

PEMBUATAN ASAM ASETAT DARI LIMBAH CAIR KULIT KOPI ARABIKA (*Coffea arabica*. Sp)

Rosmiati^{1*}, M. Yunus², Raudah²

¹DIV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

*Email: rosmiati_81@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian tentang pembuatan asam asetat dari limbah cair kulit kopi (*coffea arabica*. Sp) telah dilakukan. Limbah cair kulit kopi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan asam asetat, dan diharapkan dapat menghasilkan mutu asam asetat yang baik sesuai dengan standar mutu asam asetat dari nira aren (*Arenga pinnata*) SNI 01-4371-1996. Proses fermentasi dilakukan dalam dua tahapan, tahap pertama adalah fermentasi limbah cair kulit kopi menjadi alkohol secara anaerob, tahap kedua adalah fermentasi alkohol menjadi asam asetat secara aerob. Fermentasi secara aerob dilakukan dengan memvariasikan penambahan bakteri acetobacter aceti dan tanpa penambahan acetobacter aceti, serta variasi waktu yaitu selama 7, 10, dan 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam asetat yang diperoleh tanpa penambahan bakteri *A. Aceti* tidak memenuhi standar mutu sedangkan dengan penambahan bakteri *A. aceti* telah memenuhi standar mutu yaitu: kadar asam asetat: 6,48%, kadar alkohol: 4,35%, TPT: 1,27%, pH: 4 dan cemaran logam (Pb: -0,3116, Cu: -0,7397, Zn: -0,5623).

Keywords: fermentasi, kopi, *Acetobacter aceti*, SNI 01-4371-1996.

ABSTRACT

Research on the manufacture of acetic acid from liquid coffee husk waste (*coffea arabica*. Sp) has been carried out. Coffee husk liquid waste can be used to produce acetic acid, and it is hoped that it can produce good quality acetic acid in accordance with the quality standards for acetic acid from palm sap (*Arenga pinnata*) SNI 01-4371-1996. The fermentation process is carried out in two stages, the first stage is the anaerobic fermentation of liquid coffee husk waste into alcohol, the second stage is the aerobic fermentation of alcohol into acetic acid. Aerobic fermentation was carried out by varying the addition of acetobacter aceti bacteria and without the addition of acetobacter aceti, as well as varying the time, namely 7, 10 and 15 days. The research results showed that the acetic acid obtained without the addition of *A. Aceti* bacteria did not meet the quality standards, whereas with the addition of *A. aceti* bacteria it met the quality standards, namely: acetic acid content: 6.48%, alcohol content: 4.35%, TPT: 1.27%, pH: 4 and metal contamination (Pb: -0.3116, Cu: -0.7397, Zn: -0.5623).

Keywords: fermentation, coffee, *Acetobacter aceti*, SNI 01-4371-1996.

PENDAHULUAN

Kulit buah kopi merupakan limbah yang dipisahkan dari biji kopi. Limbah kopi tersebut terdiri dari limbah kulit, dan limbah pulp. Limbah cair kulit kopi merupakan lapisan lendir berwarna putih yang melapisi permukaan biji kopi. Limbah cair ini dihasilkan pada saat pencucian biji kopi. Limbah cair kulit kopi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan asam asetat, dan tentunya dapat menghasilkan mutu asam asetat yang baik.

Asam asetat dapat dibuat dari substrat yang mengandung etanol, yang dapat diperoleh dari berbagai macam bahan seperti buah-buahan, kulit nanas, pulp kopi, dan air kelapa.

Penelitian yang dilakukan oleh Raudah dan Ernawati (2012) dalam usaha untuk menghasilkan alkohol dari limbah cair hasil pengolahan basah kulit kopi telah menghasilkan alkohol dengan konsentrasi bioetanol sebesar 97, 72% pada waktu fermentasi 72 jam. Waktu fermentasi yang lebih dari 72 jam menurunkan

kadar bioetanol. Penurunan konsentrasi bioetanol selain disebabkan karena ragi *sacharomyces cerevisiae* mengalami fase kematian juga karena suplai makanan habis. Selanjutnya secara alami bioetanol berubah menjadi asam asetat. Untuk memaksimalkan terbentuknya asam asetat maka penelitian ini dilakukan.

Kegunaan asam asetat adalah dapat mengatur keasaman pada industri makanan, sebagai pelunak air dalam rumah tangga, sebagai minuman (cuka apel) dan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia seperti vinil asetat, selulosa asetat, asetat anhidrit, ester asetat dan garam asetat.

Komposisi kimia dari biji kopi bergantung pada spesies dan varietas dari kopi tersebut serta faktor-faktor antara lain lingkungan tempat tumbuh, tingkat kematangan dan kondisi penyimpanan. Proses pengolahan juga akan mempengaruhi komposisi kimia dari kopi. Misalnya penyangraian akan mengubah komponen yang labil yang terdapat pada kopi sehingga membentuk komponen yang kompleks (Clarke dan Macrae, 1985).

Tujuan dari penelitian adalah memanfaatkan limbah cair kulit kopi sebagai bahan baku pembuatan asam asetat dan diharapkan dapat menghasilkan mutu asam asetat yang baik sesuai dengan standar mutu asam asetat (SNI 01-4371-1996).

METODE PENELITIAN

Limbah cair kulit kopi arabika (*coffea arabica*, Sp) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari CV. Nutrisi Aceh, Takengon. Limbah cair kulit kopi sebanyak 2 liter beserta kulit kopi sebanyak 1 kg dari proses pulping di hidrolisis pada suhu 100 oC. Sampel kemudian di saring dan filtrat yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam wadah yang tertutup rapat. Selanjutnya proses pembuatan asam asetat dimulai dengan cara melakukan fermentasi terhadap alkohol yang dihasilkan dari limbah cair kulit kopi arabika (*coffea arabica*, Sp). Proses fermentasi dilakukan dalam 2 tahapan yaitu fermentasi secara anaerob untuk menghasilkan alkohol dan fermentasi secara aerob alkohol dengan penambahan bakteri *A. aceti* dan tanpa penambahan bakteri *A. Aceti* untuk menghasilkan asam asetat. Variasi waktu fermentasi secara aerob terdiri dari 7, 10 dan 15 hari. Asam asetat yang dihasilkan kemudian diuji mutunya berdasarkan standar mutu dari nira

aren (arenga pinnata) SNI 01-4371-1996 yang meliputi pengujian terhadap nilai total asam asetat, kadar alkohol, total padatan terlarut, pH, uji kelarutan (air, alkohol, gliserol), dan cemaran logam (Pb, Cu dan Zn).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Khamir (ragi roti) dan bakteri (*A. aceti*) merupakan salah satu mikroorganisme yang berperan aktif dalam proses fermentasi terutama selama proses pemecahan gula menjadi alkohol dan perubahan alkohol menjadi asam asetat.

Kandungan glukosa yang terdapat di dalam limbah cair kulit kopi, sangat berpengaruh terhadap pembentukan alkohol dan asam asetat selama fermentasi. Selain karbohidrat, komponen lain yang mempunyai peranan penting dalam proses fermentasi antara lain protein, vitamin, lemak dan asam nukleat. Alkohol merupakan sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan sel, tetapi pada kadar tertentu justru menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh sel bakteri asam asetat. Sedangkan asam asetat merupakan produk metabolit yang terbentuknya bergantung pada besarnya populasi bakteri asam asetat dan ketersediaan etanol.

Pada permulaan proses fermentasi, khamir memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya sehingga fermentasi terjadi secara aerob. Setelah terbentuk CO₂, reaksi akan berubah menjadi anaerob. Apabila terdapat udara pada proses fermentasi, maka alkohol yang dihasilkan lebih sedikit karena terjadi respirasi yang mengakibatkan terjadinya konversi gula menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O).

Berdasarkan data pada Tabel 1, maka dapat dikatakan bahwa proses pembentukan alkohol pada fermentasi limbah cair kulit kopi berlangsung selama 3 hari. Kadar alkohol yang diperoleh pada hari ke 3 adalah sebanyak 6,55 (%) brik. Penelitian yang dilakukan oleh Raudah dan Ernawati (2012) menunjukkan bahwa setelah 72 jam konsentrasi dan yield bioetanol naik menjadi 62 %, dan pada 82 jam konsentrasi bioetanol turun menjadi 40,3 %.

Sebelum dilakukan perlakuan fermentasi untuk menghasilkan asam asetat dengan penambahan A. aceti dan tanpa A. aceti terlebih dahulu dilakukan uji TPT, kadar alhokol dan pH seperti di peroleh pada Tabel 1.

Dari Tabel 1, pada hari pertama ragi masih dalam tahap adaptasi. Setelah berada dalam substrat selama 24 jam (1 hari), ragi mulai melakukan proses konversi gula menjadi alkohol dan sebagian lagi menjadi CO₂. Pada waktu 1-3 hari, ragi menjalani tahap pertumbuhan (fase log), hal ini terlihat dari kadar alkohol yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil fermentasi selama 3 hari didapat kandungan alkohol sebesar 6,55%, yang diambil sebagai bahan untuk dijadikan bahan proses fermentasi selanjutnya. Pada tahap ini proses fermentasi dihentikan dengan cara membuka bak fermentor. Kehadiran oksigen diharapkan dapat menghentikan dengan segera proses pembentukan alkohol. Proses selanjutnya adalah fermentasi aerob menggunakan bakteri *Acetobacter aceti*.

Tabel 1. Hasil pengamatan limbah cair kulit kopi menjadi alkohol.

Waktu (hari)	Rata-rata TPT (%) brik	Kadar Alkohol (% brik)		Rata-rata yang baru.	
		1	2	kadar alkohol (%) brik	Nilai pH
1	1,3565	5,6	5,7	5,65	6,3
2	1,3585	6,3	6,5	6,4	6,2
3	1,3565	6,5	6,6	6,55	6

Produksi asam asetat merupakan proses oksidasi tidak sempurna, dimana daya reduksi dipindahkan ke molekul oksigen. Pada tahap pertama terjadi oksidasi dari alkohol menjadi asetal dehidra dengan bantuan enzim alkohol dehidrogenase. Kemudian terjadi hidrasi menjadi asetal dehidra hidrat dan oksidasi kedua oleh asetal dehidra dehidrogenase menjadi asam asetat (Effendi, M. S. 2002).

Hampir semua bahan yang mengandung alkohol, gula, pati, serta adanya sejumlah kecil unsur nitrogen, dapat dibuat menjadi asam asetat atau vinegar. Vinegar adalah cairan yang diperoleh melalui fermentasi alkohol dan dilanjutkan dengan fermentasi asam asetat. Fermentasi asam asetat bertujuan untuk menghasilkan produk asam asetat.

Berdasarkan dari hasil pengujian maka dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 yaitu hasil pengamatan fermentasi alkohol dari limbah cair kulit kopi menjadi asam asetat.

Fermentasi asam asetat dilakukan oleh bakteri asam asetat terhadap larutan yang mengandung alkohol oleh bakteri dari genus *Acetobacter*,

A. aceti bersifat motil atau nonmotil dan mengoksidasi etanol menjadi asam asetat yang dioksidasi lebih lanjut menjadi karbondioksida (CO₂). A. aceti dapat mengubah alkohol menjadi asam asetat pada konsentrasi alkohol optimal 10%-13%.

Konsentrasi alkohol yang terlalu rendah (0,0 - 0,5%), akan menyebabkan overoksidasi asam asetat menjadi CO₂ dan H₂O, sedangkan konsentrasi alkohol lebih dari 14% akan mengakibatkan terhambatnya proses fermentasi asam asetat (Waluyo, 2007).

Kurva pertumbuhan bakteri dapat dipisahkan menjadi empat fase utama: fase lag (fase lamban atau lag phase), fase pertumbuhan eksponensial (fase pertumbuhan cepat atau log phase), fase stationer (fase statis atau stationary phase) dan fase penurunan populasi (decline). Fase-fase tersebut mencerminkan keadaan bakteri dalam kultur pada waktu tertentu. Di antara setiap fase terdapat suatu periode peralihan dimana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase

Tabel 2. Hasil pengamatan fermentasi dari limbah cair kopi menjadi alkohol

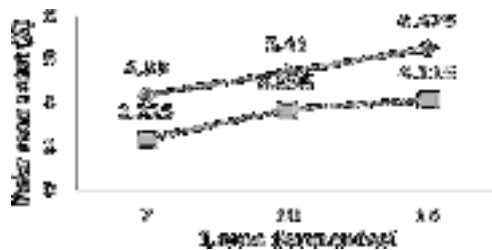
Perlakuan	Waktu (Hari)	Volume (ml)	Rata-rata kadar asam.asetat (%) brik	Rata-rata kadar alkohol (%) brik
A.aceti	7	123	4,33	8,2
	10	134	5,41	7,15
	15	139	6,475	4,35
Tanpa A.aceti	7	104	2,325	5,9
	10	107	3,695	4,85
	15	110	4,115	2,85

Tabel 3. Hasil pengamatan fermentasi alkohol dari limbah cair kulit kopi menjadi asam asetat.

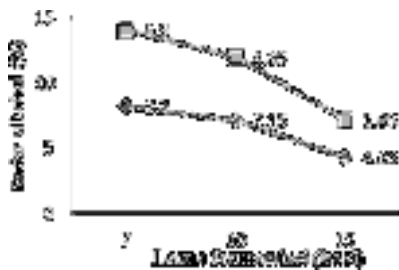
Perlakuan	Waktu (Hari)	Rata-rata TPT	Nilai pH
-----------	--------------	---------------	----------

		(%) brik	
	7	2,18	6
A.aceti	10	2,15	5
	15	1,27	4
Tanpa A.aceti	7	3,53	6,5
	10	2,91	5,3
	15	1,97	4,7

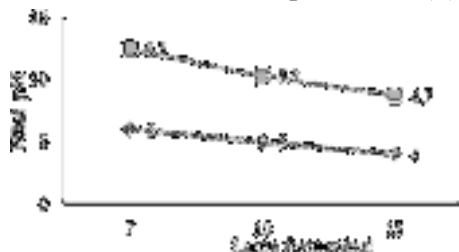
Perubahan kemiringan pada kurva tersebut menunjukkan transisi dari satu fase perkembangan ke fase lainnya. Berdasarkan dari hasil pengamatan kadar asam asetat pada Tabel 2 Pada Gambar 1. menunjukkan, bahwa dengan menggunakan perlakuan A. aceti mengalami peningkatan kadar asam asetat pada fermentasi hari ke-15 yaitu 6,475%, sedangkan pada perlakuan tanpa menggunakan A. aceti, mengalami peningkatan asam asetat pada hari ke-15 yaitu 4,115%.



Gambar 1. Grafik pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar asam asetat. Dengan A. aceti (♦), tanpa A. aceti (■).



Gambar 3. Grafik pengaruh lama fermentasi terhadap Total Padatan Terlarut (TPT). Dengan A. aceti (♦), tanpa A. aceti (■).



Gambar 4. Grafik pengaruh lama fermentasi terhadap Nilai pH. Dengan A. aceti (♦), tanpa A. aceti (■).

Dengan demikian pada waktu fermentasi 15 hari bakteri A. aceti mengalami fase eksponensial.

Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol

Alkohol dengan konsentrasi tinggi merupakan racun bagi khamir. Alkohol pada konsentrasi tinggi dapat mendenaturasi protein dan melarutkan lemak, sehingga dinding sel khamir rusak dan plasma membeku, selanjutnya khamir akan mati.

Proses fermentasi asam asetat bila kadar alkohol dalam substrat tersebut menurun maka bakteri A. aceti akan mengoksidasi asam asetat dalam substrat menjadi CO₂ dan H₂O.

Selama fermentasi alkohol, alkohol dioksidasi hingga pada akhir fermentasi, kadar alkohol rata-rata dalam substrat pada awal fermentasi sebesar 8,2% perlakuan A. aceti dan tanpa A. aceti yaitu 5,9% (Tabel 2).

Pada Gambar 2, menunjukkan penurunan kadar alkohol yaitu perlakuan dengan A.aceti pada hari ke-15 menghasilkan kadar alkohol yaitu 4,35 % dan perlakuan tanpa A.aceti pada hari ke-15 yaitu menghasilkan kadar alkohol sekitar 2,85% disebabkan penurunan kadar alkohol ini terjadi, karena pada saat fermentasi berlangsung, kandungan alkohol yang telah dioksidasi akan menghasilkan asam asetat dan H₂O. Kandungan alkohol akhir pada produk asam asetat telah memenuhi standar nira aren (Arenga pinnata) SNI 01-4371-1996 tentang asam asetat fermentasi yang mempersyaratkan sisa alkohol asam asetat fermentasi maksimal 10% (Baharuddin dan Syahidah, 2008).

Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Padatan Terlarut (TPT)

Gula merupakan salah satu sumber karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan A. aceti.

Total padatan terlarut rata-rata dalam substrat mengalami penurunan selama 15 hari fermentasi asam asetat. Total padatan terlarut dari limbah cair kulit kopi yaitu hasil fermentasi sangat bervariasi, dimana pada perlakuan A. aceti yaitu total padatan terlarut awal mencapai 2,18% brix kemudian secara terus-menerus mengalami penurunan pada hari ke-15 yaitu 1,27% brix. Sedangkan total padatan terlarut awal dengan perlakuan tanpa A.aceti mencapai 3,53% brix dan akan menurun pada hari ke-15 yaitu 1.97% brix (Gambar 3.) Total padatan terlarut berkurang sesuai dengan bertambahnya waktu fermentasi. Selain itu juga pengurangan total padatan terlarut disebabkan oleh makin berkurangnya sumber nutrien dan substrat pada larutan.

Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Nilai pH

Laju pertumbuhan mikroba tergantung pada nilai pH, karena pH mempengaruhi fungsi membran enzim dan komponen lainnya. pH sangat berguna untuk mengatur aktivitas fermentasi di dalamnya. Selain itu juga berfungsi untuk menghentikan kegiatan fermentasi bila dianggap telah cukup. Jasad renik pada umumnya dapat tumbuh pada kisaran pH 3-6. Kebanyakan bakteri mempunyai pH optimum sekitar pH 6.5-7.5. Pada pH di bawah 5.0 dan di atas 8.5, bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik, kecuali bakteri asam asetat dan bakteri yang mengoksidasi sulfur. Sebaliknya, khamir menyukai pH 4-5 dan dapat tumbuh pada kisaran pH 2.5-8.5. Oleh karena itu, khamir tumbuh pada pH rendah dimana pertumbuhan bakteri terhambat (Waluyo, 2007).

Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa dengan peningkatan waktu lama fermentasi terjadi penurunan pH pada kedua jenis perlakuan (dengan A. aceti dan tanpa A. aceti) dengan perbandingan starter. A. aceti (1:1) dan tanpa A. aceti (1:3) Dengan adanya perubahan nilai pH yang terjadi pada setiap skala waktu lama fermentasi, terlihat bahwa waktu lama fermentasi mempengaruhi pembentukan asam asetat pada limbah cair kulit kopi (*coffea arabika*. Sp.). Perubahan pH yang terjadi pada kedua perlakuan starter. A. aceti maupun pada tanpa starter. A. aceti dengan kombinasi berbeda.

Dari data pengamatan pada Tabel 2 terlihat bahwa untuk perlakuan dengan A. aceti terdapat perbedaan nyata pada waktu antara 7 hari, 10 hari dan 15 hari. Pada waktu 7 hari sudah terlihat konsentrasi asam asetat terbentuk. Sedangkan untuk perlakuan tanpa starter. A. aceti memperlihatkan hasil pada 7 hari belum terlihat adanya asam asetat sedangkan pada 15 hari baru terlihat asam asetat terbentuk. Dengan bertambahnya waktu inkubasi, aktivitas mikroba semakin meningkat dan jumlah mikroba semakin banyak, sehingga mengakibatkan pH medium menjadi turun.

Penentuan Mutu Asam Asetat Terhadap Limbah Cair Kulit Kopi.

Berdasarkan Tabel 5. bahwa dari hasil uji asam asetat menggunakan bakteri A. aceti tampak semua variabel sudah memenuhi standar berdasarkan dari standar mutu nira aren (*arenga pinnata*) SNI 01-4371-1996 (BSN, 1996) selama fermentasi karena semakin lama proses fermentasi yang diberikan maka kadar mutu dari asam asetat semakin meningkat. Dan hasil uji asam asetat tanpa menggunakan bakteri A. aceti, terlihat bahwa belum memenuhi standar mutu asam asetat selama fermentasi karena ada beberapa variabel yang menjadi syarat kualitas asam asetat yang belum memenuhi standar yaitu total padatan terlarut (TPT).

Tabel 5. Kualitas asam asetat dari limbah cair kulit kopi berdasarkan hasil penelitian.

Kriteria Pengujian	Persyaratan	Hasil uji dengan bakteri A. aceti	Keterangan	Hasil uji tanpa bakteri A. aceti	Keterangan
Keadaan:					
- Bentuk	Cairan encer	Cairan encer	Memenuhi	Cairan encer	Memenuhi
- Bau	Khas as.asetat	as.asetat	Memenuhi	as.asetat	Memenuhi
Kadar asam asetat (% b/b)	Min 4	6,475	Memenuhi	4,115	Memenuhi
Sisa alkohol (% b/b)	Maks 10	4,35	Memenuhi	2,7	Memenuhi
Padatan terlarut (% b/b)	Maks 1,5	1,27	Memenuhi	1,97	Belum Memenuhi
Cemaran logam:					
-Timbal (Pb) mg/kg	Maks 1	-0,3116	Memenuhi	-0,3116	Memenuhi
-Tembaga (Cu) mg/kg	Maks 5,0	-0,7397	Memenuhi	-0,7397	Memenuhi
-Seng (Zn) mg/kg	Maks 2,0	-0,5623	Memenuhi	-0,5623	Memenuhi

Hasil penelitian dari limbah cair kulit kopi menjadi asam asetat menunjukkan bahwa rata-rata kadar asam asetat limbah cair kulit kopi (*coffea arabika*. Sp) sebesar 4,115% dan nilai ini memenuhi mutu asam asetat tentang asam asetat fermentasi yang mempersyaratkan kadar asam asetat dalam cuka fermentasi minimal 4%. Asam asetat merupakan komponen utama dari asam asetat yang merupakan karakteristik khas bagi asam asetat. Prinsip pembuatan asam asetat yaitu fermentasi gula-gula sederhana menjadi alkohol dan fermentasi alkohol lebih lanjut menjadi asam asetat. Hasil penelitian pada kadar alkohol menunjukkan bahwa rata-rata sisa alkohol limbah cair kulit kopi (*coffea arabika*. Sp) sebesar 2,7% dan nilai ini memenuhi mutu asam asetat tentang asam asetat fermentasi yang mempersyaratkan sisa alkohol asam asetat fermentasi maksimal 10%.

Asam asetat yang baik apabila kadar alkoholnya rendah sebab apabila kadar alkoholnya tinggi akan memberikan efek yang kurang baik bagi konsumen juga mengurangi kualitas dari asam asetat itu sendiri.

Hasil penelitian pada total padatan terlarut menunjukkan bahwa total padatan terlarut yang diperoleh sebesar 1,97 % dan belum memenuhi mutu asam asetat tentang asam asetat fermentasi yang mempersyaratkan total padatan terlarut dalam asam asetat maksimal 1,5 %. Jumlah padatan terlarut yang melebihi SNI diduga disebabkan oleh karena adanya kontaminasi bahan-bahan lain terhadap limbah kulit kopi yang ditandai dengan kurang jernihnya limbah cair yang diperoleh. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa semakin rendah kandungan jumlah padatan terlarut maka semakin bersih limbah cair kulit kopi tersebut.

Tabel 4. Hasil uji kelarutan dan cemaran logam pada produk asam asetat dari limbah cair kulit kopi.

Kriteria pengujian	Hasil	
	Air	Larut
Kelarutan	Alkohol	Larut
	Glyserol	Larut
Cemaran Logam (mg/kg)	Pb	-0,3116
	Cu	-0,7397

Cemaran logam terutama Pb, Cu dan Zn pada asam asetat hasil fermentasi berdasarkan penelitian dinyatakan tidak ada. Hal ini disebabkan karena pada proses fermentasi sama sekali tidak terdapat sumber-sumber logam berat. Satu hal yang pasti adalah bahwa para petani kopi di Takengon masih menerapkan sistem pertanian organik dan lokasi perkebunan yang sama sekali tidak terdapat kegiatan industri yang memungkinkan memberi andil terhadap pencemaran logam berat tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pembentukan asam asetat dengan tanpa penambahan starter *Acetobacter aceti* tidak memenuhi standar mutu hanya pada kriteria uji total padatan terlarut. Sedangkan pembentukan asam asetat dengan penambahan bakteri *A. aceti* dan memenuhi kriteria uji mutu asam asetat dari limbah cair kulit kopi berdasarkan dari standar mutu nira aren (*arenga pinnata*) SNI 01-4371-1996 yaitu: kadar asam asetat: 6,48%, kadar alkohol: 4,35%, TPT: 1,27%, pH: 4 dan cemaran logam (Pb: -0,3116, Cu: -0,7397, Zn: -0,5623).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1996). "Cuka Fermentasi SNI 01-4371-1996". Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Baharuddin, dan Syahidah. (2008). "Penentuan Mutu Cuka Nira Aren (*Arenga Pinnata*) Berdasarkan SNI 01-43711996". Makassar: Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
- Clarke, R. J., & Macarae, R. (Eds.) 1985. *Coffee: volume 1-Chemistry* (pp. 1-7). England: Elsevier Applied Science Publishers.
- Effendi. M. S. (2002). "Kinetika fermentasi asam asetat (vinegar) oleh bakteri *Acetobacter aceti* B127 dari etanol hasil fermentasi limbah cair pulp kakao". Bogor: Fakultas Teknologi dan Industri Pangan.
- Raudah, dan Ernawati. (2012). Pemanfaatan Kulit Kopi Arabika dari Proses Pulping untuk Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Reaksi* vol.10 No.1. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Waluyo. (2007). "Mikrobiologi Umum". Malang: Universitas Muhammadiyah Press.