

## ANALISIS GC-MS DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN ASAP CAIR DARI LIMBAH CANGKANG BIJI PALA

Gilbert Marcellus Tjakra<sup>1</sup>, Edi Suryanto<sup>1</sup>, Henry Fonda Aritonang<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sam Ratulangi Manado  
gilberttjakra@gmail.com

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan aktivitas antioksidan dan analisis GC-MS asap cair dari limbah cangkang pala. Penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan asap cair, identifikasi komponen (GC-MS), uji aktivitas penangkal radikal bebas (DPPH & ABTS). Hasil analisis GC-MS menunjukkan 27 senyawa kimia dengan kemiripan  $\geq 90\%$  teridentifikasi dalam asap cair limbah cangkang pala (ACCP). Beberapa di antaranya ialah senyawa fenol. Hasil analisis penangkal radikal bebas DPPH dan ABTS pada ACCP menunjukkan aktivitas antioksidan.

Kata kunci: antioksidan, asap cair, limbah cangkang pala.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the antioxidant activity and GC-MS analysis of liquid smoke from nutmeg shell waste. This study consisted of several stages, namely the manufacture of liquid smoke, component identification (GC-MS), free radical scavenging activity test (DPPH & ABTS). The results of GC-MS analysis showed 27 chemical compounds with 90% similarity were identified in the liquid smoke of nutmeg shell waste (ACCP). Some of them are phenolic compounds. The results of free radical scavenging analysis of DPPH and ABTS on ACCP showed antioxidant activity.

Keywords: antioxidant, liquid smoke, nutmeg shell waste.

### PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan atom molekul yang memiliki kereaktifan tinggi, hal ini dikarenakan adanya elektron yang tidak berpasangan. Jumlah radikal bebas yang terus meningkat dalam tubuh dapat mengakibatkan stres oksidatif sel. karena terjadi ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas dengan antioksidan yang dihasilkan oleh tubuh. Jika hal ini terus-menerus terjadi maka dapat memicu munculnya penyakit degeneratif seperti kanker, diabetes, peradangan dan kardiovaskuler. Antioksidan merupakan senyawa yang dapat memperlambat proses oksidasi dari radikal bebas. Mekanisme kerja senyawa antioksidan salah satunya yaitu dengan cara menodonorkan atom hidrogen atau proton kepada senyawa radikal (Fitriana dkk., 2015).

Indonesia memiliki beragam jenis tanaman obat. Jenis tanaman yang termasuk dalam

kelompok tanaman obat mencapai lebih dari 1000 jenis, salah satunya yaitu buah pala (*Myristica fragrans* Houtt). Tanaman pala merupakan salah satu produk pertanian yang banyak dihasilkan di Negara Indonesia. Pada kegiatan pertanian, buah pala akan menghasilkan limbah 30-40% yang terdiri dari daging buah pala dan cangkang pala (Dareda dkk., 2020). Salah satu cara memanfaatkan limbah cangkang pala yaitu dengan menjadikannya asap cair.

Asap cair merupakan hasil kondensasi uap hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerisasi dan kondensasi (Girard, 1992). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Salindeho dkk., (2018), menyatakan bahwa komposisi kimia utama cangkang pala dikategorikan sebagai kayu keras karena mempunyai kadar hemiselulosa dan lignin yang

tinggi. Asap cair cangkang pala mengandung fenol, dengan demikian, limbah cangkang pala dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Tujuan penelitian ini untuk menentukan aktivitas antioksidan dan analisis GC-MS asap cair dari limbah cangkang pala.

## BAHAN DAN METODE

Cangkang pala diperoleh dari Kabupaten Kepulauan Sangihe, Tahuna. Beberapa bahan kimia yang digunakan adalah etanol, reagen Folin-Ciocalteu, natrium karbonat diperoleh dari Merck (Damstaftd) sedangkan asam galat, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) dan 2,2-azinobis-3-ethyl-benzothiazoline-6-sulphonic Acid (ABTS) diperoleh dari Sigma-Aldrich.

### Preparasi sampel

Cangkang pala kering dihancurkan dengan palu untuk mendapatkan ukuran sampel yang lebih kecil, kemudian dilanjutkan untuk pembuatan asap cair. Produksi asap cair diperoleh melalui proses pirolisis, produksi asap cair dibuat berdasarkan metode Sersermudy dkk. (2019), tungku pirolisis yang dilengkapi dengan kompor LPG digunakan sebagai reaktor dan pemanas yang memiliki diameter dan tinggi masing-masing 27 dan 40 cm, yang dapat diisi dengan bahan baku 1 kg. Sampel cangkang pala yang sudah di preparasi dimasukan sebanyak 1 kg pada wadah pirolisis yan sudah terpasang termoter dan kondensor. Temperatur ditentukan terlebih dahulu, dan untuk pirolisis dilakukan pada 300-400°C selama 60 menit. Kondensasi dihentikan sampai tidak ada cairan asap menetes ke dalam wadah. Setelah itu, cairan asap disimpan pada suhu kamar selama 7 hari untuk memisahkan supernatan dan sedimen. Dengan menggunakan kertas saring, supernatan disaring, dan diperoleh residu dan filtrat. Sebelum distilasi sederhana, filtrat disimpan dalam botol pada suhu kamar.

### Identifikasi komponen asap cair cangkang pala

Identifikasi komponen kimia asap cair limbah cangkang pala dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer GC-MS.

### Penentuan kandungan total fenolik

Kandungan total fenolik ditentukan menggunakan metode Maukar dkk. (2013). Sebanyak 0,1 mL sampel ACCP (Asap Cair Cangkang Pala) dimasukkan ke dalam tabung

reaksi, lalu ditambahkan 0,1 mL reagen Folin Ciocalteu 50% dalam tabung reaksi dan kemudian campuran divortex selama 3 menit. Setelah interval waktu 3 menit, ditambahkan 2 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2%, kemudian campuran diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit. Selanjutnya dibaca absorbansinya pada  $\lambda$  750 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### Uji aktivitas penangkal radikal bebas DPPH

Penentuan aktivitas penangkal radikal bebas asap cair cangkang pala ditentukan dengan metode Burda & Oleszeck (2001). Sebanyak 0,5 mL sampel ACCP (asap cair cangkang pala) ditambahkan dengan 1,5 mL larutan DPPH dan divortex selama 2 menit. Berubahnya warna larutan dari ungu ke kuning menunjukkan efisiensi penangkal radikal bebas. Selanjutnya pada 5 menit terakhir menjelang 30 menit inkubasi, absorbansinya diukur pada panjang gelombang 517 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Aktivitas penangkal radikal bebas (APRB) dihitung sebagai persentase berkurangnya warna DPPH dengan menggunakan persamaan:

$$APRB (\%) = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100\% \dots (1)$$

### Uji aktivitas penangkal radikal bebas ABTS

Penentuan aktivitas penangkal radikal bebas ditentukan dengan menggunakan metode Re *et al.* (1998). Sebanyak 0,1 mL sampel ACCP (Asap Cair Cangkang Pala) ditambahkan 2 mL larutan stok ABTS, lalu divortex. Selanjutnya larutan diinkubasi selama 6 menit dan diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 734 nm. Uji peredaman ABTS dinyatakan sebagai persen (%) penghambatan terhadap radikal bebas ABTS. Persentase aktivitas penangkal radikal bebas kation ABTS (APRBK) menggunakan persamaan:

$$APRBK (\%) = \frac{(A_0 - A)}{A_0} \times 100 \dots (2)$$

A<sub>0</sub>: absorbansi kontrol dan A: absorbansi sampel

### Analisis data

Semua eksperimen dilakukan dengan tiga kali ulangan dan hasilnya dinyatakan sebagai rata-rata  $\pm$  SD. Analisis ragam dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan *software* SPSS 26.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen asap cair cangkang biji pala. Rendemen adalah persentase dari jumlah asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis yang didapatkan dengan cara membandingkan volume produk akhir (asap cair) yang dihasilkan per berat

bahan baku (limbah cangkang biji pala). Nilai rendemen asap cair cangkang biji pala adalah 37,5%. Identifikasi komponen asap cair limbah cangkang pala. Identifikasi komponen asap cair cangkang pala sebelum dan setelah distilasi dilakukan menggunakan spektrofotometer GC-MS. Hasil analisis GC-MS asap cair sebelum dan setelah distilasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil GC-MS komponen senyawa utama asap cair cangkang pala dengan kemiripan  $\geq 90\%$ .

Indeks kemiripan (SI)		Senyawa	Komposisi (%)
3,013	98	Metanol	9,52
4,828	98	Propanon	0,28
8,472	97	2,3-Butandion	0,23
10,366	98	Asam metanota	0,47
12,735	98	Asam etanoat	54,48
14,118	97	1-Hidroksi-2-propanon	4,45
15,307	91	Metil 2-hidroksiasetat	0,42
16,667	94	Piridin	0,29
17,183	97	Asam propanoat	3,74
19,31	96	1-Hidroksi-2-butanon	2,11
19,588	96	Siklopentanon	0,26
19,742	93	Asam isobutanoat	0,13
21,321	98	Asam butanoate	0,53
22,38	90	2-Furan karboksaldehida	2
24,113	97	2-Furan methanol	0,94
24,453	96	1,2-etanadiol	1,08
25,722	97	2-Metil-2-siklopentenon	0,41
26,155	93	2-Asetilfuran	0,44
28,645	94	Butirolakton	0,9
29,702	92	3-Metil-2-siklopentenon	0,39
30,416	92	2-Furan methanol	0,49
32,634	92	2,3-Dimetil-2-siklopentenon	0,2
34,671	93	2-Metoksi fenol	5,68
35,93	96	3-Metil fenol	1,57
38,316	93	2,3-Dimetil fenol	0,2
38,994	93	2-Metoksi-4-metil fenol	2,02
43,489	94	2-Hidroksi fenol	0,43
Total % Area:			93,66

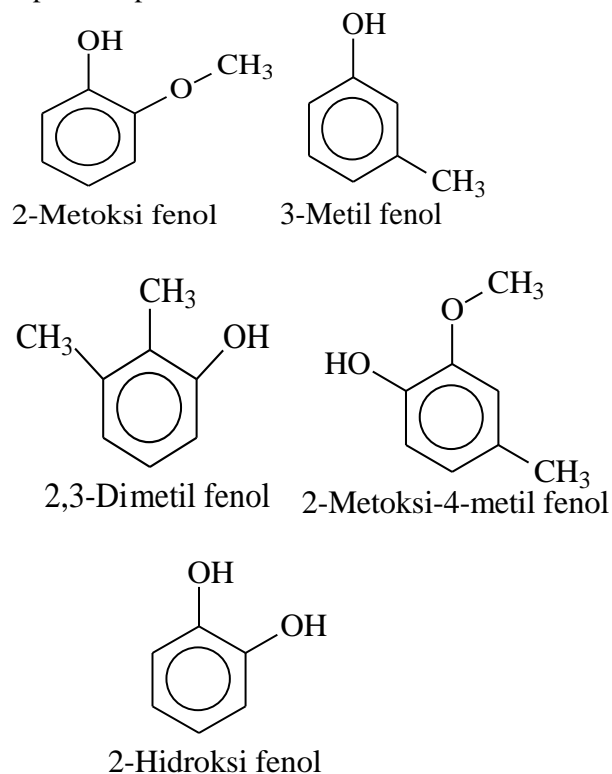
Berdasarkan Tabel 1, diketahui terdapat 27 senyawa kimia dengan kemiripan  $\geq 90\%$  yang teridentifikasi dalam asap cair limbah cangkang. Asam asetat, senyawa fenol, dan asam-asam organik lainnya teridentifikasi pada asap cair limbah cangkang pala. Diketahui bahwa senyawa fenol yang teridentifikasi pada asap cair limbah

cangkang pala yaitu 2-metoksi fenol, 3-metil fenol, 2,3-dimetil fenol, 2-metoksi-4-metil fenol, dan 2-hidroksi fenol (Gambar 2).

Menurut Salindeho & Lumoindong (2017), potensi risiko bahaya bagi kesehatan manusia terkait dengan adanya kandungan hidrokarbon aromatik polisiklik (HAP). Senyawa

HAP dapat terbentuk pada proses pirolisis. Senyawa HAP yang paling bersifat karsinogenik adalah benzo(a)piren. Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa asap cair limbah cangkang pala tidak mengandung senyawa HAP benzo(a)piren.

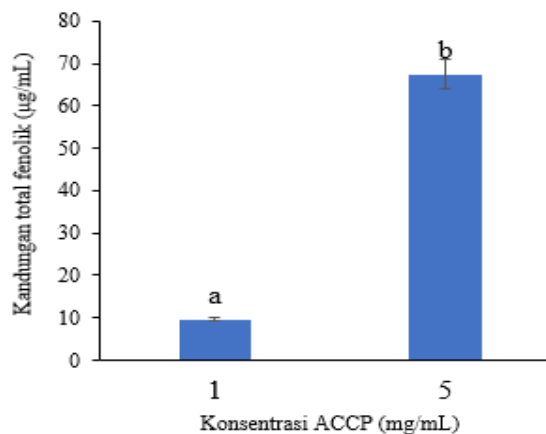
Menurut Salindeho & Pandey (2019), PAH dapat terbentuk melalui 3 cara yaitu melalui suhu tinggi (700 °C), pirolisis dari senyawa organik pada suhu rendah ke sedang (100-150 °C) dan pembentukan ulang senyawa organik oleh mikroorganisme. Diketahui bahwa asap cair limbah cangkang pala tidak mengandung senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik (HAP) karena dipirolisis pada suhu 300-400 °C.



Gambar 2. Senyawa fenol (a, b, c, d, dan e) yang berpotensi sebagai antioksidan dalam asap cair.

### Kandungan total fenolik

Uji kandungan total fenolik pada penelitian ini untuk mengetahui potensi antioksidan dari asap cair limbah cangkang biji pala dengan konsentrasi 1 mg/mL dan 5 mg/mL. Kandungan total fenolik dapat ditentukan secara spektrofotometri UV-VIS dengan reagen Folin-Ciocalteu 50%. Prinsip dari metode ini adalah reaksi oksidasi senyawa fenol dalam suasana basa oleh pereaksi Folin-Ciocalteu menghasilkan kompleks berwarna biru yang memberikan serapan kuat pada panjang gelombang 750-760 nm.



Gambar 3. Hasil uji kandungan total fenolik asap cair limbah cangkang biji pala sebelum distilasi dalam konsentrasi dalam konsentrasi 1 mg/mL dan 5 mg/mL.

Peningkatan intensitas warna biru akan sebanding dengan jumlah senyawa fenolik yang ada dalam sampel. Kandungan total fenolik masing-masing sampel dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat atau *Gallic Acid Equivalent* (GAE). Penggunaan asam galat sebagai standar karena asam galat termasuk dalam senyawa fenolik turunan asam hidroksilbenzoat yang tergolong asam fenol sederhana dan juga memiliki ketersediaan substansi yang stabil dan murni (Hasnaeni dkk., 2019). Hasil analisis kandungan total fenolik dari asap cair limbah cangkang biji pala dalam konsentrasi masing-masing 1 mg/mL dan 5 mg/mL ditunjukkan pada Gambar 3.

Pembuatan konsentrasi 1 mg/mL dan 5 mg/mL dilakukan dengan ditambahkan H<sub>2</sub>O (aquades). Penggunaan H<sub>2</sub>O (aquades) dikarenakan asap cair merupakan cairan yang sebagian besar terdiri atas air. Menurut Nursiwi dkk. (2013), asap cair harus dilarutkan dalam air. Menurut Diatmika dkk. (2019), tingginya kadar total fenol pada suhu pirolisis 300°C tersebut merupakan fase terdekomposisinya lignin yang mampu menghasilkan fenol. Hasil uji kandungan total fenolik tertinggi didapati pada ACCP dengan konsentrasi 5 mg/mL (67,49 µg/mL).

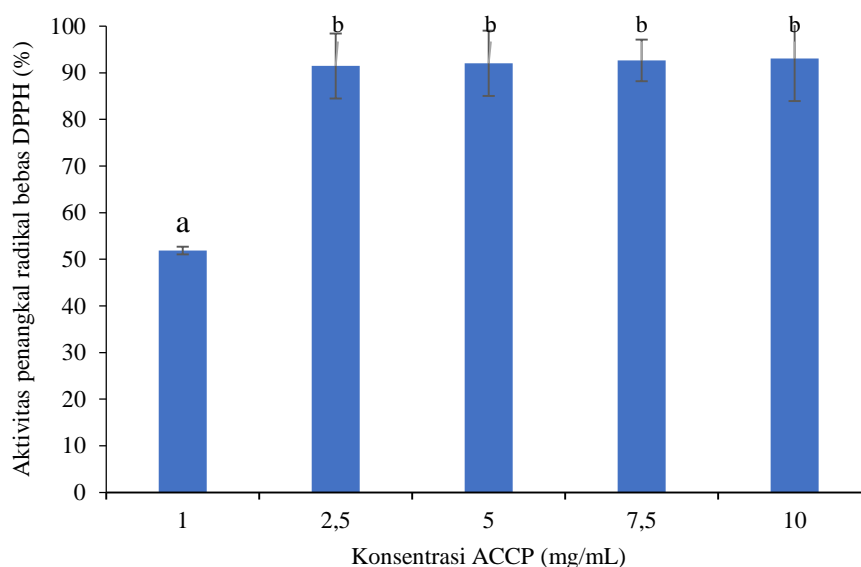
### Aktivitas penangkal radikal bebas DPPH

Uji aktivitas antioksidan dari asap cair cangkang pala dengan metode radikal bebas 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Metode ini untuk mengukur aktivitas antioksidan secara kuantitatif dengan pengujian aktivitas penangkal radikal bebas oleh asap cair cangkang pala (ACCP) dengan konsentrasi masing-masing 1; 2,5; 5; 7,5;

dan 10 mg/mL menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 517 nm. Absorbansi pada 517 nm menurun sebagai reaksi antara molekul antioksidan dan radikal DPPH. Oleh karena itu, lebih cepat penurunan absorbansi lebih berpotensi sebagai antioksidan. Hal itu ditunjukkan pula dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning (Suryanto & Wehantouw, 2009). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan larutan DPPH pada sampel ditandai dengan perubahan warna ungu menjadi warna kuning berarti adanya aktivitas penangkal radikal bebas. Perubahan warna tersebut terjadi karena adanya pengujian radikal bebas yang dihasilkan oleh bereaksinya molekul

DPPH dengan atom hidrogen yang dilepaskan oleh molekul senyawa

sampel sehingga terjadinya perubahan warna ungu ke kuning, dimana DPPH yang memiliki elektron tidak berpasangan akan memberikan warna ungu dan saat elektron berpasangan akan berubah menjadi warna kuning (Saputri, 2019). Hasil pengujian kemampuan penangkal radikal bebas DPPH dari ACCP, dengan konsentrasi 1; 5; 7,5 dan 10 mg/mL dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji aktivitas antioksidan asap cair limbah cangkang pala sebelum distilasi dalam konsentrasi 1; 2,5; 5; 7,5; dan 10 mg/mL. Keterangan: ACCP (asap cair cangkang pala); Huruf yang berbeda diatas diagram menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ).

Berdasarkan Gambar 3, ACCP dengan konsentrasi 1; 2,5; 5; 7,5 dan 10 mg/mL menunjukkan aktivitas antioksidan. Hasil analisis aktivitas antioksidan dari Gambar 3 menunjukkan ACCP memiliki aktivitas antioksidan. Dimana ACCP memiliki persen penangkalan radikal bebas diatas 50% bahkan pada konsentrasi 2,5 mg/mL sampai 10 mg/mL memiliki persen penangkal radikal bebas di atas 90 %, dengan persen penghambatan radikal bebas tertinggi pada konsentrasi 10 mg/mL yaitu 93,06%.

Perbedaan aktivitas antioksidan dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan kemampuan dalam menstansfer atom hidrogen ke radikal bebas, struktur kimia senyawa antioksidan, dan pH campuran reaksi. Diduga tingginya kandungan total fenolik berdampak pada aktivitas penangkal radikal bebas yang tinggi pula. Hal ini

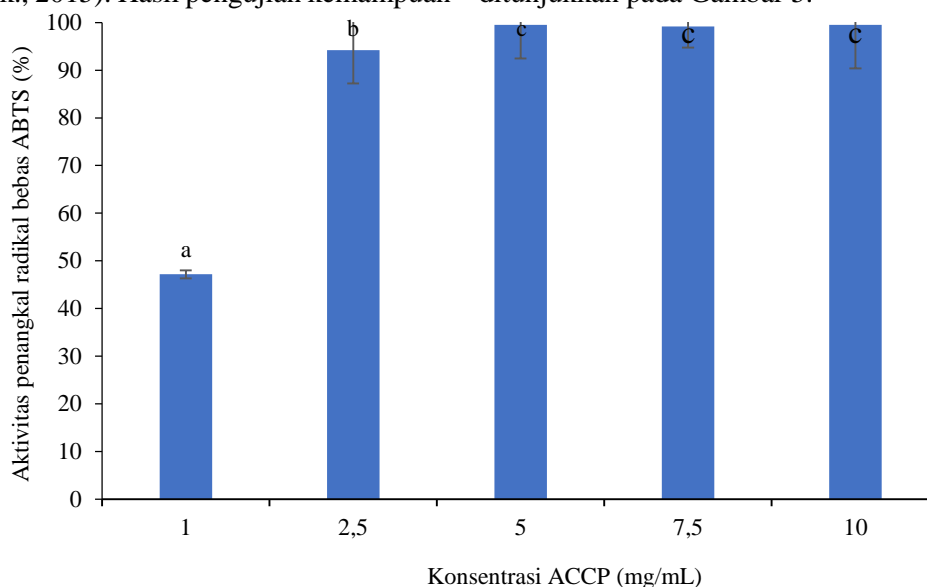
sesuai dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa adanya hubungan antara kandungan total fenolik dengan kapasitas antioksidan (Momuat dkk., 2015; Suryanto & Momuat, 2017; Padmawati, 2020).

#### Aktivitas penangkal radikal bebas ABTS

Uji aktivitas antioksidan dari asap cair cangkang pala menggunakan metode 2,2-azinobis-3-ethyl-benzothiazoline-6-sulphonacid (ABTS). Metode ABTS dipilih karena memiliki sensitivitas lebih tinggi dari pada DPPH dan dapat dipakai untuk menganalisis antioksidan pada makanan. Metode DPPH didasarkan pada kemampuan antioksidan suatu senyawa untuk mendonorkan ion hidrogen ( $H^+$ ), sedangkan pada metode ABTS dilihat berdasarkan kemampuan

senyawa tersebut untuk menstabilkan senyawa radikal bebas dengan mendonorkan radikal proton (Fitriana dkk., 2015). Hasil pengujian kemampuan

penangkal radikal bebas ABTS dari ACCP dengan konsentrasi 1; 2,5; 5; 7,5 dan 10 mg/mL dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji aktivitas antioksidan penangkal radikal bebas ABTS dari ACCP dengan konsentrasi 1; 2,5; 5; 7,5 dan 10 mg/mL. Keterangan: ACCP (asap cair cangkang pala); Huruf yang berbeda di atas diagram menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ).

Hasil uji aktivitas antioksidan pada Gambar 5, menunjukkan bahwa ACCP dengan konsentrasi 1; 2,5; 5; 7,5 dan 10 mg/mL menunjukkan aktivitas antioksidan yang ditandai dengan penurunan nilai absorbansi ABTS. Dimana ACCP memiliki persen penangkalan radikal bebas diatas 90 % pada konsentrasi 2,5 mg/mL sampai 10 mg/mL, dengan persen penghambatan radikal bebas tertinggi pada konsentrasi 10 mg/mL yaitu 99,51%. Jelas nilai yang ada jauh berbeda dengan hasil uji DPPH, diduga karena ABTS jauh lebih sensitif dari DPPH sehingga nilai hasil uji ABTS dapat berbeda dengan hasil DPPH. Prinsip pengujian metode ABTS untuk mengukur peredaman antioksidan terhadap radikal bebas. Hasil analisis metode ABTS berdasarkan hilangnya warna biru atau hijau akibat tereduksinya ABTS oleh antioksidan yang terdapat pada sampel yang ditandai dengan perubahan intensitas warna biru atau hijau menjadi redup.

## KESIMPULAN

Hasil analisis GC-MS menunjukkan 27 senyawa kimia dengan kemiripan  $\geq 90\%$  teridentifikasi dalam asap cair limbah cangkang pala (ACCP). Beberapa di antaranya ialah senyawa fenol. Hasil analisis penangkal radikal

bebas DPPH dan ABTS pada asap cair limbah cangkang pala (ACCP) menunjukkan aktivitas antioksidan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dareda, C.T, Suryanto, E. & Momuat, L.I. 2020. Karakterisasi dan aktivitas antioksidan serat pangan dari daging buah pala (*Myristica fragrans* Houtt). *Chemistry Progress*. 13(1), 48-55.
- Diatmika, I.G.N.A.Y.A., Kencana, P.K.D., & Arda, G. 2019. Karakteristik asap cair batang bambu tabah (*Gigantochloa nigrociliata* BUSE-KURZ) yang dipirolisis pada suhu yang berbeda. *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*. 7(2), 278-285.
- Fitriana, W.D., Fatmawati, S., & Ersam, T. 2015. Uji aktivitas antioksidan terhadap DPPH dan ABTS dari fraksi-fraksi daun kelor (*Moringa oleifera*). *Prosiding. Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains, Bandung, Indonesia*.
- Girard, J.P. 1992. *Smoking in Technology of Meat and Meat Product*. Ellis Horwood. New York.
- Burda, S. & Oleszek, W. 2001. Antioxidant and antiradical activities of flavonoids.

- Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49(6), 2774-2779.
- Hasnaeni, Wisdawati, & Usman, S. 2019. Pengaruh metode ekstraksi terhadap rendemen dan kadar fenolik ekstrak tanaman kayu beta-beta (*Lunasia amara Blanco*). *Jurnal Farmasi Galenika*. 5(2), 175-182.
- Maukar, M.A., Runtuwene, M.R.J. & Pontoh, J. 2013. Analisis kandungan fitokimia dari uji toksisitas ekstrak metanol daun soyogik (*Sauraula bracteosa* Dc) dengan menggunakan metode maserasi. *Jurnal Ilmiah Sains*. 13(2), 98-101.
- Momuat, L.I., Suryanto, E., Rantung, O., Korua, A. & Datu, H. 2015. Perbandingan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan antara sagu baruk segar dan kering. *Chemistry Progress*. 8(1), 17-24.
- Nursiwi, A., Darmadji, P., & Kanoni, S. 2013. Pengaruh penambahan asap cair terhadap sifat kimia dan sensoris telur asin rasa asap. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 6(2), 82-89.
- Padmawati, I.A.G., Suter, I.K. & Arihantana, N.M.I.H. 2020. Pengaruh jenis pelarut terhadap aktivitas antioksidan ekstrak eceng padi (*Monochoria vaginalis* Burm F.C.Presel.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 9(1), 81-8.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. 1998. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. 26(9-10), 1231-1237.
- Salindeho, N., & Lumoindong, F. 2017. Aplikasi asap cair cangkang pala untuk pengolahan ikan selar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 5(1), 9-17.
- Salindeho, N., Mamuaja, C., & Pandey, E.2018. Potential of liquid smoke product of pyrolysis of nutmeg shell as smoking raw material. *International Journal of ChemTech Research*. 11(6), 239-245.
- Salindeho, N., & Pandey, E.F. 2019. Karakteristik fisiko kimia dan polisiklik aromatik hidrokarbon ikan julung (*Hemirhampus marginatus*) asap cair cangkang pala. *JURNAL MIPA*. 8(3), 184-187.
- Saputri, R., Melati, T.M.R., & Fitriyanti. 2019. Antioxidant activity of ethanolic extract from tandui leaves (*Mangifera rufocostata* Kosterm.) by DPPH radical scavenging method. *Borneo Journal of Pharmacy*. 2(2), 114-118
- Sersermudy, C.H., Suryanto, E. & Pontoh, J. 2019. Kombinasi asap cair tongkol jagung (*Zea mays* L.) dan sari lemon cui (*Citrus microcarpa*) dalam menghambat pembentukan peroksidasi lipid. *Chemistry Progress*. 12(1), 6- 12.
- Suryanto, E. & Wehantouw, F. 2009. Aktivitas penangkap radikal bebas dari ekstrak fenolik daun sukun (*Artocarpus atliti* F.). *Chemistry Progress*. 2(1), 1-7.
- Suryanto, E. & Momuat, L.I. 2017. Isolasi dan aktivitas antioksidan fraksi dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays*). *AGRITECH*. 37(2), 139-147.