

## KARAKTERISASI ALAT PIROLISIS ASAP CAIR MENGGUNAKAN VARIASI PERSENTASE LIMBAH TONGKOL JAGUNG DAN AMPAS TEBU

Shafwan Amrullah <sup>(1)\*</sup>, dan Cyrilla Octaviananda<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa

<sup>(2)</sup> Program Studi D3 Teknik Kimia, Politeknik Katolik Mangunwijaya

\* [shafwan.amrullah@uts.ac.id](mailto:shafwan.amrullah@uts.ac.id)

### ABSTRACT

*Food preservation is currently an important focus, this is due to the food crisis which is worrying. Various techniques have been developed to overcome this, one of which is the preservation of manakan. This is necessary as an appropriate step in maintaining the shelf life. One of the most popular techniques today is the use of liquid smoke, because liquid smoke can be used safely and inexpensively. In this research, the process of characterizing liquid smoke made using agricultural waste, namely corn cobs and bagasse. This research was conducted by mixing the raw materials for corn cobs: bagasse (100:0 (V1); 70:30 (V2); 50:50 (V3)). The tool used is a self-designed pyrolysis tool. The results obtained are the characterization of liquid smoke products showing that the best treatment is in the 50:50 raw material formulation, namely with a yield of 1.8%, pH 2.5, and specific gravity is 1.0225. While the results of the GC-MS test showed that the acetic acid content produced was 49.76%. The smoke color in this formulation is reddish brown without any suspended matter. Based on these results, the 50:50 formulation can meet the Indonesian National Standard (SNI) for liquid smoke.*

*Keywords : liquid smoke, bagasse, acetic acid, corn cob*

### ABSTRAK

Pengawetan makanan saat ini menjadi sorotan yang penting, hal ini diakibatkan karena terjadinya krisis pangan yang mengkhawatirkan. Berbagai macam teknik telah dikembangkan untuk menanggulangi hal tersebut, salah satunya adalah pengawetan manakan. Hal ini diperlukan sebagai langkah tepat dalam mempertahankan masa simpan. Salah satu teknik yang paling populer saat ini adalah penggunaan asap cair, sebab asap cair dapat digunakan secara aman dan juga murah. Pada penelitian ini dilakukan proses karakterisasi asap cair yang dibuat menggunakan limbah pertanian yaitu tongkol jagung dan ampas tebu. Penelitian ini dilakukan dengan pencampuran bahan baku tongkol jagung: ampas tebu (100:0 (V1); 70:30 (V2); 50:50 (V3)). Alat yang digunakan adalah alat pirolisis yang telah dirancang sendiri. Hasil yang didapatkan adalah karakterisasi yang produk asap cair memperlihatkan bahwa

perlakuan terbaik pada formulasi bahan baku 50:50, yaitu dengan rendemen 1,8%, pH 2,5, dan bobot jenisnya adalah 1,0225. Sedangkan hasil dari uji GC-MS memperlihatkan bahwa kandungan asam asetat yang dihasilkan adalah sebesar 49,76%. Warna asap pada formulasi ini adalah coklat kemerahan tanpa adanya bahan terapung. Berdasarkan hasil ini, formulasi 50:50 dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) asap cair.

Kata Kunci: *asap cair, ampas tebu, asam asetat, tongkol jagung*

*Submit: 27 April 2023 \* Revisi: 11 Juni 2023 \* Accepted: 16 Juni 2023 \* Publish: 2 Juli 2023*

## PENDAHULUAN

Saat ini, kebutuhan akan pangan terus meningkat, hal ini dibuktikan dengan peningkatan konsumsi. Berdasarkan penelitian saat ini, peningkatan kebutuhan pangan memberikan efek yang begitu signifikan terhadap tingkat konsumsi masyarakat. Bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat, mengakibatkan teknologi dalam pemenuhan kebutuhan primer ini harus ditingkatkan. Pada kenyataannya, penyediaan bahan pangan yang cukup ini tidak hanya didasarkan oleh faktor suplai, akan tetapi juga tingkat pengawetan yang baik, sebab dengan adanya pengawetan yang baik dapat memperlama masa simpan. Salah satu teknologi yang saat ini sedang berkembang adalah teknik pembuatan asap cair. Asap cair sendiri merupakan produk hasil proses pirolisis yang dapat memberikan ketahanan terhadap pangan yang dilapisinya. Secara teknis asap cair merupakan hasil kondensasi dari uap hasil pirolisis senyawa selulosa [1].

Kandungan utama dari asap cair terdiri dari fenol, kimia asam, dan juga karbonil [2][3]. Senyawa fenol merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai senyawa anti bakteri yang dapat mencegah perkembangan

bakteri. Selain itu, senyawa karbonil merupakan senyawa yang berfungsi memberikan warna dan cita rasa produk asapan yang khas [4]. Senyawa asam sendiri mempengaruhi pH, dimana dengan adanya senyawa asam ini, dapat mempertahankan keasaman dari asap cair, sehingga asap cair dapat menekan pertumbuhan dari bakteri dalam makanan.

Proses pirolisis sendiri merupakan proses termal dalam hal penguraian senyawa selulosa dan lignin menjadi senyawa kimia lainnya. Pirolisis pada umumnya terjadi pada suhu sekitar 200°C dan bertahan pada suhu 250-300°C [5].

Bahan baku yang digunakan pada proses ini tentunya adalah bahan baku yang berasal dari unsur utama lignin, selulosa, atau hemiselulosa. Salah satunya adalah limbah kayu dan cangkang batok kelapa. Akan tetapi pada pengembangannya, produk asap cair masih terlalu bergantung pada bahan yang terbatas. Padahal diketahui pula banyak sekali bahan baku limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku asap cair ini, salah satunya adalah tongkol jagung dan juga ampas tebu.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, limbah tongkol jagung memiliki kadar selulosa sebesar 36,81%, lignin 15,70%, hemiselulosa sebesar

27,01%, dan kadar abu sebesar 6,04% [6]. Sedangkan limbah ampas tebu berdasarkan referensi yang ada memperlihatkan kandungan dari lignin sebesar 22,4%, selulosa 30%, dan hemiselulosa sebesar 24% [7]. Berdasarkan kandungan kimia pada kedua bahan baku tersebut, dapat dikatakan bahwa adanya komposisi yang ada, tongkol jagung dan ampas tebu sangat berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan asap cair.

Pada penelitian ini dilakukan proses karakterisasi dari produk asap cair yang dihasilkan dari campuran limbah tongkol jagung dan juga ampas tebu. Karakter yang akan dilihat adalah rendemen yang dihasilkan, pH, sifat fisik seperti bobot jenis, warna, bahan terapan, serta kandungan senyawa fenol dan asam asetat yang berperan sebagai zat aktif penghambat pertumbuhan bakteri pembusuk.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Reaktor Pirolisis yang dapat dilihat pada Gambar 1. Selain itu digunakan juga alat kecil seperti timbangan analitik, pH meter, Stopwatch, piknometer, gelas ukur, *gas chromatography mass spectroscopy* (GCMS) type shimidzu QP2010.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain limbah tongkol jagung dan ampas tebu. Bahan baku limbah didapatkan dari daerah Batu Alang Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Sedangkan bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini antara lain benzena, iodin,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KOH,

$\text{H}_3\text{PO}_4$ , HCl, Bromida, Kromate, phenolphthalein, dan NaOH.



Gambar 1. Alat Pirolisis Asap Cair

Alat pirolisis yang digunakan (Gambar 1) memiliki ukuran plat besi dengan ketebalan 1 mm, dengan diameter pirolisis tabung utama adalah 30 cm dan tinggi 67 cm. selain itu pipa penyaluran asap menuju kondensor adalah berdiameter 1 inch. Kondensor sendiri merupakan tabung dengan plat besi dengan ketebalan 0,5 mm, pada bagian dalam dilengkapi dengan pipa berulir berbentuk spiral. Pipa yang digunakan adalah pipa dengan ukuran 1 inch.

### Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pengumpulan tongkol jagung dan ampas tebu. Bahan baku yang digunakan ini terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran. Selanjutnya bahan baku dijemur selama 2 hari agar terjadi pengurangan kadar air yang dapat mempercepat pembakaran. Setelah itu dilakukan proses pengarang terhadap bahan baku. Kemudian, variasi bahan baku disiapkan dengan V1=100% tongkol jagung, V2=70% tongkol jagung dan 30% ampas tebu, dan V3=50% tongkol jagung dan 50% ampas tebu.

Pada tahap selanjutnya, dipersiapkan semua variasi bahan baku dengan total setiap bahan baku pirolisis sebanyak 3 kg. Pirolisis kemudian dilakukan selama 8 jam pada setiap

variasi. Setelah 8 jam, asap cair di tampung dalam wadah tertentu.

Analisis pertama adalah analisis rendemen asap cair. Rendemen asap cair merupakan persentase hasil produk pirolisis yang dihasilkan. Persamaan yang digunakan Persamaan 1 [8].

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat asap cair (gram)}}{\text{Berat bahan baku (gram)}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis selanjutnya adalah analisis pH asap cair. Nilai pH merupakan tingkat keasaman dari produk asap cair. Pada standarnya, pH asam merupakan produk asap cair yang dapat diterima sebagai standar asap cair, hal ini memberikan kualitas terhadap lama simpan sebuah produk [9][10]. pH pada mutu 1 asap cair adalah 1,5 hingga 2,75. Sedangkan mutu 2 asap cair adalah 2,76-4,5 (SNI).

Analisis selanjutnya adalah dengan melihat analisis sifat fisik asap cair. Analisis sifat fisik dari asap cair yang dihasilkan terdiri dari bobot jenis. Bobot jenis merupakan perbandingan bobot zat di udara dengan bobot air berdasarkan volume dan suhu yang sama yaitu pada suhu 25°C. Bobot jenis diketahui dengan menggunakan piknometer [11]. Cara menghitung bobot jenis dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$B_j = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \quad (2)$$

$B_j$  merupakan bobot jenis,  $W_0$  adalah berat piknometer kosong (gr),  $W_1$  adalah berat piknometer dan aquades (gr), dan  $W_2$  adalah berat piknometer dan sampel (gr).

Karakteristik fisik selanjutnya adalah warna. Warna merupakan salah satu indikator kualitas dari asap cair, hal ini didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomer 8585:2021.

Setelah itu bahan terapung juga diuji untuk mengetahui kualitas dari asap cair. Baha terapung yang dihasilkan

Selanjutnya dilakukan proses analisis karakter dari hasil pirolisis.

didasarkan pada SNI: 8585:2021. Pada SNI ini, standar dari asap cair adalah tanpa adanya bahan terapung pada produk.

Pada bagian akhir dari analisis yang dilakukan, kandungan senyawa asam asetat dan kandungan fenol yang ada. Hal ini dibutuhkan untuk mengetahui senyawa yang berperan aktif dalam proses pengawetan makanan [11]. Alat yang digunakan pada tahap ini adalah GC-MS sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan asap cair dilakukan selama 8 jam/sampel. Langkah proses pembuatan hingga menghasilkan produk asap cair dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pembuatan Asap Cair

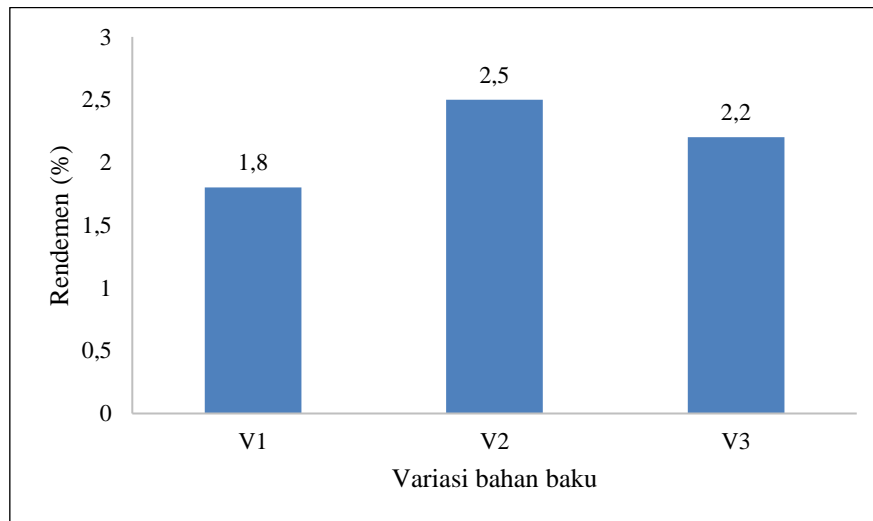
Pada Gambar 2 terlihat proses pembuatan asap cair, dimana pada bagian 1 merupakan pengumpulan bahan baku, bagian 2 penimbangan bahan baku, bagian 3-6 proses pirolisis sedangkan

bagian 7-8 merupakan pengumpulan hasil.

Hasil karakterisasi pembuatan asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

### 1. Hasil Rendemen Asap Cair

Rendemen yang dihasilkan dari proses pembuatan asap cair dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Rendemen Terhadap Variasi Bahan Baku

Pada Gambar 3 variasi 1 (V1) menghasilkan rendemen sebesar 1,8%. Variasi 2 (V2) menghasilkan rendemen sebesar 2,5%. Sedangkan variasi 3 (V3) menghasilkan rendemen sebesar 2,2%.

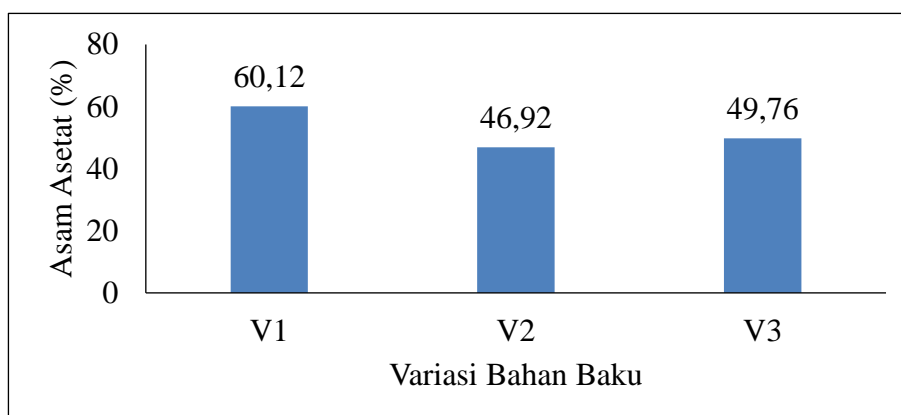
Rendemen yang dihasilkan ini masih sangat jauh dari trend yang ada. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, rendemen yang dihasilkan pada normalnya adalah sebesar 31,65%. Hasil ini didapatkan oleh penelitian yang dihasilkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan baku sabut kelapa [12]. Hasil ini kemungkinan dapat terjadi karena efektifitas dari alat yang digunakan. Seperti yang digunakan pada penelitian ini, terjadi kekurangan besar pada bagian pendinginan. Hal ini dapat dilihat hasil visualnya, dimana hasil yang didapatkan memperlihatkan asap yang melewati dari cooler sangat banyak.

Artinya asap yang tidak dapat dikondensasi jauh lebih banyak daripada asap cair yang didapatkan.

Berdasarkan Gambar 3, terjadi sedikit peningkatan rendemen dengan adanya penambahan 30% ampas tebu, namun sedikit menurun pada penambahan 50% ampas tebu, namun cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan ampas tebu menyebabkan konsumsi terhadap lignin oleh proses pembakaran semakin cepat. Hal ini karena kandungan lignin ampas tebu lebih rendah, dan lebih lembek dari tongkol jagung [13].

### 2. Hasil Analisis Senyawa Asam Asetat

Hasil analisis asam asetat asap cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kandungan Asam Asetat Setiap Variasi Bahan Baku

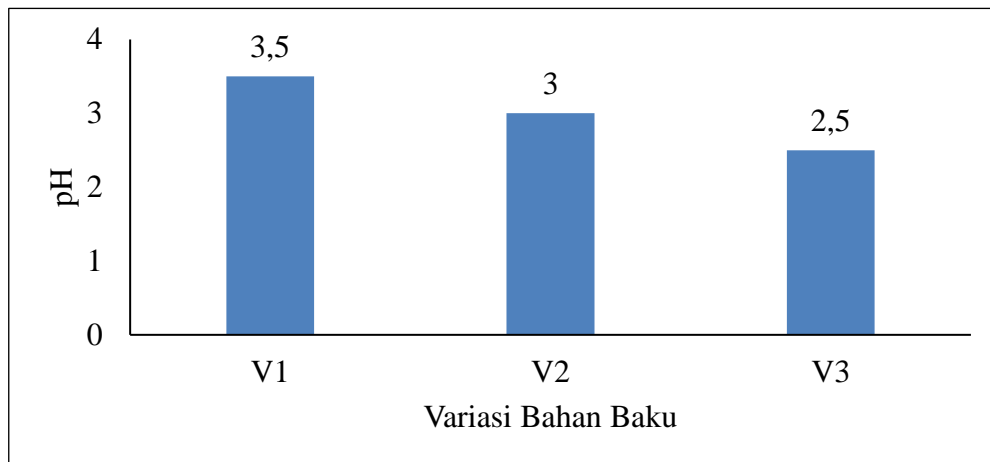
Berdasarkan Gambar 4, pada variasi bahan baku 100% tongkol jagung (V1) menghasilkan 60,12%. Pada variasi V2 menghasilkan asam asetat sebesar 46,92%, artinya ada penurunan dari penambahan 30% ampas tebu. Selanjutnya terjadi sedikit peningkatan kadar asam asetat yang dihasilkan, yaitu didapatkannya asam asetat sebesar 49,76% pada variasi V3. Namun secara keseluruhan, bisa dikatakan bahwa terjadi kecenderungan penurunan kadar asam asetat dengan adanya penambahan ampas tebu. Hal ini tentu saja memiliki kaitannya dengan kandungan selululosa dan hemiselulosa yang dikandung oleh bahan baku. Berdasarkan hasil ini, dapat dikatakan bahwa, penambahan ampas tebu menyebabkan penurunan kadar selululosa dan hemiselulosa yang terkandung pada campuran bahan baku. Sebab kadar selululosa dan hemiselulosa ampas tebu lebih rendah daripada tongkol jagung [6]. Sebab, pirolisis sendiri merupakan hasil dekomposisi senyawa selulosa dan hemiselulosa [14].

Berdasarkan hasil yang didapatkan ini, kadar asam asetat yang dihasilkan dari proses pirolisis ini memperlihatkan nilai yang lebih tinggi dari pada SNI yang ada, yaitu 8-15% untuk mutu 1, dan 1,1-7,99% untuk mutu 2. Namun hal ini tentu saja dapat ditanggulangi dengan

pelarutan dengan menggunakan aquadest. Sehingga dapat dicapai kadar yang diinginkan. Di lain pihak, kandungan yang didapatkan ini memiliki kadar yang sangat menguntungkan dalam segi pasar. Selain itu, dengan adanya kandungan yang sangat tinggi, dapat memberikan jawaban atas rendahnya rendemen yang dihasilkan.

### 3. Nilai pH yang Dihasilkan

Nilai pH yang dihasilkan dari hasil pirolisis dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil pada Gambar 5, pH pada V1 adalah 3,5. Selanjutnya terjadi penurunan nilai pH pada V2 yaitu 3, dan 2,5 pada V3. Berdasarkan hasil ini dapat dikatakan terjadinya penurunan pH disebabkan karena penurunan kadar selulosa dan hemiselulosa yang ada pada bahan baku. Namun hasil ini terbalik dengan hasil yang didapatkan pada Gambar 4. Pada dasarnya, penurunan kadar asam asetat pada Gambar 4 akan memberikan efek penurunan nilai pH. Hal ini kemungkinan karena adanya penambahan kadar senyawa asam lain yang dihasilkan, seperti fenol, sebab fenol juga merupakan senyawa asam yang dapat mempengaruhi nilai pH [15][16].

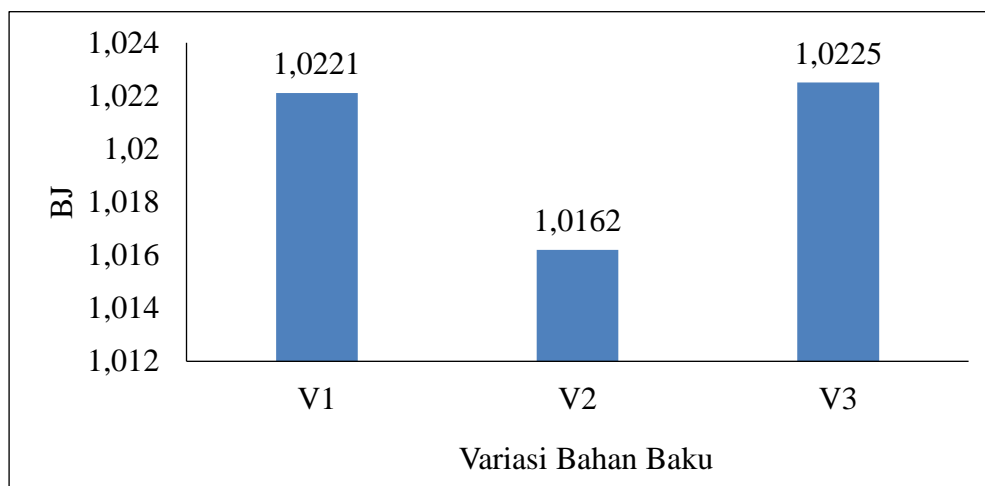


Gambar 5. Nilai pH Asap Cair Berdasarkan Perbedaan Variasi Bahan Baku

Berdasarkan nilai SNI asap cair (SNI 8985: 2021), V1 dan V2 masuk dalam mutu 2, sedangkan produk asap cair dengan variasi V3 masuk dalam mutu 1. Mutu 1 pada SNI 8985:2021 adalah 1,5-2,75, sedangkan Mutu 2 adalah 2,76-4,5.

#### 4. Karakter Fisik Produk Asap Cair

Karakter fisik produk asap cair hasil pirolisis pada penelitian ini terdiri dari bobot jenis, warna, dan bahan terapung. Bobot jenis yang dihasilkan dari hasil pengujian asap cair ketiga variasi bahan baku (V1, V2, dan V3) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bobot Jenis Asap Cair Berdasarkan Perbedaan Variasi Bahan Baku

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa Bobot Jenis yang dihasilkan hampir sama antara V1, V2 dan V3. V1 memiliki Bobot Jenis sebesar 1, 0221, V2 0,0162, dan V3 1,0225.

Bobot jenis yang dihasilkan ini sudah masuk dalam kriteria mutu 1 dan 2 berdasarkan SNI 8985:2021. Untuk mutu 1 dan 2 pada SNI ini menggunakan nilai BJ 1,005-1,05.

Berdasarkan hasil ini, BJ yang didapatkan adalah sangat baik. Bj sendiri dipengaruhi oleh proses degradasi selulosa, hemiselulosa dan juga lignin [16].

Sifat fisik yang lain adalah warna yang dihasilkan dari proses pirolisis. Pada hasil warna asap cair dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Warna Asap Cair Berdasarkan Perbedaan Variasi Bahan Baku

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa warna yang terdapat pada variasi (%) campuran bahan baku dilihat secara langsung terdapat perbedaan warna, asap cair yang dihasilkan V1 berwarna coklat gelap sedangkan V2 dan V3 berwarna coklat kemerahan. Warna yang dihasilkan memenuhi kriteria asap cair Standar Nasional Indonesia berwarna kuning sampai coklat. Perbedaan warna dapat disebabkan dari bahan baku yang digunakan serta pengaruh suhu proses pirolisis. Hal ini sesuai dengan pendapat [17].

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan, variasi campuran bahan baku yang terbaik didapatkan pada campuran 50% tongkol jagung dan 50% ampas tebu (V3). Hal ini dapat dilihat dari perolehan

pH asap cair pada variasi ini adalah 2,5, nilai bobot jenis yang dihasilkan 1,0225. Pendapat ini berdasarkan kriteria yang ada pada SNI khusus asap cair yaitu SNI 8985:2021. Selain itu, pada variasi ini, didapatkan kadar asam asetat sebesar 49,76%, artinya yang paling mendekati nilai SNI adalah yang terendah. Namun hal ini dapat ditanggulangi dengan cara pelarutan hingga didapatkan kadar senyawa sesuai SNI yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. E. Mawli and G. Trimulyono, "Pengaruh Pemberian Asap Cair Ampas Tebu terhadap Pertumbuhan Bakteri pada Ikan Kakap Putih," *J. LenteraBio*, vol. 8, no. 1, pp. 182–189, 2014.
- [2] N. Adi Saputra, S. Komarayati, and , Gusmailina Gusmailina,



- “Komponen Kimia Organik Lima Jenis Asap Cair,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 39, no. 1, pp. 39–54, 2021, doi: 10.20886/jphh.2021.39.1.39-54.
- [3] S. Amrullah, Nurkholis, and W. Pratama, “Dehidrasi Bioetanol Dari Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Bentonite Clay Dehydration Of Bioethanol From Sugarcane (*Saccharum Officinarum*) By,” *J. Pengendali. Pencemaran Lingkung.*, vol. 3, no. 01, pp. 1–6, 2021.
- [4] A. J. L. Rasi and Y. P. Seda, “Potensi Teknologi Asap Cair Tempurung Kelapa terhadap Keamanan Pangan,” *eUREKA J. Penelit.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2017.
- [5] H. F. Immaduddin, S. Amrullah, Nurkholis, and T. E. P. S. Rahayu, “Pengolahan Limbah Tempurung Kemiri Sebagai Adsorben Senyawa Etilen Dengan Penambahan Kalium Permanganat (  $\text{KMnO}_4$  ) Treatment of Candlenut Shell Waste as Adsorbent With the Addition of Potassium,” vol. 3, no. 01, pp. 13–19, 2021.
- [6] A. Darajat, Z., Munira, M., Septiani, M., dan Aladin, “Pengaruh Ukuran Partikel Bahan Dan Waktu Penahanan Pada Pirolisis Lambat Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioarang,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 96–102, 2021.
- [7] S. Bahri, “Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pembuatan Biofoam Dari Ampas Tebu Dan Tepung Maizena,” vol. 1, no. Mei, pp. 24–32, 2021.
- [8] I. G. N. A. Y. A. Diatmika, P. K. D. Kencana, and G. Arda, “Karakteristik Asap Cair Batang Bambu Tabah (*Gigantochloa nigrociliata* BUSE-KURZ) yang Dipirolisis pada Suhu yang Berbeda,” *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 7, no. 2, p. 271, 2019, doi: 10.24843/jbeta.2019.v07.i02.p07.
- [9] A. Alpian, T. Agus Prayitno, J. Pramana, G. Sutapa, and B. Budiadi, “KUALITAS ASAP CAIR BATANG GELAM (*Melaleuca* sp.),” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 32, no. 2, pp. 83–92, 2014, doi: 10.20886/jphh.2014.32.2.83-92.
- [10] D. Saputra and S. Amrullah, “ANALISIS MINAT BELI KONSUMEN TERHADAP STRATEGI PEMASARAN STP (Segmenting, Targeting dan Positioning) DAN BAURAN PEMASARAN 4P (Product, Price, Place, dan Promotion) KOPI TEPAL(STUDI KASUS : UMKM PUNCAK NGENGAS),” vol. 4, no. 1, pp. 33–42, 2021.
- [11] M. Wijaya, M. Wiharto, and A. Auliah, “Dekomposisi termal pirolisis terhadap rendemen dan komposisi senyawa kimia dalam asap cair kulit buah kakao,” *JC-T (Journal Cis-Trans) J. Kim. dan Ter.*, vol. 3, no. 2, pp. 18–24, 2019, doi: 10.17977/um0260v3i22019p018.
- [12] Y. Kondo and M. Arsyad, “Analisis Kandungan Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali,” *INTEK J. Penelit.*, vol. 5, no. 2, p. 94, 2018, doi: 10.31963/intek.v5i2.578.
- [13] S. Amrullah, I. Perdana, and A. Budiman, “Study on Performance and Environmental Impact of Sugarcane-Bagasse Gasification,”

- 2017, pp. 121–127.
- [14] Y. S. Choi, B. J. Ahn, and G. H. Kim, “Extraction of chromium, copper, and arsenic from CCA-treated wood by using wood vinegar,” *Bioresour. Technol.*, vol. 120, pp. 328–331, 2012, doi: 10.1016/j.biortech.2012.06.045.
- [15] N. Diniyah and S.-H. Lee, “Komposisi Senyawa Fenol Dan Potensi Antioksidan Dari Kacang-Kacangan: Review,” *J. Agroteknologi*, vol. 14, no. 01, p. 91, 2020, doi: 10.19184/j-agt.v14i01.17965.
- [16] Sri Komarayati and S. Wibowo, “Karakteristik asap air dari tiga jenis bambu (characteristics of liquid smoke from three bamboo species),” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 33, no. 2, pp. 167–174, 2015, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/126815-ID-none.pdf>
- [17] Y. S. Wafa Karimatul Azmi, Ihak Sumardi, “Karakterisasi Asap Cair Distilasi dan Terdistilasi Vakum dari Limbah Serasah Pinus,” vol. 11, no. 2, pp. 103–114, 2021.