakukan menggunakan alat pH meter merk ATC kemudian dilakukan pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone*. Berikut adalah salah satu kondisi pengamatan derajat keasaman (pH) dengan waktu fermentasi selama 12 jam ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengukuran Derajat Keasaman Pengambilan Data Pertama pada Waktu Fermentasi 12 Jam

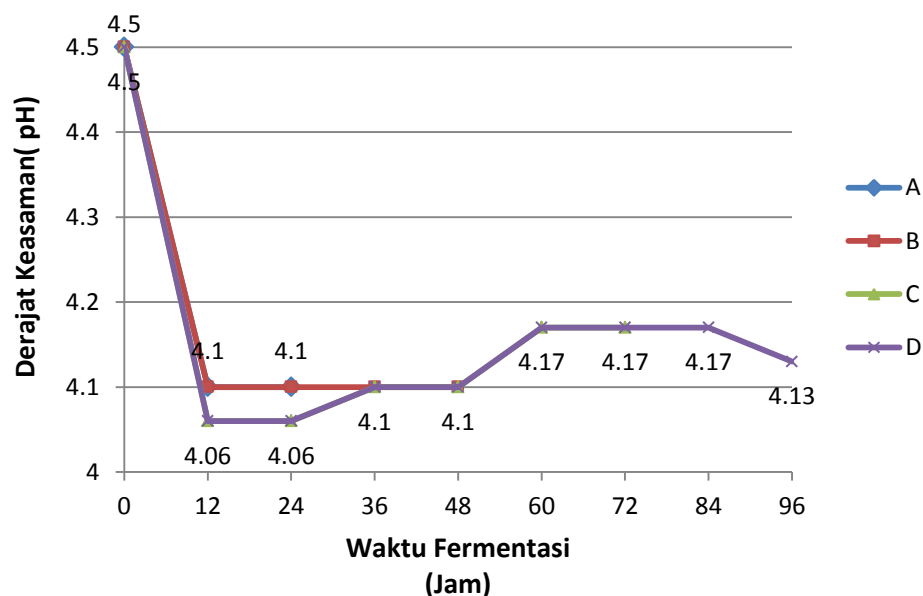
Dari hasil pengukuran derajat keasaman (pH) terlihat bahwa dari keempat sampel untuk fermentasi selama 12 jam dengan jumlah *yeast* yang sama (0,5 gram) memiliki penurunan derajat keasaman (pH) yang semula 4,50 menjadi 4,10 atau penurunannya sebesar 0,4. Namun untuk mengetahui derajat keasaman (pH) secara spesifik perlu dicermati derajat keasaman (pH) hingga fermentasi akhir (96 jam).

Untuk mengetahui derajat keasaman (pH) secara spesifik dari semua data hasil penelitian dan pengukuran dilakukan rata-rata. Data rata-rata keasaman dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Rata-Rata Keasaman Hingga Fermentasi 96 Jam

Nama Sampel	DERAJAT KEASAMAN PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU								
	0	12	24	36	48	60	72	84	96
A	4,50	4,10	4,10						
B	4,50	4,10	4,10	4,10	4,10				
C	4,50	4,06	4,06	4,10	4,10	4,17	4,17		
D	4,50	4,06	4,06	4,10	4,10	4,17	4,17	4,17	4,13

Dari semua data hasil pengujian derajat keasaman (pH) pada tabel 4.6 dapat dijelaskan pada gambar grafik 4.13.



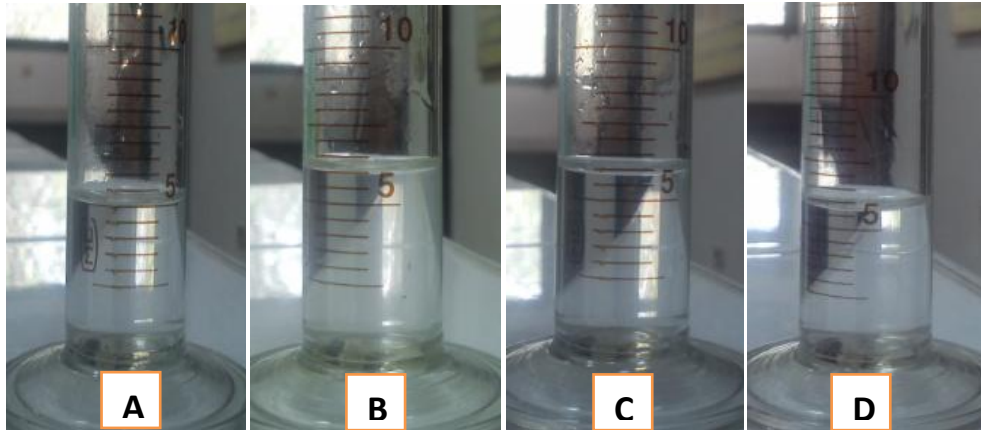
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Derajat Keasaman

Dari grafik gambar 4.13 terlihat bahwa derajat keasaman (pH) mengalami penurunan paling tinggi pada jam ke-12 yaitu yang semula 4,50 turun menjadi 4,10 hingga jam ke-24. Kemudian derajat keasaman (pH) ada sedikit kenaikan

pada jam berikutnya yang akhirnya derajat keasaman (pH) stabil pada jam ke-60 hingga jam ke-84 dan diakhiri pH turun menjadi 4,13 pada jam ke-96. Jika dilihat secara garis besar maka, pH turun secara drastis hingga jam ke-24 kemudian ada sedikit kenaikan dan diakhiri penurunan. Turunnya pH dipengaruhi oleh adanya produksi gas CO₂, dikarenakan sifat CO₂ yang bersifat asam. Kemudian derajat keasaman (pH) ada kenaikan dikarenakan produksi CO₂ menurun. Selain itu juga dikarenakan CO₂ yang berada dalam botol fermipan ada penurunan karena keluarnya gas CO₂ melalui sela-sela penutup. Untuk derajat keasaman (pH) yang mengalami penurunan pada akhir fermentasi (Jam ke-96), dikarenakan adanya etanol yang terkonversi menjadi asam-asam organik semakin banyak. Dari data pengamatan dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap derajat keasaman. Semakin lama waktu fermentasi maka derajat keasaman akan semakin kecil.

4.2.3. Pengukuran Volume Bioetanol

Pengukuran volume bioetanol bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak volume bioetanol setelah dilakukan distilasi atau penyulingan. Ternyata setelah dilakukan pengukuran volume bioetanol, variasi jumlah *yeast* ternyata berpengaruh terhadap volume bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran volume dilakukan menggunakan gelas ukur merk Pyrex kapasitas 50 ml. Berikut adalah salah satu kondisi pengamatan pengukuran volume etanol ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengukuran Volume Etanol

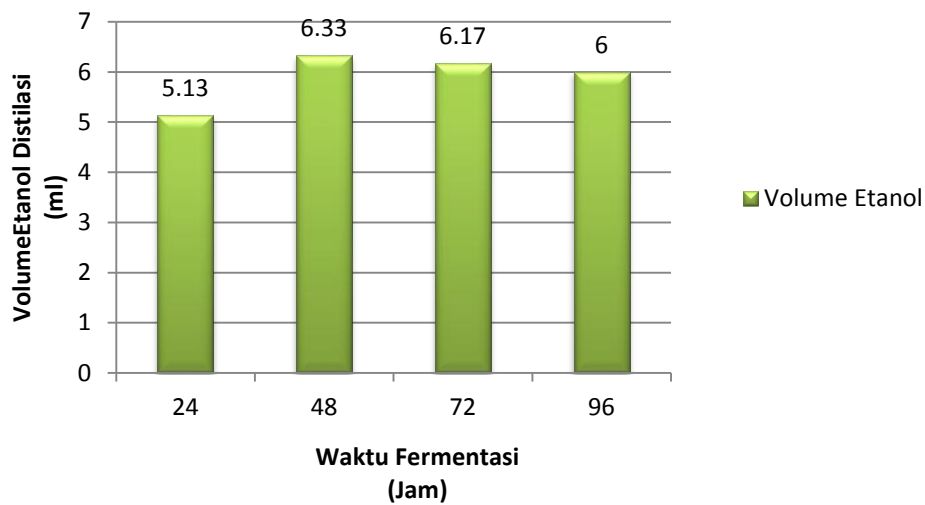
Dari foto pengamatan pengukuran kadar etanol terlihat bahwa volume etanol tertinggi pada sampel (B) sampel fermentasi 48 jam. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi paling baik adalah selama 24 jam.

Untuk mengetahui volume etanol secara spesifik, dari semua data hasil penelitian dan pengukuran dilakukan rata-rata. Data rata-rata volume etanol ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Rata-Rata Pengukuran Volume Etanol Hingga Fermentasi 96 Jam

Nama Sampel	Volume Etanol (ml)
A	5,13
B	6,33
C	6,17
D	6,00

Dari semua data hasil pengukuran volume etanol pada tabel 4.7 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.15 berikut.



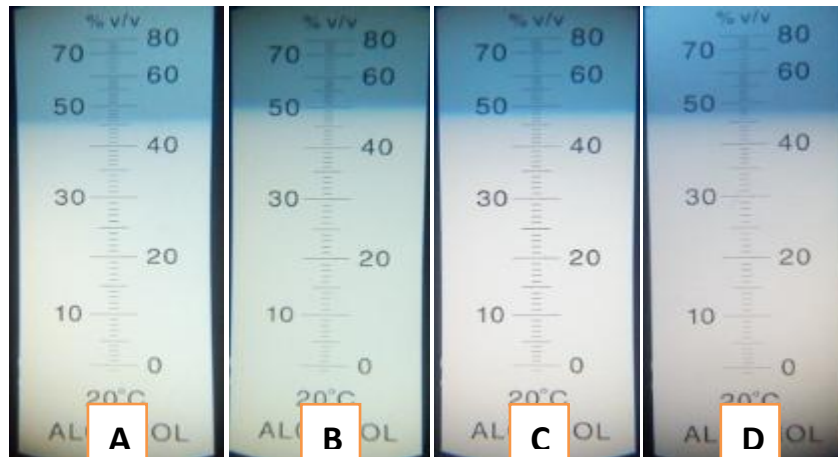
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Volume Etanol Distilasi

Dari grafik gambar 4.15 menunjukkan bahwa volume tertinggi yang diperoleh pada waktu fermentasi 48 jam sebesar 6,33 ml. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu fermentasi 48 jam adalah waktu terbaik untuk fermentasi. Adanya perbedaan volume yang diperoleh dapat dijelaskan berdasarkan penguraian gula menjadi etanol. Jika penguraian gula menjadi etanol semakin banyak maka akan didapatkan etanol yang lebih banyak juga. Untuk penurunan volume etanol dipengaruhi oleh adanya etanol yang telah terkonversi menjadi asam - asam organik sehingga volumenya mengalami penurunan. 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 data pengukuran dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi adalah 48 jam dengan volume etanol 6,33 ml.

4.2.4. Pengukuran Kadar Etanol

Pengujian kadar etanol bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan etanol yang dihasilkan. Pengujian kadar etanol dilakukan

menggunakan alat *refraktometer alcohol* merk ATC. Berikut adalah salah satu pengambilan data pengukuran kadar etanol dapat ditunjukkan pada gambar 4.16.



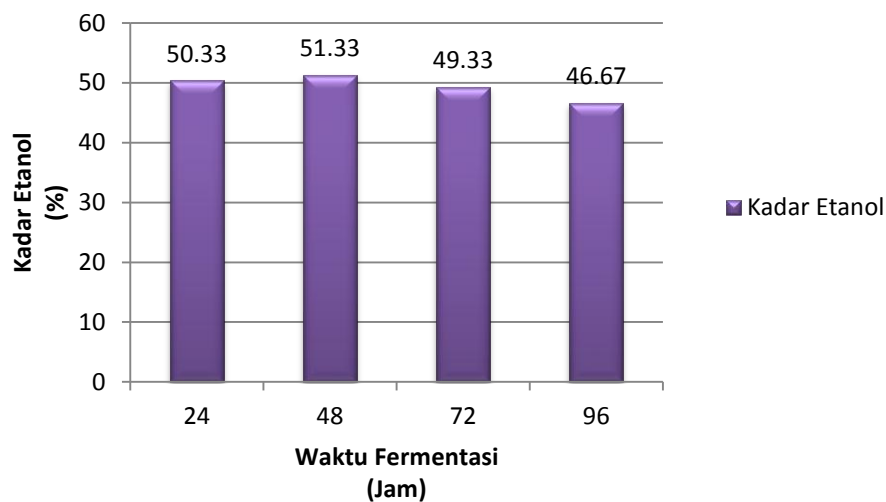
Gambar 4.16 Pengukuran Kadar Etanol

Dari pengukuran kadar etanol terlihat adanya perbedaan disetiap sampelnya. Untuk mengetahui lebih spesifik data kadar etanol, maka keseluruhan data penelitian dilakukan rata-rata. Data rata-rata kadar etanol ditunjukkan pada data tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Rata-Rata Pengujian Kadar Etanol Hingga Fermentasi 96 Jam

Nama Sampel	Kadar Etanol (%)
A	50,33
B	51,33
C	49,33
D	46,67

Dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 4.7 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol

Dari grafik gambar 4.17 menunjukkan bahwa fermentasi 24 jam menghasilkan kadar etanol 50,33% kemudian kadar mengalami kenaikan pada fermentasi di 48 jam sebesar 51,33% persen. Kadar etanol mengalami penurunan pada jam fermentasi 72 jam sebesar 49,33% dan diakhiri kadar sebesar 46,67% pada fermentasi akhir (96 jam). Pada waktu fermentasi 24 jam penguraian gula menjadi etanol belum maksimal, hal ini menyebabkan kadar etanol belum maksimal. Untuk jam ke-48 memiliki kadar etanol yang lebih tinggi dibanding yang lainnya dikarenakan penguraian gula menjadi etanol sudah maksimal. Kadar etanol akan menurun seiring penguraian etanol menjadi asam-asam organik yaitu untuk fermentasi 72 - 96 jam. Dari data pengamatan dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi adalah 48 jam dengan kadar etanol yang dihasilkan 51,33 %.