

# Pemisahan dan Karakterisasi Etanol dari Nira Aren (*Arenga pinnata*) (Separation and Characterization of Ethanol from Palm Sap (*Arenga pinnata*))

Sanusi Gugule<sup>1</sup>, Feti Fatimah<sup>2</sup>, dan Chaleb P. Maanari<sup>1</sup>

**Abstrak**—Telah dilakukan penelitian tentang pemisahan dan karakterisasi etanol dari nira aren (*Arenga pinnata*). Pemisahan dan analisis dilakukan dengan teknik distilasi secara bertahap, dilanjutkan dengan penentuan sifat-sifat fisik; sedangkan identifikasi struktur dilakukan secara spektrofotometer inframerah, kromatografi gas-spektrometer massa, spektrometer RMI<sup>1</sup>H. Hasil identifikasi struktur dengan spektrofotometer inframerah menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (-OH) dan alkil (-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>), sedangkan hasil identifikasi dengan spektrometer RMI<sup>1</sup>H menunjukkan 3 karakteristik puncak hydrogen yakni H pada gugus hidroksil (-OH), metilen (-CH<sub>2</sub>-) dan metil (-CH<sub>3</sub>). Selanjutnya, hasil uji kromatografi gas-spektrometer massa menunjukkan 1 puncak dengan kadar etanol nira aren mencapai 100% serta fragmentasinya mengikuti pola struktur etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

**Kata Kunci**—Nira aren, *Arenga pinnata*, Etanol.

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, permasalahan bahan bakar selalu menjadi pokok berita dalam berbagai media massa cetak maupun elektronik, baik secara regional, nasional maupun internasional. Kenyataan di lapangan pun demikian, termasuk di wilayah Sulawesi Utara. Hal tersebut, dipicu dengan naik-turunnya harga minyak mentah dunia serta mulai berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, penyediaan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil terus diupayakan. Berbagai penelitian tentang sumber-sumber energi telah dilakukan, terutama diarahkan pada pencarian bahan baku alami yang dapat diperbaharui seperti minyak jarak maupun sumber-sumber etanol/alkohol guna diolah menjadi biodisel maupun bioetanol [1][2][3], dan [4].

Biodisel merupakan bahan bakar terbaharui dan *biodegradable* yang dapat diolah melalui reaksi transesterifikasi dengan pereaksi alkohol/etanol [5], sedangkan untuk etanol dengan kadar tertentu langsung dapat digunakan sebagai bahan bakar (bioethanol) atau dicampur dengan bahan bakar premium yang dikenal

dengan sebutan gasohol [5][6].

Penggunaan biodisel maupun bioetanol tersebut, hingga saat ini di Indonesia belum digunakan secara umum baik sebagai bahan bakar untuk sarana transportasi maupun industri. Kendala yang dihadapi antara lain: kekurangan-tersediaan bahan baku serta sumber bahan alami yang masih berkompetisi dengan bahan pangan, seperti jagung dan pati. Selain itu, masih tingginya biaya produksi sehingga pengolahan biodisel maupun bioetanol menjadi tidak ekonomis dan memiliki harga jual yang tinggi. Menurut Balat, bioethanol (etil alcohol, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH atau EtOH), adalah bahan bakar cair yang dapat diproduksi dari beberapa bahan baku biomasa [6].

Salah satu solusi dalam menyediakan bahan baku alternatif pembuatan biodisel dan bioetanol adalah dengan memanfaatkan alkohol yang bersumber dari bahan baku alami yang melimpah, termasuk di Sulawesi Utara, yakni nira aren yang diperoleh dari pohon aren (*Arenga pinnata*). Untuk mendapatkan etanol dari nira aren cukup dilakukan proses fermentasi secara alami, kemudian didistilasi dan redistilasi. Etanol tersebut dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar substitusi/campuran premium maupun sebagai pereaksi pada pembuatan biodiesel [7]. Penggunaan etanol pada pembuatan biodiesel adalah sebagai agen pereaksi pada reaksi transesterifikasi/esterifikasi [5]. Demikian pula, untuk etanol (bioethanol) dapat dimanfaatkan pula secara langsung sebagai bahan bakar.

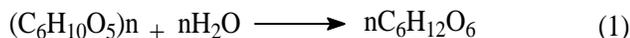
Etil alkohol atau etanol (*ethyl alcohol*, *ethanol*) yang mempunyai rumus kimia CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH adalah salah satu turunan dari senyawa umum alkohol yang mempunyai gugus fungsional hidroksil (-OH). Dalam dunia perdagangan, senyawa tersebut biasa dikenal dengan nama alkohol. Etanol mempunyai sifat-sifat umum: tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air, berat molekul 46,07, titik didih 78,15°C, titik beku -114,1°C, massa jenis 0,79360 (15°C) – 0,78937 (20°C) – 0,78504 (25°C), serta indeks bias 1,36143 (20°C) – 1,35941 (25°C) [8].

Etanol dapat digunakan untuk berbagai keperluan; seperti industri minuman, kosmetik, industri farmasi seperti: bahan baku obat-obatan, deterjen, desinfektan, dan lain-lain. Alkohol banyak juga digunakan sebagai bahan baku sintesis bahan-bahan kimia yang lain seperti asetaldehida, derivat asetil, asam asetat.

<sup>1</sup>Sanusi Gugule and Chaleb P. Maanari, Departemen Kimia, Universitas Negeri Manado, Indonesia. E-mail: sanusigugule@unima.ac.id

<sup>2</sup>Feti Fatimah, Departemen Kimia, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia.

Etanol untuk kebutuhan industri dapat dibuat secara fermentasi dari berbagai sumber karbohidrat (Persamaan reaksi 1 dan 2) [6] serta limbah-limbah organik lainnya [9][10]; atau hasil reaksi kimia hidrasi etilena dengan katalis senyawa tertentu. Etanol hasil hidrasi etilena dikenal dengan etanol sintesis. Produksi etanol sintesis dianggap lebih murah dan menggantikan proses produksi etanol secara fermentasi. Meskipun demikian, hingga saat ini berbagai upaya terus dilakukan untuk menghasilkan etanol dari berbagai sumber, seperti pembuatan etanol dari *microalgae spirulina* [11], dari tetes tebu [12], bahkan dari berbagai limbah-limbah organik [13].



Seiring dengan kenaikan harga bahan bakar dan ketersediaan bahan baku yang tidak menentu, telah memacu berbagai Negara di dunia untuk mengembangkan berbagai teknologi pembuatan etanol secara fermentasi, terutama bersumber pada bahan baku yang dapat terbarukan. Bahan baku sumber gula yang dapat dibuat menjadi etanol meliputi: kentang, ubi jalar, tebu, jagung, beras serta bahan-bahan lain yang banyak mengandung karbohidrat [6]. Akan tetapi bahan-bahan tersebut paling banyak digunakan dalam industri gula dan berkompetesi sebagai bahan pangan. Oleh karena itu, perlu dipikirkan sumber bahan baku etanol lainnya yang tidak berkompetisi dengan bahan pangan dengan ketersediaan yang melimpah. Salah satu alternatif yang dapat dijadikan sumber bahan baku untuk memperoleh etanol adalah dari nira yang berasal dari pohon aren (*Arenga pinnata*). Nira dari pohon aren, biasanya hanya digunakan untuk pembuatan gula merah, namun sebagian masyarakat juga ada memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan minuman tradisional beralkohol.

Jika dilihat dari kelebihan penggunaan nira aren sebagai bahan baku untuk produksi etanol, sangat menguntungkan. Hal ini disebabkan karena pada nira aren, tidak memerlukan lagi proses-proses perlakuan yang spesifik untuk mengubah karbohidratnya menjadi etanol. Nira aren sudah siap difermentasi secara alamiah tanpa ada perlakuan apa pun. Hanya dilakukan proses distilasi/redistilasi untuk mendapatkan etanol. Jika menggunakan bahan baku dari hasil pertanian/perkebunan lainnya sebagai sumber produksi etanol, meskipun berkadar karbohidrat tinggi, maka untuk mengubahnya menjadi etanol harus tetap dilakukan dengan perlakuan tertentu seperti penggunaan mikroba.

Sulawesi Utara merupakan penghasil utama pohon aren di Indonesia. Total luas tanaman aren adalah 49.000 Ha, tetapi baru sekitar 25.000 Ha yang dimanfaatkan untuk menghasilkan gula merah [14]. Lebih lanjut Tooy mengemukakan bahwa produksi Cap Tikus (minuman tradisional) di Sulawesi Utara berkisar 2600 L/hari [14]. Data tersebut memperlihatkan bahwa kondisi produksi Cap Tikus di Sulawesi Utara termasuk cukup tinggi.

Permasalahan yang muncul adalah adanya penyalahgunaan minuman tradisional beralkohol tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan analisis, optimasi dan identifikasi karakteristik etanol yang dihasilkan oleh masyarakat di Kabupaten Minahasa Tenggara Sulawesi Utara. Dengan demikian, diharapkan diperoleh alternatif pemanfaatan lain etanol nira aren, seperti sebagai bahan bakar atau sebagai bahan reagen dalam sintesis biodiesel.

Pada umumnya masyarakat Sulawesi Utara dapat memproduksi alkohol tersebut untuk digunakan sebagai minuman tradisional. Kadar etanol yang diperoleh masyarakat secara distilasi sederhana berkisar 30-40%. Hingga saat ini, pemanfaatan etanol dari nira aren hanya terbatas sebagai bahan minuman tradisional di kalangan masyarakat, sehingga seringkali terjadi penyalahgunaan minuman keras dan berbenturan dengan keadaan penyakit masyarakat (pekat). Hal inilah yang mendorong untuk dilakukannya berbagai upaya pemanfaatan alternatif lain dari etanol nira aren. Disamping itu, pohon nira termasuk tanaman unggulan di Sulawesi Utara.

Beberapa hasil penelitian tentang pemurnian etanol telah banyak dilakukan. Hasil penelitian Nicolich dkk. [15], tentang pembuatan etanol dengan bantuan *ultrasound*, dapat meningkatkan konsentrasi etanol sebesar 11,15%. Demikian pula hasil pemurnian etanol yang dilakukan Bai dkk. [16], dapat memberikan hasil hingga 95%. Untuk itu perlu dilakukan teknik pemisahan etanol dari nira aren dengan cara yang mudah dan sederhana, serta dapat diaplikasikan ke masyarakat secara mudah, murah dan ekonomis.

Oleh karena itu, dengan adanya pemanfaatan alkohol nira aren sebagai bahan alternatif substitusi bahan bakar premium dan bahan baku sintesis biodiesel, sangat diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dari alkohol nira aren. Dipihak lain, hal ini akan meningkatkan pula pendapatan masyarakat petani aren dan pengrajin minuman tradisional beralkohol, serta dapat mengalihkan penggunaan sebagai bahan minuman tradisional menjadi bahan bakar alternatif. Penelitian ini merupakan langkah awal dalam mengeksplorasi berbagai alternatif lain dari pemanfaatan etanol nira aren, yang mencakup optimalisasi peningkatan kadar etanol melalui proses distilasi/redistilasi, identifikasi sifat-sifat fisik serta uji spektroskopi.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat distilasi, alat-alat gelas kimia lainnya, piknometer bertermometer, seperangkat alat kromatografi gas cair, spektrofotometer inframerah, spektrometer RMI<sup>1</sup>H, kromatografi gas-spektrometer massa. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira aren dan distilat nira aren (A) yang diproduksi oleh masyarakat (dikenal dengan istilah minuman tradisional *Cap Tikus*), diperoleh dari masyarakat petani pohon aren di Kabupaten Minahasa Tenggara Sulawesi Utara.

### B. Prosedur Kerja

#### 1) Pemisahan etanol

Sepuluh mililiter distilat nira aren (A) yang diproduksi masyarakat, dilakukan uji sifat fisik penentuan massa jenis untuk mendapatkan data kadar etanol dan menentukan pH. Selanjutnya, sebanyak 500 mL distilat tersebut dilakukan distilasi, menggunakan seperangkat alat distilasi dengan kolom vigreux panjang 75 cm dan temperatur distilasi dipertahankan pada 71-73°C, diperoleh distilat (B). Selanjutnya, distilat (B) diuji kadar etanolnya dengan menggunakan piknometer dan membandingkan dengan data pembandingan berdasarkan literatur [17].

Perlakuan yang sama terhadap distilat (B), dilakukan proses redistilasi dengan temperatur tetap dipertahankan pada 71-73°C, hingga diperoleh distilat (C). Selanjutnya, diukur pH serta diuji kadar etanol dengan cara melakukan pengukuran dengan piknometer dan membandingkan dengan massa jenis etanol pada temperature tertentu yang tercantum dalam daftar tabel yang menjadi rujukan [17].

Selanjutnya, dilakukan redistilasi lanjutan untuk mendapatkan distilat yang diperkirakan kadar etanolnya sudah maksimal. Distilat yang diduga mengandung etanol (C), kemudian diuji sifat-sifat fisik/kimia; seperti penentuan berat jenis dan pH. Kemudian untuk menentukan kadar etanol dalam distilat, dilakukan uji kromatografi gas cair menggunakan standar internal. Selanjutnya, dilakukan identifikasi struktur dengan spektrometer; meliputi spektrofotometer inframerah, spectrometer <sup>1</sup>H RMI dan kromatografi gas-spektrometer massa.

#### 2) Uji dan analisis etanol

Untuk menguji kadar etanol nira aren, dilakukan uji kromatografi gas cair dengan menggunakan standar internal *I*-propanol. Selanjutnya, dilakukan identifikasi struktur dengan spektrofotometer inframerah, spectrometer RMI<sup>1</sup>H dan kromatografi gas-spektrometer massa. Uji kromatografi gas cair dan identifikasi struktur secara spektroskopi dilakukan di Lab Kimia Organik FMIPA UGM Yogyakarta.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

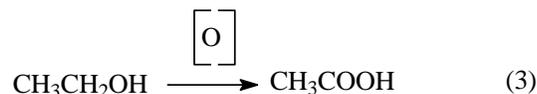
Hasil analisis dan uji terhadap distilat nira aren (A) yang diduga mengandung etanol dan diproduksi masyarakat di Kabupaten Minahasa Tenggara Sulawesi Utara, memiliki massa jenis 0,9395 g/mL dan mempunyai pH = 4. Karakteristik distilat yang diduga mengandung etanol tersebut, jika dibandingkan dengan data menurut literatur [17], diperkirakan mempunyai kadar etanol 44,45% (≈ 44%) (ρ = 0,9395 g/mL).

Hasil pemisahan terhadap 500 mL distilat A menggunakan seperangkat alat distilasi dengan kolom vigreux panjang 75 cm dan temperatur dipertahankan tetap pada 71-73°C, diperoleh distilat B sebanyak 250 mL atau rendemen sebanyak 50%. Hasil uji penentuan massa jenis dengan piknometer pada temperature 25°C, diperoleh 0,8172 g/mL. Data tersebut, jika dibandingkan dengan data

menurut literature [17], diperkirakan mengandung etanol 92,86% dengan pH = 5.

Selanjutnya, sebanyak 500 mL distilat B dengan menggunakan seperangkat alat distilasi dengan kolom vigreux 75 cm dan temperature tetap dipertahankan pada 71-73°C, diperoleh distilat C sebanyak 250 mL atau rendemen sebanyak 50%. Hasil uji penentuan massa jenis dengan piknometer pada temperatur 25°C, diperoleh 0,8094 g/mL. Data tersebut, jika dibandingkan dengan data menurut literatur [17], diperkirakan mengandung kadar etanol 94,95% dengan pH = 5. Kemudian dilakukan lagi proses distilasi dengan cara yang sama, ternyata hasil distilat sudah memberikan karakteristik yang sama dengan distilat C. Dengan demikian proses distilasi hanya dilakukan sebanyak 3 kali dengan hasil kadar etanol yang optimal yakni 94,95% (≈ 95%) (ρ = 0,8094 g/mL). Data massa jenis tersebut, memperlihatkan bahwa terdapat peningkatan kadar etanol seiring dengan penurunan massa jenis. Penurunan massa jenis dari 0,9395 (44%) menjadi 0,8094 (95%), menunjukkan bahwa kadar air semakin berkurang dan kadar etanol semakin meningkat. Dengan demikian, perlakuan distilasi dan redistilasi pada pemisahan etanol-air hanya dapat dicapai hingga 95%.

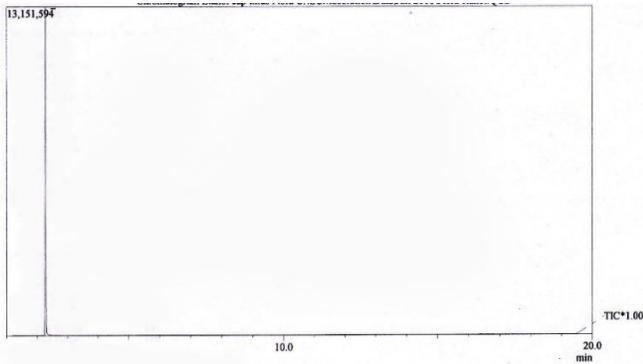
Berdasarkan data pH menunjukkan bahwa etanol dari nira aren termasuk kategori asam. Hal ini disebabkan karena pada proses fermentasi terjadi juga oksidasi lanjut etanol menjadi asam asetat (Persamaan reaksi 3). Pada proses distilasi tersebut hanya terjadi peningkatan pH dari 4 ke 5. Hal ini disebabkan karena adanya juga ikatan hidrogen antara etanol-air dan etanol-air-asam asetat. Oleh karena itu, salah satu cara untuk meningkatkan nilai pH tersebut dapat dilakukan dengan penambahan komponen lain yang bersifat basa .



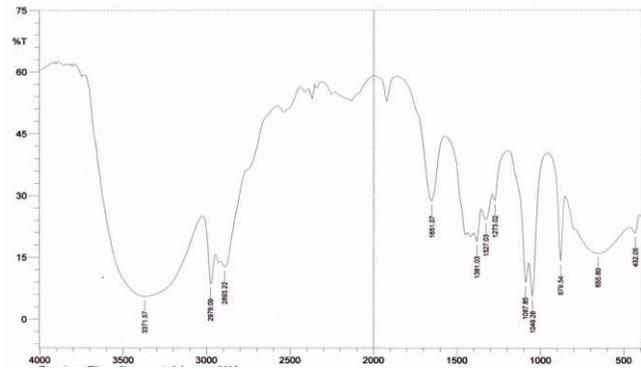
Pada proses distilasi, hanya memperoleh kadar optimal etanol sebanyak 94,95% (dibulatkan 95%). Sulitnya pemisahan lebih lanjut disebabkan karena pada ikatan air-etanol terdapat ikatan hidrogen. Sehingga alternatif yang dapat digunakan untuk lebih memaksimalkan kadar etanol adalah dengan teknik pemisahan secara azeotrop. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kadar etanol dengan teknik pemisahan yang lain seperti pemisahan menggunakan absorben/adsorben.

Selanjutnya, etanol dengan kadar 95%, dilakukan uji dengan kromatografi gas-spektrometer massa. Kromatogram dan spektrum massa etanol, disajikan berikut ini (Gambar 1 dan 2).

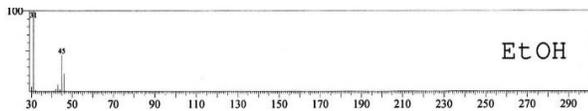
Gambar 1 dan 2, memperlihatkan kromatogram-spektrum massa etanol nira aren. Pada Gambar 1, menunjukkan kromatogram satu puncak dengan konsentrasi 100% sedangkan pada Gambar 2, memperlihatkan spektrum dari etanol dengan puncak dasar 31. Pola fragmentasi spektrum massa pada Gambar 2, disajikan berikut ini (Gambar 3).



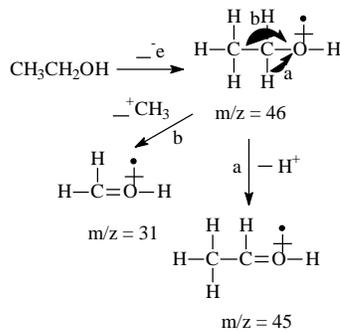
Gambar 1. Kromatogram etanol nira aren.



Gambar 4. Spektrum inframerah etanol nira aren.



Gambar 2. Spektrum massa etanol nira aren.



Gambar 3. Pola fragmentasi etanol nira aren.

Data tersebut memperlihatkan kromatogram 1 puncak yang diduga adalah etanol dengan kadar 100%. Selanjutnya pada Gambar 2, spektrum massa menunjukkan pola fragmentasi spektrum massa dengan puncak dasar 31 (Gambar 3), dengan pola struktur dari etanol yakni memiliki berat molekul 45. Data tersebut didukung oleh data hasil identifikasi dengan spektrometer RMI<sup>1</sup>H dan spektrofotometer inframerah. Kedua spektrum ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Interpretasi terhadap gambar spektrum inframerah tersebut, disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1.

DATA SERAPAN SPEKTRUM INFRAMERAH ETANOL NIRA AREN

$\nu$ (cm <sup>-1</sup> )	Serapan
3200-3600 (regangan)	Gugus hidroksil alkohol
2893-2978 (regangan)	CH alkil
1450 (tekukkan)	-CH <sub>2</sub> -
1327 (tekukkan)	-CH <sub>3</sub> -
1049-1273	C-O alkohol

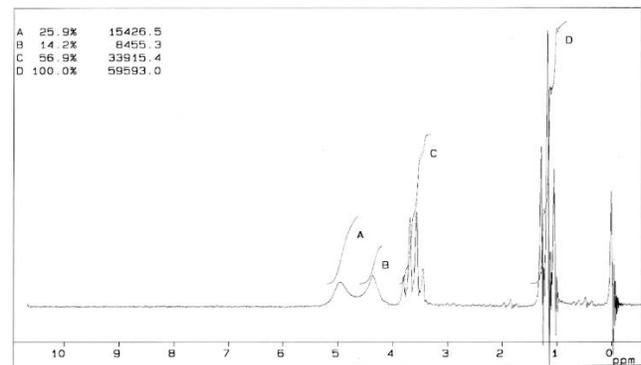
TABEL 2.

DATA SPEKTRUM RMI<sup>1</sup>H ETANOL NIRA AREN

$\delta$ (ppm)	Multiplisitas	Kedudukan Atom H
0,9 – 1,3	t	CH <sub>3</sub> (d)
3,2 – 3,7	q	CH <sub>2</sub> (c)
4,3	s	OH (b)

Spektrum inframerah Gambar 3 dan Tabel 1, memperlihatkan serapan melebar pada daerah 3200-3600 cm<sup>-1</sup>. Serapan tersebut, kemungkinan serapan dari gugus hidroksil dari alkohol. Data ini didukung oleh adanya serapan gugus C-O dari alkohol pada daerah 1049-1273 cm<sup>-1</sup>. Demikian pula, terdapat serapan gugus alkil (C - H) pada daerah 2893-2978 cm<sup>-1</sup>, hal ini diperkuat oleh adanya serapan dari gugus metilen (-CH<sub>2</sub>-) pada daerah 1450 cm<sup>-1</sup> dan gugus metil (CH<sub>3</sub>) pada daerah 1327 cm<sup>-1</sup>. Dengan demikian, data tersebut menunjukkan karakteristik gugus fungsional yang dimiliki oleh struktur etanol dan gugus alkil.

Untuk mendukung data spektrum inframerah tersebut, dilakukan uji spektrometer RMI<sup>1</sup>H. Spektrum RMI<sup>1</sup>H disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 2. Interpretasi terhadap spektrum RMI<sup>1</sup>H (Gambar 5) etanol nira aren, disajikan pada Tabel 2.



Gambar 5. Spektrum RMI<sup>1</sup>H etanol nira aren.

Gambar 5 dan Tabel 2, menunjukkan bahwa terdapat puncak triplet (t) pada harga pergeseran kimia ( $\delta$ ) 0,9-1,3 ppm. Data ini menunjukkan adanya gugus metil (CH<sub>3</sub>) yang bertetangga dengan 2 atom hidrogen dari gugus metilen (-CH<sub>2</sub>). Terdapat juga puncak quartet (q) pada harga pergeseran kimia ( $\delta$ ) 3,2-3,7 ppm. Data ini menunjukkan adanya gugus metilen (-CH<sub>2</sub>-) yang bertetangga dengan 3 atom hidrogen dari gugus metil (-CH<sub>3</sub>). Demikian pula, terdapat puncak singlet (s) pada harga pergeseran kimia 4,3 ppm. Data ini menunjukkan adanya serapan 1 atom hidrogen dari gugus hidroksil.

Berdasarkan hasil analisis dan identifikasi ternyata bahwa data kromatogram maupun spektrum-spektrum tersebut menunjukkan struktur etanol. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa komponen penyusun utama distilat dari nira aren adalah etanol.

Data kromatogram dan spektroskopi, memperlihatkan bahwa komponen utama nira aren terfermentasi secara alami adalah etanol. Data kromatogram-spektrometer massa menunjukkan bahwa 100% adalah etanol dengan kadar 95%, massa jenis 0,8094 g/mL, artinya bahwa 1 mL etanol setara dengan 0,8094 g etanol.

Dengan demikian, dapat dikemukakan bahwa nira aren sangat berpotensi untuk dijadikan sumber utama penghasil etanol. Hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa kadar etanol yang diperoleh dari hasil distilasi/redistilasi etanol yang diproduksi secara tradisional masyarakat, dapat dihasilkan etanol dengan kadar 95%. Kelemahan etanol dari nira aren adalah keasamaannya masih tinggi yakni pH = 5. Untuk mengatasi berbagai kekurangan dalam karakteristik etanol, masih perlu dilakukan penelitian lanjutan, terutama tentang peningkatan kadar dan peningkatan nilai pH dari etanol.

Pemanfaatan etanol dari nira aren, hingga saat ini masih banyak digunakan untuk bahan baku minuman tradisional beralkohol. Berdasarkan kemanfaatan, etanol banyak digunakan sebagai bahan baku obat-obatan, pelarut, reagen. Namun pemanfaatan etanol yang bersumber dari nira aren (*Arenga pinnata*), sebaiknya dapat lebih di fokuskan pada pemanfaatan yang berorientasi pada penyediaan bahan bakar. Etanol nira aren dapat dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan campuran dari premium seperti gasohol. Untuk pemanfaatan lain, dapat digunakan sebagai reagen pada sintesis biodiesel [7]. Hasil penelitian ini masih memerlukan penelitian lanjutan, terutama pada teknik peningkatan kadar etanol yang lebih maksimal, agar dapat diperoleh kualitas etanol berkadar tinggi.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa kadar etanol optimum dari nira aren adalah 95%. Hasil tersebut dapat dimaksimalkan hingga 95%. Etanol tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif atau substitusi aditif bahan bakar, serta dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk sintesis biodiesel.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disarankan bahwa masih perlu dilakukan penelitian lanjutan, terutama difokuskan pada teknik peningkatan kadar dan pengurangan tingkat keasaman dari etanol nira aren.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktur DRPM Kemenristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui skim penelitian PTUPT TA 2018/2019. Terimakasih juga kepada Rektor dan Ketua LPPM Universitas Negeri Manado yang telah mengusulkan dan membantu, sehingga penelitian dapat dilaksanakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Singh and S. Dipti, "Biodiesel Production Through The Use of Different Sources and Characterization of Oils and Their Esters as The Substitute of Diesel," *A Rev. Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 200–216, 2010.
- [2] V. Thomas and A. Kwong, "Ethanol as a Lead Replacement: Phasing Out Leaded Gasoline in Africa," *Energy Policy*, vol. 29, pp. 1133–1143, 2001.
- [3] S. Kim and B.E.Dale, "Environmental Aspects of Ethanol Derived from No-Tilled Corn Grain: Nonrenewable Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission," *Biomass and Bioenergy*, vol. 28, no. 5, pp. 475–489, 2005.
- [4] N. Gebremariam and J.M. Marchetti, "Biodiesel Production Technologies: Review," *AIMS Energy*, vol. 5, no. 3, pp. 425–457, 2017.
- [5] S. Gugule, F. Fatimah, and Y. Rampoh, "The Utilization of Chicken Fat as Alternative Raw Material for Biodiesel Synthesis," *J. Anim. Prod.*, vol. 13, no. 2, pp. 115–121, 2011.
- [6] M. Balat, H. Balat, and C. Oz, "Progress in Bioethanol Processing," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 34, pp. 551–573, 2008.
- [7] S. Gugule, F. Fatimah, and A.A. Anis, "Proses Pengolahan Biodisel Berbahan Baku Etanol Nira Aren (*Arenga Pinnata*)," 2018.
- [8] Anonymous, *The Merck Index*, 14th ed. 2006.
- [9] M. S. Iqbal *et al.*, "Ethanol Production from Waste Materials," *J. Biochem Tech.*, vol. 4, no. 1, pp. 285–288, 2012.
- [10] T. R. Amanullah *et al.*, "Effective Production of Ethanol-from-Cellulose (EFC) from Cheap Sources Sawdust and Seaweed *Gracilaria edulis*," *Pelagia Res. Libr.*, vol. 4, no. 5, pp. 213–222, 2013.
- [11] B. Hossain, J. K. Basu, and M. Mamun, "The Production of Ethanol from Micro-Algae *Spirulina*," *Procedia Engineering*, vol. 105, pp. 733–738, 2015.
- [12] M. W. Sadik and A. A. Helema, "Production of Ethanol from Molasses and Whey Permeate Using Yeast and Bacterial Stains," *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 804–818, 2014.
- [13] R. Thenmozhi and J. Victoria, "Optimization and Improvement of Ethanol Production by the Incorporation of Organic Wastes," *Pelagia Res. Libr.*, vol. 4, no. 5, pp. 119–123, 2013.
- [14] B. Rindengan and P. Pasang, "Pengaruh Sabut Kelapa terhadap Kualitas Nira Aren dan Palm Wine," *J. Litri*, vol. 12, no. 4, pp. 166–171, 2006.
- [15] S. Nolic, L. Mojović, M. R. M, and D. Pejin, "Bioethanol Production From Corn Meal by Simultaneous Enzymatic Saccharification and Fermentation with Immobilized Cells of *Saccharomyces Cerevisiae* Var *Ellipsoideus*," *Fuel*, vol. 88, pp. 1602–1607, 2009.
- [16] F. W. Bai, W. A. Anderson, and M. Moo-Young, "Ethanol Fermentation Technologies from Sugar and Starch Feedstocks," *Biotechnol. Adv.*, vol. 26, no. 1, pp. 89–105, 2008.
- [17] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 15th ed. 1990.