



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN CUKA APEL FUJI (*MALUS 'FUJI'*)
MENGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* DAN
*ACETOBACTER ACETI***

SKRIPSI

MOH BASWAN DE GORIE

040526018X

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
Januari 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN CUKA APEL FUJI (*MALUS 'FUJI'*)
MENGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* DAN
*ACETOBACTER ACETI***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

MOH BASWAN DE GORIE

040526018X

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

DEPOK

Januari 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Moh Baswan de Gorie
NPM : 040526018x

Tanda Tangan : 
Tanggal : 5 Januari 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Moh Baswan de Gorie
NPM : 040526018x
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pembuatan cuka apel fuji (*malus 'fuji'*) menggunakan *saccharomyces serevisiae* dan *acetobacter aceti*.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Tilani, H.S.,Msi



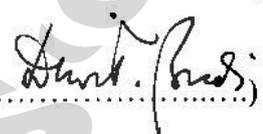
(.....)

Penguji I : Ir. Sukirno MEng.



(.....)

Penguji II : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Desember 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia Pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Tilani, H.S., Msi, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pihak Departemen Teknik Kimia dan Departemen Kimia yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang diperlukan;
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Januari 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Moh Baswan de Gorie
NPM : 040526018x
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PEMBUATAN CUKA APEL FUJI (*MALUS 'FUJI'*) MENGGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* DAN *ACETOBACTER ACETI*

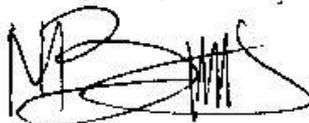
Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Januari 2009

Yang menyatakan



(Moh Baswan de Gorie)

ABSTRAK

Nama : Moh Baswan de Gorie
Program Studi : Teknik Kimia
Judul :

PEMBUATAN CUKA APEL FUJI (*MALUS 'FUJI'*) MENGGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* DAN *ACETOBACTER ACETI*

Makanlah apel setiap hari dan tubuh Anda akan terhindar dari serangan penyakit. Demikian peribahasa Inggris "*An Apple a Day Keeps The Doctor Away*". Peribahasa ini tidaklah berlebihan, mengingat beragam manfaat kesehatan yang bisa diperoleh dari apel.

Apel fuji dipilih untuk di jadikan sumber baru dalam pembuatan cuka apel karena apel fuji sudah dikenal oleh masyarakat Indonesia maka selebihnya masyarakat juga pasti ingin tahu apa itu apel fuji hasil dari fermentasi (cuka apel fuji). Sehingga penelitian ini mengacu pada bagaimana membuat cuka apel yang layak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Alasan inilah yang melatarbelakangi pembuatan cuka apel sebab dijelaskan.

Metode pembuatan cuka apel yang dilakukan adalah metode fermentasi alkohol dengan menggunakan *saccharomyces cerevisiae* dan metode pengasaman dengan menggunakan *acetobacter aceti*. Metode yang digunakan dalam menguji produk cuka apel adalah metode titrasi, metode penentuan tingkat keasaman, metode penentuan *spesifik gravity*, metode penentuan kadar alkohol dengan menggunakan GC (fasa produk cair) dan metode penentuan warna, bau dan rasa (Uji Organoleptik).

Berbagai variasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi penambahan gula; dan variasi penggunaan kultur *saccharomyces cerevisiae*. Hasil yang akan dianalisa adalah kadar alkohol, tingkat keasaman (pH), *spesifik gravity*, dan kadar asam asetat. Hasil utama yang diinginkan penelitian ini adalah hasil produk cuka apel yang memiliki jumlah alkohol yang sangat sedikit hingga bisa di konsumsi umat muslim pada umumnya dan mempunyai rasa sedikit asam, bau cuka yang khas dan warna agak bening. Dari penelitian ini, diharapkan dapat diketahui suatu kondisi optimum dari pembuatan cuka apel hingga menghasilkan cuka apel yang memiliki kadar alkohol rendah dan kadar asam asetat yang layak di konsumsi masyarakat sebagai minuman penyegar.

Kata kunci : Cuka Apel Fuji, Fermentasi, *Spesifik gravity*, pH, Alkohol, Sumber Gizi.

ABSTRACT

Name : Moh Baswan de Gorie
Study Program : Chemical Engginering
Judul :

MAKING of APPLE VINEGAR FUJI (MALUS ' FUJI') APPLIES SACCHAROMYCES CEREVISIAE AND ACETOBACTER ACETI

Eats apple every day and your body will be protected from disease attack. Said British proverb " An Apple a Day Keeps The Doctor Away". This non abundant proverb, remembers having immeasurable health benefit which able to be obtained from apple.

Apple fuji selected for in making new source in making of apple vinegar because apple fuji have been recognized by Indonesia public hence public rest also surely liked to know is that apple fuji result from fermentation (apple vinegar fuji). So this research refers to how making apple vinegar that is it is good to is consumed Indonesia public. This reason surrounds making of apple vinegar because explained.

Making method of apple vinegar done is alcoholic fermentation method by using saccharomyces cerevisiae and acidification method by using acetobacter aceti. Method applied in testing apple vinegar product is titration method, determination method of level of acidity, specific determination method of grafity, determination method of alcohol rate by using GC (liquid product phase) and determination method of colour, aroma and taste (Organoleptic Test).

Various variation which will be done in this research is various addition of sugar; and various usage of culture saccaromyces cereviseae. Result which will be analysed is alcohol rate, level of acidity (hydrogen ion exponent), specific of grafity, and acetate acid contents. Main result wanted by this research is result of apple vinegar product having number of a real alcohols is rather finite can in consuming moslem believer in general and its(the pu taste is rather acids, vinegar aroma that is typical and rather colour transparent. From this research, expected is knowable an optimum condition from making of apple vinegar so yielding apple vinegar having low alcohol rate and competent acetate acid contents in consuming public as pickmeup.

Keyword : Apple Vinegar Fuji, fermentation, Specific of grafity, pH, Alcohol, Source Of Gizi.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
1 PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah.....	3
I.5 Sistematika Penulisan.....	3
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Cuka Fermentasi	5
2.1.1 Definisi	5
2.1.2 Proses Fermentasi	7
2.1.2.1 Alkoholisasi Dalam Fermentasi Anaerob	7
2.1.2.1 Asetifikasi Dalam Fermentasi Aerob	9
2.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Produksi Cuka Fermentasi	10
2.2.1 Jenis dan Kualitas Substrat Fermentasi	10
2.2.2 Seleksi Mikroorganisme	10
2.2.3 pH Awal Substrat.....	11
2.2.4 Suhu	11
2.2.5 Oksigen	11
2.2.6 Konsentrasi Alkohol	12
2.2.7 Konsentrasi Gula	12
2.3 Mikroorganisme Yang Berperan Dalam Fermentasi Cukal	13
2.3.1 <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	13
2.3.2 <i>Acetobacter Aceti</i>	14
2.4 Apel Fuji	16
2.4.1 Vitamin	17
2.4.2 Pektin	18
2.4.3 Fitokimia.....	19
2.5 Metode Analisa Produk	20
2.5.1 Gas <i>Chromatography</i>	20
2.5.2 Vinegar Titrasi	21
2.5.3 Metode Penentuan Potensial Hidrogen.....	22
2.6 Pemilihan Metode Fermentasi Apel	23

BAB 3 RANCANGAN PENELITIAN	25
3.1 Variabel Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.3.1 Preparasi Apel Fuji	28
3.3.2 Tahap Fermentasi Alkohol	29
3.3.3 Tahap Fermentasi Asam	29
3.3.4 Tahap Analisis Produk Fermentasi.....	30
3.3.5 Tahap Penyajian dan Pengolahan Data.....	33
3.4 Lokasi Penelitian	33
3.5 Gambar Alat Penelitian.....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Analisis Percobaan.....	36
4.1.1 Analisis Alkohol Menggunakan Gas Kromatografi	39
4.1.2 Analisis Cuka Apel Menggunakan Metode Titrasi	41
4.1.3 Uji Organoleptik	42
4.1.4 Pengaruh Media	43
4.2 Pengaruh Penambahan Variasi Gula dan Variasi Ragi.....	45
4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol	46
4.4 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Asam Asetat....	48
4.5 Pengaruh Waktu Fermentasi Dengan pH Cuka Apel	50
4.6 Penentuan Kondisi Optimum.....	51
BAB V KESIMPULAN	53
DAFTAR REFERENSI	54
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Produk Apel Impor 2004.....	1
Gambar 2.1	Botol Air Lock.....	8
Gambar 2.2	<i>Breakdown Fermentasi</i>	9
Gambar 2.3	<i>Saccharomyces serevisiae</i>	13
Gambar 2.4	<i>Acetobacter aceti</i>	14
Gambar 2.5	Apel Fuji (Malus ‘Fuji’).....	16
Gambar 2.6	Struktur Kimia Pektin	19
Gambar 2.7	Hanna Hand-Held pH Meter	23
Gambar 3.1	Skema Penelitian.....	25
Gambar 3.2	Skema Alat Pada Tahap Reaksi Fermentasi Anaerob.....	34
Gambar 3.2	Skema Alat Pada Tahap Reaksi Fermentasi Aerob.....	34
Gambar 4.1	Pembentukan Lapisan Putih Pada Proses Asetifikasi	37
Gambar 4.2	Pembentukan Mother Vinegar Pada Proses Asetifikasi.....	38
Gambar 4.3	Kurva Regression Linear Pada Perhitungan Standar Alkohol Tanggal 28 Oktober 2008.....	40
Gambar 4.4	Pembacaan Hasil Gas Cromatografi Pada Analisis Etanol.....	40
Gambar 4.5	Gambar Produk Cuka Apel Fuji.....	42
Gambar 4.6	Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan Kadar Etanol (%).....	46
Gambar 4.7	Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Pembentukan Asam Asetat (%).....	48
Gambar 4.8	Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan pH Cuka Apel.....	50
Gambar 4.9	Gambar Penentuan Kondisi Optimum Variasi Cuka Apel.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Kimia Yang Terkandung Dalam Cuka Apel.....	6
Tabel 2.2	Kandungan Kimia Yang Terkandung Dalam Buah Apel.....	17
Tabel 3.1	Alat Penelitian Dan Kegunaanya.....	26
Tabel 3.2	Bahan Penelitian Dan Kegunaanya.....	27
Tabel 4.1	Tabel Larutan Standar Pada Tgl 27 Oktober 2008.....	39
Tabel 4.2	Tabel Larutan Sampel Pada Tgl 27 Oktober 2008.....	39
Tabel 4.3	Tabel Pengukuran Kadar Cuka Apel Pada Variasi 0% + 5 gram Ragi.....	37
Tabel 4.4	Hasil Rata-rata Uji Organoleptik Cuka Apel Fuji.....	42
Tabel 4.5	Tabel Perbandingan Jumlah Etanol Pada Hari Pertama dan Hari Keempat.....	44
Tabel 4.6	Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Perubahan Etanol (%) Hari ke-20 Alkoholisasi.....	45
Tabel 4.7	Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Perubahan Etanol (%) Asam Asetat (%) Cuka Apel.....	46
Tabel 4.8	Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Pembentukan Asam Asetat (%) Cuka Apel.....	48
Tabel 4.9	Pengaruh Faktor A Dan Faktor B Terhadap pH Cuka Apel	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rincian Data GC Dengan Luas Pick Untuk Analisis Alkohol	58
Lampiran 2 Rincian Data GC Pada Penentuan Standar Etanol Hari Ke-8	58
Lampiran 3 Rincian Data GC Pada Penentuan Standar Etanol Hari Ke-11	59
Lampiran 4 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1	60
Lampiran 5 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1	61
Lampiran 6 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1	62
Lampiran 7 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4	63
Lampiran 8 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4	64
Lampiran 9 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4	65
Lampiran 10 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8	66
Lampiran 11 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8	67
Lampiran 12 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8	68
Lampiran 13 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11	69
Lampiran 14 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11	70
Lampiran 15 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11	71
Lampiran 16 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15	72

Lampiran 17 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15	73
Lampiran 18 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15	74
Lampiran 19 Data Penentuan Cuka Pada variasi 0% Gula dan 7.5 gram Ragi	75
Lampiran 20 Data Penentuan Cuka Pada variasi 10% Gula dan 5 gram Ragi	75
Lampiran 21 Data Penentuan Cuka Pada variasi 10% Gula dan 7.5 gram Ragi ..	75
Lampiran 22 Data Penentuan Cuka Pada variasi 15% Gula dan 5 gram Ragi	75
Lampiran 23 Data Penentuan Cuka Pada variasi 15% Gula dan 7.5 gram Ragi ..	76



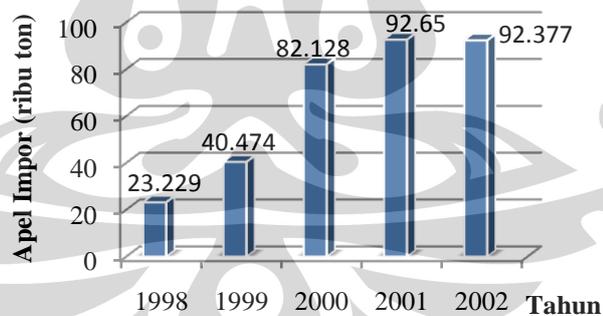
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cuka apel fuji adalah bahan minuman yang sangat bermanfaat yang berasal dari hasil fermentasi apel fuji, apel fuji ini diimpor ke Indonesia dan diolah melalui proses fermentasi. Karena merupakan minuman hasil fermentasi maka minuman cuka apel fuji ini dapat menimbulkan rasa asam yang segar dan dapat memulihkan kesehatan badan karena memiliki kandungan antioksidan atau sumber serat paling baik, bebas kolesterol dan lemak.

Pemanfaatan apel fuji menjadi cuka apel fuji dilakukan berdasarkan survey peningkatan apel impor yang diperoleh dari data FAO tahun 2004 dimana Indonesia memiliki jumlah data impor apel yang cukup tinggi. Peningkatan apel impor yang masuk ke Indonesia belum tentu habis dimanfaatkan dan habis terjual. Untuk itu perlu dilakukan suatu upaya pemanfaatan apel impor yakni memproduksi cuka apel impor. Pada tabel di bawah disajikan grafik jumlah impor buah apel di Indonesia (data diperoleh dari komoditas hortikultura ekspor impor Dinas Pertanian).



Gambar 1. 1 Produk Apel Impor 2004

Selain itu kurangnya pemahaman masyarakat untuk mengkonsumsi minuman hasil fermentasi, maka perlu dicari jenis apel yang terkenal dan sering dikonsumsi oleh masyarakat sehingga masyarakat merasa tertarik untuk mengkonsumsi apel hasil fermentasi. Jika ingin memperkenalkan cuka apel fuji maka perlu menentukan standar cuka apel fuji yang layak dikonsumsi masyarakat Indonesia.

Cuka apel dengan menggunakan apel fuji diharapkan memiliki kandungan gizi yang tinggi sebagai minuman kesehatan, memberikan khasiat dan tahan dalam jangka waktu yang cukup lama serta memiliki rasa yang enak seperti minuman yang manis sampai rasa cuka apel yang tajam (variabel keasaman ini dikendalikan oleh lamanya pengasaman atau waktu, serta jumlah gula yang dibuat juga ikut menentukan rasanya dalam suatu tempat).

Proses pembuatan cuka apel cukup sederhana, yakni gula dari ekstrak apel diubah oleh ragi menjadi alkohol dan diteruskan dengan penggunaan *acetobacter aceti* hingga menghasilkan cuka apel.

Penelitian tentang proses fermentasi apel telah dilakukan sebelumnya oleh Keukeu K. Rosada dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Y.D. Hang Dkk. dari Cornell University. Sedangkan penelitian lainnya yang menyangkut tentang masalah fermentasi cuka dilakukan oleh Kadir Nurjaya dari Universitas Indonesia (UI).

Oleh Rosada, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar asam asetat tertinggi di peroleh dari medium tanpa penambahan gula awal, perbandingan jumlah inokulum *saccharomyces cerevisiae* dan *acetobacter aceti* pada 7:3 yang dicapai pada masa inkubasi. Sedangkan oleh Y.d. Hang dkk, menerangkan produksi alkohol pada juice apel menggunakan *saccharomyces cerevisiae* adalah sebesar 43 gram etil alkohol/kg apel dalam 30⁰C pada 24 jam (1 hari). Oleh Kadir, Menerangkan adanya pengaruh perbandingan ragi dan *acetobacter* pada fermentasi cuka. Bahwa perbandingan jumlah sel ragi dan bakteri 1:1 – 1:4 tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap konsentrasi asam asetat. Selain itu adanya kadir menerangkan beberapa faktor-faktor yang menyebabkan rusaknya cuka fermentasi.

Perbedaan dengan penelitian ini, adalah apel yang digunakan berbeda, dan variasi yang digunakan juga berbeda. Sedang kelebihan dari penelitian ini adalah dapat menggambarkan pengaruh dari ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan jelas dan pengaruh penggunaan *Acetobacter aceti* yang dapat diperoleh dari lingkungan. Dari proses fermentasi pada penelitian ini diharapkan suatu produk cuka apel, yang juga menjadi kelebihan penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menghindari pengaruh-pengaruh kerusakan cuka fermentasi dan mencari kondisi optimum pada pembuatan produk cuka apel fuji yang menggunakan variasi penambahan gula dan *Saccharomyces cerevisiae*,

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pH, kadar alkohol, dan kadar asam asetat dari produk cuka apel sebagai parameter optimasi proses fermentasi.
2. Mempelajari pengaruh variasi gula dan ragi di hari ke-20 fermentasi alkoholisasi.
3. Mempelajari pengaruh waktu analisis fermentasi terhadap perubahan jumlah alkohol, pembentukan asam asetat dan nilai pH cuka Apel fuji.
4. Mempelajari cara penghilangan alkohol melalui perbandingan media fermentasi.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan baku yang digunakan adalah Apel fuji yang di impor dari China.
2. Kultur *Saccaromyces cereviseae* berasal dari ragi tape.
3. Kultur *Acetobacter aceti*, yang berasal dari lingkungan.
4. Semua dikerjakan dalam Laboratorium Dasar Proses Kimia (Lab. DPK) Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika tulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang informasi dan teori-teori yang mendukung penelitian pembuatan cuka apel.

BAB III METODOLOGI

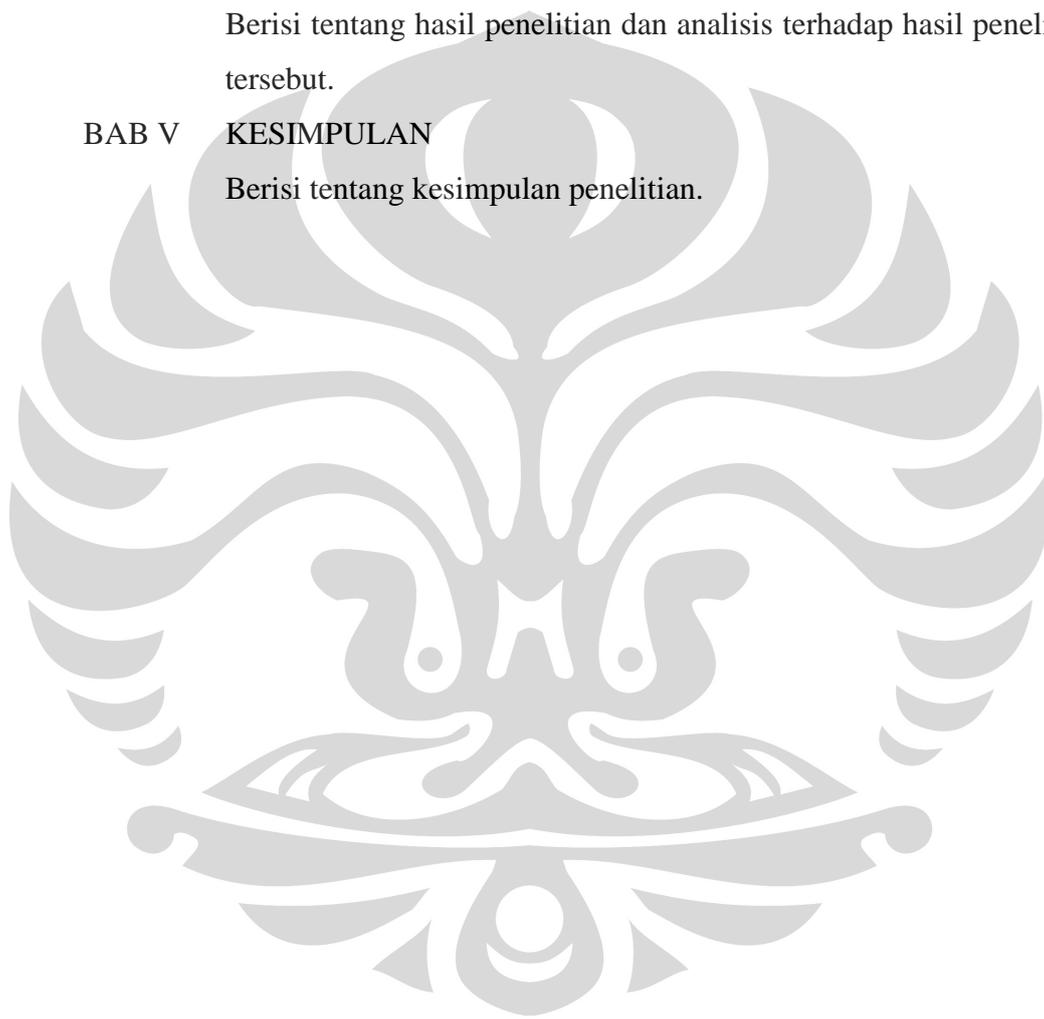
Berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan penelitian.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cuka fermentasi

2.1.1 Definisi

Menurut Wong *C apple cider vinegar* adalah sejenis *vinegar* buatan hasil dari fermentasi *cider apple*. Selama proses ini, gula di dalam minuman dari buah apel di olah oleh ragi menjadi alkohol dan alkohol diolah lagi oleh bakteri membentuk cuka ¹.

Cuka, cuka sari buah apel, cuka apel. Produk ini dibuat melalui fermentasi alkoholik sari apel diikuti dengan fermentasi asetat. Produk ini mengandung tidak kurang dari 4 gram asam asetat dalam 100 sentimeter kubik (20⁰C) ².

Selain asam asetat dan alkohol, cuka fermentasi juga mengandung senyawa-senyawa sekunder yang mempengaruhi rasa, aroma, dan kualitas cuka. Senyawa-senyawa tersebut dapat berasal dari substrat yang digunakan, nutrient yang ditambahkan, dan air yang digunakan untuk pengenceran. Senyawa-senyawa sekunder dapat pula merupakan hasil metabolisme bakteri asam asetat atau hasil interaksi senyawa-senyawa tersebut ³.

Padatan yang terlarut dalam cuka fermentasi tergantung dari substrat yang digunakan. Densitas, titik didih, titik beku, tegangan permukaan, dan viskositas cuka fermentasi juga bervariasi tergantung dari konsentrasi asam asetat serta substrat yang digunakan. Selain itu pH cuka berkualitas baik berkisar antara 2,8-3,8 ⁴.

¹ Wong, C. (2007). *Apple cider vinegar*. Maret 5, 2008. <http://altmedia.about.com/od/applecidervinegar/a>.

² Irianto. K. (2006, November). *Mikrobiologi: menguat dunia microorganisme*. Bandung: CV Yrama Widya, 208-218.

³ Ebner, H. & H. Follman. (1983b). *Vinegar*. Dalam: Rehm, H.J & G. Reed (eds). 1983b. *Biotechnology*. Vol. 5 : *Food and Feed Production with Microorganism*. Verlag Chemie. Weinheim : 426-444.

⁴ Ebner, H. (1992). *Vinegar*. Dalam: Prescott & Dunn's. 1982. *Industrial Microbiology*. 4th ed. G. Reed (ed.). Avi Publishing Co.Inc. Westport Connecticut, 802-829.

Asam asetat memiliki sifat antara lain ⁵:

- Berat molekul 60,05
- berupa cairan jernih (tidak berwarna), berbau khas, mudah larut dalam air, alkohol, dan eter
- larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah (korosif)
- asam asetat bebas-air membentuk kristal mirip es pada 16,7°C, sedikit di bawah suhu ruang, mempunyai titik didih 118,1 °C, dan mempunyai titik beku 16,7 °C, Spesific gravity 1,049.

Adapun kandungan nutrisi dan mineral pada cuka apel yang diperoleh dari <http://www.nal.usda.gov/> adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Yang Terkandung Cuka Apel ⁶.

Nutrient	Units	Value per 100 grams	Number of Data Points	Std. Error
Proximates				
Water	g	93.81	3	0.092
Energy	kJ	90	0	
Ash	g	0.17	3	0.003
Carbohydrate, by difference	g	0.93	0	
Sugars, total	g	0.40	0	
Glucose (dextrose)	g	0.10	1	
Fructose	g	0.30	1	
Minerals				
Calcium, Ca	mg	7	4	0.108
Iron, Fe	mg	0.20	4	0.003
Magnesium, Mg	mg	5	3	0.485
Phosphorus, P	mg	8	3	0.244
Potassium, K	mg	73	4	5.617
Sodium, Na	mg	5	4	0.855
Zinc, Zn	mg	0.04	3	0.005
Copper, Cu	mg	0.008	3	0
Manganese, Mn	mg	0.249	3	0.057
Selenium, Se	mcg	0.1	0	

⁵ Perry. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. McGraw-Hill: America.

⁶ Usda Breakdown Of Apple Cider Vinegar. (n.d.). Desember 7, 2008. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/index.htm>

2.1.2 Proses Fermentasi

Produksi cuka fermentasi dari bahan yang mengandung glukosa terjadi melalui 2 tahap fermentasi, yaitu alkoholisasi dan asetifikasi.

2.1.2.1 Alkoholisasi Dalam Fermentasi Anaerob

Pada tahap ini terjadi perubahan glukosa menjadi etanol. Mikroorganisme yang berperan dalam tahap alkoholisasi adalah ragi dan biasanya digunakan jenis ragi *saccharomyces cerevisiae* Hansen var *ellipsoideus* (Hansen) Deeker yang mempunyai kemampuan yang cukup tinggi untuk memproduksi alkohol. Secara singkat glukosa membentuk etanol menurut persamaan reaksi berikut ⁷ :



Fermentasi khamir digunakan untuk menghasilkan alkohol. Konsentrasi alkohol yang dihasilkan disesuaikan menjadi antara 10-13% ².

Selama proses fermentasi alkohol terjadi serangkaian reaksi antara dan pada produk akhir juga dihasilkan sejumlah gliserol, asam asetat, asam suksinat, dan amil alkohol ⁷.

Menurut Kunkee & Amerin ⁸ beberapa faktor yang mempengaruhi proses alkoholisasi antara lain sumber C, CO₂, pH substrat, O₂, mineral dan suhu.

Pada proses fermentasi alkohol, jumlah konsentrasi maksimum etanol yang dapat diproduksi oleh ragi, bervariasi antara 0-19 % (v/v). Secara teoritis, sebanyak 51.1 % glukosa dikonversikan menjadi etanol dan sisanya 48.9% menjadi CO₂. Namun pada kenyataannya hanya sekitar 90-95 % diatas yang dikonversikan menjadi etanol. Sisanya digunakan untuk pertumbuhan dan metabolisme sel ragi ⁸.

Menurut Kosario dkk. pada umumnya ragi dapat tumbuh dan sangat efisien dalam fermentasi alkohol pada pH 3.5-6.0 dan suhu 28-30 °C ⁹.

⁷ Frazier, W.C., & Westhoff, D.C. (4th ed.). (1988). *Food Microbiology*. (pp. 539). New York: Mc Graw-Hill, Inc.

⁸ Kunke, R.E., & M.A. Amerine 1970. *Yeast in Wine Making*. In A.H. Rose & J.S. Harrison (ed.). 1970. *The Yeast: Yeast Technology*. (vol. 3, pp 6-60). London: Academic Press.

Alkoholisasi di lakukan dalam wadah tertutup dimana atas wadah di beri penutup yang disambungkan dengan air, jatuhnya lapisan tipis agar-agar dari bakteri vinegar akan memperlambat asetifikasi. Selain itu bisa dicegah dengan memasang lapisan yang dapat mengapungkan lapisan tipis agar-agar dari bakteri vinegar ketika fermentasi berlangsung, akan ada suatu endapan dari ragi dan endapan tersebut menjadi bubur secara berangsur-angsur hingga jatuh membentuk endapan di bawah wadah. Botol airlock yang digunakan dapat digambarkan sebagai berikut ¹⁰.



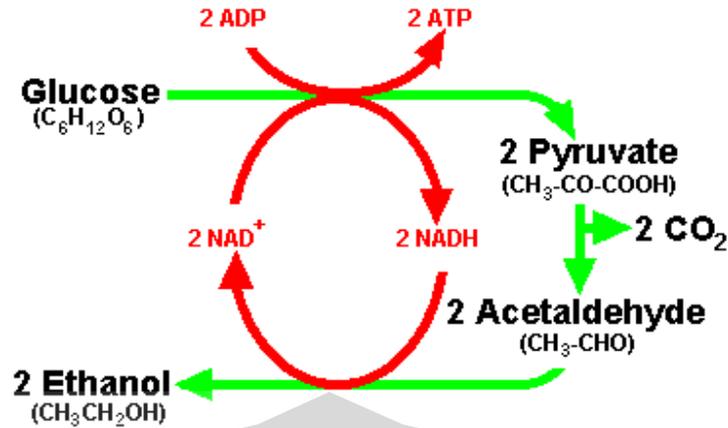
Gambar 2.1 Botol Air Lock

Menurut Benjamin Frankin, *saccharomyces serevisia* mendapatkan energi dari *breakdown* fermentasi seperti terlihat pada diagram *opposite* pada gambar 2.2 ¹¹.

⁹ Kosaric, N., Wiczorek, A., Consentino, G.P., & Magee, R. J. (1988). *Ethanol Fermentation*. In H.J. Rehm & G. Reed (ed.). 1983. *Biotechnology: Biomass Microorganism for Special Applications, Microbial Products I, Energy from Renewable Resources* (vol. 3, pp. 261 – 356). Weinheim: Verlag Chemie.

¹⁰ Sixgold. (n.d). *Wine Making*. April 11, 2008. <http://www.sixgolds.com/wine.html>

¹¹ Franklin, B. (2007). *Saccharomyces Cerevisiae*. Mei 17, 2008. <http://www.microbiolgybytes.com/video/scerevisiae.html>



Gambar 2.2 Breakdown Fermentasi

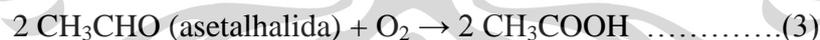
2.1.2.2 Asetifikasi Dalam Fermentasi Aerob

Pada fermentasi ini terjadi perombakan alkohol menjadi asam asetat dan air. Proses ini merupakan proses oksidasi dengan bantuan bakteri asam asetat menurut persamaan reaksi berikut:

Acetobacter aceti



Menurut Frazier & Westhoff, asetalhalida merupakan senyawa antara dalam reaksi asetifikasi. Sejumlah kecil aldehida, ester-ester, dan senyawa aromatis lainnya akan terbentuk pula diantara produk akhir⁷.



Fermentasi asam asetat yang berkelanjutan dapat mengubah asam asetat menjadi karbondioksida dan air. Hal itu terjadi bila aerasi berlebihan, atau karena rendahnya konsentrasi alkohol⁷.

Menurut Frazier & Westhoff konsentrasi alkohol yang tinggi ternyata dapat menghambat metabolisme bakteri asam asetat, sehingga proses oksidasi alkohol menjadi asam asetat akan terhenti. Penghambatan tersebut terjadi pada konsentrasi alkohol berkisar antar 14 sampai 15%⁷.

2.2 Faktor–faktor Yang Mempengaruhi Produksi Cuka Fermentasi

2.2.1 Jenis dan Kualitas Substrat Fermentasi

Cuka fermentasi dapat dibuat dari berbagai macam substrat yang dapat menghasilkan alkohol melalui proses fermentasi. Buah-buahan, madu, molase, sereal, dan umbi-umbian adalah beberapa contoh substrat untuk fermentasi cuka¹².

Menurut Daulay & Rahman perbedaan substrat fermentasi yang digunakan dapat mempengaruhi komposisi cuka sehingga menghasilkan cuka yang berbeda dan spesifik. Kualitas cuka sangat tergantung pula pada kualitas substratnya¹³.

Pada dasarnya semua substansi yang digunakan harus mengandung paling sedikit 8% gula atau bahkan lebih, air serta nutrient untuk pertumbuhan bakteri asam asetat¹⁴. Menurut Ebner & Follmann umumnya substrat fermentasi yang biasa digunakan untuk produksi cuka, tidak memerlukan nutrient tambahan¹⁵.

2.2.2 Seleksi Mikroorganisme

Meskipun terdapat banyak strain bakteri yang mampu memproduksi asam asetat, namun hanya sedikit strain yang dapat memproduksi asam asetat dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan seleksi untuk mendapatkan bakteri asam asetat yang berkualitas baik¹².

Biasanya bakteri yang digunakan adalah yang memiliki kemampuan cukup tinggi dalam memproduksi asam asetat, toleran terhadap konsentrasi asam asetat, toleran terhadap substansi etanol dan stabil dalam kondisi fermentasi^{9 13}.

¹² Prescott, S.C., & C.G. Dunn's. (3rd ed.). (1959). *Industrial Microbiology*. (pp. 945). New York: Mc-Graw-Hill Book Co. Inc.

¹³ Daulay, D., & Rahman, A. (1982). *Teknologi Fermentasi Sayuran dan Buah-buahan*. Bogor: Pusat Antar Universitas IPB.

¹⁴ Vaughn, R.H. (1954). *Acetic Acid-Vinegar*. In Underkofler L.A & R.J.H. Hickey (ed.). 1954. *Industrial Fermentations*. (pp. 498-533). New York: Chemical Publishing Co. Ind.

¹⁵ Ebner, H., & Follman, H. (1983a). *Acetic Acid*. In Rehm, H.J. (ed.) 1983a. *Biotechnology: Biomass Microorganism for Special Applications, Microbial Products I, Energy from Renewable Resources*. (vol. 3, pp. 389-407). Weinheim: Verlag Chemie.

2.2.3 pH Awal Substrat

Penelitian mengenai pengaruh pH awal terhadap pertumbuhan bakteri asam asetat dan produksi asam cuka telah banyak dilakukan. Pertumbuhan bakteri asam asetat berupa lapisan tipis, muncul setelah seminggu masa inkubasi pada suhu kamar, dan pH 4.0-4.5. pada pH dibawah 3.0 dan diatas 8.0 tidak terlihat adanya pertumbuhan dan penambahan keasaman. Produksi asam asetat optimum diperoleh pada substrat dengan pH awal 5.0 ¹⁶.

2.2.4 Suhu

Menurut Prescott & Dunn's (1959 : 375) suhu lingkungan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi asam asetat. Pertumbuhan bakteri asam asetat yang sangat sedikit berlangsung pada suhu inkubasi 12-15 °C. Pertumbuhan bakteri yang cepat dan produksi asam asetat yang optimum berlangsung pada suhu 15-34 °C ¹².

Hasil penelitian Maceda & Palo diketahui bahwa pada suhu 35 °C terjadi penurunan produksi asam asetat. Pada suhu 40 °C pertumbuhan bakteri asam asetat terhambat dan hanya sejumlah kecil asam asetat yang terbentuk ¹⁶.

2.2.5 Oksigen

Proses oksidasi etanol menjadi asam asetat sangat tergantung pada tersediannya oksigen, yang berfungsi sebagai akseptor hidrogen dalam proses tersebut. Jika pemberian oksigen atau aerasi berlebihan maka akan terjadi oksidasi lanjut terhadap asam asetat ¹².

¹⁶ Maceda, L.M., & Palo, M.A. (1987). *A Study on a Acetic Forming Bacterial Isolate and Factors Influencing Its Growth and Production of Acetic Acid or Vinegar from Alcoholic Medium*. Phil. J. of Sci, 96, 112-127.

2.2.6 Konsentrasi Alkohol

Konsentrasi alkohol dalam substrat sangat mempengaruhi fermentasi cuka. Konsentrasi alkohol yang paling berkisar antara 11-13%. Bila konsentrasi alkohol mencapai 14 % atau lebih, maka produksi asam asetat tidak berlangsung secara sempurna. Namun sebaliknya, jika konsentrasi alkohol terlalu rendah maka akan menghasilkan cuka yang bermutu kurang baik. konsentrasi alkohol sebesar 1-2 % akan menyebabkan teroksidasinya ester-ester dan asam asetat sehingga menghilangkan aroma yang khas dari cuka^{12 17 18}.

Menurut Ebner dalam fermentasi cuka yang berlangsung dengan baik, konsentrasi etanol yang dioksidasi menjadi asam asetat adalah sekitas 95-98% dan sisanya hilang dalam bentuk gas¹⁹.

2.2.7 Konsentrasi Gula

Untuk menghasilkan konsentrasi alkohol yang baik bagi produksi asam cuka dibutuhkan konsentrasi gula sekitas 16-18 %. Konsentrasi itu merupakan konsentrasi yang baik untuk mendapatkan produk alkohol yang optimum bagi pembuatan asam cuka²⁰.

¹⁷ Waluyo, S. (1984). *Beberapa Aspek Tentang Pengolahan Vinegar*. (pp. 78). Jakarta: Dewaruci Press.

¹⁸ Kadir, N. (1995). Pengaruh beberapa perbandingan sel *saccharomyces cerevisiae* var. *ellipoides* dan *acetobacter spp.* dalam fermentasi cuka dari limbah kulit nanas (*Ananas comosus* (L) Merr), Skripsi, Depok, Departemen Biologi Fakultas MIPA Universitas Indonesia.

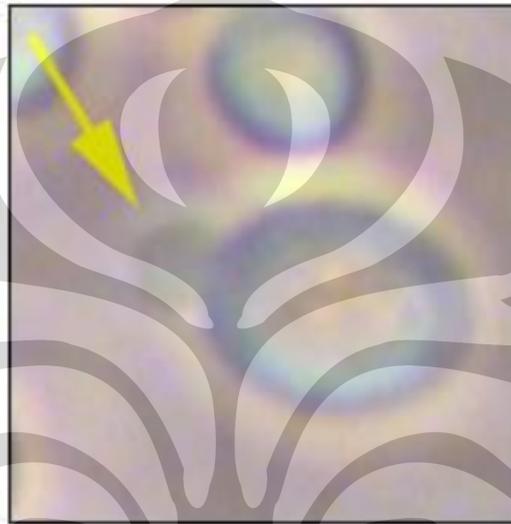
¹⁹ Ebner, H. (1992). *Vinegar*. In Prescott, Dunn's & G. Reed (4th ed.). *Industrial Microbiology*. (pp. 802-829). Westport Connecticut: Avi Publishing Co.Inc.

²⁰ Palo, N.D. (1972). *Vinegar Production from Sugared Coconut Water*. In W.R. Stanton, (ed.). 1972. *Waste Recovery by Microorganisms*. (pp.103-106). Kuala Lumpur: The Ministry of Education Malaysia, The Malaysian National Commission of UNESCO,

2.3 Mikroorganisme Yang Berperan Dalam Fermentasi Cuka

2.3.1 *Saccharomyces Cerevisiae*

Morfologi *Saccharomyces Cerevisiae* bersel tunggal, kadang-kadang berpasangan, membentuk rantai pendek atau *pseudomycelium*. Selnya bulat, semi bulat, bulat memanjang, silindris, oval, dan elips²¹.



Gambar 2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

Pada gambar 2.3 *Saccharomyces* memiliki dinding sel yang tebal, berbentuk oval dengan panjang 10 μm dan lebar 5 μm ¹¹.

Untuk pertumbuhannya, *Saccharomyces cerevisiae* membutuhkan pH dan suhu yang sesuai, sumber karbon, nitrogen, beberapa mineral, vitamin dan beberapa faktor pertumbuhan lainnya. Ragi ini dapat tumbuh pada kisaran pH 2.8-8.9 dengan pH optimumnya 3.5-6.0. Suhu pertumbuhan maksimum 35-37 °C, suhu optimumnya 28-30 °C dan suhu minimumnya 9-11 °C^{9 12}.

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh secara aerob dan anaerob pada substrat yang mengandung senyawa-senyawa gula seperti glukosa, galaktosa,

²¹ Lodder, J. (1st ed.). (1971). *The Yeasts. A Taxonomy Study*. (pp. 1865). Amsterdam: North-Holland Publishing Co.

manosa, fruktosa, sukrosa, maltose. Ragi ini mampu tumbuh pada konsentrasi gula tinggi karena memiliki sifat sakarofilik^{22 23}.

Urea adalah salah satu sumber nitrogen bagi *saccharomyces cerevisiae*, selain itu ragi ini dapat pula menggunakan asam amino, purin dan pirimidin sebagai sumber nitrogen²³.

2.3.2 *Acetobacter Aceti*

Menurut De Ley & Frateur, bakteri asam asetat terbagi atas dua marga yaitu *Acetobacter* dan *Gluconobacter*²⁴.



Gambar 2.4 *Acetobacter aceti*

Bakteri yang termasuk ke dalam *Acetobacter* mempunyai bentuk sel eclipis sampai batang lurus atau sedikit melengkung, dengan ukuran (0.6-0.8) x (1.0-3.0) µm. Sel pada umumnya tunggal berpasangan atau membentuk rantai. Selnya dapat bersifat motil atau nonmotil, flagelnya peritrik, atau tidak berflagel dan tidak membentuk endospora. Biakan muda bersifat Gram negative sedangkan biakan

²² Kreger-van Rij, N.J.W. (3rd ed.). (1984). *The Yeast. A Taxonomy Study* (pp. 1082). Amsterdam: Elsevier Science Publishing.

²³ Berry, D.R. (1989). *Growth of Yeast*. In J.O Neway. 1989. *Fermentation Process Development of Industrial Microorganism* (pp. 277-305). New York: Marcel Dekker.

²⁴ Carr, J.G & S.M Passmore. (1979). *Methods For Identifying Acetic Acid Bacteria*. In F. A. Skinner, & D. W Lovelock (2th ed.). *Identifying Methods for Microbiologists* (pp. 33-47). London: Academic press.

tua bersifat Gram variabel. Bakteri ini bersifat obligat aerob. Etanol dioksidasi menjadi asam asetat dan asam laktat dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O, bila dioksidasi terjadi berlanjut. Suhu optimum pertumbuhannya 30°C, pH optimumnya 5.4-6.3 dan pH 4.0-4.5 masih terdapat pertumbuhan. Sedangkan pada pH 7.0-8.0 pertumbuhannya lemah²⁵. Menurut Andersin marga bakteri ini mampu bertahan pada konsentrasi asam asetat 2-11%²⁶.

Acetobacter lebih menyukai substrat beralkohol dari pada gula. Sumber C (karbon) terbaik untuk pertumbuhannya adalah etanol, gliserol dan asam laktat. Bakteri tersebut tumbuh berkelompok pada permukaan cairan membentuk struktur lapisan, membran tipis atau membran keruh yang merata^{27 28}.

Asam asetat diproduksi dan diekresikan oleh bakteri-bakteri tertentu, misalnya dari genus *Acetobacter* dan spesies *Clostridium acetobutylicum*. Bakteri-bakteri ini terdapat pada makanan, air, dan juga tanah, sehingga asam asetat secara alami diproduksi pada buah-buahan/makanan yang telah basi²⁹.

Steinkraus menyatakan bahwa pembentukan asam asetat terjadi didaerah permukaan substrat yang terdapat pelikel²⁷.

Menurut Ebner & Follman bakteri *acetobacter* mudah kehilangan flagelnya jika bakteri di transfer berulang kali dari lingkungan, flagel diduga berkaitan erat dengan kegagalan pembentukan pelikel pada permukaan substrat fermentasi¹⁵.

²⁵ Buchanan, R.E., & Gibbson, N.E (8th ed.). (1974). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Baltimore: The William & Wilkins Co.

²⁶ Anderson, D.R. 1973. *Introduction to Microbiology*. (pp. 391). Saint Louis: The CV Mosby Co.

²⁷ Steinkraus, K.H. (1983). *Handbook of indigenous Fermented Food*. (vol. 9, pp. 671). New York: Marcel Dekker, Inc.

²⁸ Krieg, N.R., & Holt, J.G. (1984). *Bergey's Manual of Systematics Bacteriology*. (Vol. 1, pp. 964). Baltimore: Williams & Wilkins Co.

²⁹ *Chapman & Hall (6th ed.). (1996). Dictionary of Organic Compounds Vol. 1 London. ISBN.* In Wikipedia International Encyclopedia, Mei 17, 2008. http://id.wikipedia.org/wiki/Asam_asetat/

2.4 Apel Fuji

Apel merupakan buah dari family *Rosaceae*, dengan spesies untuk Apel Impor, apel fuji (*Malus Fuji*). Apel umumnya berbentuk bulat, dengan cekungan pada pangkal pucuknya seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2.5 Apel Fuji (*Malus 'Fuji'*)

Dari gambar diatas Apel Fuji sebagian besar dari jaringannya berasal dari dasar bunga yang mencekung sehingga apel termasuk dalam buah semu. Morfologi buah Apel adalah mempunyai bentuk bulat sampai lonjong, bagian pucuk buah berlekuk dangkal, kulit agak kasar dan tebal, pori-pori buah kasar dan renggang, buni, mengkilat, buah Apel biasanya merah di luar saat masak (siap dimakan), namun bisa juga hijau/kuning, dagingnya keras, ada banyak bibit di dalamnya dan banyak kandungan kimia Apel yang terkandung dalam Apel ³⁰.

Citarasa, aroma, maupun tekstur, dihasilkan dari kurang lebih 230 komponen kimia. Termasuk pula beragam asam seperti asam asetat, format serta 20 jenis asam lain. Selain itu ada kandungan alkohol berkisar 30-40 jenis, ester seperti etil asetat sekira 100 jenis, karbonil seperti formaldehid dan asetaldehid, dan berbagai komponen kimia lainnya. Berikut ini adalah kandungan gizi yang terdapat pada 100 gram buah apel ³¹.

³⁰ Wikipedia. (2007a). 'Apel'. Wikipedia International Encyclopedia. Mei 17, 2008. <http://id.wikipedia.org/wiki/Apel/>

³¹ *Satu Apel Sehari, Satu Langkah Menuju Sehat*. (n.d.). Februari 20, 2008. <http://cybermed.cbn.net.id/cbrprtl/commond/ptofriend/>

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Yang Terkandung Dalam Buah Apel ³²(Pentingnya Sebutir Apel Setiap Hari n.d.)

Komponen	Kandungan (dalam 100 gram apel)
Energi	58 kkal
Lemak	4 g
Protein	3 g
Karbohidrat	14.9 g
Vitamin A	900 IU
Tiamin	7 mg
Riboflavin	3 mg
Niacin	2 mg
Vitamin C	5 mg
Vitamin B1	0,04 mg
Vitamin B2	0,04 mg
Kalsium	6 mg
Zat Besi	3 mg
Fosfor	10 mg
Kalium	130 mg

2.4.1 Vitamin

Vitamin paling banyak terdapat dalam apel, vitamin merupakan nutrisi organik yang diperlukan dalam jumlah kecil, yang umumnya tidak bisa disintesis oleh tubuh sehingga perlu masukan dari diet, dan ketiadaan serta defisiensi vitamin dapat menyebabkan sindroma dan munculnya sifat-sifat kekurangan vitamin ³⁰.

Vitamin dapat terbagi menjadi dua bagian yaitu vitamin tak larut dalam air dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin yang terkandung dalam apel merupakan vitamin yang larut dalam air, sesuai dengan keterangan pada tabel 2.1.

³² *Pentingnya Sebutir Apel Setiap Hari.* (n.d.). Februari 22, 2008. <http://cybermed.cbn.net.id/cbrprtl/cybermed/index.htm>

Vitamin yang larut dalam air banyak perbedaan dilihat dari penyusunnya yaitu Vitamin B kompleks. Vitamin B yang esensial bagi nutrisi manusia berupa tiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), *niasin (asam nikotinat, nikotinamida)* (vitamin B3), *asam pantotenat* (vitamin B5), *biotin*, vitamin B6 (*piridoksina, piridoksal, piridoksanina*), *biotin*, vitamin B12 (*kobalamina*), dan *asam folat (asam pteroilglutamat)*. Vitamin dalam apel sesuai tabel 2.1, terdiri dari vitamin A, vitamin B1, vitamin B2 dan vitamin C.

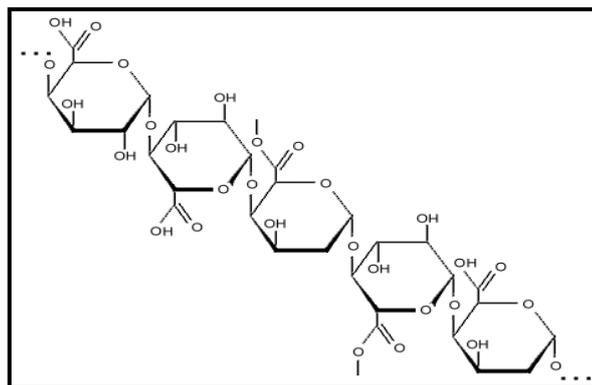
2.4.2 Pektin

Para dokter dan ahli farmasi sepakat, dalam apel, selain terkandung vitamin juga terdapat zat *pektin* (serat alami) yang bersifat melindungi tubuh dari infeksi. *Pektin* adalah senyawa *polisaccharida* yang bisa larut dalam air dan membentuk cairan kental (*jelly*) yang disebut *mucilage/mucilagines*. Cairan ini dapat berfungsi sebagai pelindung yang melapisi selaput lendir lambung dan usus. Dinding lambung dan usus akan terlindungi bila terdapat luka, kuman atau *toksin*

³³.

Pektin juga dikenal sebagai antikolesterol karena dapat mengikat asam empedu yang merupakan hasil akhir metabolisme kolesterol. Makin banyak asam empedu yang berikatan dengan pektin dan terbuang ke luar tubuh, makin banyak kolesterol yang dimetabolisme, sehingga pada akhirnya kolesterol menurun jumlahnya. Selain itu, pektin juga dapat menyerap kelebihan air dalam usus, memperlunak *feses*, serta mengikat dan menghilangkan racun dari usus, pektin juga bila berinteraksi dengan vitamin C dapat menurunkan kolesterol darah. Karena itu, secara tidak langsung, apel bisa juga untuk mengobati penyakit mag, lambung dan diare ³³.

³³ Wikipedia. (2007b). 'Pektin'. Wikipedia International Encyclopedia. Desember 7, 2008). <http://en.wikipedia.org/wiki/Pectin/>



Gambar 2.6 Struktur Kimia Pektin

Manfaat lainnya, memperlambat reasorpsi dan menyerap lemak serta gula yang muncul setelah mengonsumsi karbohidrat. Karena penyerapan lemak itulah kadar kolesterol turun, penyakit darah tinggi pun dengan sendirinya diredam. Di samping itu buah apel hampir tanpa lemak dan kolesterol, sehingga cocok dimasukkan sebagai menu diet. Keluhan seperti sembelit pada orang diet tidak akan terjadi bila orang tersebut memasukan apel sebagai bagian dari menunya.

2.4.3 Fitokimia

Selain memiliki senyawa kimia yang bergizi, apel juga mengandung zat non-vitamin atau senyawa fitokimia yang sarat manfaat bagi kesehatan. Apel mengandung senyawa fitokimia yang sarat manfaat bagi kesehatan. Fitokimia dalam apel seperti misalnya *polifenol* dan *flavonoid*, keduanya merupakan antioksidan yang dapat menetralkan senyawa-senyawa hasil proses dalam tubuh yang bisa merusak sel dan menyebabkan kanker. Salah satu jenis *flavonoid*, yaitu quercetin, dapat mengurangi resiko penggumpalan darah penyebab stroke, dan juga dapat menurunkan resiko kanker paru-paru sampai 20 %³¹.

Senyawa-senyawa Fitokimia yang terdapat dalam apel antara lain: *quercetin-3-galactoside*, *quercetin-3-glucoside*, *quercetin-3-rhamnoside*, *catechin*, *epicatechin*, *pricyanidin*, *cyanidin-3-galactoside*, *coumaric acid*, *chlorogenic acid*, *gallie acid*, dan *phloridzin*³¹.

Konsentrasi rata-rata senyawa fitokimia tersebut per 100 gram buah adalah: *quercetin* 13,2 mg; *pricyanidin* 9,35 mg; *chlorogenic acid* 9,02 mg;

epicatechin 8,65 mg; dan *phloretinn glycosides* 5,59 mg. Zat-zat tersebut dominan berada pada kulit apel dibanding daging buah ³².

Quercetin merupakan antioksidan kuat, dan memiliki efek perlindungan yang potensial dalam melawan kanker dan penyakit hati. *Quercetin* juga dapat mengurangi oksidasi lipid dan meningkatkan glutathione (suatu antioksidan), sehingga mampu melindungi hati terhadap kerusakan oksidatif ³¹.

2.5 Metode Analisa Produk

Metode analisis sampel dilakukan pada analisis alkohol, dan analisis kandungan asam cuka apel, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.5.1 Gas Chromatography

Analisis alkohol dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC), dengan menggunakan proses pemisahan komponen-komponen sampel dalam kromatografi gas yang berlangsung di dalam kolom berdasarkan pada interaksi komponen sampel dan fasa diam. Interaksi tersebut dapat berupa absorpsi atau partisi. Jika fasa diamnya berupa padatan berpori, maka peristiwanya adalah partisi gas-cair. Proses kromatografi gas, mirip dengan peristiwa gabungan antara ekstraksi dan destilasi. Proses pemisahannya dapat dipandang sebagai serangkaian peristiwa partisi, dimana sampel masuk ke dalam fasa cair, dan selang beberapa waktu akan teruapkan kembali ³⁴.

Interaksi antara sampel dan fasa diam (cair) sangat menentukan berapa lama komponen-komponen akan ditahan. Komponen-komponen yang mempunyai afinitas lebih rendah (tidak suka) terhadap fasa diam, akan keluar dari kolom terlebih dahulu. Sedangkan komponen-komponen dengan afinitas lebih besar (larut dengan baik) terhadap fasa diam akan keluar lebih lama dari kolom ³⁴.

Pemisahan didasarkan pada perbedaan distribusi dari masing-masing komponen didalam fasa diam dan fasa gerak. Distribusi komponen antara kedua fasa tersebut ditentukan oleh tetapan kesetimbangan K. K adalah perbandingan antara banyaknya suatu komponen dalam fasa diam dan dalam fasa gerak, harga K berkisar 0.5-15. Harga K bergantung pada ³⁴.

³⁴ Sunardi. (2006). *Analisa Instrumentasi* (pp. 63-74). Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

1. Kemudahan menguap dari suatu senyawa.
2. Afinitas dari komponen terhadap fasa diam.

Afinitas tersebut didasarkan pada interaksi antara komponen-komponen sampel dengan fasa diam. Interaksi tersebut merupakan gaya-gaya intermolekul yang diantaranya adalah ³⁴:

- a. Gaya Van de Walls = gaya dispersi (non polar).
- b. Ikatan hidrogen = interaksi antara dua dipol permanen.
- c. Interaksi dipol terinduksi (gaya Debye), merupakan interaksi antara dipole permanen dengan dipol terinduksi.
- d. Gaya interaksi spesifik, seperti ikatan kimia atau pembentuk kompleks.

Dalam kromatografi gas, dikenal istilah waktu retensi (t_r), yaitu waktu komponen sampel ditahan oleh kolom. Waktu retensi setiap komponen dalam sampel berbeda-beda (spesifik) dan dapat dipergunakan untuk penentuan analisis kualitatif suatu komponen ³⁴.

2.5.2 Vinegar Titrasi

Analisis asam (cara terbaik untuk menentukan isi asam cuka) dilakukan dengan cara titrasi (*vinegar* titrasi), *vinegar* titrasi adalah suatu proses yang mengukur volume dari suatu larutan standar seperti *caustic soda* yang direaksikan dengan asam cuka hingga menetralkan asam cuka didalam larutan cuka apel. Asam yang habis bereaksi akan terlihat dari perbedaan warna yakni dari warna putih menjadi warna pink (*orange*). Sehingga diperoleh persentase asam didalam sampel berdasarkan banyaknya larutan titran yang terpakai untuk menetralkan asam ³⁵.

Bahan dan alat yang diperlukan untuk titrasi asam dari *vinegar* apel adalah sebagai berikut:

- 20 ml dan 10 ml ukuran buret yang digunakan.
- 150 ml plastic test container
- 100 ml botol erlenmeyer yang diisi (0.2 N *sodium hydroxide*/ 0.2N NaOH)

³⁵ *Vinegar Titration The Best Way to Determine Acetic Acid Content*. (2004). Maret 19, 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/vinegar-titration.html>

- 15 ml indikator *phenolphthalein* (PP)/indikator perubah asam.

Penentuan asam menggunakan rumus ³⁵.

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

dimana: V1 : volume titrat (ml)
 V2 : volume titran (ml)
 N1 : konsentrasi titrat (N)
 N2 : konsentrasi titran (N)

Misalkan: dalam 2 ml vinegar apel dan 3 tetes indikator PP dalam tabung erlenmeyer, di titrasi dengan 0.2N NaOH sehingga volume NaOH yang terpakai sebanyak 10 ml, maka konsentrasi Asam asetat yang bereaksi sebesar ³⁵:

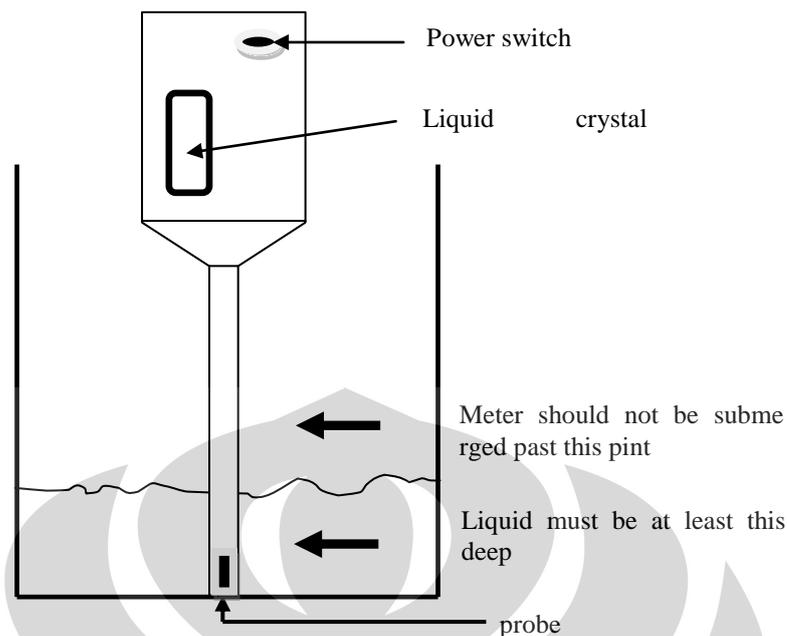
$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

$$10 \cdot 0.2 = 2 \cdot N_2$$

$$N_2 = 1 \text{ N}$$

2.5.3 Metode Penentuan Potensial Hidrogen (pH)

Penentuan potensial hidrogen (pH) dengan menggunakan pH meter cukup mudah untuk digunakan. Cukup dengan meletakkan pH meter ke dalam larutan sampel yang ingin diketahui potensial hidrogennya (pH), maka pH dari larutan sampel tersebut akan terpampang pada *liquid crystal display*, seperti pada gambar dibawah. Setelah nilai pH terpampang, tunggu sampai nilai itu stabil, baru kemudian pH dari larutan sampel diperoleh.



Gambar 2.7 Hanna Hand-Held pH Meter

2.6 Pemilihan Metode Fermentasi Apel

Menurut sumber dari website *Procedure for Making Traditional Hard Apple Cider*. *Apple cider vinegar* yang dibuat secara tradisional, dimulai dari *juice* apel dengan dua prosedur pembuatan yang begitu mudah dilakukan dan penyelesaian prosedur pembuatan yang alami yaitu ³⁶:

1. Juice apel yang masih segar di fermentasi menjadi hard apel cider secara alami menggunakan *yeast* (ragi). Gunakan media botol airlock untuk fermentasi dan alat hydrometer untuk mengetahui besar spesifik gravity.
 - a) Gunakan 1 gallon (3.8 liter) dengan juice apel yang masih segar dari apel lokal. *Juice* di saring, tambahkan zat aditif dan jangan di pasteurisasi mencegah rusaknya nutrisi dan flavor, dan biarkan ragi bekerja memfermentasi juice dari gula menjadi alkohol.
 - b) Tentukan berapa banyak gula dalam *apple juice* dan dengan pengukuran *specific gravity* atau density menggunakan *hydrometer*.

³⁶

Procedure for Making Traditional Hard Apple Cider. (2004). Maret 13, 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/homemade-apple-cider/>

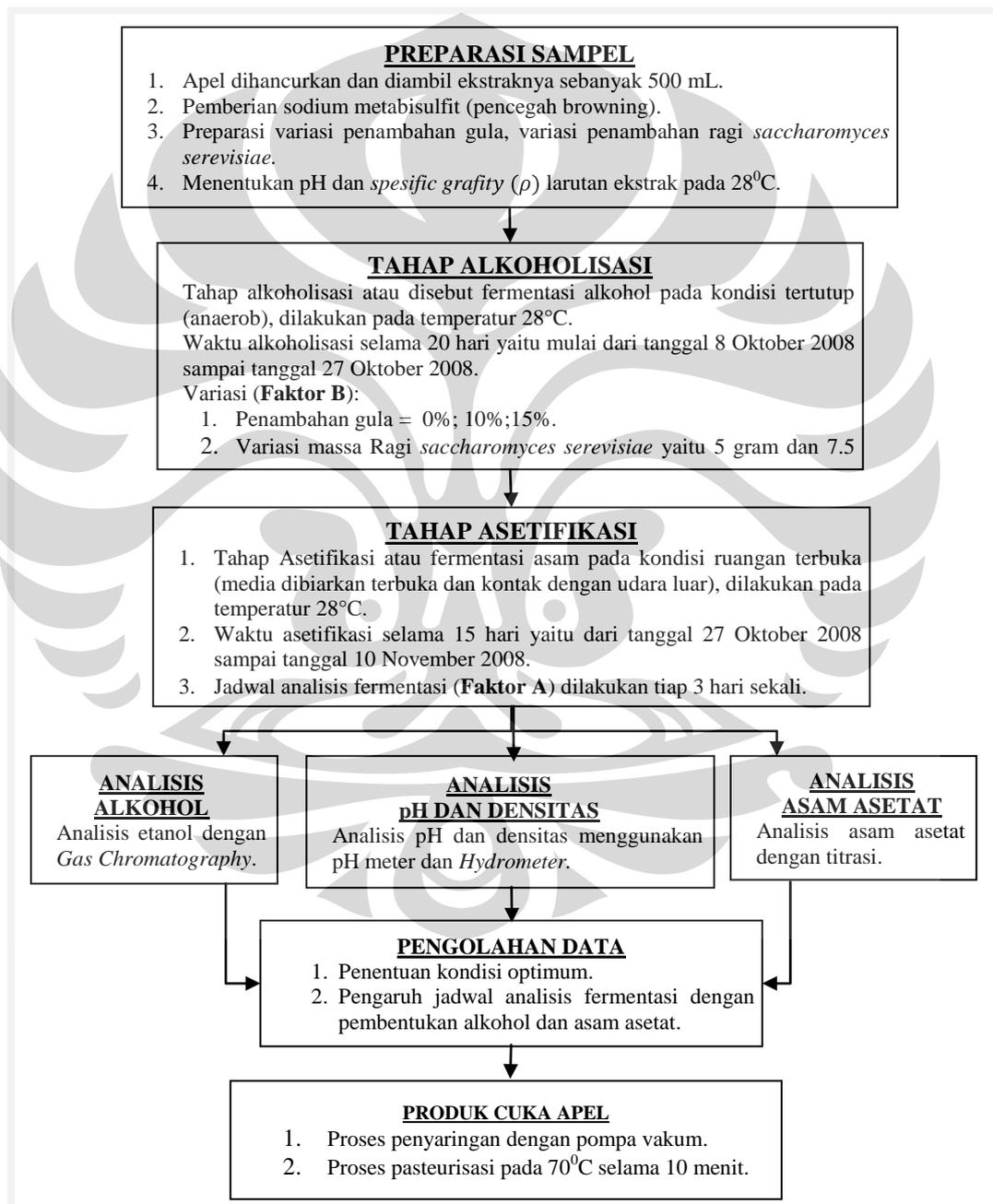
- c) Tutup botol fermentasi *air lock*, dan jaga suhu botol fermentasi berdasarkan temperatur ruangan selama 6 sampai 8 minggu.
 - d) Setelah selesai, tidak boleh ada CO₂ yang tersisa dalam botol *air lock* dan di dalam media akan ada lapisan tebal hasil fermentasi. Untuk memastikan bahwa gula terkonversi menjadi alkohol, lakukan pengukuran densitas, yang harus kurang dari 1.005.
 - e) Pisahkan *cider* dari lapisan tebal atau dengan mengganti botol dengan menggunakan pipa pemindah ke botol yang bersih dan tutup menggunakan tabung plastik. (sebaiknya tabung minimal berdiameter 0.5 inch)³⁶.
2. Pembuatan *vinegar* lebih praktis karena waktu lebih singkat dan waktunya dapat terus berlanjut³⁷.
- a) Bersihkan botol yang akan di gunakan (700 mL kapasitas botol yang digunakan sudah cukup baik), dan isi sebanyak 500 ml dengan kandungan 5-6% *hard apel cider*.
 - b) Tambahkan 50 ml larutan organik *apel cider vinegar* yang telah di *pasteurisasi* dan di saring.
 - c) Botol fermentasi dibiarkan kontak dengan udara dengan menutup menggunakan kain, hal ini dilakukan agar bakteri *vinegar* dan oksigen bebas masuk ke dalam media.
 - d) Ukur suhu ruangan 85 F atau 29 °C,
 - e) Setelah 2 minggu akan terbentuk lapisan putih yang mengambang di atas larutan, itu adalah *mother of vinegar*, yang menandakan adanya konversi alkohol menjadi *vinegar*.
 - f) Biarkan reaksi terus berlangsung berkisar 4 sampai 8 minggu. Jika kamu memulai dengan alkohol sebanyak 6% maka *vinegar* yang akan dihasilkan sebanyak 5% *acetic acid*³⁷.

³⁷ *Vinegar Making Starting From Hard Apple Cider*. (2004). Maret 6 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/vinegar-making.html>

BAB 3

RANCANGAN PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap preparasi sampel, tahap fermentasi alkohol, tahap fermentasi asam, analisis produk fermentasi, dan tahap penyajian dan pengolahan data. Alur penelitian ditunjukkan pada skema di bawah ini:



Gambar 3. 1 Skema Penelitian

3.1 Variabel Penelitian

Adapun variabel bebas yang akan divariasikan dalam penelitian ini adalah:

- Penambahan variasi larutan gula 0%, 10%, dan 15% berat. Penentuan kadar cuka apel bergantung pada berapa banyak gula yang di tambahkan diawal fermentasi.
- Variasi penambahan massa ragi *saccharomyces serevisiae* 5 gram dan 7,5 gram.

Sedangkan parameter yang akan diamati sebagai hasil dari penelitian atau variabel terikat dalam penelitian ini adalah,

- Penentuan kondisi optimum.
- Penentuan alkohol, asam asetat dan tingkat keasaman cuka apel (pH) yang dibandingkan dengan waktu fermentasi.
- Penentuan warna, bau dan rasa dari produk cuka apel fuji.

3.2 Alat dan Bahan

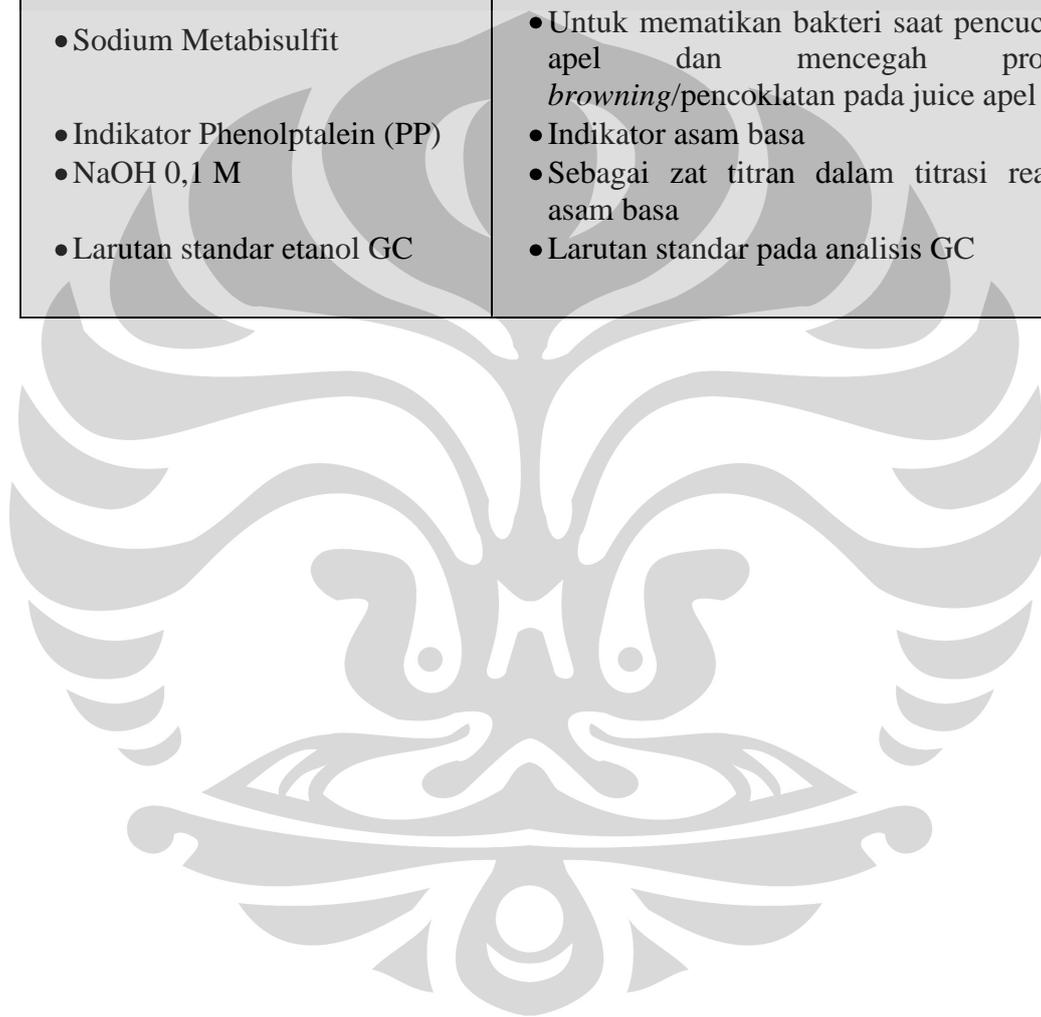
Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.1 Alat Penelitian Dan Kegunaanya

Alat Penelitian	Kegunaan
<ul style="list-style-type: none"> • Blender • Botol <i>Air Lock</i> • pH meter • Seperangkat alat titrasi (buret, labu erlenmeyer, gelas ukur) • Seperangkat alat GC • <i>Water batch</i> • Batang / sendok pengaduk • Neraca massa • Pipet tetes 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghasilkan pomace • Tempat terjadinya alkoholisasi • Mengukur pH sampel • Menentukan kadar asam asetat dalam sampel
<ul style="list-style-type: none"> • Vacum Filter • <i>Hydrometer</i> • Kain katun tipis 	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan kadar etanol dalam sampel • Untuk <i>pasteurisasi</i> sampel • Mengaduk sampel • Menentukan massa gula dan ragi • Mem-pipet larutan dalam volume sedikit • Menyaring hasil fermentasi sampel • Menentukan densitas sampel • Menyaring dan menguras apel.

Tabel 3.2 Bahan Penelitian Dan Kegunaanya

Bahan Penelitian	Kegunaan
<ul style="list-style-type: none"> • Apel Fuji (<i>Malus Fuji</i>) • Ragi <i>Sacharomyces cereviseae</i> • Bakteri <i>Acetobacter aceti</i> • Air aquades • Gula Pasir 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan dasar untuk membuat cuka apel • Memfermentasi gula menjadi alkohol • Memfermentasi alkohol menjadi asam • Sebagai pelarut • Untuk membuat larutan glukosa dengan variasi 0 %, 10 %, dan 15 %
<ul style="list-style-type: none"> • Sodium Metabisulfit 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mematikan bakteri saat pencucian apel dan mencegah proses <i>browning</i>/pencoklatan pada juice apel
<ul style="list-style-type: none"> • Indikator Phenolptalein (PP) • NaOH 0,1 M 	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator asam basa • Sebagai zat titran dalam titrasi reaksi asam basa
<ul style="list-style-type: none"> • Larutan standar etanol GC 	<ul style="list-style-type: none"> • Larutan standar pada analisis GC



3.3 Prosedur Penelitian

Secara garis besar penelitian terdiri atas beberapa tahap yaitu tahap preparasi sampel, tahap fermentasi alkohol, tahap fermentasi asam, analisis produk fermentasi, dan tahap penyajian dan pengolahan data. Alur penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dapat dijelaskan menurut point-point berikut:

3.3.1 Preparasi Apel Fuji

Preparasi sampel dengan bahan yang di gunakan adalah apel fuji. Pada tahap ini, dilakukan reparasi sampel apel fuji dan variasi gula serta variasi ragi.

1. Pertama-tama preparasi Apel Fuji dengan cara:
 - a) Sebanyak 7 kg buah apel, di potong-potong menjadi kecil dan di rendam dalam larutan *sodium metabisulfit* (NaHSO_3).
 - b) Kemudian di blender menghasilkan 3 liter ekstrak apel.
 - c) Ekstrak apel di saring menggunakan saringan sampai tidak ada kotoran, ekstrak apel di bagi menjadi 6 bagian, dengan tiap-tiap bagian di buat sebanyak 500 mL, ukur gravity dan pH.
2. Preparasi gula lakukan penambahan gula sesuai variasi yang diperlukan yakni di bagi masing-masing ke dalam 6 botol dan masing-masing botol ditambahkan variasi gula 0%, 10% dan 15% atau masing-masing massa gula sebanyak 0 gram, 52.59 gram dan 78.75 gram.
3. Preparasi kultur, botol berisi variasi gula tersebut kemudian ditambahkan kultur inokulum *saccharomyces cerevisiae* dengan menimbangnnya seberat 5 gram dan 7,5 gram. Setelah keenam botol tersebut disusun dan dipreparasi dengan baik maka lakukan pengadukan agar gula dan ragi terlarut dengan baik.

Variasi gula dilakukan berdasarkan jumlah gula yang di tambahkan dalam larutan *juice*, variasinya berkisar 0% gula, 10% gula dan 15% gula. Gula yang akan ditambahkan kedalam *juice* dengan persentase berbeda memiliki ukuran sebagai berikut:

- Untuk gula 0%, berarti dalam volume (mL) botol *air lock* larutan *juice* tidak terjadi penambahan glukosa.
- Untuk gula 10%, berarti dalam volume (mL) botol *air lock* larutan *juice* membutuhkan glukosa sebanyak: $\frac{10}{100} \times (500 \text{ mL larutan dalam air lock})$

- Untuk gula 15%, berarti dalam volume (mL) botol *air lock* larutan *juice* membutuhkan glukosa sebanyak: $\frac{15}{100} \times (500 \text{ mL larutan dalam air lock})$

Prosedur untuk preparasi variasi gula adalah:

- Untuk variasi 10% gula dan 15% gula, timbang gula dengan menggunakan neraca massa masing-masing sebanyak 52.59 gram dan 78.75 gram. Masing-masing variasi gula dibutuhkan 2 kali penimbangan.
- Masukkan ke-4 gula kedalam botol sampel dan aduk hingga merata.
- Tambahkan masing-masing 5 gram dan 7.5 gram *saccharomyces cerevisiae*. Sehingga diperoleh enam sampel yang selanjutnya disebut Faktor A, yaitu sampel dengan variasi 0% gula + 5 gr ragi; 0% gula + 7.5 gr ragi; 10% gula + 5 gr ragi; 10% gula + 7.5 gr ragi; 15% gula + 5 gr ragi; dan 15% gula + 7.5 gr ragi.
- Lakukan pengujian pH dan *spesifik gravity* untuk masing-masing campuran tersebut.
- Memasukkan kedalam botol *air lock* sehingga di peroleh enam botol *air lock* dengan variasi gula dan ragi sesuai prosedur.

3.3.2 Tahap Fermentasi Alkohol

Pada proses fermentasi, bahan yang telah dipreparasi dan divariasikan kemudian dimasukkan dalam botol *air lock*, dan diamankan selama 20 hari. Produk *apple cider* dihasilkan setelah 20 hari.

3.3.3 Tahap Fermentasi Asam

Pada fermentasi ini, alkohol akan dirubah menjadi cuka apel dengan cara melepas tutup botol *air lock* kemudian ganti dengan penutup berupa kain saring sehingga bakteri *acetobacter aceti* akan masuk dari lingkungan. Proses pengasaman dilakukan selama 15 hari dengan tiap 3 hari sekali diaduk dan dilakukan analisis alkohol, asam asetat, pH dan densitas.

3.3.4 Tahap Analisis Produk Fermentasi

Pada tahap ini dilakukan: penentuan kadar alkohol dengan menggunakan *Gas Chromatography*, penentuan kadar asam asetat (Cuka Apel) dengan menggunakan metode titrasi, penentuan pH dengan menggunakan pH meter, penentuan *spesifik gravity* menggunakan *hydrometer* dan penentuan tingkat kejernihan/ uji organoleptik berdasarkan pengamatan fisik.

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data yang berguna dalam perhitungan hasil dan analisis. Adapun analisis yang dilakukan terhadap produk sebagai berikut:

1. *Spesifik gravity*

Pengukuran *spesifik gravity* dilakukan pada: ekstrak apel fuji sebelum fermentasi, sampel hasil fermentasi alkohol pada hari ke-20, dan sampel hasil fermentasi asam tiap 3 hari sekali selama 15 hari. Tujuannya adalah untuk mengetahui terjadinya pembentukan asam asetat dimana asam asetat memiliki *spesifik gravity* sebesar 1,050. Pengukuran densitas dilakukan pada suhu 28⁰C dan ditentukan dengan menggunakan alat *hydrometer* sesuai dengan prosedur sebagai berikut,

- a. Sampel yang telah di aduk di masukkan kedalam gelas ukur 500 mL.
- b. Masukkan alat *hydrometer* ke dalam gelas ukur.
- c. Mengamati tanda tera pada lapisan atas larutan fermentasi, dengan berdasarkan berapa besar skala sejajar dengan permukaan larutan sampel.
- d. Menentukan *spesifik gravity* adalah dengan melihat 1 garis pada skala *hydrometer*. Tiap kenaikan 1 garis di kalikan 0.007, jika terjadi kenaikan 5 garis maka $5 \times 0.007 = 0.035 + 1$ (skala awal pada alat = 1) sehingga diperoleh *spesifik gravity* sebesar 1,035.

2. *Gas Chromatography* (GC)

Analisis GC bertujuan untuk mengetahui berapa banyak alkohol (etanol) dalam sampel hasil fermentasi. Sampel yang digunakan adalah produk fermentasi yang telah divariasikan. Analisis GC dilakukan di Laboratorium Afiliasi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Prosedur pengoperasian alat kromatografi gas adalah:

1. Buka aliran gas pembawa N_2 dari tangki. Alirkan gas pembawa tersebut ke dalam alat GC, lihat indikator sampai menunjukkan 6 kg/cm^2 .
2. Atur kecepatan aliran gas pembawa yang diinginkan.
3. Power di "on" kan.
4. Atur kondisi operasi, yaitu temperatur kolom dan temperatur injektor (temperatur harus sama atau lebih tinggi $20\text{-}50 \text{ }^\circ\text{C}$ dari pada temperatur kolom). Bila lampu injektor sudah menyala, berarti kondisi sudah siap.
5. On kan udara dari generator. Buka kran agar oksigen masuk ke dalam alat GC.
6. Buka kran gas H_2 kedalam alat GC.
7. Atur kecepatan udara: 0.5 mL/menit dan kecepatan gas H_2 : 1.0 mL/menit . Nyalakan pembakar, jika ada uap air yang keluar dari cerobong berarti api sudah menyala, adanya uap air tersebut dapat terlihat pada kaca atau *stainless steel* yang diletakkan diatas cerobong tersebut.
8. Atur kembali kecepatan udara menjadi 1.0 mL/menit dan kecepatan gas H_2 menjadi 0.5 mL/menit .
9. Injeksikan sampel dan lihat kromatogram yang dihasilkan pada recorder.

Disamping prosedur pengoperasian alat GC, juga dilakukan prosedur percobaan terhadap sampel sebagai berikut:

1. Siapkan larutan alkohol yang akan dipakai dalam percobaan sebagai berikut: buatlah larutan 1%, 3%, 5%, 7%, dan 10% volume etanol masing-masing dalam sebuah labu ukur 10 mL, yaitu dengan memipet masing-masing sebanyak 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 dan 1 mL larutan etanol GC.
2. Siapkan peralatan GC.
3. Lakukan langkah 1 sampai 3 (lihat prosedur mengoperasikan alat GC)
4. Atur kondisi:
 - a. Temperatur kolom : $70\text{-}100 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - b. Temperatur detektor : minimal $120 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - c. Temperatur injektor : minimal $120 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - d. Kecepatan alir optimum gas pembawa: $30\text{-}60 \text{ liter/menit}$.

5. Lakukan langkah 5 sampai 8 (lihat prosedur mengoperasikan alat GC).
6. Injeksikan masing-masing standar alkohol secara bergantian.
7. Injeksikan sampel hasil fermentasi.
8. Catat luas area pada hasil rekorder dan buat kurva regresi linear terhadap standar dan masukkan nilai luas area sampel dalam $y = ax + b$.

3. Titrasi Asam Asetat

Metode titrasi asam (cara terbaik untuk menentukan isi asam cuka), titrasi asam (*vinegar* titrasi) bertujuan untuk mengetahui berapa banyak kandungan asam asetat dalam cuka apel fuji hasil fermentasi. Analisis asam dilakukan di Laboratorium Dasar Proses Kimia (Lab. DPK) Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Pengukuran asam asetat ditentukan dengan metode titrasi menggunakan alat buret sesuai dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Persiapkan buret dengan ukuran 50 mL.
- b. Buat larutan titran dengan menimbang sebanyak 0.4 gram NaOH menggunakan neraca massa digital.
- c. Larutkan 0.4 gram NaOH kedalam Labu takar 100 mL, campurkan dengan aquades sampai tanda tera dan kocok.
- d. Sehingga di hasilkan larutan NaOH 0.1 M.
- e. Persiapkan enam buah botol erlenmeyer 100 mL yang diisi dengan sampel cuka apel hasil fermentasi.
- f. Pipet sampel cuka apel fuji sebanyak 10 mL dan tambahkan 2-3 tetes indikator *phenolphthalein* (PP)/indikator perubah asam.
- g. NaOH sebagai titran dan sampel sebagai titrat.
- h. Titrasi sampel hingga terjadi perubahan warna putih menjadi pink/orange.
- i. Catat berapa banyak larutan NaOH yang dibutuhkan untuk menitar sampel.

3.3.5 Tahap Penyajian Dan Pengolahan Data

Tahap penyajian ada dua cara yaitu penyajian produk hasil fermentasi dan penyajian data hasil fermentasi. Penyajian produk hasil fermentasi yaitu dengan cara menyaring sampel dan dipasteurisasi, sebagai berikut:

- a) Produk di saring menggunakan kertas saring biasa dan di bantu dengan pompa vacum.
- b) Kemudian di panaskan dalam *water batch* dengan suhu 70⁰C selama 10 menit.

Penyajian data hasil fermentasi meliputi:

- a) Data jumlah alkohol dengan menggunakan *Gas Chromatography*.
- b) Data jumlah asam asetat dengan menggunakan metode titrasi asam.
- c) Data uji organoleptik berdasarkan pengamatan fisik.
- d) Data pengukuran densitas dan pengukuran pH.

Tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan pengaruh variasi gula dan variasi penambahan ragi dengan cara menganalisa jumlah alkohol hasil alkoholisasi pada hari ke-20 (tgl 27 Oktober 2008) dan membandingkannya.
- b) Menentukan kondisi optimum dari proses fermentasi dengan cara menganalisis grafik pembentukan asam pada asetifikasi.
- c) Menentukan pengaruh faktor A dengan faktor B terhadap perubahan jumlah alkohol disertai dengan pembentukan jumlah asam asetat. Dengan cara menganalisis data kadar etanol disertai dengan data kadar asam asetat yang dihasilkan pada jadwal analisis asetifikasi yaitu pada tanggal 27 Oktober 2008 sampai tanggal 10 November 2008.

Faktor A adalah jadwal analisis fermentasi, sedang faktor B adalah variasi penambahan gula dan penambahan massa ragi.

3.4 Lokasi Penelitian

Semua kegiatan penelitian akan dilakukan di Laboratorium Dasar Proses Kimia (DPK) di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

3.5 Gambar Alat Penelitian

Adapun skema alat penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Skema Alat Pada Tahap Reaksi Alkoholisasi



Gambar 3.3 Skema Alat Pada Tahap Reaksi Asetifikasi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan dari pembuatan cuka apel fuji terdiri dari:

- ✚ Analisis percobaan
 - Analisis etanol dengan metode gas kromatografi.
 - Analisis asam asetat dengan metode *vinegar* titrasi.
 - Uji organoleptik.
 - Pengaruh media
- ✚ Pengaruh penambahan variasi gula dan variasi ragi,
- ✚ Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol,
- ✚ Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar asam asetat,
- ✚ Pengaruh waktu fermentasi terhadap pH cuka apel,
- ✚ Penentuan kondisi optimum,

Produk cuka apel yang diolah pada berbagai variasi gula dan ragi, harus mencapai suatu variasi yang menghasilkan produk dengan kondisi operasi yang optimum berdasarkan kurva peningkatan asam asetat dan kurva pengurangan jumlah etanol, hingga hasil dari variasi gula dan ragi memenuhi standar produk cuka apel yang diinginkan, yaitu:

1. Produk cuka apel memiliki warna, rasa dan bau yang menarik.
2. Jumlah etanol yang terbentuk selama alkoholisasi adalah 0% sampai dengan 19% etanol.
3. Jumlah etanol teroksidasi di hari ke-15 (hari terakhir fermentasi) adalah jumlah etanol dibawah 0.5%.
4. Jumlah asam asetat di hari ke-15 adalah jumlah asam asetat tertinggi hasil dari variasi gula dan ragi.
5. Parameter pH pada alkoholisasi adalah 3.5-6.0 dan pada asetikasi 2.8-3.8.
6. Hasil variasi gula dan ragi yang dipilih harus memberikan kurva peningkatan asam asetat tertinggi dan kurva oksidasi etanol tertinggi berbanding waktu analisis fermentasi. Variasi ini sebagai variasi optimasi dari proses pembuatan cuka apel.

Produk cuka apel dianggap layak untuk dikonsumsi masyarakat Indonesia, data diambil dari sumber pustaka dan produk yang sudah dipasarkan yakni cider *vinegar apple* merek *S&W*.

Variasi gula dan ragi dibandingkan dengan waktu analisis fermentasi, variasi gula dan ragi disebut faktor B sedang variasi waktu analisis fermentasi disebut faktor A.

4.1 Analisis Percobaan

Analisis percobaan bertujuan menganalisis proses-proses yang terjadi selama penelitian pembuatan cuka apel fuji, menganalisis cara penentuan kandungan etanol dan asam asetat, menganalisis produk cuka apel berdasarkan warna, bau dan rasa, dan menganalisis bagaimana pengaruh media dalam mengurangi jumlah etanol.

Proses-proses fermentasi diterangkan berdasarkan pengaruh-pengaruh yang dapat terjadi pada alkoholisasi dan asetikasi dan analisa pada percobaan dilakukan pada pengukuran kadar etanol, asam asetat dan uji organoleptik.

Tahap preparasi sampel bertujuan menghasilkan ekstrak apel fuji tanpa penambahan pelarut yang artinya murni merupakan cairan dari apel. Pada tahap ini, preparasi apel fuji dilakukan dengan cepat dan ditambahkan *sodium metabisulfit* untuk menghindari proses browning (pencoklatan oleh vitamin-c). Gula dan ragi yang di variasi diukur berdasarkan berat (gram) dan besarnya variasi gula dan ragi yang dibuat hanya berdasarkan pemilihan disembarang konsentrasi, dan pemilihan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Keukeu K. Rosada dari ITB.

Alkoholisasi dalam fermentasi anaerob adalah reaksi fermentasi yang melibatkan ragi dalam menguraikan gula ekstrak apel fuji menjadi etanol. Banyaknya gula sama dengan banyaknya etanol yang terbentuk. Fermentasi etanol dari penelitian ini memperhatikan beberapa hal seperti: pengaturan suhu ruang yaitu 28⁰C, hindari kontak fisik dan kimia dengan lingkungan luar media dengan cara pemasangan tutup botol yang rapat dan terhubung dengan breaker berisi air, dan hindari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan ragi. Proses

alkoholisasi ini akan menghasilkan gelembung CO₂, gelembung ini dapat diamati pada breaker yang berisi air dan dapat dilihat pada gambar 3.2.

Asetifikasi dalam fermentasi anaerob adalah reaksi oksidasi etanol menjadi asam asetat menggunakan bakteri *acetobacter aceti*. Banyaknya cuka apel sama dengan banyaknya etanol yang teroksidasi. Hal-hal yang perlu diperhatikan selama penelitian berlangsung adalah proses oksidasi etanol dan pembentukan cuka apel yang ditandai dengan pembentukan lapisan putih, seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 4.1 Pembentukan Lapisan Putih Pada Proses Asetifikasi.

Gambar 4.1 diambil di hari ke-11, yang menandakan adanya acetobakter pada botol *air lock*. Pembentukan lapisan putih pada permukaan larutan menunjukkan adanya kinerja *acetobacter* dalam mengoksidasi alkohol dan membentuk asam asetat. Pelikel yang terbentuk berhubungan erat dengan kinerja flagel *acetobacter*. Rusaknya pelikel, menyebabkan tertundanya proses asetifikasi.

Oksidasi etanol dari penelitian ini menghasilkan beberapa faktor yaitu:

- a. Faktor pembentukan lapisan tipis oleh bakteri pada proses pembuatan cuka mampu mengurangi kecepatan asetifikasi.
- b. Faktor oksidasi asam asetat yang berlanjut. Oksidasi asam asetat dalam cuka menjadi karbondioksida dan air oleh bakteri *acetobacter*. Hal ini terjadi karena kekurangan etanol dan kelebihan oksigen yang masuk.
- c. Faktor organisme lain yang dapat mengoksidasi asam asetat pada keadaan aerob seperti lapisan ragi, jamur benang dan algae.

Selain itu, hal-hal lain yang perlu diperhatikan adalah pembentukan mother vinegar pada botol *air lock* seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 4.2 Pembentukan Mother Vinegar Pada Proses Asetifikasi

Gambar diatas diambil pada hari ke-11, yang menandakan adanya pembentukan induk cuka apel pada asetifikasi.

4.1.1 Analisis Etanol Menggunakan Gas Kromatografi

Analisis Etanol dalam sampel cuka apel dilakukan dengan memplotkan absorbansi sampel terhadap nilai *regresion linear* dari standar etanol. Berikut data analisis etanol pada tgl 27 Oktober 2008 atau hari ke-1, dan tabel pengukuran etanol lainnya disajikan di lampiran 1.

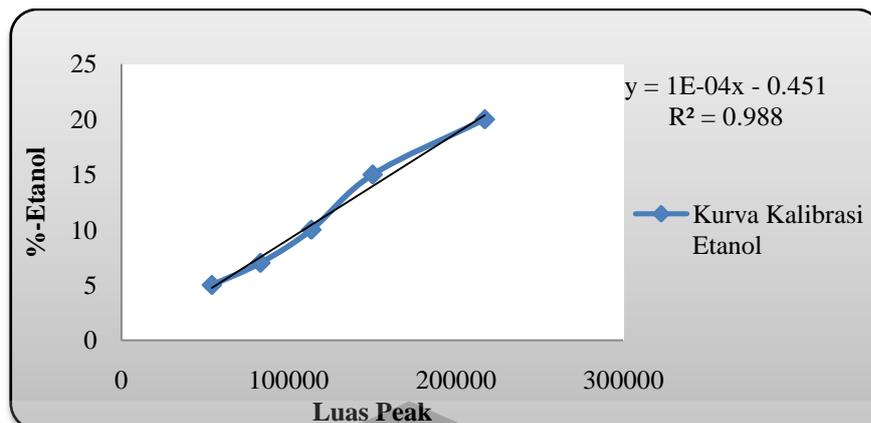
Tabel 4.1 Tabel Larutan Standar Pada Hari ke-1

% Etanol	Luas Peak
5	54103
7	83117
10	113534
15	150210
20	217243

Tabel 4.2 Tabel Larutan Sampel Pada Hari ke-1

Variasi	Luas Area	Konsentrasi asam(%)
0% + 5gr Ragi	49089	4.4569
0% + 7.5 gr Ragi	56252	5.1742
10% + 5 gr Ragi	162355	15.7845
10% + 7.5 gr Ragi	160002	15.5492
15% + 5 gr Ragi	189477	18.4967
15% + 7.5 gr Ragi	169826	16.5316

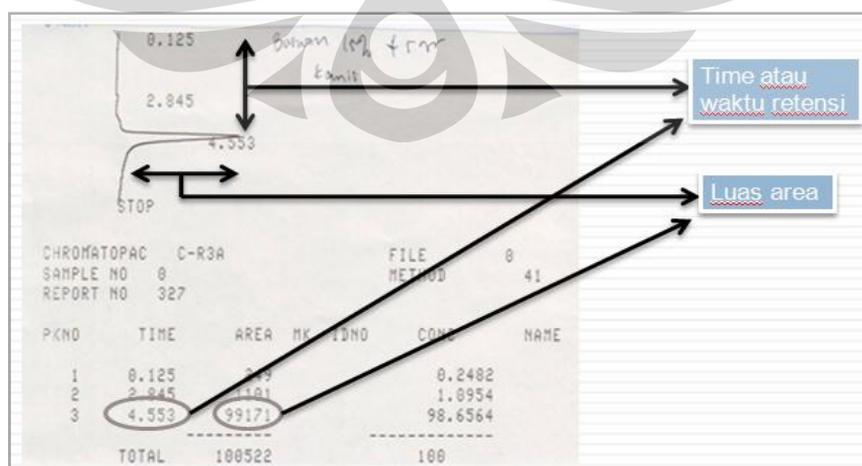
Dari tabel 4.1 dan 4.2, terlihat bahwa jumlah etanol dalam larutan standar dan larutan sampel diidentifikasi berdasarkan luas area yang terbentuk dengan waktu retensi yang sama. Penentuan kadar etanol dalam sampel dimulai dengan membandingkan konsentrasi standar dan luas area terhadap luas area sampel, yaitu dengan cara membuat kurva kalibrasi larutan standar dan memasukkan luas area sampel kedalam persamaan $y = ax + b$. Dengan demikian dibuat kurva kalibrasi standar sesuai gambar 4.3, adalah:



Gambar 4.3 Kurva Regresion Linear Pada Perhitungan Standar Etanol Hari Ke-1

Pada gambar 4.1, merupakan kurva regresi linier dari larutan standar etanol dengan nilai R mendekati 1 atau 0.988 dan $y = 0.0001x - 0.451$. Bila R mendekati 1 maka standar yang digunakan memiliki kandungan etanol yang bagus untuk digunakan sebagai pembanding karena jumlah luas area sama dengan jumlah etanol dalam sampel. Sehingga semakin tinggi kadar etanol maka semakin tinggi pula luas area yang terbentuk selama proses analisis etanol dalam GC berlangsung.

Cara untuk dapat mengetahui kandungan etanol dalam sampel adalah membandingkan waktu retensi dan waktu retensi zat standar. Waktu retensi etanol diperoleh pada kisaran 3.500 sampai dengan 5.500 dan dapat dilihat pada lampiran 4 sampai lampiran 18 dimana memperlihatkan hasil pencatatan luas area dan waktu retensi dari oleh GC.



Gambar 4.4 Pembacaan Hasil Gas Kromatografi Pada Analisis Etanol

4.1.2 Analisis Asam Asetat Menggunakan Metode *Vinegar* Titrasi

Analisis asam asetat menggunakan metode *vinegar* titrasi, bertujuan untuk mengukur kadar asam asetat dalam cuka apel fuji diberbagai variasi penambahan gula dan ragi dengan menggunakan metode titrasi dimana jumlah asam asetat dalam produk cuka apel sama dengan jumlah larutan baku sekunder (NaOH) yang ditandai dengan perubahan warna merah oleh indikator fenolftalein.

Berikut data analisis asam asetat pada hari ke-1 tanggal 27 Oktober 2008 dengan variasi 0% gula dan 5 gram ragi, disajikan pada tabel 4.1 dan tabel pengukuran kadar cuka apel pada berbagai variasi gula dan ragi, disajikan pada lampiran 19 sampai lampiran 23.

Tabel 4.3 Tabel Pengukuran Kadar Cuka Apel Pada Variasi 0% + 5 gram ragi

Faktor A	buret awal (ml)	buret akhir (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari ke-1	17.5	33	15.5	1.55	1.035	10.35	0.062	0.600
Hari ke-4	0	29	29	2.9	1.035	10.35	0.116	1.122
Hari ke-8	0	29.08	29.08	2.908	1.035	10.35	0.116	1.125
Hari ke-11	0	29.06	29.06	2.906	1.042	10.42	0.116	1.116
Hari ke-15	0	29.04	29.04	2.904	1.042	10.42	0.116	1.116

Berdasarkan dari perhitungan mol diatas, maka secara kuantitatif jumlah asam asetat dapat ditetapkan dengan metode *vinegar* titrasi. Pada perhitungan, mol NaOH sama dengan mol cuka dalam sampel, dan kadar asam asetat akan terus meningkat dengan bertambahnya waktu fermentasi hingga mencapai kondisi jenuh dimana kadar asam asetat dalam sampel sudah tidak terbentuk lagi.

4.1.3 Uji Organoleptik

Sifat organoleptik yang diamati adalah warna, aroma dan rasa. Skala yang dipakai adalah skala numerik yaitu 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (biasa), 4 (suka) dan 5 (sangat suka).

Tabel 4.4 Hasil Rata-rata Uji Organoleptik Cuka Apel Fuji

Perlakuan	Warna *	Aroma*	Rasa*
0% Gula+5 gr Ragi	3,55	2,95	2,60
0% Gula+7.5 gr Ragi	3,35	3,15	3,20
10% Gula+5 gr Ragi	3,65	3,00	2,55
10% Gula+7.5 gr Ragi	3,80	3,15	3,40
15% Gula+5 gr Ragi	3,70	3,05	3,40
15% Gula+7.5 gr Ragi	3,50	2,80	2,75

Ket : * 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = biasa, 4 = suka, 5 = sangat suka.

Nilai tertinggi kesukaan dari penelitian ini adalah produk 10% Gula + 7.5 gram ragi. Dari segi aroma, cuka apel yang dihasilkan di variasi penambahan 10% gula dan 7.5 gram ragi memiliki aroma cuka yang tajam sehingga memiliki skala numerik dengan point 3.15 diatas variasi lainnya. Untuk segi rasa, variasi ini memiliki rasa cuka yang tajam dengan point antara suka dan biasa yakni 3.40. Untuk segi warna dapat di gambarkan, dibawah ini:



Gambar 4.5 Gambar Produk Cuka Apel Fuji

Produk Cuka Apel Fuji memiliki warna kuning kecokelatan yang berasal dari warna ekstrak apel, dan adanya perlakuan pemberian konsentrasi gula yang berbeda dan akibat dari proses fermentasi pada produk dengan kadar gula yang tinggi dimana gula belum sepenuhnya mengalami perombakan sehingga warna larutan menjadi lebih gelap mendekati warna cuka apel merek *S&W APPLE*

CIDER VINEGAR produksi dari U.S.A. *distributed by S&W FINE FOODS.INC*, sehingga produk tersebut lebih disukai.

Cuka apel fuji memiliki aroma apel, asam dan sedikit aroma etanol. Aroma apel semakin berkurang seiring dengan lamanya waktu fermentasi. Sedangkan aroma asam makin terasa akibat dari penurunan pH hingga akhir masa fermentasi.

Bau cuka yang sedap berasal dari adanya bermacam-macam ester seperti etil asetat, dari etanol, gula, gliserin dan minyak menguap yang dihasilkan dalam jumlah kecil oleh aksi mikrobial. Bau ini dapat berasal dari sari buah-buahan yang difermentasi, gandum, atau cairan bersifat etanol lainnya, dari mana cuka dibuat.

Adanya logam dan garam-garam cuka apel dapat menyebabkan kekeruhan dan perubahan warna cuka pada cuka apel. Dengan adanya mikroorganisme dapat menyebabkan rendahnya mutu bahan dari cuka, seperti adanya *Spesies Lactobacillus* dan *Leuconostoc* dalam sari buah-buahan yang mempengaruhi rasa tidak enak, tetapi juga menghasilkan asam asetat yang cukup mengganggu fermentasi etanol oleh ragi.

4.1.4 Pengaruh Media

Pengaruh media dari proses fermentasi cuka apel sangat besar dan berhubungan erat dengan pengurangan konsentrasi etanol yang tinggi pada akhir proses alkoholisasi. Karena etanol mudah menguap di udara bebas, maka dianjurkan menggunakan media dengan diameter permukaan botol yang lebih besar. Sehingga etanol ada yang hilang bersama udara dan ada yang teroksidasi oleh bakteri *acetobacter*.

Dari gambar 3.2, sangat jelas permukaan wadah dengan diameter yang besar memiliki kontak dengan udara yang cukup besar, dan jumlah etanol yang hilang ke udara sama dengan luas permukaan kontak selama fermentasi asam asetat berlangsung. Sebagai perbandingan, dibuat data pembandingan jumlah etanol pada hari pertama dan hari keempat proses fermentasi terbuka yang dilakukan oleh saudara Baswan dengan saudara Polu (S1 reguler angkatan 2005) yang menggunakan wadah fermentasi berupa gelas erlenmeyer (500 mL).

Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Jumlah Etanol Pada Hari Pertama dan Hari Kedua

Faktor B	Kadar etanol yang diukur 3 hari sekali			
	Hari ke-1 Baswan	Hari ke-4 Baswan	Hari ke-1 Polu	Hari ke-4 Polu
0% Gula+5 gr Ragi	4.456%	1.220%	8.92%	6.534%
0% Gula+7.5 gr Ragi	5.174%	1.939%	8.225%	7.021%
10% Gula+5 gr Ragi	15.784%	4.277%	9.389%	7.11%
10% Gula+7.5 gr Ragi	16.784%	4.358%	8.957%	7.869%
15% Gula+5 gr Ragi	18.496%	10.623%	10.436%	8.272%
15% Gula+7.5 gr Ragi	16.5310%	3.960%	8.600%	6.681%

Faktor B: variasi penambahan gula dan ragi

Pada tabel 4.5, bahwa jumlah etanol Baswan yang teroksidasi pada hari pertama dan hari keempat sangat banyak di banding jumlah etanol oleh Polu. Metode pembuatan cuka apel sama namun jenis apel yang digunakan berbeda, dan media yang digunakan juga berbeda hingga mempengaruhi jumlah etanol yang hilang atau terurai.

Untuk variasi 0% gula + 5 gram ragi pada hari pertama Baswan, jumlah etanol yang dihasilkan sebesar 4.456% namun pada hari keempat turun sampai 1% etanol dan hilang sebanyak 3.23%. Berbeda dengan hari pertama saudara Polu, jumlah etanol pada hari pertama sebesar 8.9% namun pada hari keempat turun hingga 6.6% yang berarti hilang sebanyak 2.3%. Hal ini menandakan jumlah etanol yang terkonversi atau hilang tidak terlalu banyak dibanding perubahan % etanol pada sampel Baswan. Sehingga kuat dugaan bahwa tidak semua etanol terurai menjadi asam asetat melainkan menguap karena kontak dengan udara atau lingkungan.

4.2 Pengaruh Penambahan Variasi Gula Dan Variasi *Ragi*.

Pengaruh penambahan gula dan penambahan ragi pada alkoholisasi adalah menganalisis berapa banyak gula yang terkonversi menjadi etanol pada alkoholisasi mulai dari tanggal 8 Oktober 2008 sampai 27 Oktober 2008. Untuk dapat menjawab pertanyaan itu, besar kadar etanol yang dihasilkan pada hari ke 20 (tanggal 27/10/2008) dari alkoholisasi sama dengan besar jumlah gula yang terfermentasi menjadi etanol. Berikut tabel 4.5 yang disajikan berdasarkan jumlah % etanol pada hari ke 20 alkoholisasi.

Tabel 4.6 Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Jumlah Etanol (%) Pada Hari ke-20 Alkoholisasi.

Faktor B	0% + 5 gr	0% + 7,5 gr	10% + 5 gr	10% + 7,5 gr	15% + 5 gr	15 % + 7,5 gr
	% Etanol					
Faktor A						
Hari ke-1	4.456	5.174	15.784	16.784	18.496	16.531

Ket: faktor A: waktu analisis fermentasi, sedang faktor B: variasi penambahan gula dan ragi.

Dari tabel 4.6, jika larutan gula yang divariasikan atau ditambahkan sedang komposisi ragi tetap, maka jumlah etanol akan meningkat seperti pada variasi 0% + 5 gram ragi sebesar 4.456% dan bila ditambahkan 10% larutan gula menjadi 15.784%. berarti ada perubahan etanol sebesar 11.328%.

Jika ragi yang divariasikan dan jumlah larutan gula tetap, maka jumlah etanol meningkat seperti pada variasi tanpa penambahan gula 0%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa jumlah etanol pada 5 gram ragi sama dengan 4.456% dan bila dinaikkan menjadi 7.5 gram ragi, etanol akan meningkat menjadi 5.174% yang berarti ada kenaikan jumlah etanol sebesar 0.718%.

Bila larutan gula dan ragi ditambahkan, etanol yang dihasilkan akan meningkat. Komposisi jumlah ragi harus tepat agar mampu mengkonversi gula menjadi etanol secara maksimal. Pengaruh terlihat pada variasi 15% + 7.5gr, jumlah etanol seharusnya mendekati 19% karena jumlah etanol yang dapat diproduksi oleh ragi antara 0-19 % (v/v). Hal ini mungkin disebabkan pengaruh pengocokan awal pada saat preparasi sampel, juga dapat menjadi faktor rusaknya konversi gula dimana gula yang ditambahkan tidak terlarut dengan baik.

4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol

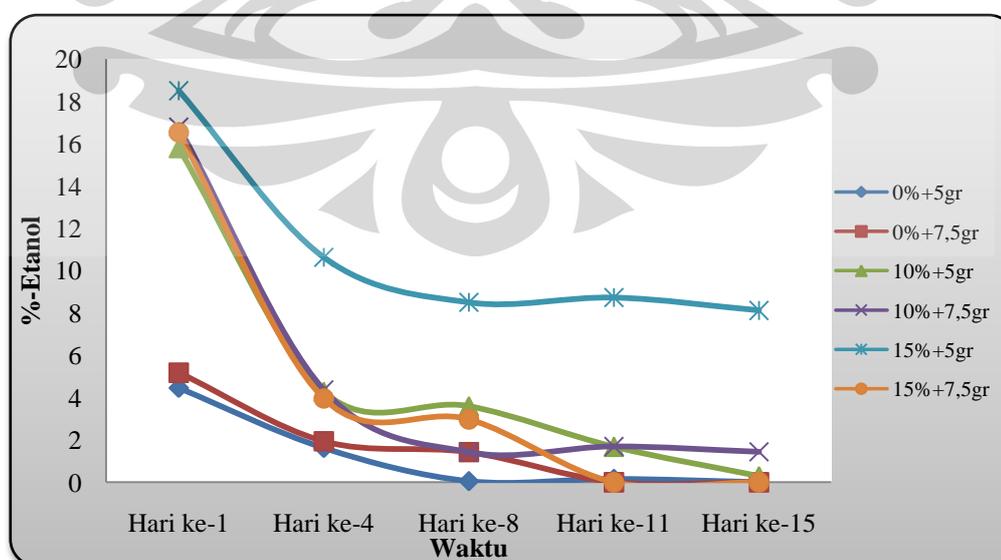
Analisis perubahan kadar etanol selama asetifikasi apel fuji bertujuan untuk menjelaskan bagaimana etanol berkurang selama waktu asetifikasi dan bagaimana pengaruh perubahan etanol dalam proses penguraian menjadi asam asetat. Berikut tabel 4.7 yang menyajikan data perubahan kadar etanol terhadap waktu fermentasi.

Tabel 4.7 Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Perubahan Etanol (%) Cuka Apel

Faktor B	0%+5gr	0%+7,5gr	10%+5gr	10%+7,5gr	15%+5gr	15%+7,5gr
Faktor A	% Etanol					
Hari ke-1	4.456	5.174	15.784	16.784	18.496	16.531
Hari ke-4	1.623	1.939	4.277	4.358	10.623	3.960
Hari ke-8	0.052	1.423	3.595	1.422	8.497	2.972
Hari ke-11	0.161	0.001	1.674	1.688	8.726	0.001
Hari ke-15	0.001	0.001	0.288	1.438	8.118	0.001

Ket: faktor A: waktu analisis fermentasi, sedang faktor B: variasi penambahan gula dan ragi

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa kandungan etanol dalam produk cuka apel sama dengan kandungan asam asetat. Produk etanol pada hari ke-15 sesuai standar cuka apel fuji diperoleh dari variasi 0%+5gr; 0%+7.5gr; 10%+5gr; dan 15%+7.5 gram, dan produk etanol yang masih membutuhkan waktu untuk fermentasi asetifikasi diperoleh pada variasi 10%+7.5gr dan 15%+5 gr.



Gambar 4.6 Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan Kadar Etanol (%)

Dari gambar 4.6, semakin lama asetifikasi semakin berkurang kadar etanol dalam sampel. Kurva ini menjelaskan seberapa besar berkurangnya kadar etanol mulai dari akhir alkoholisasi hingga akhir asetifikasi ditandai dengan habisnya jumlah etanol.

Kurva pengurangan etanol tertinggi pada variasi 0%+7.5gr dan 15%+7.5gr, karena jumlah etanol dihari ke-11 sudah mencapai 0.001%. kurva pengurangan etanol terendah pada variasi 15%+5gr karena kadar alkohol pada hari ke-1 sangat tinggi yakni 18.496% sehingga kuat dugaan bahwa terjadi penghambatan metabolisme bakteri asam asetat yang menjadikan proses oksidasi alkohol terhenti.

Jumlah etanol yang habis bereaksi sama dengan jumlah asam asetat yang terbentuk, namun grafik perubahan etanol dalam sampel yang menentukan. Jika penurunan kadar etanol seimbang disertai dengan waktu fermentasi maka perubahan etanol dapat dikatakan seimbang dimana kebutuhan waktu untuk kondisi optimum dari fermentasi harus terpenuhi hal ini dapat dilihat pada variasi 0%+5gr; 0%+7.5gr; 10%+5gram; 10%+7.5gram dan 15%+7.5gram.

Dari gambar 4.6, terlihat variasi 15% gula + 5 gr ragi, memiliki kurva yang tidak terlalu menurun dibanding variasi lainnya ini merupakan suatu proses fermentasi yang lambat, dan bila dihubungkan dengan gambar 4.7, terlihat bahwa jumlah asam asetat yang dihasilkan juga berada di bawah kurva dari variasi yang lain, ini berarti jumlah asam asetat yang terbentuk sangat lambat dan sedikit demi sedikit terkonversi dari etanol ke asam asetat, sehingga pada hari ke-15 jumlah etanolnya masih tersisa banyak yaitu 8.118%.

4.4 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Asam Asetat

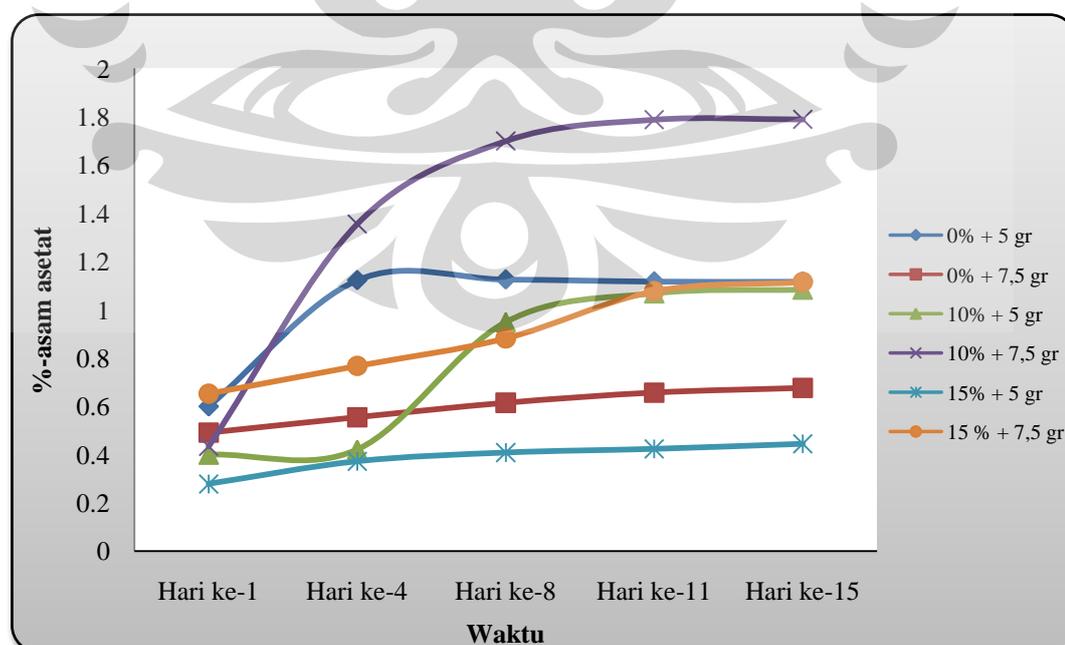
Perubahan kadar asam asetat selama fermentasi apel fuji di pengaruhi oleh lamanya asetifikasi. Semakin lama waktu asetifikasi maka semakin tinggi kadar asam asetat yang dihasilkan sampai etanol dalam sampel terfermentasi membentuk asam asetat. Berikut data analisis asam asetat dengan menggunakan metode titrasi asam-basa.

Tabel 4.8 Pengaruh Faktor A dan Faktor B Terhadap Pembentukan Asam Asetat (%) Cuka Apel.

Faktor B	0%+5gr	0%+7,5gr	10%+5gr	10%+7,5gr	15%+5gr	15%+7,5gr
Faktor A	% AsamAsetat					
Hari ke-1	0.600	0.491	0.400	0.434	0.279	0.653
Hari ke-4	1.122	0.555	0.421	1.355	0.372	0.767
Hari ke-8	1.125	0.615	0.949	1.699	0.409	0.882
Hari ke-11	1.117	0.657	1.069	1.788	0.424	1.077
Hari ke-15	1.116	0.676	1.084	1.789	0.445	1.115

Ket: faktor A: waktu analisis fermentasi, sedang faktor B: variasi penambahan gula dan ragi.

Tabel 4.8, menjelaskan bahwa kadar asam asetat tertinggi sesuai standar cuka apel yang diinginkan diperoleh pada variasi 10% gula dan 7.5 gram ragi, yaitu sebesar 1.789% dan kadar asam asetat terendah pada hari ke-15 adalah variasi 15%+5gr. Hasil konsentrasi asam asetat pada semua variasi dibawah 2%.



Gambar 4.7 Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Pembentukan Asam Asetat (%)

Pada gambar, juga terlihat adanya kurva yang hampir tidak menunjukkan asetifikasi yang ditandai dengan tidak adanya peningkatan kurva atau kurvanya hanya berupa garis datar saja, diperoleh pada variasi 0%+7.5gr; variasi 15%+5gr.

Kurva peningkatan asam asetat tertinggi terhadap waktu fermentasi adalah variasi 10%+7.5gr, dan kurva peningkatan asam asetat terendah pada variasi 15%+5gr.

Rendahnya kadar asam asetat pada semua variasi disebabkan karena:

1. Adanya suplai *acetobacter aceti* dari lingkungan yang berulang kali. Bakteri *acetobacter* diketahui mudah kehilangan flagelnya jika ditransfer berulang kali dari lingkungan. Hilangnya flagel diduga berkaitan erat dengan kegagalan pembentukan pelikel pada permukaan substrat fermentasi yang ditandai dengan pembentukan lapisan putih pada permukaan larutan. Rusaknya pelikel akan menyebabkan tertundanya proses asetifikasi sehingga asam asetat yang terbentuk sangat rendah konsentrasinya.
2. Kelebihan suplai oksigen, berhubungan dengan ruangan fermentasi dan diameter botol fermentasi yang cukup besar sehingga kontak udara dengan permukaan larutan lebih sering terjadi. Seperti yang telah diketahui bahwa jika kelebihan aerasi maka akan terjadi oksidasi lebih lanjut terhadap asam asetat. Proses fermentasi asam asetat yang berkelanjutan menjadi karbondioksida dan air dapat mengurangi jumlah asam asetat yang sudah terbentuk. Hal ini ditunjukkan dengan adanya beberapa kurva penurunan pada variasi 10%+5gr ragi dan 0% + 5gr ragi (lihat gambar 4.3).
3. Tingginya konsentrasi etanol justru berakibat buruk pada pertumbuhan *acetobacter*. Pada perlakuan penambahan 15% gula + 5 gr ragi tidak terlihat adanya pembentukan flagel jika ada pelikelnya sangat tipis sekali. Kecuali untuk 10%gula +5gr ragi; 10%gula + 7.5gr ragi dan 15% gula + 7.5 gr ragi terlihat ada pembentukan flagel (lihat gambar 3.3).

4.5 Pengaruh Waktu Fermentasi Dengan pH Cuka Apel

Lama fermentasi menunjukkan seberapa besar kondisi asam yang dibentuk pada reaksi asetifikasi. Pengukuran pH hanya berfungsi sebagai parameter tingkat keasaman dari reaksi asetifikasi. Produk cuka apel yang diinginkan memiliki kisaran pH antara 2.8-3.8.

Berikut disajikan data hasil pengamatan yang dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari proses asetifikasi.

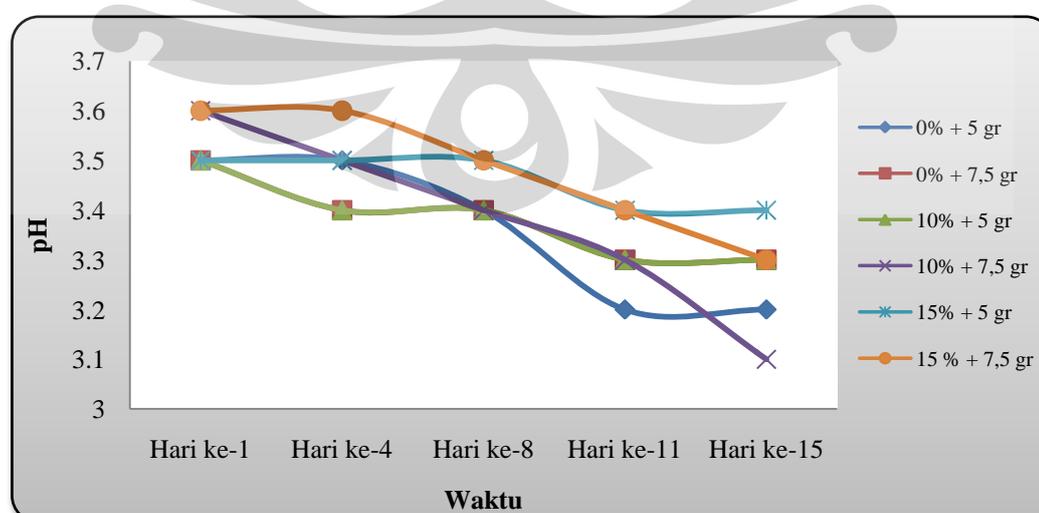
Tabel 4.9 Pengaruh Faktor A Dan Faktor B Terhadap pH Cuka Apel

Faktor B	0%+5gr	0%+7,5gr	10%+5gr	10%+7,5gr	15%+5gr	15%+7,5gr
Faktor A	pH Cuka Apel					
Hari ke-1	3.5	3.5	3.5	3.6	3.5	3.6
Hari ke-4	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6
Hari ke-8	3.4	3.4	3.3	3.4	3.5	3.5
Hari ke-11	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4
Hari ke-15	3.2	3.3	3.2	3.1	3.4	3.3

Ket: faktor A: waktu analisis fermentasi, sedang faktor B: variasi penambahan gula dan ragi

Dari tabel di atas terlihat nilai pH berubah dengan bertambahnya waktu, dan tidak begitu signifikan atau tidak terjadi banyak perubahan pH pada sampel. Untuk itu pengukuran pH dari hari ke-1 sampai hari ke-15 masih mencakup nilai pH yang diinginkan dengan kisaran pH cuka apel sebesar 3.1-3.4

Untuk jelasnya disajikan gambar 4.8, pengaruh lamanya waktu fermentasi terhadap perubahan pH pada sampel asetifikasi.



Gambar 4.8 Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan pH Cuka Apel

Dari gambar 4.8, penurunan kurva nilai pH cuka apel dari waktu ke waktu sama dengan pembentukan jumlah asam dalam produk. Semakin lama asetifikasi berlangsung, semakin asam kondisi produk tersebut.

4.6 Penentuan Kondisi Optimum

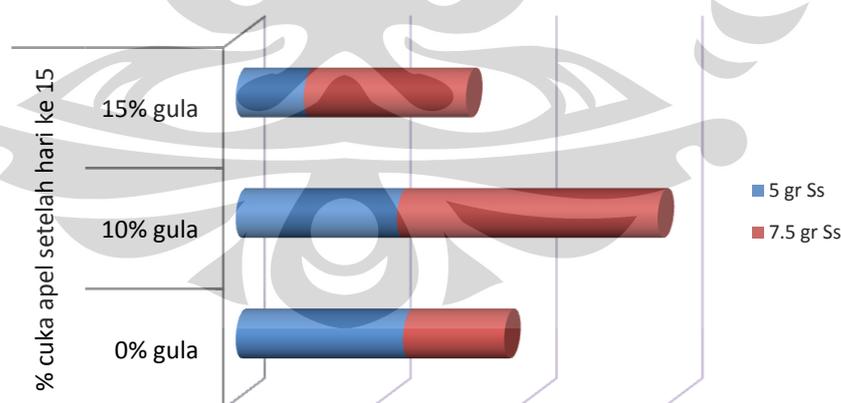
Untuk mencari kondisi optimum dari variasi gula dan ragi, harus mengacu pada parameter optimasi yaitu::

1. Banyaknya jumlah etanol yang dihasilkan pada alkoholisasi.

Banyaknya etanol pada variasi 10% gula dan 7.5 gram ragi, menunjukkan besar etanol yang terkonversi sangat baik karena tanpa penambahan gula menghasilkan etanol sebesar 5.174%, sedang saat ditambahkan 10% gula jumlah etanol menjadi 16.784%. Maka dalam penelitian ini untuk variasi 10% gula dan 7.5 gram ragi direkomendasikan sebagai kondisi optimum dari penelitian.

2. Membandingkan jumlah asam asetat yang terbentuk di hari ke-15 pada berbagai variasi.

Menyajikan data jumlah asam asetat pada hari ke-15 dari hasil asetifikasi. Analisis kondisi optimum disajikan pada gambar 4.5 adalah:

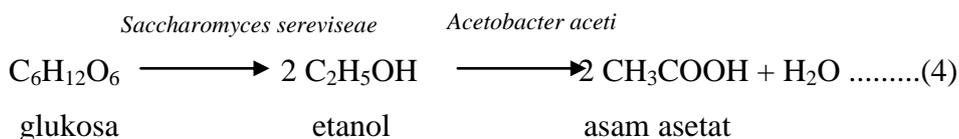


Gambar 4.9 Gambar Penentuan Kondisi Optimum Variasi Cuka Apel

Ket: Ss: *Sacharomyces cerevisiae*, sedang 5 gr dan 7.5 gram: massa *Sacharomyces cerevisiae* yang ditambahkan

Dari gambar 4.9, dapat dijelaskan bahwa konsentrasi cuka apel yang tinggi dari ke enam variasi merupakan kondisi optimum, dan ini diperlihatkan oleh variasi

10% gula + 7.5 gr ragi, dengan konsentrasi cuka apel sebesar 1.787%. Hasil yang diperoleh ini dapat dijelaskan dengan reaksi berikut:



Dari reaksi jumlah glukosa yang terkonversi menjadi etanol adalah jumlah dimana penambahan ragi bekerja merubah etanol menjadi etanol. Banyaknya ragi yang ditambahkan harus tepat untuk dapat merubah glukosa menjadi etanol hal ini bertujuan untuk lebih efisien atau pemakaian ragi yang tidak sedikit dan berlebih. Jika tidak tepat maka bisa dengan menambahkan gula dari luar sehingga jumlah gula awal ditambah gula penambahan sama dengan jumlah etanol yang terbentuk. Banyaknya etanol yang terbentuk menunjukkan jumlah cuka apel yang akan terbentuk, tapi tidak memberikan hasil akhir bahwa cuka apel lebih banyak dihasilkan dengan etanol awal yang tinggi.

3. Kurva yang menunjukkan perubahan etanol teroksidasi tertinggi.

Kurva pengurangan etanol selama asetifikasi untuk variasi 10% gula dan 7.5 gram ragi adalah kurva dengan pengurangan etanol yang baik dimana memiliki penurunan grafik yang baik yang ditunjukkan pada gambar 4.6.

4. Kurva yang menunjukkan perubahan asam asetat tertinggi.

Kurva pembentukan asam asetat pada asetifikasi untuk variasi 10% gula dan 7.5 gram ragi adalah kurva dengan peningkatan jumlah asam asetat yang baik, dimana konversi asam asetat terhadap waktu sangat tinggi hasilnya, ini dapat dilihat dengan kurva yang lebih naik dibanding dengan variasi lain dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.7.

5. Pengamatan warna, rasa, dan bau dari uji organoleptik tertinggi.

Dari pengamatan organoleptik, variasi yang memberikan nilai uji tertinggi terdapat pada variasi 10% gula ditambah 7.5 gram ragi.

Dari penentuan kondisi optimum diatas, maka penelitian ini memberikan rekomendasi variasi 10% gula dan penambahan 7.5 gram ragi sebagai variasi yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan cuka apel dari apel jenis fuji.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, adapun kesimpulannya adalah sebagai berikut,

- Parameter optimasi dari proses fermentasi cuka apel fuji pada hari ke-15 adalah pengukuran kadar alkohol kurang dari 0.5 % oleh variasi 0%+5gr; 0%+7.5gr;10%+7.5gr; dan 15%+7.5gr. Jumlah asam asetat terbanyak sebesar 1.789% oleh variasi 10%+7.5gr. Dan tingkat keasaman cuka apel tertinggi pada pH 3.1 oleh variasi 10%+7.5gr.
- Kondisi optimum untuk mensintesis cuka apel fuji adalah pada penambahan 10% gula dan 7.5 gram dengan menghasilkan kadar asam asetat sebesar 1.78% dan kadar alkohol sebesar 1.43%.
- Bila larutan gula dan ragi ditambahkan, etanol yang dihasilkan akan meningkat. Namun jika sudah terjadi kelebihan penambahan gula dan ragi, hasil etanol yang diperoleh akan tidak sama dengan jumlah gula yang ditambahkan.
- Semakin lama fermentasi alkoholisasi maka semakin banyak gula yang terkonversi menjadi etanol, semakin lama waktu fermentasi asetifikasi semakin banyak etanol yang teroksidasi dan semakin banyak jumlah asam asetat yang terbentuk, dan semakin lama waktu fermentasi nilai pH akan semakin tinggi (semakin asam).
- Pengaruh media pada percobaan ini adalah sebagai pengurangan alkohol dimana diameter permukaan botol *air lock* bila lebih besar maka memiliki kemungkinan kontak dengan udara dan bereaksi hingga alkohol akan hilang dengan sendirinya.

DAFTAR REFERENSI

- Anderson, D.R. 1973. *Introduction to Microbiology*. (pp. 391). Saint Louis: The CV Mosby Co.
- Berry, D.R. (1989). *Growth of Yeast*. In J.O Neway. 1989. *Fermentation Process Development of Industrial Microorganism* (pp. 277-305). New York: Marcel Dekker.
- Buchanan, R.E., & Gibbson, N.E (8th ed.). (1974). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Baltimore: The William & Wilkins Co.
- Carr, J.G & S.M Passmore. (1979). *Methods For Identifying Acetic Acid Bacteria*. In F. A. Skinner, & D. W Lovelock (2th ed.). *Identifying Methods for Microbiologists* (pp. 33-47). London: Academic press.
- Chapman & Hall (6th ed.). (1996). *Dictionary of Organic Compounds Vol. 1 London*. ISBN. In Wikipedia International Encyclopedia, Mei 17, 2008. http://id.wikipedia.org/wiki/Asam_asetat/
- Daulay, D., & Rahman, A. (1982). *Teknologi Fermentasi Sayuran dan Buah-buahan*. Bogor: Pusat Antar Universitas IPB.
- Ebner, H. (1992). *Vinegar*. In Prescott, Dunn's & G. Reed (4th ed.). *Industrial Microbiology*. (pp. 802-829). Westport Connecticut: Avi Publishing Co.Inc.
- Ebner, H., & Follman, H. (1983a). *Acetic Acid*. In Rehm, H.J. (ed.) 1983a. *Biotechnology: Biomass Microorganism for Special Applications, Microbial Products I, Energy from Renewable Resources*. (vol. 3, pp. 389-407). Weinheim: Verlag Chemie.
- Ebner, H., & Follman, H. (1983b). *Vinegar*. In Rehm, H.J & G. Reed (ed.). 1983b. *Biotechnology: Food and Feed Production with Microorganism*. (vol. 5, pp. 426-444). Weinheim: Verlag Chemie.
- Franklin, B. (2007). *Saccharomyces Cerevisiae*. Mei 17, 2008. <http://www.microbiolgybytes.com/video/scerevisiae.html>
- Frazier, W.C., & Westhoff, D.C. (4th ed.). (1988). *Food Microbiology*. (pp. 539). New York: Mc Graw-Hill, Inc.

- Irianto, K. (November 2006). *Mikrobiologi-Menguat Dunia Mikroorganism* (jilid2). Bandung: Permai.
- Kadir, N. (1995). Pengaruh beberapa perbandingan sel *saccharomyces cerevisiae* var. *ellipoides* dan *acetobacter spp.* dalam fermentasi cuka dari limbah kulit nanas (*Ananas comosus (L) Merr*), Skripsi, Depok, Departemen Biologi Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Kosaric, N., Wieczorek, A., Consentino, G.P., & Magee, R. J. (1988). *Ethanol Fermentation*. In H.J. Rehm & G. Reed (ed.). 1983. *Biotechnology: Biomass Microorganism for Special Applications, Microbial Products I, Energy from Renewable Resources* (vol. 3, pp. 261 – 356). Weinheim: Verlag Chemie.
- Kreger-van Rij, N.J.W. (3rd ed.). (1984). *The Yeast. A Taxonomy Study* (pp. 1082). Amsterdam: Elsevier Science Publishing.
- Krieg, N.R., & Holt, J.G. (1984). *Bergey's Manual of Systematics Bacteriology*. (Vol. 1, pp. 964). Baltimore: Williams & Wilkins Co.
- Kunke, R.E., & M.A. Amerine 1970. *Yeast in Wine Making*. In A.H. Rose & J.S. Harrison (ed.). 1970. *The Yeast: Yeast Technology*. (vol. 3, pp 6-60). London: Academic Press.
- Lodder, J. (1st ed.). (1971). *The Yeasts. A Taxonomy Study*. (pp. 1865). Amsterdam: North-Holland Publishing Co.
- Maceda, L.M., & Palo, M.A. (1987). *A Study on a Acetic Forming Bacterial Isolate and Factors Influencing Its Growth and Production of Acetic Acid or Vinegar from Alcoholic Medium*. Phil. J. of Sci, 96, 112-127.
- Palo, N.D. (1972). *Vinegar Production from Sugared Coconut Water*. In W.R. Stanton, (ed.). 1972. *Waste Recovery by Microorganisms*. (pp.103-106). Kuala Lumpur: The Ministry of Education Malaysia, The Malaysian National Commission of UNESCO,
- Pentingnya Sebutir Apel Setiap Hari*. (n.d.). Februari 22, 2008. <http://cybermed.cbn.net.id/cbrprtl/cybermed/index.htm>
- Perry. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. America: McGraw-Hill

Prescott, S.C., & C.G. Dunn's. (3rd ed.). (1959). *Industrial Microbiology*. (pp. 945). New York: Mc-Graw-Hill Book Co. Inc.

Procedure for Making Traditional Hard Apple Cider. (2004). Maret 13, 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/homemade-apple-cider/>

Rosada, Keukeu K. (1999, September). *Fermentasi Apel Manalagi (Malus sylvestris) dengan kultur campuran Saccharomyces Cerevisiae dan Acetobacter Aceti*. Skripsi, Depok, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung. Maret 6, 2008. <http://digmo.di.Nb.ac.id/go/php/>

Satu Apel Sehari, Satu Langkah Menuju Sehat. (n.d.). Februari 20, 2008. <http://cybermed.cbn.net.id/cbrprtl/commond/ptofriend/>

Steinkraus, K.H. (1983). *Handbook of indigenous Fermented Food*. (vol. 9, pp. 671). New York: Marcel Dekker, Inc.

Sunardi. (2006). *Analisa Instrumentasi* (pp. 63-74). Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Timothy Paustian. (2000). *Metabolism – Fermentation*. Juni 10, 2008. University of Wisconsin Madison, built with Frontier and Web Warrior on a Macintosh on Tue, Sep 26, 2000 at 12:46:22 PM. <http://lecturer.ukdw.ac.id/dhira/Metabolism/Fermentation.htm>

Usda Breakdown Of Apple Cider Vinegar. (n.d.). Desember 7, 2008. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/index.htm>

Vaughn. R.H. (1954). *Acetic Acid-Vinegar*. In Underkofler L.A & R.J.H. Hickey (ed.). 1954. *Industrial Fermentations*. (pp. 498-533). New York: Chemical Publishing Co. Ind.

Vinegar Making Starting From Hard Apple Cider. (2004). Maret 6 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/vinegar-making.html>

Vinegar Titration The Best Way to Determine Acetic Acid Content. (2004). Maret 19, 2008. <http://www.apple-cider-vinegar-benefits.com/vinegar-titration.html>

Waluyo. S. (1984). *Beberapa Aspek Tentang Pengolahan Vinegar*. (pp. 78). Jakarta: Dewaruci Press.

Wikipedia. (2007a). 'Apel'. Wikipedia International Encyclopedia. Mei 17, 2008.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Apel/>

Wikipedia. (2007b). 'Pektin'. Wikipedia International Encyclopedia. Desember 7,
2008). <http://en.wikipedia.org/wiki/Pectin/>

Wong, C. (2007, Desember 28). *Apple Cider Vinegar*. Maret 5, 2008.
<http://altmedia.about.com/od/applecidervinegar/a/>



LAMPIRAN

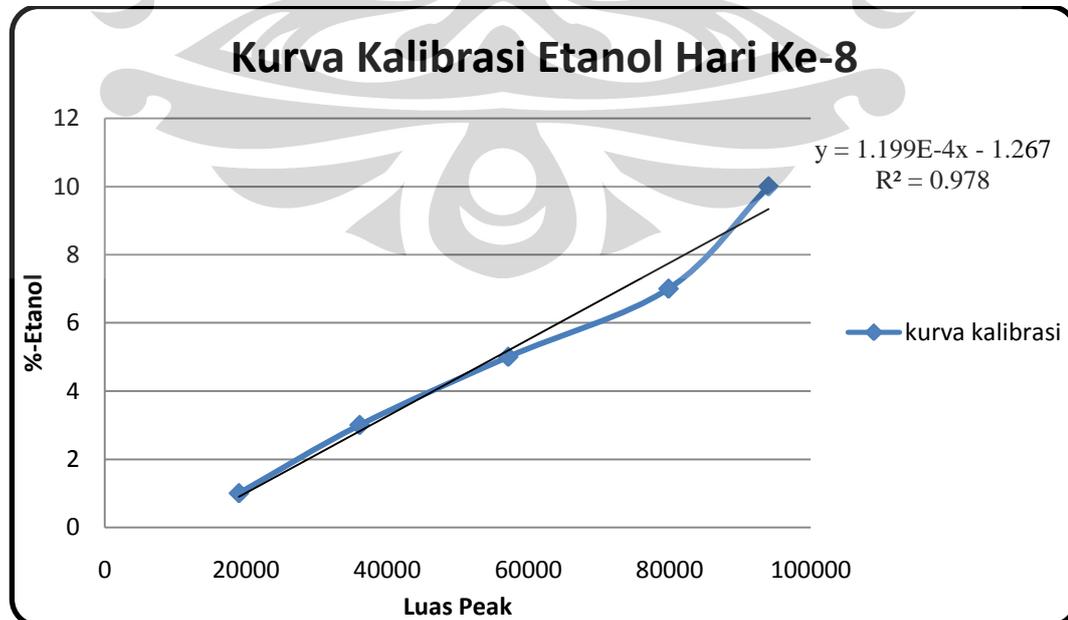
Lampiran 1 Rincian Data GC Dengan Luas Pick Untuk Analisis Alkohol.

Faktor A	Luas Peak					
	0% + 5 gr	0% + 7,5 gr	10% + 5 gr	10% + 7,5 gr	15% + 5 gr	15 % + 7,5 gr
Hari Ke-1	49079	56252	162355	172355	189477	169826
Hari Ke-4	20743	26743	46241	46921	99171	43598
Hari Ke-8	10996	22420	40524	22409	81368	35332
Hari Ke-11	8077	3831	22765	22899	91227	3529
Hari Ke-15	4162	1771	9306	20468	85326	1807

Faktor A, yaitu jadwal analisis fermentasi

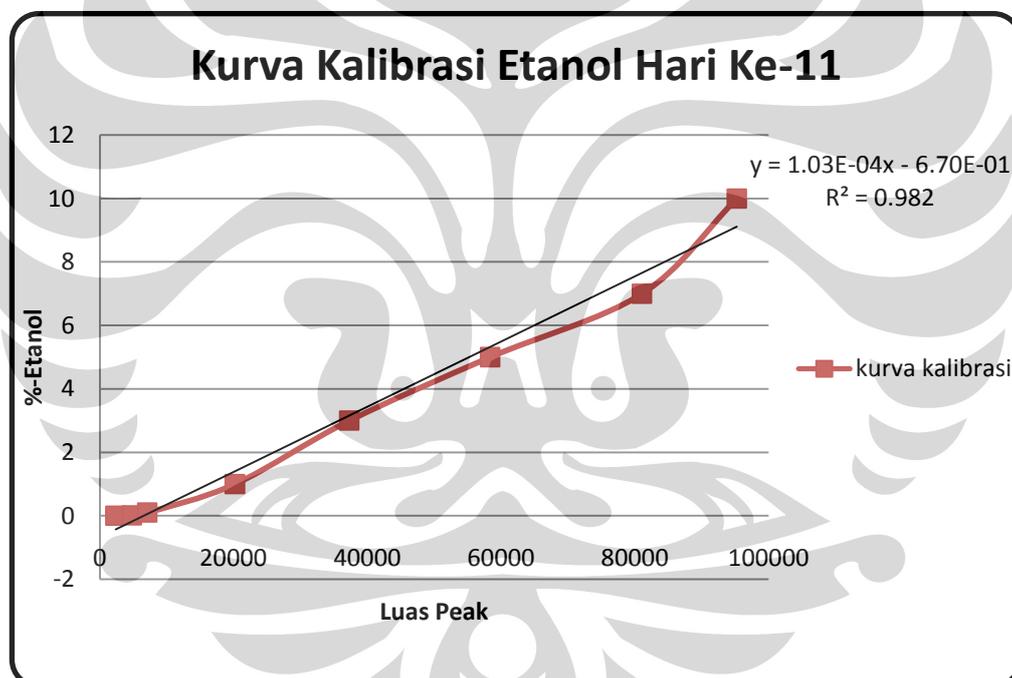
Lampiran 2 Rincian Data GC Penentuan Standar Etanol Hari Ke-8.

% Etanol	Luas Peak
1	18986
3	36086
5	57130
7	79836
10	94009



Lampiran 3 Rincian Data GC Penentuan Standar Etanol Tanggal Hari Ke-11.

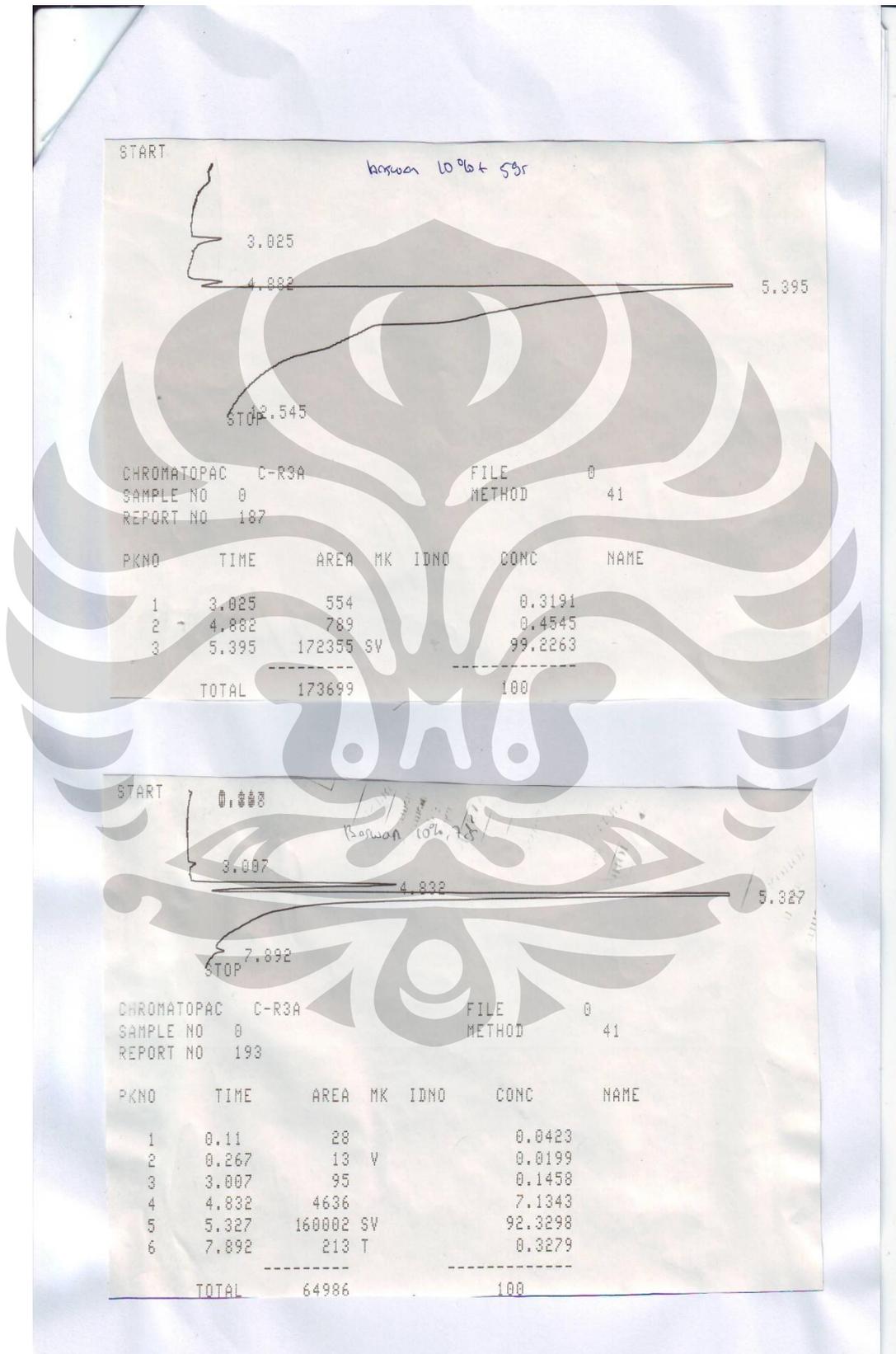
% Etanol	Luas Peak
0.001	2333
0.01	4773
0.1	7084
1	20186
3	37286
5	58330
7	81036
10	95209



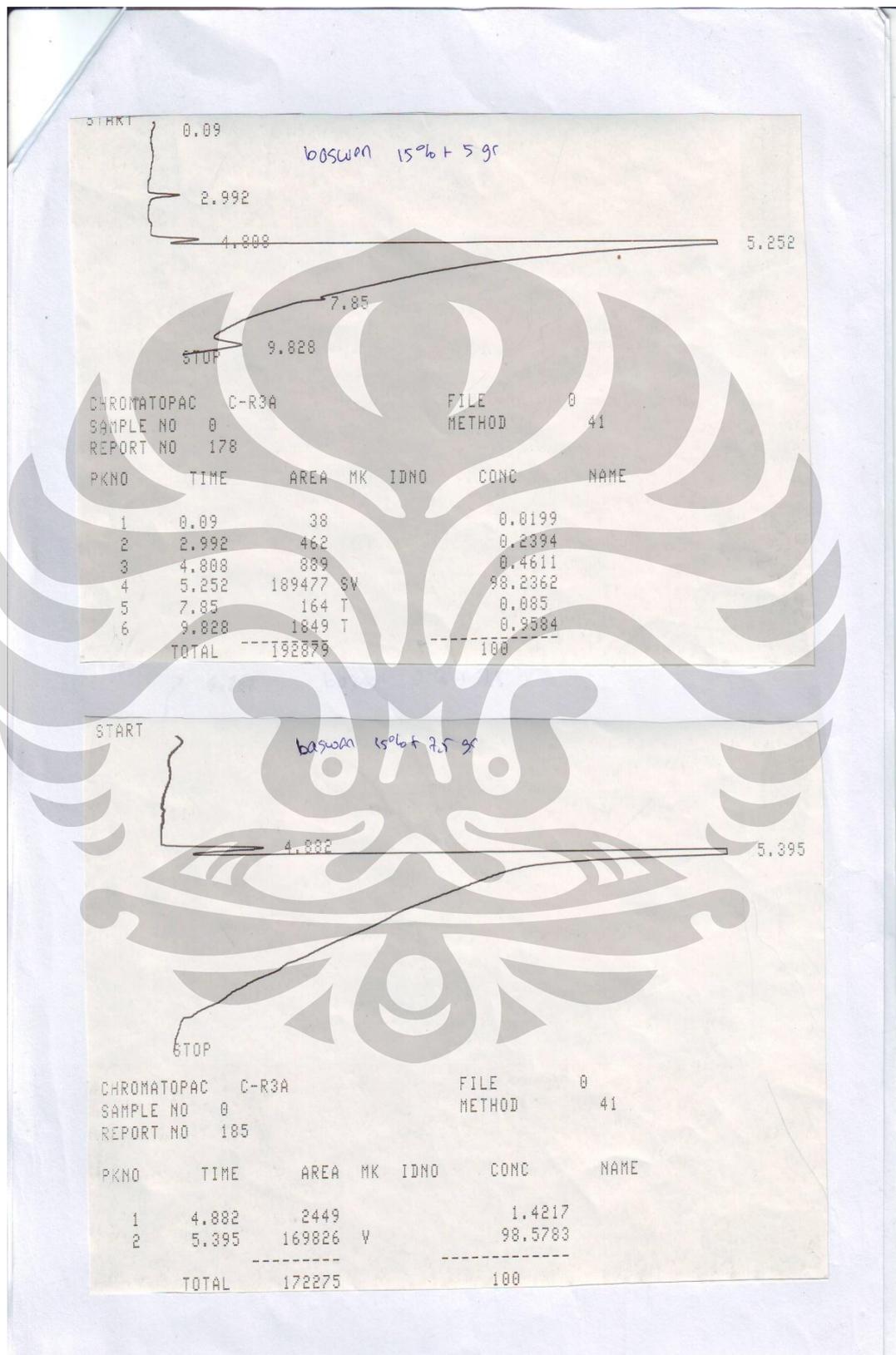
Lampiran 4 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1



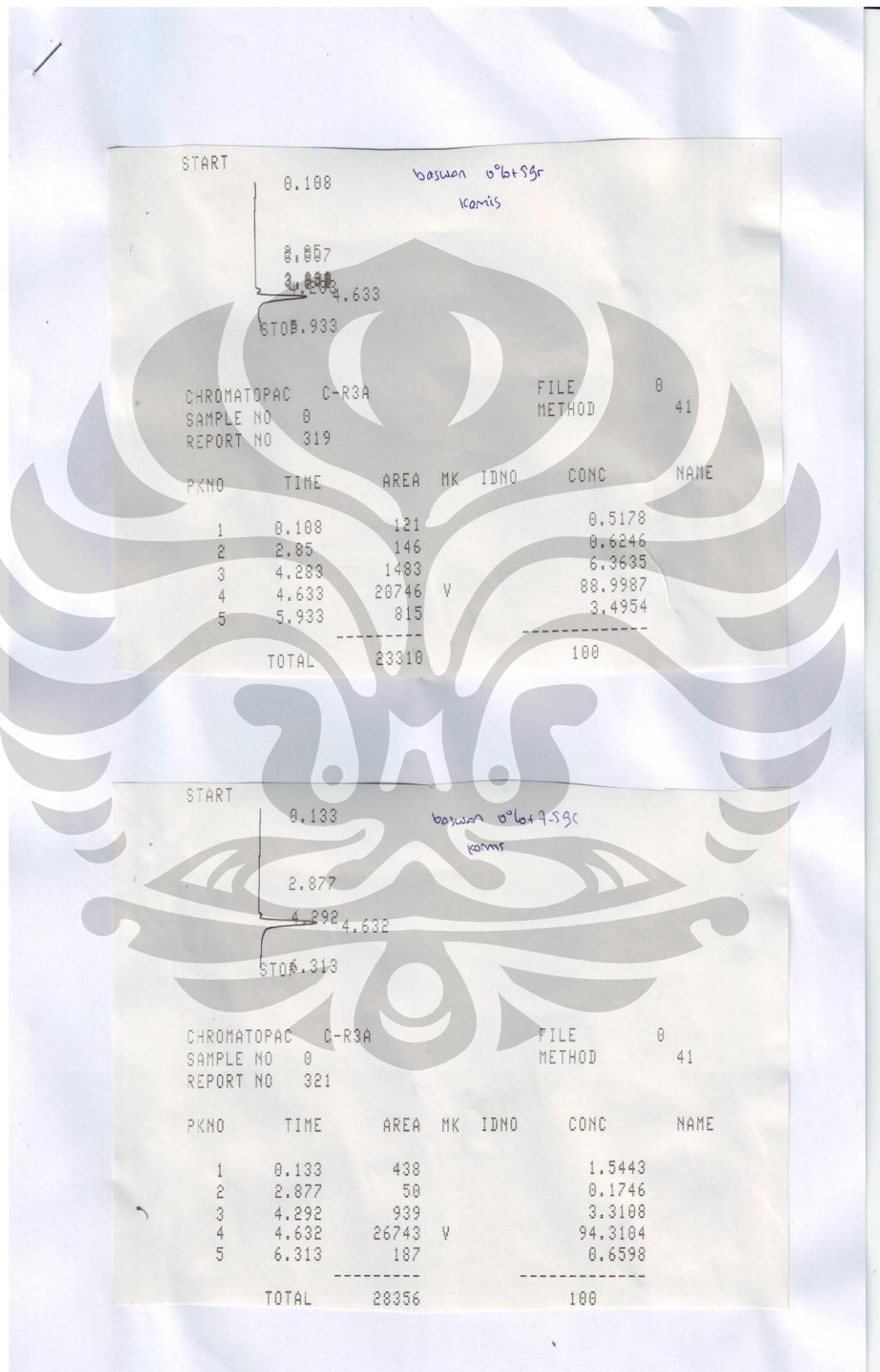
Lampiran 5 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1.



Lampiran 6 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-1.



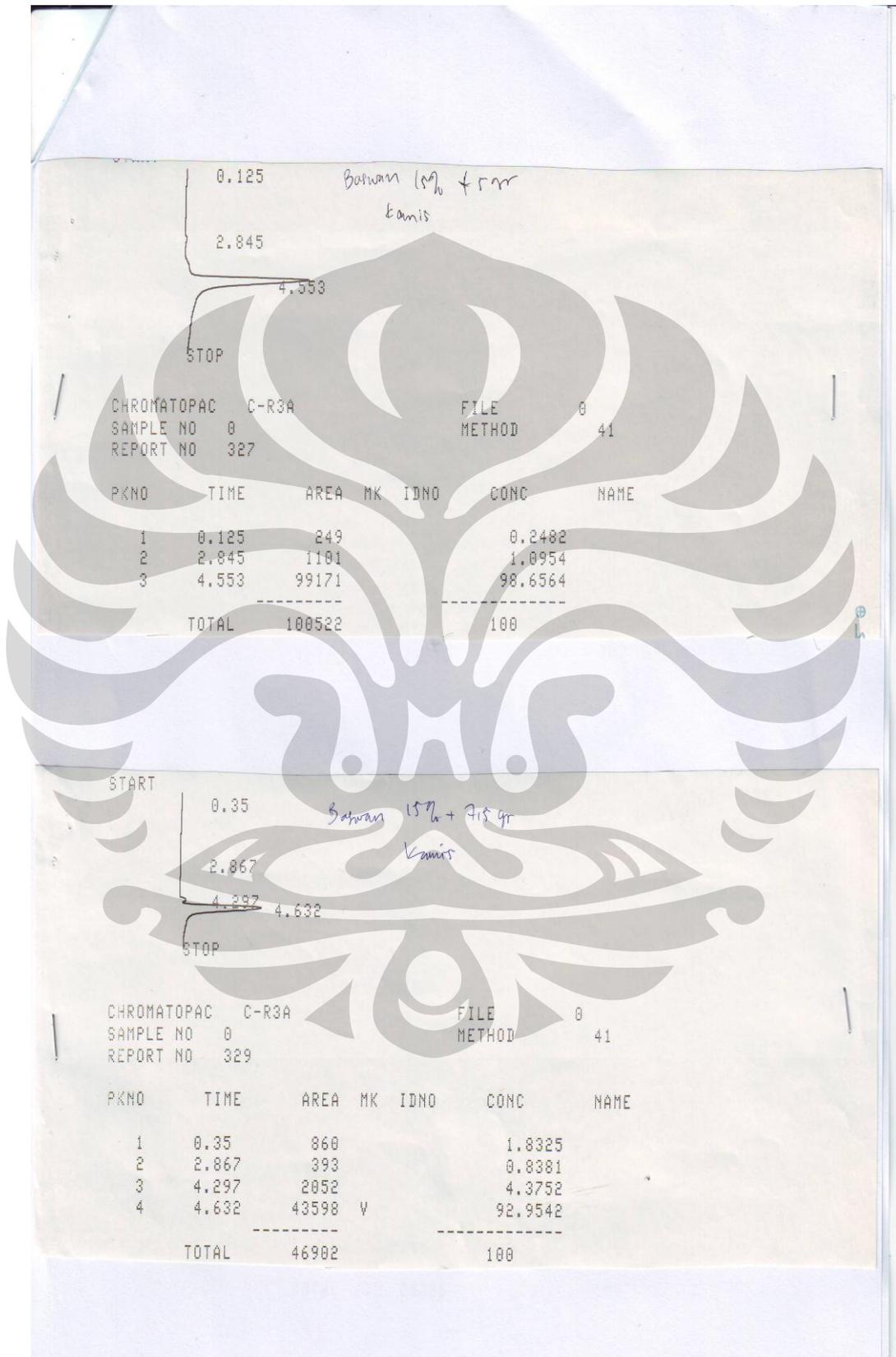
Lampiran 7 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4.



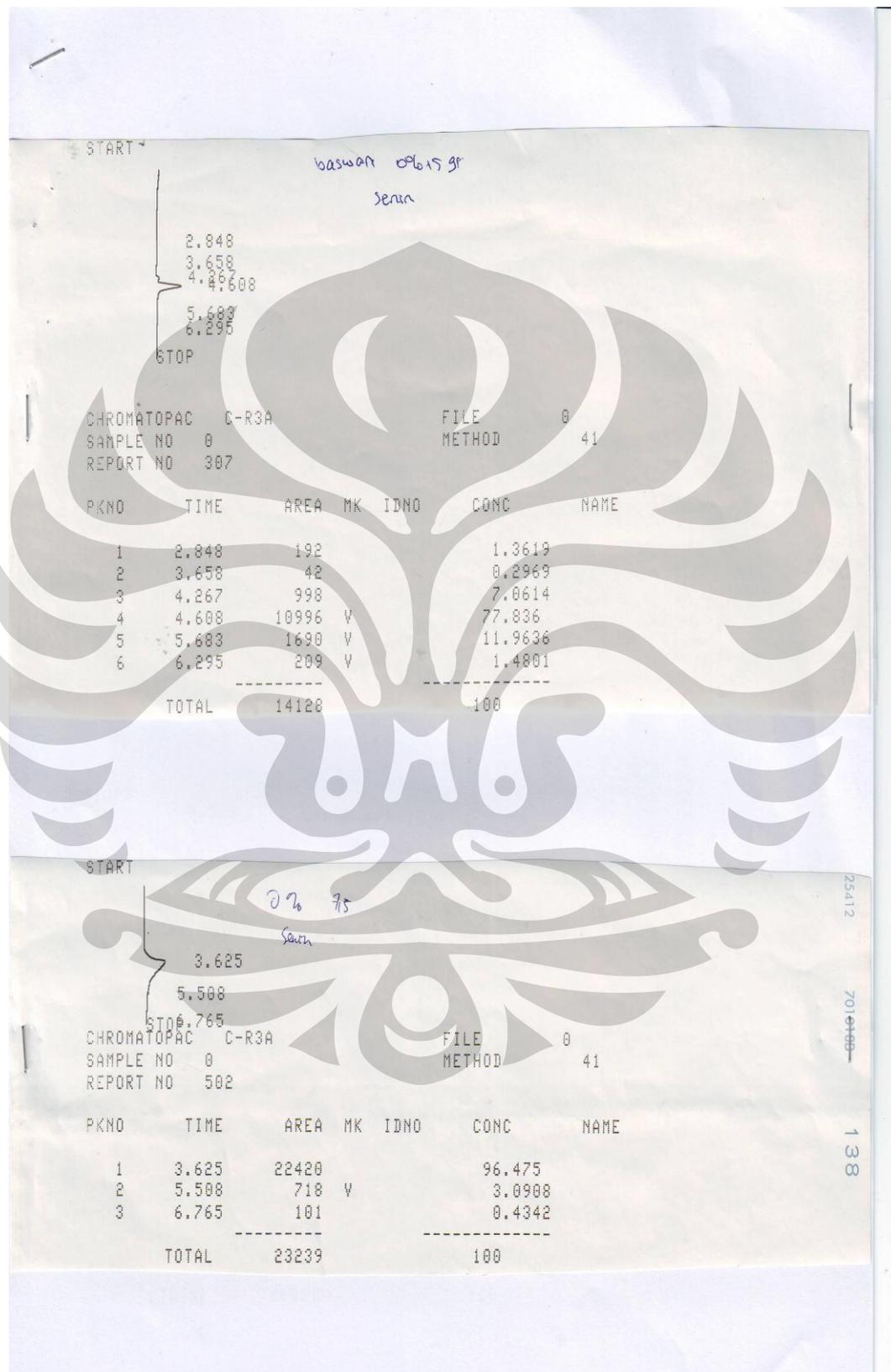
Lampiran 8 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4.



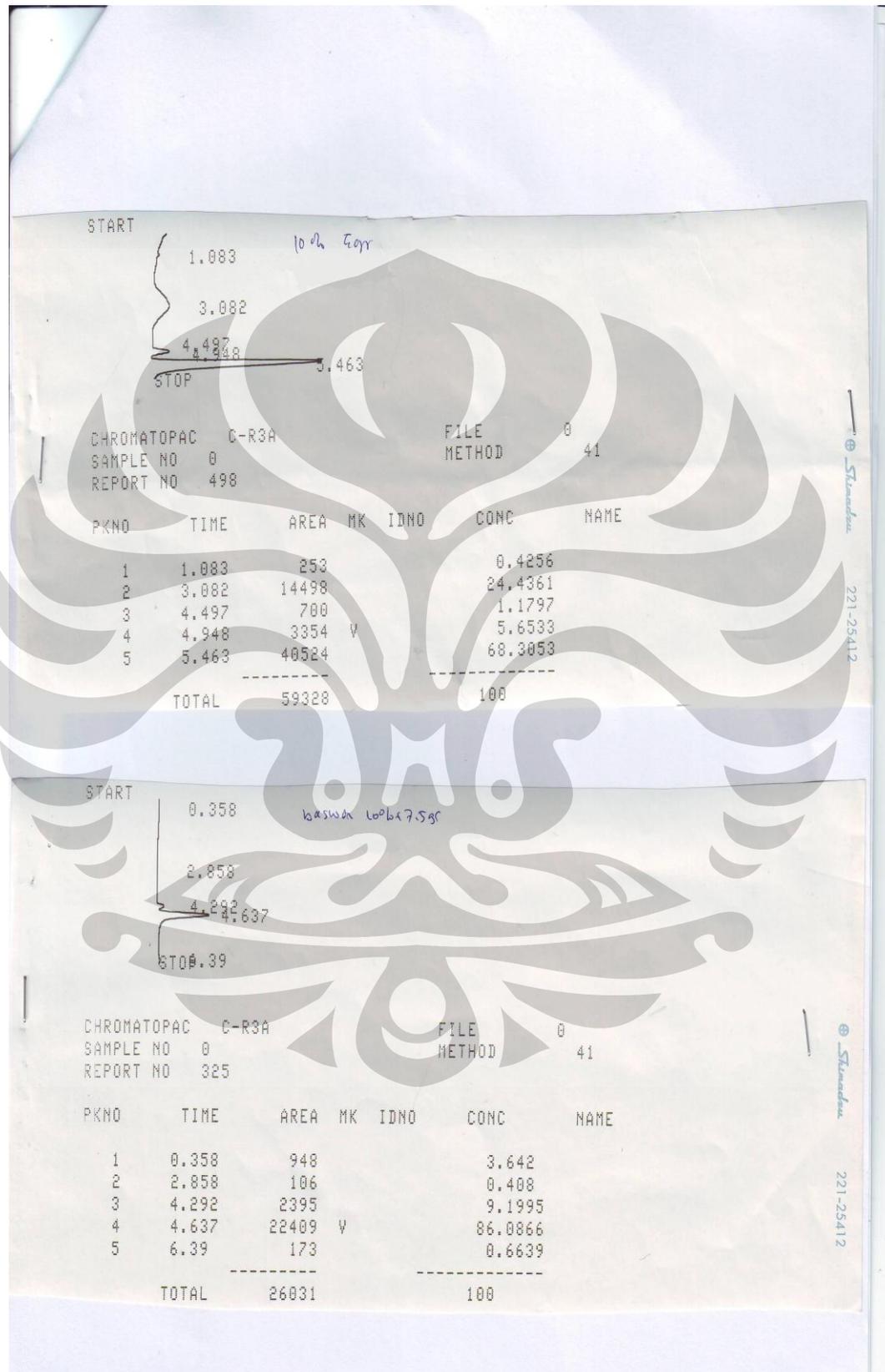
Lampiran 9 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-4.



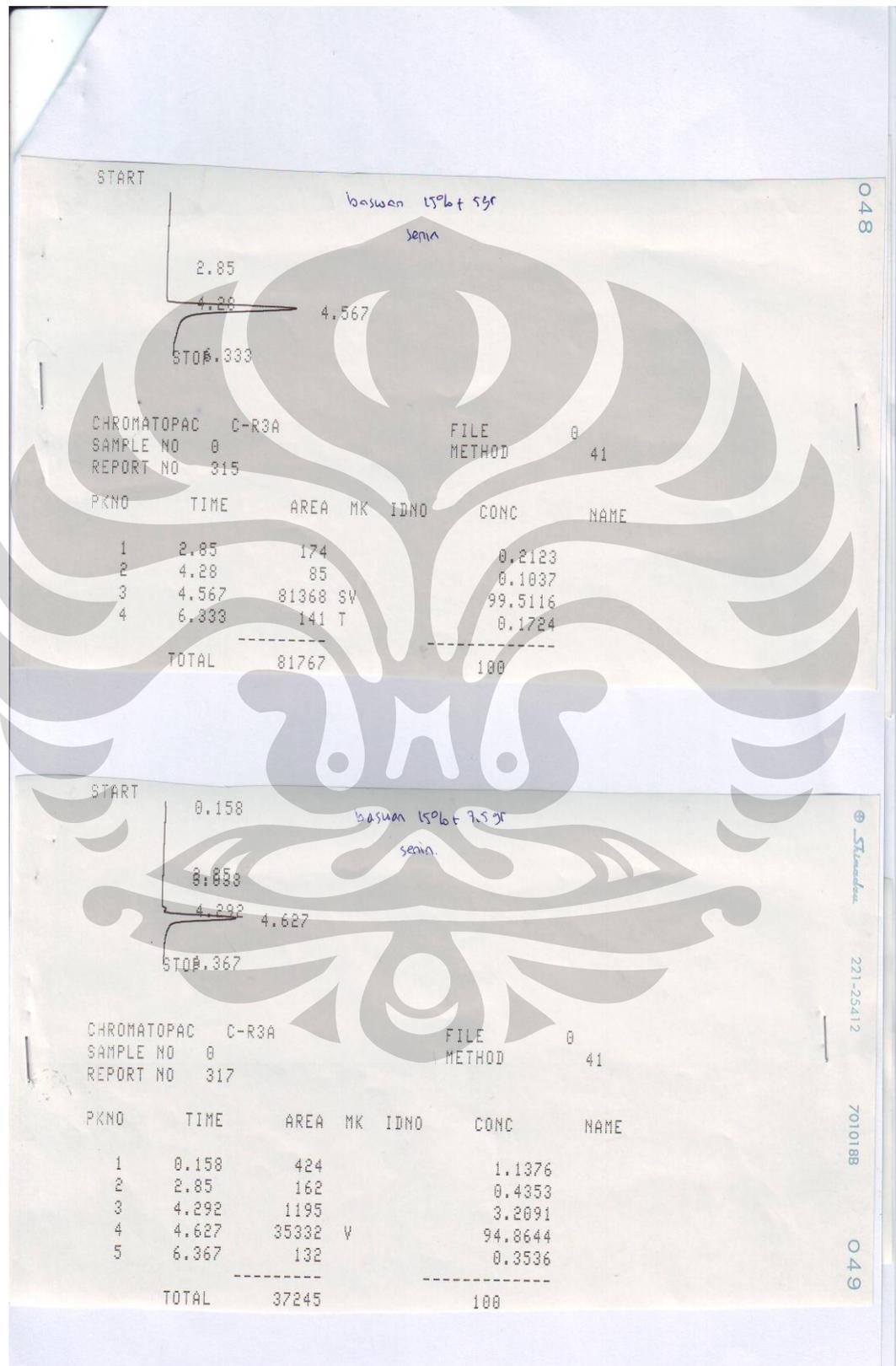
Lampiran 10 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8.



Lampiran 11 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8.



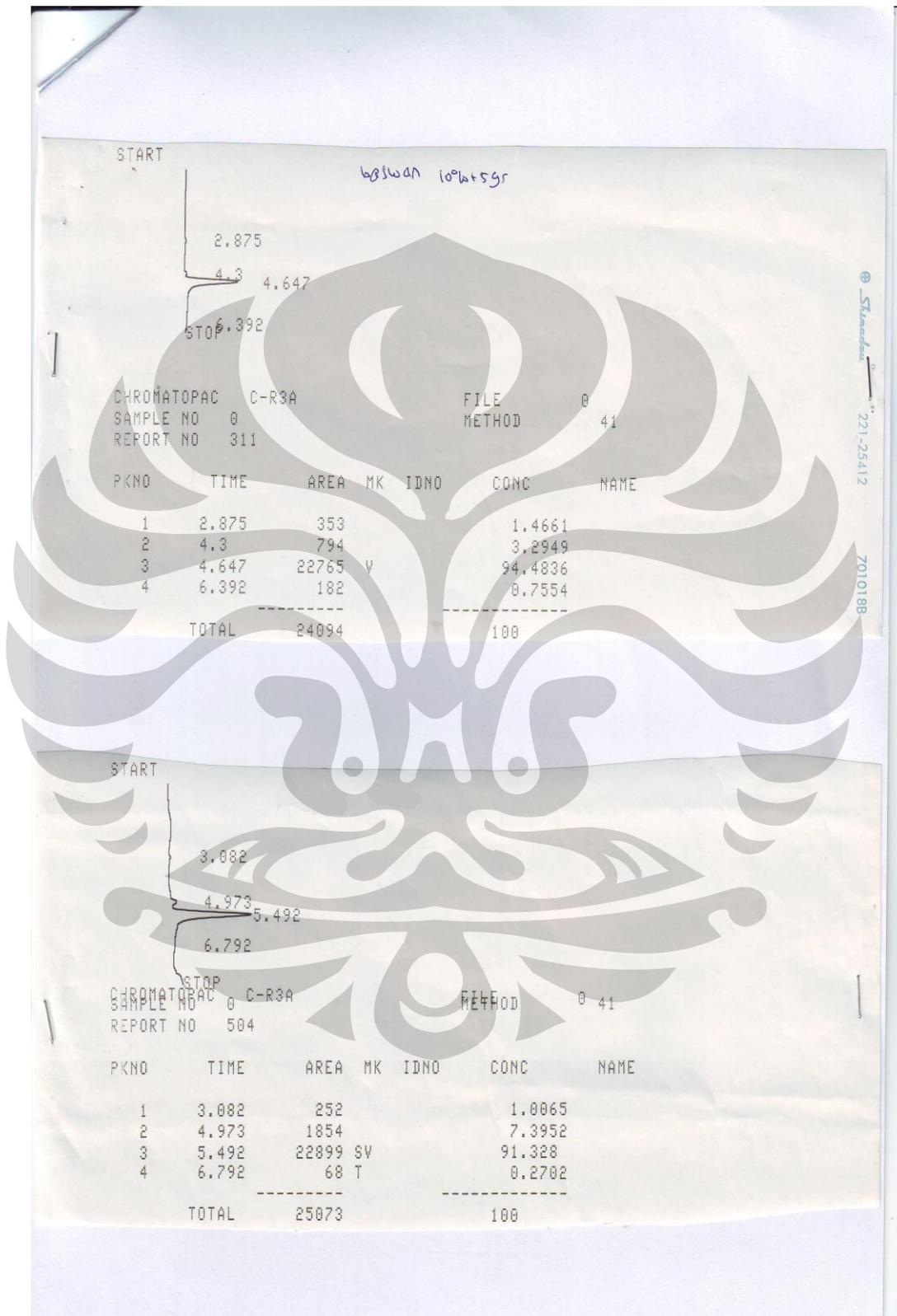
Lampiran 12 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-8.



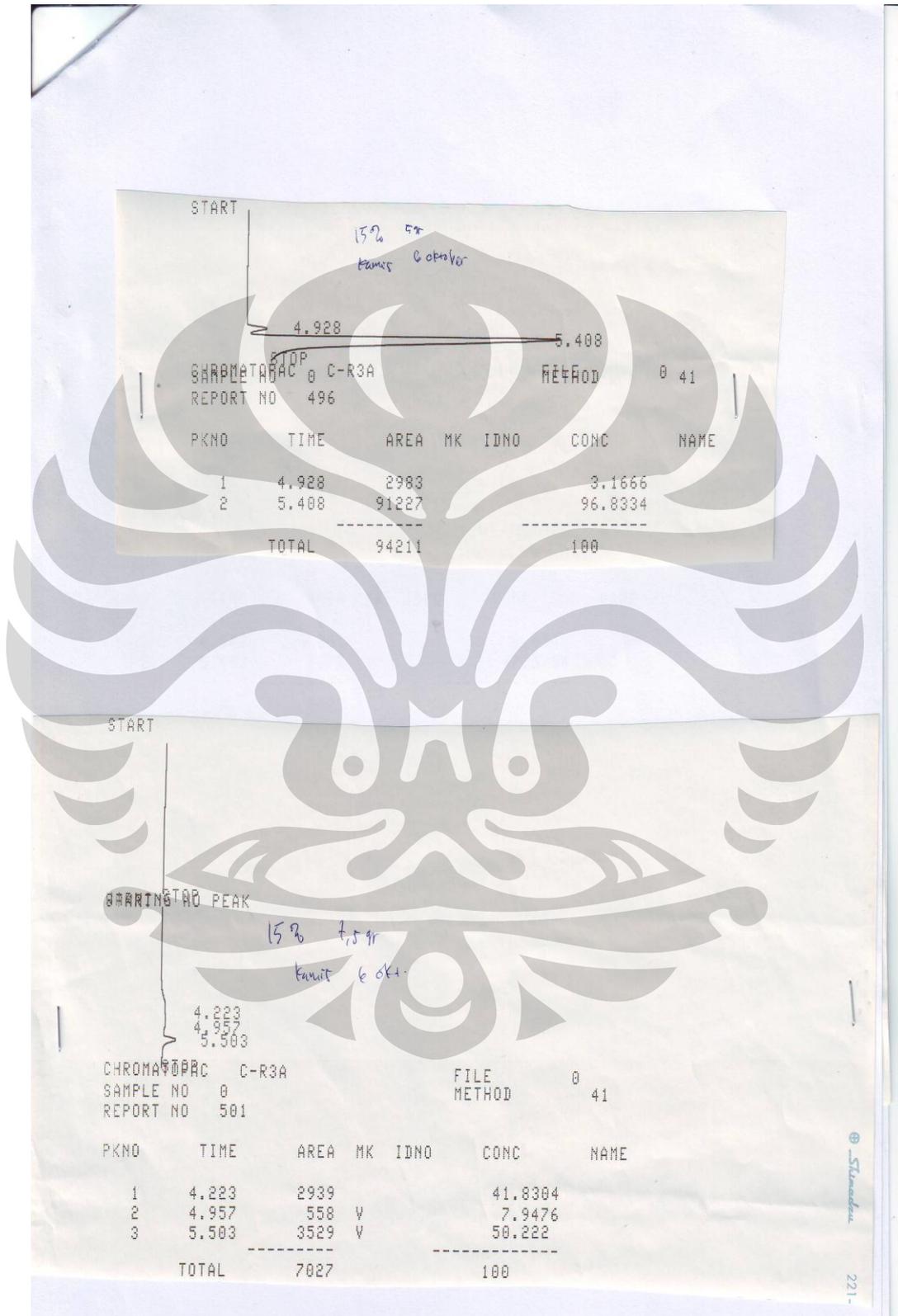
Lampiran 13 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11.



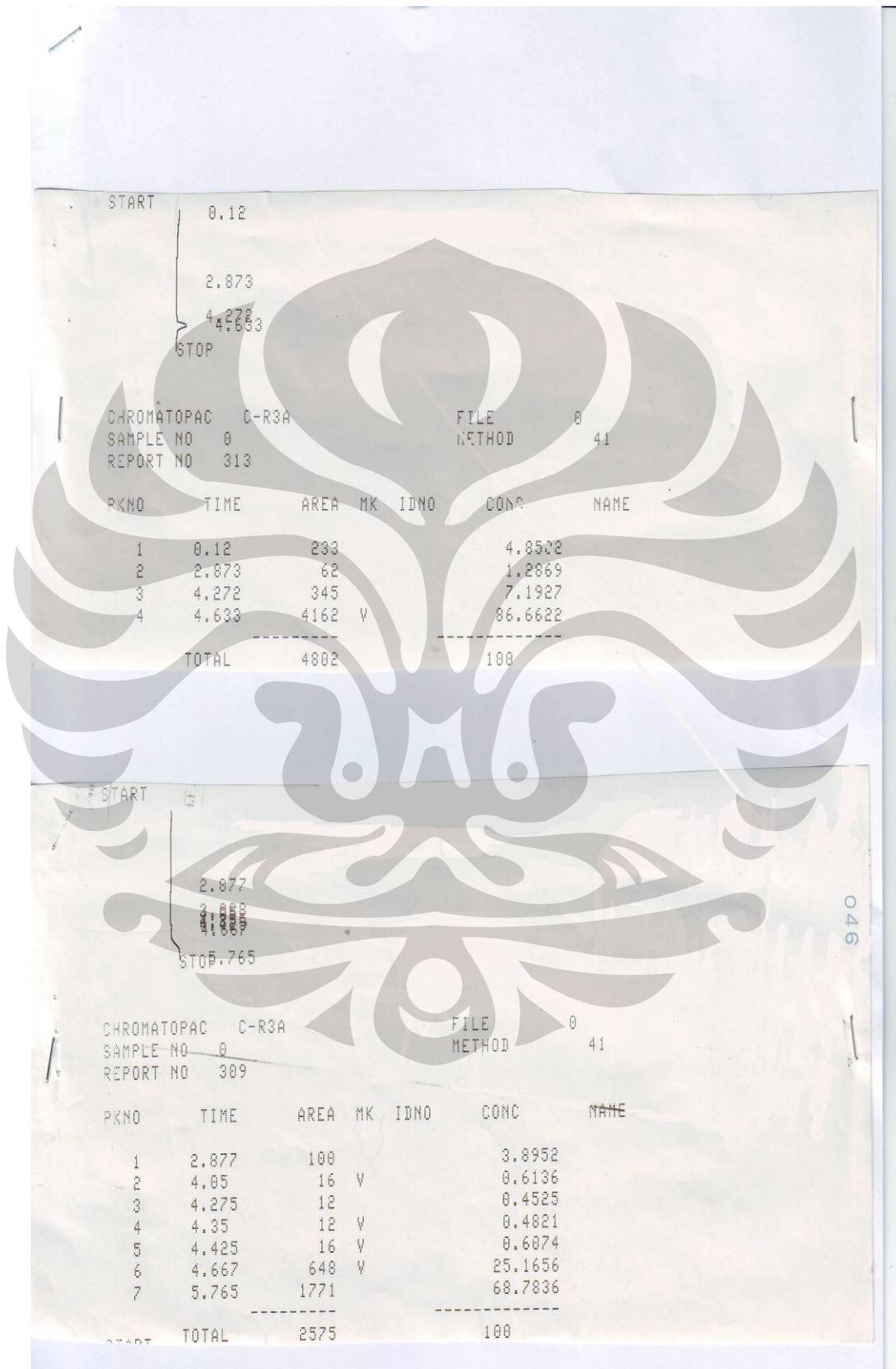
Lampiran 14 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11.



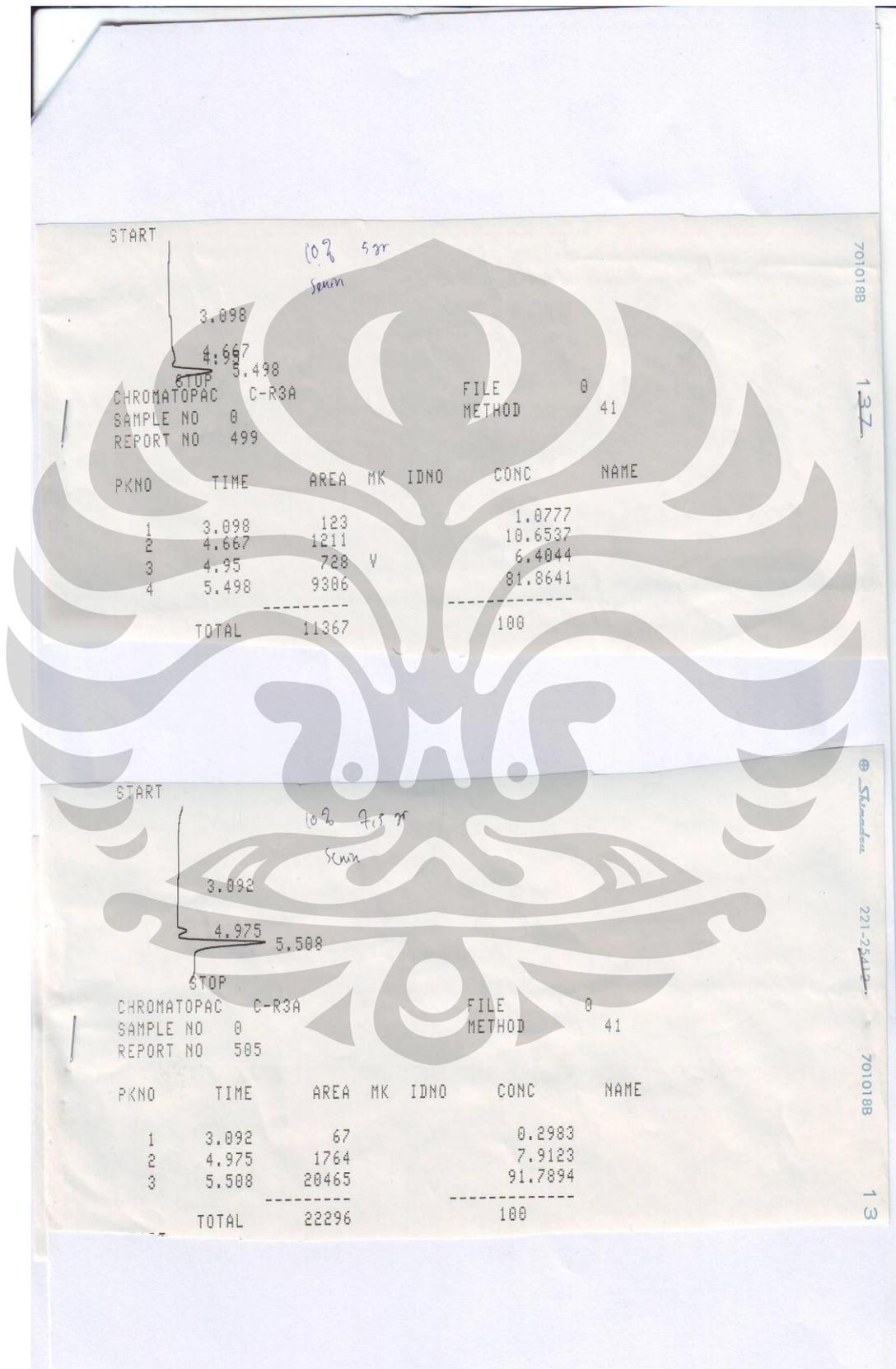
Lampiran 15 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-11.



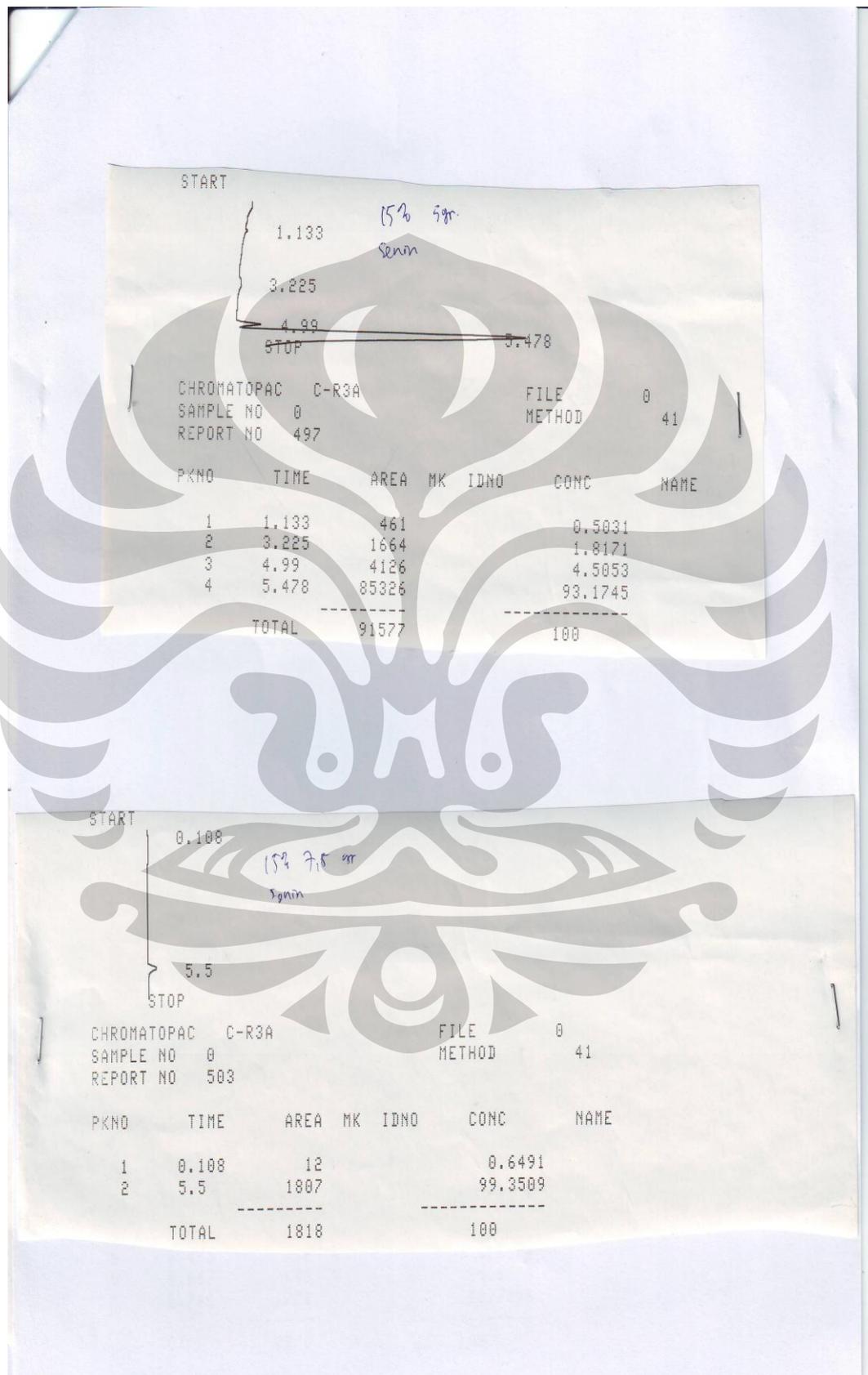
Lampiran 16 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 0% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15.



Lampiran 17 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 10% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15.



Lampiran 18 Gambar Penentuan Luas Area Oleh GC Pada Variasi 15% Gula + 5 gram Dan 7.5 gram Ragi Pada Hari Ke-15.



Lampiran 19 Data Penentuan Cuka Pada Variasi 0% Gula dan 7.5 gram Ragi.

Tanggal	sampel awal (ml)	pembacaan buret (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari Ke-1	0	12.7	12.7	1.27	1.035	10.35	0.0508	0.4914
Hari Ke-4	0	14.35	14.35	1.435	1.035	10.35	0.0574	0.5552
Hari Ke-8	28.8	44.8	16	1.6	1.042	10.42	0.0640	0.6149
Hari Ke-11	0	17.1	17.1	1.71	1.042	10.42	0.0684	0.6572
Hari Ke-15	0	17.6	17.6	1.76	1.042	10.42	0.0704	0.6764

Lampiran 20 Data Penentuan Cuka Pada Variasi 10% Gula dan 5 gram Ragi.

Tanggal	sampel awal (ml)	pembacaan buret (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari Ke-1	21.3	31.7	10.4	1.04	1.042	10.42	0.041652	0.399731286
Hari Ke-4	0	10.95	10.95	1.095	1.042	10.42	0.04385475	0.420870921
Hari Ke-8	0	24.7	24.7	2.47	1.042	10.42	0.0989235	0.949361804
Hari Ke-11	0	27.8	27.8	2.78	1.042	10.42	0.111339	1.068512476
Hari Ke-15	0	28.2	28.2	2.82	1.042	10.42	0.112941	1.083886756

Lampiran 21 Data Penentuan Cuka Pada Variasi 10% Gula dan 7.5 gram Ragi.

Tanggal	sampel awal (ml)	pembacaan buret (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari Ke-1	0	11.3	11.3	1.13	1.042	10.42	0.0452565	0.434323417
Hari Ke-4	0	35.5	35.5	3.55	1.049	10.49	0.1421775	1.35536225
Hari Ke-8	0	44.5	44.5	4.45	1.049	10.49	0.1782225	1.698975214
Hari Ke-11	0	46.2	46.2	4.62	1.035	10.35	0.185031	1.78773913
Hari Ke-15	0	46.23	46.23	4.623	1.035	10.35	0.18515115	1.7889

Lampiran 22 Data Penentuan Cuka Pada Variasi 15% Gula dan 5 gram Ragi.

Tanggal	sampel awal (ml)	pembacaan buret (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari Ke-1	31.7	39	7.3	0.73	1.049	10.49	0.0292365	0.278708294
Hari Ke-4	0	9.75	9.75	0.975	1.049	10.49	0.03904875	0.372247378
Hari Ke-8	7.4	18.1	10.7	1.07	1.049	10.49	0.0428535	0.408517636
Hari Ke-11	0	11.1	11.1	1.11	1.049	10.49	0.0444555	0.423789323
Hari Ke-15	0	11.65	11.65	1.165	1.049	10.49	0.04665825	0.444787893

Lampiran 23 Data Penentuan Cuka Pada Variasi 15% Gula dan 7.5 gram Ragi.

Tanggal	sampel awal (ml)	pembacaan buret (ml)	NaOH (ml)	NaOH (mmol)	ρ (gr/ml)	m larutan cuka (gr)	m cuka dalam sampel (gr)	kadar as. Asetat (%)
Hari Ke-1	12.7	29.8	17.1	1.71	1.049	10.49	0.0684855	0.652864633
Hari Ke-4	9.75	29.85	20.1	2.01	1.049	10.49	0.0805005	0.767402288
Hari Ke-8	18.1	41.2	23.1	2.31	1.049	10.49	0.0925155	0.881939943
Hari Ke-11	11.1	39.5	28.4	2.84	1.056	10.56	0.113742	1.077102273
Hari Ke-15	0	29.2	29.2	2.92	1.049	10.49	0.116946	1.114833174

Contoh perhitungan pada hari ke-1 atau tanggal 27/10/08:

Perhitungan pada sampel 15% gula + 7.5 gr *Sacharomyces Sereviseae* (SS),

Diketahui: Volume titrat = 10 mL = 0.01 Liter

Konsentrasi titran (mmol NaOH) = 0.1 Mol/Liter

Mr NaOH = 40 mg/mmol

Penyelesaian:

$mmol\ cuka = mmol\ NaOH \times Volume\ terpakai\ (titran)$

$$= 0.1 \frac{Mol}{Liter} \times 17.10\ mL = 1.71\ mmol$$

$massa\ Cuka\ dalam\ Sampel = mmol\ cuka \times Mr\ NaOH$

$$= 1.71\ mmol \times 40 \frac{mg}{mmol}$$

$$= 68\ mg = 68\ mg \times \frac{1\ gr}{1000\ mg} = 0.068\ gr$$

$mass\ larutan\ cuka\ dalam\ sampel = \rho \times volume\ titran$

$$= 1.049 \times 0.01\ L = 0.01049\ kg \times \frac{1000\ gr}{1\ kg} = 10.49\ gr$$

$\% asam\ asetat = \frac{massa\ cuka\ dalam\ sampel}{massa\ larutan\ cuka\ dalam\ sampel} \times 100\%$

$$= \frac{0.068\ gr}{10.49\ gr} \times 100\% = 0.6528\ \%$$