

## Dekomposisi Termal Pirolisis terhadap Rendemen dan Komposisi Senyawa Kimia dalam Asap Cair Kulit Buah Kakao

Mohammad Wijaya<sup>1\*</sup>, Muhammad Wiharto<sup>2</sup> & Army Auliah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar, Indonesia  
Jl. Malengkeri, Kampus UNM Parangtambung 90224 Makassar

<sup>2</sup>Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Corresponding author: [wijasumi@unm.ac.id](mailto:wijasumi@unm.ac.id)

### Article history

Received: 10<sup>th</sup> February 2020

Received in revised form: 8<sup>th</sup>  
March 2020

Accepted: 21<sup>st</sup> May 2020

DOI:

10.17977/um0260v3i22019p018

### Kata-kata kunci:

*Kulit Buah kakao,*

*Pirolisis lignin,*

*Asam karbamat*

### Abstrak

Kakao yang diperoleh dari perkebunan kakao menghasilkan limbah kakao yang dibuang dan berwarna hitam pada waktu yang lama akan mengalami pembusukan, Padahal memiliki potensi yang cukup besar. Dengan penggunaan teknologi pirolisis, analisis kulit buah kakao yang berasal dari Kabupaten Enrekang untuk kandungan lignin sebesar 45,61 %, selulosa 37,61 %, hemiselulosa 6,40 %, dan lainnya sebesar 10,38 %. Hasil pembakaran menghasilkan asap cair kulit buah kakao ke dalam destila dan arang. Dalam penelitian ini digunakan suhu pirolisis 114-514 °C. Rendemen asap cair kulit buah kakao Kabupaten Enrekang pada suhu pirolisis 114 °C sebesar 8,04 % selama 88 menit, dan pada suhu pirolisis 214 °C sebesar 28,62 % dengan waktu selama 40 menit, selanjutnya pada suhu pirolisis 314 °C sebesar 27,65 % dengan waktu selama 83 menit, dan suhu pirolisis 414 °C sebesar 25,08 % dengan waktu selama 45 menit, akhirnya suhu pirolisis 514 °C sebesar 8,04 % dengan waktu selama 88 menit. Analisis GC MS untuk asap cair kulit buah kakao adalah asam karbamat, asam asetat, 1H-Pirol, *tert*-Butilakrilat, propane diamida, asetamida, n-metil, 1-pentena-2-ol, corilon, 5-valerolakton, 4-metoksifenol, N-metilsuccinimida, siklopropilkarbinol, 2-propilamina, etil metakrilat, 1,2-oksaborol, 2,6-dimetil-metoksifenol, n-amilasetat, sikloheksena karboksilat, 2-proponon, levoglukosan, D-o-asetil, asam heksadekanoat, 1,10-dekadiol, asetiloksi, tetracosahexaena. Hasil pemisahan senyawa kimia bio aktif dari asap cair kulit buah kakao digunakan untuk memperoleh produk komposisi kimia dengan pengelompokkan senyawa berdasarkan metode PCA.

### Abstract

*Cocoa plants are obtained from existing cocoa plantations in Enrekang Regency, South Sulawesi. Where cacao fruit produces cocoa pods that are discarded, scattered and black in colour for a long time will undergo a process of decay, even though it has considerable potential. The results of cocoa processing produce cocoa waste. with the use of pyrolysis technology. analysis of lignin content of cocoa pods from Enrekang Regency was 45.61%, cellulose was 37.61%, hemicellulose was 6.40%, and other was 10.38%. The result of this combustion produced liquid smoke of cocoa pods into distillates, charcoal. In this study, pyrolysis temperature 112-512 °C was used. The yield of liquid smoke of cocoa pods in Enrekang Regency at a pyrolysis temperature of 114 °C was 8.04% with a time of 88 minutes, and at pyrolysis temperature 214 °C at 28.62% with time for 40 minutes, then at pyrolysis temperature 314 °C at 27.65% with time for 83 minutes, and pyrolysis temperature 414 °C*

at 25.08% with time over 45 minutes, finally the pyrolysis temperature of 514 °C was 8.04% with a time of 88 minutes, Analisis GC MS Carbamic acid, Acetic acid, 1H-Pyrrole, tert-Butyl acrylate, Propane diamide, Acetamide, N-methyl, Propanamide, 5-Valerolactone, Phenol, 4-methoxy, N-Methylsuccinimide, Cyclopropyl carbinol, 2-Propanamine, N-(1-methylpropylidene), Ethyl methacrylate, 1,2-Oxaborole, 2,3,4-triethyl-2,5-dihydro-5,5-dimethyl, 2,6-Dimethoxy phenol, 1,4-Benzenediol, n-Amyl acetate, -1-cyclohexene carboxylate, 2-Propanone, 1,6-Amhydro beta-D-Glucopyranose (levoglucosan), Hexadecanoic acid, 1,10-Decanediol, Pregn-16-en-20-one, 3-(acetyloxy)-2,6,10,15,19,23-Hexamethyl-2,6,10,14,18,22,-tetracosahexaene. The results of the separation of bio-active chemical compounds from the liquid smoke of cocoa pods are used to obtain chemical composition products by PCA method.

## PENDAHULUAN

Tanaman kakao secara Nasional yang berada pada lahan perkebunan kakao belum mencapai nilai optimal, terutama produktivitas kakao yang menurun akibat perawatan yang kurang dan serangan hama penyakit kakao. Mutu biji kakao yang rendah menjadi penyebab penanganan pasca panen yang belum selesai dan biji kakao yang dihasilkan belum terfermentasi. Kulit buah kakao dengan konsep *waste to wealth* and *recyclable material* untuk mereduksi pencemaran lingkungan dan pembangunan berkelanjutan (Daud *et al.* 2013). Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, Kakao dan produk turunan (*Cocoa powder*, *cocoa liquor* dan *chocolates*) terdiri atas polifenol dan perbedaan tingkat potensial antioksidan. Biji kakao mengandung polifenol. Kakao dan produk turunannya (*cocoa powder*, *cocoa liquor* dan *cokelat*) mengandung konsentrasi polyphenol yang bervariasi. Polifenol dalam biji kakao berkontribusi sekitar 12-18 % dari berat kering dari seluruh kulit buah kakao. Produksi etanol dan biomassa dari biji kakao dengan Palm wine yeast (Mbajuka *et al.* 2015). Keberadaan limbah kulit buah kakao belum banyak dimanfaatkan, padahal memiliki potensi yang cukup besar sebagai bahan pakan ternak alternatif. Hal ini disebabkan limbah kulit buah kakao mengandung *Theobromine* yang menyebabkan keracunan pada ternak. *Theobromine* diduga dapat menghambat pertumbuhan mikroba rumen, sehingga dapat menurunkan kemampuan ternak untuk mencerna dan memanfaatkan nutrisi yang terkandung Kakao memiliki kandungan K cukup tinggi untuk mempertahankan pertumbuhan tanaman akan membantu varietas pemuliaan beradaptasi terhadap lingkungan (Li. *et al.* 2010). Selama kakao mungkin terkontaminasi dengan PAH dan sebagai akibatnya kakao mungkin juga terkontaminasi (Ziegenhals. *et al.* 2009). Tujuan

penelitian ini adalah menghasilkan produk asap cair kakao yang berasal dari kulit buah kakao, menganalisis kandungan bahan baku dengan menentukan kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin dan menentukan dekomposisi termal dari variasi suhu pirolisis untuk rendemen asap cair kulit buah kakao.

## METODE

### Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan adalah Aquades, reagen *Folin-Ciocalteu*, asam tanat 0.2 %,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  5 %,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5 %, asam sulfat 72%, asam nitrat 3.5%, dextrose, kalium bikromat, indikator ferroun,  $\text{FeSO}_4$ , indikator *fenolphthalein*, sodium klorit, NaOH 0.1 N, asam asetat glasial, sodium sulfat.

### Prosedur Kerja

Buah kakao yang berasal Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang dibelah, kemudian diperoleh biji kakao. Limbah kakao berupa kulit buah kakao dilakukan proses pengeringan untuk menghasilkan kadar air hingga mencapai 10-20% (b/b) (SNI). Kulit buah kakao dimasukkan ke dalam *kiln* yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi dengan alat pemanas listrik, tiga kondensator dan dua buah labu penampung destilat Proses pirolisis untuk memasukkan Kulit buah kakao tersebut dimasukkan dengan suhu pembakaran yang digunakan berturut-turut adalah 114-514 °C dengan lama pembakaran selama 5 jam. Asap cair yang dihasilkan yang terbentuk dialirkan melalui setiap tahap ditentukan dengan bagian bawah *kiln* ke alat pendingin, kondensat ditampung dalam 4 buah labu dengan volume 2 liter. Kondensat yang diperoleh yaitu kondensat A : 114 °C, kondensat B : 214 °C, kondensat C : 314 °C, kondensat D : 414 °C, dan kondensat E : 514 °C, ditampung dalam labu pemisah, dikocok dan

dibiarkan 24 jam dari masing kondensat, untuk mengendapkan ter. Bagian atas larutan kondensat adalah asap cair, senyawa kimia asap cair seperti asam, fenol dan karbonil serta mengalami 3 tahapan dekomposisi yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin.

### Karakterisasi Katalis

Analisis GC MS untuk menghasilkan senyawa kimia yang potensial dan bioaktif dari asap cair. Analisis SEM untuk struktur morfologi. Alat GC-MS menggunakan kolom kapiler BB 5 MS dengan panjang 50 m dan diameter 0,25 mm dengan suhu injektor 125°C, gas pembawa helium dan kecepatan alir 0,6 µl/menit serta volume injeksinya 0,2 µl. Hasil GC-MS berupa komponen kimia dilakukan perhitungan kadar asam asetat dari setiap fraksi asap cair. Analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk sampel morfologi. Analisis XRD menggunakan D<sub>Max</sub> 2200 VPC *diffraction* (DMax 22000 VPC, Rigaku, Tokyo, Japan).

### Analisis Data

Botol berwarna gelap yang bersih ditimbang dengan teliti, lalu diisi asap cair, kemudian botol yang berisi asap cair ditimbang lagi. Selanjutnya ditentukan rendemen asap cair dengan rumus sebagai berikut:  $W_{asca}$  = berat asap cair dan  $W_{sk}$  = berat serbuk kulit kakao yang kering

$$\text{Rendemen asap cair (\% b/b)} = \left( \frac{W_{asca}}{W_{sk}} \right) \times 100\%$$

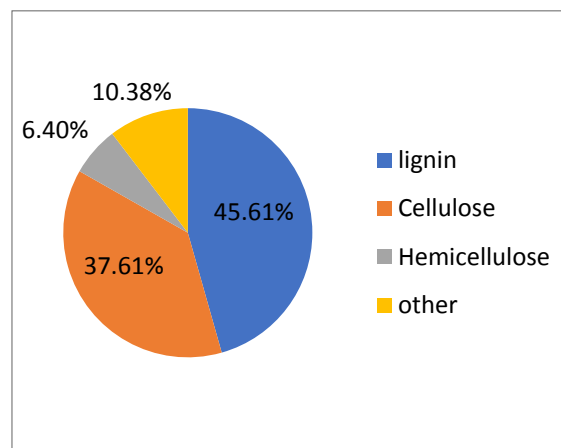
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Katalis

Pirolisis merupakan proses pemisahan asap cair, arang dan gas yang berasal dari limbah kakao berdasarkan perbedaan suhu dan lama pembakaran. Hasil pirolisis kulit buah kakao dengan menghasilkan kadar air sebesar 9,83 %, Sedangkan kulit buah kakao Kabupaten Enrekang dengan kandungan lignin 45,61 %, alfa selulosa 37,61 % dan hemiselulosa 6,40 %. Hal ini sebagai dasar untuk mengetahui kandungan senyawa kimia yang bioaktif dalam produk asap cair (Gambar 1).

Kandungan lignin bergantung pada perbedaan jenis *raw material* dan kondisi suhu pembakar. Lignin tidak mempunyai unit ulang seperti halnya hemiselulosa dan selulosa, tetapi terdiri atas unit fenolat yang kompleks. Lignin merupakan suatu kompleks kopolimer amorf yang terdiri unit *guaiacyl* (G), *p-hydroxyphenyl* (H), dan *Syringyl* (S) yang interkoneksi sebagai

ikatan éter dan ikatan C-C (Shen *et al.* 2015). Hasil penelitian oleh (Wang *et.al.* 2014), bahwa karakterisasi kayu pinus dengan pirolisis katalis menghasilkan kandungan lignin 28,6 %, hemiselulosa 30,1 % dan selulosa 40,8 %, sedangkan kandungan kulit buah kakao Kabuapten Wajo untuk selulosa 17,27 %, lignin 52,02 % dan hemiselulosa 19,56 % (Wijaya *et.al.*2017).



**Gambar 1.** Analisis kandungan lignin, hemiselulosa, dan selulosa dari Kulit Buah kakao

Hasil analisis GC MS untuk asap cair kulit buah kakao Kabupaten Enrekang (Tabel 1) adalah senyawa-senyawa yang mengandung asam karbamat, asam asetat, 1H-Pirol, tert-butyl akrilat, propane diamida, asetamida, n-metil, 1-pentena-2-ol, corilon, 5-valerolakton, 4-metoksifenol, N-metalsuccinimida, siklopropil karbinol, 2-propana amina, etilmetakrilat, 1,2-oksaborol, 2,6-dimetil-metoksifenol, n-amilasetat, sikloheksena karboksilat, 2-propanon, levoglukosan, D-o-asetil, asam heksadekanoat, 1,10-dekadiol, asetiloksi, tetracosahexaena. Kelompok senyawa asam (4) adalah asam karbamat, asam asetat, n-amilasetat dan asam heksadekanoat. Sedangkan kelompok senyawa alkohol (5) adalah 1H-pirol, n-metil-1-pentena-2-ol, 1,2-oksaborol, 2,6-dimetil-metoksi fenol, 1,10-dekadiol. Kelompok senyawa keton (3) adalah corilon, 5-valerolakton, dan 2-propanon.

Hasil rendemen (*yield*) untuk asap cair kulit buah kakao (Tabel 2), menghasilkan produk asap cair yang terbesar pada suhu 214 °C diperoleh 33,58 %, disusul pada suhu 314 °C sebesar 22,14 %, selanjutnya suhu 414 °C sebesar 24,38 %, dan suhu 114 °C sebesar 11,19 % dan terakhir pada suhu 514 °C sebesar 8,70 %.

**Tabel 1.** Tabulasi analisis GC-MS asap cair pada buah Kakao

Peak	R. time (menit)	Conc. (%)	Senyawa
1	5.567	1.29	Carbamic acid
2	9.209	25.78	Acetic acid
3	9.675	0.96	1H-Pyrrole
4	10.175	0.65	tert-Butyl acrylate
5	11.050	0.09	
6	11.875	5.58	Acetic acid
7	12.384	2.18	Propanediamide
8	12.522	4.00	Acetamide, N-methyl
9	13.225	0.10	Propanamide
10	13.590	1.11	3-Penten-2-0l, (Z)-
11	14.385	0.51	Corylon
12	14.652	0.97	5-Valerolactone
13	14.849	1.52	Phenol, 4-methoxy
14	15.045	1.63	N-Methylsuccinimide
15	15.257	12.57	Cyclopropyl carbinol
16	16.075	4.79	2-Propanamine, N-(1-methylpropylidene)
17	16.505	7.85	Ethyl methacrylate
18	17.276	2.68	1,2-Oxaborole,2,3,4-triethyl-2,5-dihydro-5,5-dimethyl-
19	17.591	2.72	2,6-Dimethoxyphenol
20	17.921	3.04	1,4-Benzenediol
21	18.392	4.63	
22	18.703	2.72	n-Amyl acetate
23	19.021	2.02	1-Cyclohexene carboxylate
24	19.300	0.76	2-Propanone
25	19.671	5.83	Levoglucosan
26	20.125	1.76	Alpha.-Beta.-D-ribopyranose,1,3-di-o-acetyl-
27	22.158	0.78	Hexadecanoic acid
28	23.618	0.26	1,10-Decanediol
29	31.835	1.01	Pregn-16-en-20-one, (acetyloxy)-
30	32.846	0.20	2,6,10,15,19,23-hexamethyl-2,6,10,14,18,22,-tetracosahexaene

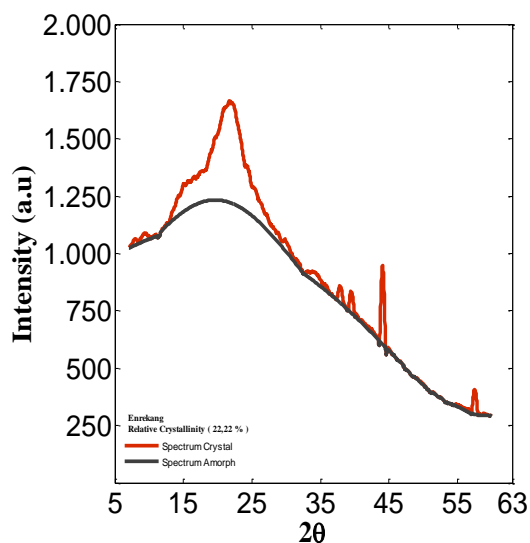
**Tabel 2.** Rendemen Asap cair kulit buah Kakao Kabupaten Enrekang

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Asap cair Kulit Buah Kakao	
			Massa (g)	Persen (% g/g)
1	08.25-09.53	114	25	8,04
2	09.53-10.32	214	89	28,62
3	10.32-11.55	314	86	27,65
4	11.55-12.40	414	78	25,08
5	12.40-13.45	514	33	10,61
Jumlah			-	100,00

Hasil penelitian ini erat kaitan dengan penelitian oleh (Lv.et al. 2010), bahwa asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis, terdapat juga komponen ter batang jagung pada suhu pirolisis 450, 550,700 dan 900°C yang di lakukan analisis GC-MS menghasilkan senyawa organik yang dikategorikan ke dalam keton, furan, asam karboksilat dan alkohol. Kelompok senyawa keton adalah 3-hidroksi-2-butanon, 2-siklopenten-1-on, 1-hidroksi-2-butanon, 1-hidroksi-2-butanon, 4-hidroksi-3-heksanon. Sedangkan kelompok senyawa furan adalah furfural, dihidro-2(3H)- furanon, dan 2,5 dihidro-3,5-dimetil-2-furanon. Asap cair serbuk kayu pinus mempunyai rendemen 10,92%, 14,46%, 11,99%, 11,32% dan 0,92% (Wijaya *et al.* 2008) Menurut Pattiya *et. al.* 2015, Hasil pirolisis cepat untuk *Cassava* stalk menunjukkan kadar air sebesar 15,54, abu sebesar 6,01, karbon terikat 14,09 dan kadar zat terbang sebesar 79,90%.

Hal ini menunjukkan bahwa komponen asap cair pada kulit buah kakao tersebut mengalami proses dekomposisi hemiselulosa dan selulosa, sehingga diperkirakan banyak asam yang terbentuk. Peningkatan keasaman disebabkan oleh pemanasan dan pencucian asam organik dari kayu *Eucalyptus* (Kartal *et.al.* 2014). Identifikasi kelompok senyawa fenol, asam, ester, keton, alkohol, furan dan seterusnya, kemudian dilakukan proses pemisahan untuk menentukan senyawa produksi fenol yang berpotensi sebagai bahan dasar kimia. Hal ini didukung oleh penelitian lain, bahwa pirolisis tongkol jagung dengan pembawa panas yang berada pada suhu 430-620 °C, memberikan rendemen bio oil maksimum sebesar 14,24 % pada suhu 510 °C. (Guo & Bi, 2015). Jadi ada hubungan kandungan lignin di dalam kulit buah kakao terhadap

kualitas asap cair yang dihasilkan dan suhu pirolisis yang mempengaruhi, sehingga diperoleh produksi asap cair yang diinginkan.

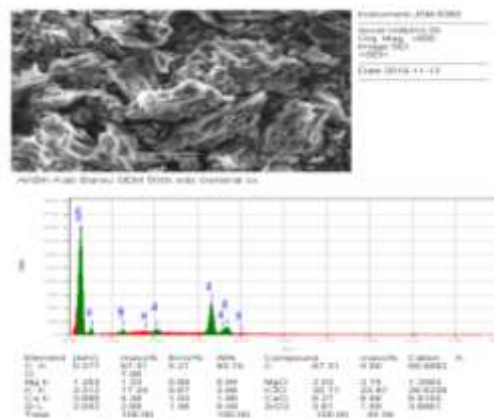


**Gambar 2.** Pola XRD (atas) dan foto sampel (bawah) kulit buah kakao.

Hasil XRD untuk kulit buah kakao kabupaten Enrekang, menunjukkan bahwa derajat kristalinitas sebesar 22,22%. Hasil penelitian lain yang terkait oleh Feng, *et al.* 2015, bahwa hasil analisis XRD untuk bahan limbah minyak kelapa Sawit untuk DS tidak memberikan garis horizontal artinya dalam bentuk amorf sedangkan untuk bentuk kristalin dengan garis mendatar. Jarak difraksi sudut.

Analisis SEM-EDX untuk arang kulit buah kakao (Gambar 3), Ukuran arang kulit buah kakao dengan perbesaran 500, menunjukkan adanya mikropori yang kecil yang mempengaruhi kekuatan unsur. Analisis SEM EDX untuk arang kulit buah kakao Kabupaten Enrekang menunjukkan bahwa unsur C sebesar

83,63%. Mg : 1,00%, K : 6,07%, Ca : 2,28% dan Zr : 3,11%. Sedangkan dalam bentuk senyawa MgO 4,05% ; K<sub>2</sub>O 15,29% ; CaO 5,60%, dan ZrO 2 3,35%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan carbon yang terbesar dibandingkan dengan unsur lain, sehingga ukuran pori mempengaruhi kekuatan unsur. Hal ini didukung oleh Zhu *et al.* 2014 bahwa analisis SEM micrograf pada serbuk *Silicon Carbide* (SiC) menunjukkan partikel SiC berada pada jarak 0,2 sampai 1 μm Struktur permukaan pada sampel *Microcrystalline cellulose* (MCC) yang dilakukan pada 90° C, 120° C, dan 150° C untuk analisis SEM menunjukkan ada 2 perubahan yang dilakukan yaitu iregularitas partikel selulosa (Chen *et al.* 2014). Rendemen arang mengalami penurunan dari 44,72 % menjadi 31,58 % pada suhu pirolisis yang meningkat 430-620 °C. (Guo & Bi. 2015).



**Gambar 3.** Analisis SEM-EDX untuk Arang kulit buah kakao Kabupaten Enrekang

## KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa Hasil pirolisis kulit buah kakao dengan kadar air sebesar 9,829%, Sedangkan kulit buah kakao Kabupaten Enrekang dengan kandungan lignin untuk kulit buah kakao 45,61%, Alpha-selulosa 37,61% dan hemiselulosa 6,40%. Hasil rendemen (*yield*) untuk asap cair kulit buah kakao menghasilkan produk asap cair yang terbesar pada suhu 214° C diperoleh 33,58%, disusul pada suhu 314° C sebesar 22,14%, selanjutnya suhu 414° C sebesar 24,38 %, dan suhu 114° C sebesar 11,19% dan terakhir pada suhu 514°C sebesar 8,70%. Hasil analisis GC MS untuk asap cair kulit buah kakao Kabupaten Enrekang, diperoleh senyawa kimia yang potensial diantaranya asam asetat 25,78%, asam karbamat 1,29%, propane amida 2,18%, asetamida 4,00%, kloropropyl carbinol 12,57%, propanamina 4,79%, levoglucosan 5,83%, n

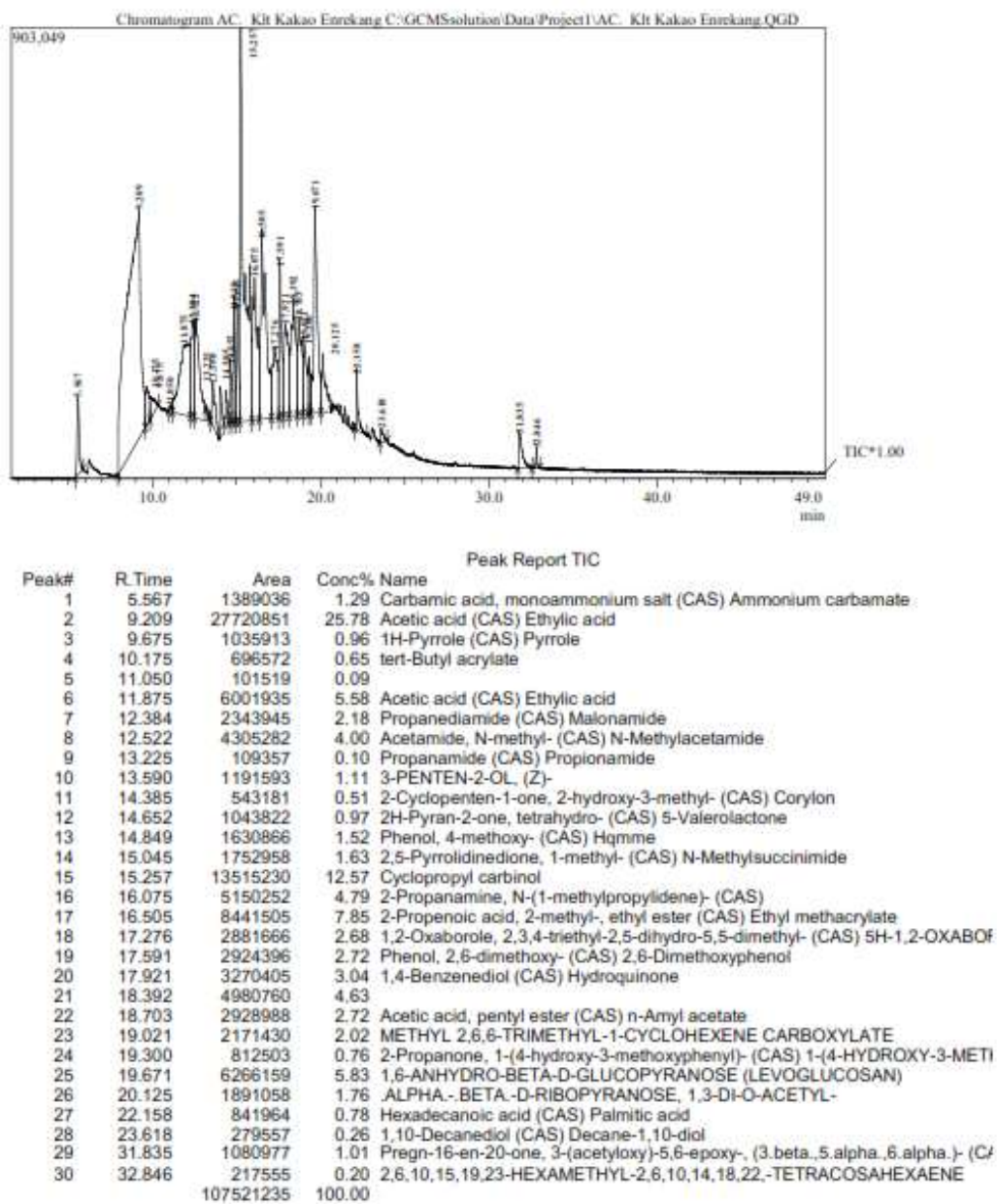
Amyl asetat 2,72%.. Senyawa kimia yang berpotensi untuk dijadikan bahan pangan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas Dirjen DPRM Kemristek/BRIN RI atas Hibah Penelitian Terapan dan Penulis banyak mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tinggi atas fasilitas dan prasarana dalam kegiatan penelitian ini kepada Prof.(R).Dr.Gustan Pari, MS dan Bapak Dadang Setiawan, dan Prof. Dr.Erliza Noor Departemen TIN Fakultas Teknologi Pertanian IPB University Bogor serta Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Chen Q, Endo T, Wang Q. 2016. Characterization of Microcrystalline Cellulose after Pretreatment with Low Concentration of Ionic Liquid H<sub>2</sub>O for a Pyrolysis Process. *J. Biores*, 11(1), 159-173.
- Daud Z, Mohd Kassim AS, Mohd Aripin A, Awang H, Mohd Hatta MZ. 2013. Chemical Composition and Morphological of Cocoa Pod Husks and Cassava Peels for Pulp and Paper Production . *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(9), 406-411.
- Guo M, and Bi J. 2015. Pyrolysis Characteristics of Corn Stalk with Solid Heat Carrier. *J. Biores*. 10(3), 3839-3851
- Feng, J, Xu.K, Shi. Q, Huang X and Li K. 2015. Alga Decay Resistance of Conventional and Noval Wood Based Composites. *J.Bioresources*. 10(4), 6321-6331.
- Kartal SN, Imamura Y, Tsuchiya F, Ohsato K. 2004. Preliminary Evaluation of Fungicidal and Termiticidal Activity of Filtrates from BiomassaSharry Fuel Production. *J Biores Technol* 95 : 41-47.
- Li, YM , Elson M , Zhang D, Sicher RC, Li H, Meinhardt LW, Baligar V 2013. Physiological Traits and Metabolites of Cacao Seedlings Influenced by Potassium in Growth Medium American *J. Plant Sciences* , 4, 1074-1080
- Lv.G.J, Wu.S.B, and Lou. R. 2010. Characteristic of Corn Stalk Hemicellulose Pyrolysis in a Tubular Reactor. *J.Biores*. 5(4), 2051-2062.
- Mbajiuka, Chinedu, Hediora, AC, Quwuakor CE, Nwokoji L, 2015. Fermentation of Pods Cacao (*Theobroma Cacao L*), Using Palm Wine Yeast for Production of Alcohol and Biomass *American J. of Microbiological*. Res. 3(2), 80-84.
- Pattiya A, Titiloye J, and Bridgewater A. 2015. Fast pyrolysis of Agricultural Residues from Cassava Plantation for Bio Oil Production. *As. J. Energy Env*. 08(02). 496-502.
- Wang, D, Li D, DongcanLv and Liu Y. 2014. Reduction of the Variety of Phenolic Compound in Bio Oil via the Catalytic Pyrolysis. *J.Biores* 8(3), 4014-4021.
- Wijaya. M., Noor, E, Irawadi, TT dan Pari.G.2008. Perubahan suhu pirolisis terhadap Struktur Kimia Asap Cair dari serbuk gergaji kayu pinus. *J.Illmu dan Teknologi Hasil Hutan*. Institut Pertanian Bogor. 1(2).73-77.
- Wijaya M., Wiharto M, dan Anwar. 2017. Kandungan Selulosa Limbah Kakao dan Analisis Kandungan Kimia Asap Cair Kulit Buah kakao dengan Metode GC MS , 3(3) ; 191-197. JKPK UNS.
- Ziegenhals, K., Speer, K. and Jira, W. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in chocolate in the Germany market. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 4: 128-135.
- Zhu D, Gao. M, Pan H, Pan Y, Liu Y, Li S, Ge H, and Fang N. 2014. Fabrication and mechanical Properties of SiC/SiC-Si Composites by Liquid Si Infiltration using Pyrolysed Rice Husks and SiC Powder as Precursors. 9(2) 2572-2583.



Gambar S1. Analisis GC MS untuk Asap cair Kulit buah kakao Kabupaten Enrekang