

# SAINS NATURAL

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia  
Volume 11 No. 1 Januari 2021

## **Pelindung :**

Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si (Universitas Nusa Bangsa)

## **Penanggung Jawab (Advisory Editor)**

Dr. Ir. Andi Masnang, M.Si (Universitas Nusa Bangsa)

## **Ketua Dewan Redaksi (Editor in Chief)**

Dra. Febi Nurilmala, M.Si (Bioteknologi, Universitas Nusa Bangsa)

## **Editor (Editors)**

Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc (Kimia Analitik dan lingkungan, Universitas Lampung)

Mamay Maslahat, S.Si., M.Si (Kimia Analisis, Universitas Nusa Bangsa)

Dra. Tri Retno Dyah Larasati, M.Si (Kimia Lingkungan, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-Badan Tenaga Nuklir Nasional)

## **Editor Bagian (Section Editors)**

Devy Susanty, S.Pd., M.Si (Biokimia, Universitas Nusa Bangsa)

Mia Azizah, S.Si., M.Si (Ekologi, Universitas Nusa Bangsa)

## **Editor Bahasa (Copy Editors)**

Srikandi, S.Si., M.Si (Mikrobiologi Tanah dan Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

Dra. Nia Yuliani, M.Pd (Fisiologi Tumbuhan, Universitas Nusa Bangsa)

Nina Ariesta, S.Pd., M.Si (Kimia Fisika, Universitas Nusa Bangsa)

Ade Ayu Oksari, S.Si., M.Si (Taksonomi, Universitas Nusa Bangsa)

Gladys Ayu Paramita Kusumah Wardhani, S.Si., M.Si (Kimia Anorganik, Universitas Nusa Bangsa)

## **Proofreaders**

Dr. Lany Nurhayati, M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)

## **Layout Editor**

Dian Arrisujaya, S.Pd., M.Si (Analisis Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

## **Web Admin**

Dian Arrisujaya, S.Pd., M.Si (Analisis Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

Ahmad Yusron (Universitas Nusa Bangsa)

## **Sekretariat Redaksi (Secretariat)**

Nurlela, S.Si., M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)

Siti Martinah Pajriah, S.Si (Universitas Nusa Bangsa)

## **Penerbit :**

Fakultas MIPA Universitas Nusa Bangsa

## **Kantor :**

Kampus Universitas Nusa Bangsa

Jl. Raya K. H. Sholeh Iskandar Km. 4, Cimanggu, Tanah Sareal Bogor 16166

Telp. (0251) 8340217, 7535605 Fax. (0251) 7535605

Website : <http://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN/index>

e-mail : [jsainsnatural.unb@gmail.com](mailto:jsainsnatural.unb@gmail.com)

Jurnal Sains Natural merupakan jurnal ilmiah yang memuat artikel hasil penelitian dan kupasan (*review*) dalam bidang Biologi dan Kimia yang orsinil dan belum serta tidak dipublikasikan dalam media lain. Naskah dikirim ke kantor editor. Naskah yang masuk akan melalui proses seleksi mitra bestari dan editor. Naskah yang dapat dimuat dengan perbaikan akan dikirimkan kembali ke penulis untuk disempurnakan, sedangkan naskah yang tidak dapat dimuat hanya akan dikembalikan jika disertai amplop balasan yang berperangko secukupnya. Informasi lengkap untuk pemuatan artikel dan petunjuk penulisan tersedia disetiap terbitan. Calon penulis artikel yang memerlukan petunjuk penulisan artikel, dapat menghubungi Redaksi Pelaksana Jurnal Sains Natural. Jurnal ini terbit secara berkala sebanyak dua kali dalam setahun (Januari dan Juli).

Journal of Natural Science is a scientific journal containing research articles and analysis (*review*) in the field of Biology and Chemistry of original and yet also not published in other media. The manuscript is sent to the office of the editor. Manuscript received will be through the selected partner process and editor. Scripts that can be loaded with the repair will be sent back to the author to be refined, while the script which can not be loaded will be returned only if accompanied by a stamped reply envelope. Complete information and instructions for loading article writing is available in every issue. Prospective authors of articles that need help writing the article, please contact the Managing Editor of Journal of Natural Science. The journal is published on a regular basis twice a year (January and July)

Mengutip ringkasan dan pernyataan atau mencetak ulang gambar atau tabel dari jurnal ini harus mendapat ijin dari penulis. Produksi ulang dalam bentuk kumpulan cetakan ulang untuk keperluan apapun harus seijin salah satu penulis dan mendapat lisensi dari penerbit. Jurnal ini diedarkan sebagai tukaran dan untuk perguruan tinggi, lembaga penelitian dan perpustakaan di dalam dan luar negeri.

Citing a summary and a statement or reprint pictures or tables from this journal should get permission from the author. Reproduced in the form of a collection of reprint for any purpose permission must be from one of the authors and get a license from the publisher. The journal is distributed as an exchange and for universities, research institutions and libraries at home and abroad.

## KATA PENGANTAR

Penerbitan Jurnal Sains Natural Volume 11 No.1, Bulan Januari 2021 dapat terlaksana berkat kerja sama semua pihak. Kami berharap isi dalam Jurnal Sains Natural ini dapat menarik minat pembaca dan diambil manfaat serta kegunaan dari hasil – hasil penelitian di dalamnya.

Pada terbitan ini membahas aspek – aspek Biologi dan Kimia seperti:

*Kultivasi Chlorella sp. pada media limbah ayam broiler, Klon Mutan Galur Harapan Tanaman Talas Bogor (Colocasia esculenta (L.) Schott), Aktivasi Karbon Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat, Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Endofit Daun Mangga Kasturi (Mangifera casturi Kosterm) dan Efektivitas kaporit untuk menurunkan kadar besi dan mangan dalam air sungai ciliwung.*

Kami mengharapkan masukan – masukan berupa kritik maupun saran yang membangun yang ditujukan baik pada pengelola maupun para penulis jurnal ini. Kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penerbitan ini, pengelola mohon maaf jika ada kesalahan – kesalahan yang tidak kami sengaja. Kami ucapkan terima kasih terutama pada mitra bestari atas segala bantuannya sehingga terbitnya Jurnal Ilmiah Sains Natural yang kami anggap kualitasnya sudah lebih baik.

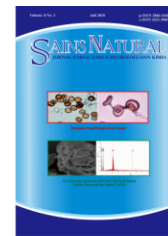
Bogor, April 2021

Ketua Dewan Redaksi

# Sains Natural

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia

Volume 11	Januari 2021	No. 1
1.	<i>Cultivation of Chlorella sp in broiler chicken waste media and its metabolite profile by GC-MS analysis</i> Rizky Izani, Lany Nurhayati, Devy Susanty.....	1-7
2.	<i>Chlorophyll content of the hope mutant clones of Bogor taro (Colocasia esculenta (L.) Schott)</i> Hilda Izzatul Adibah, Febi Nurilmala, Ade Ayu Oksari .....	8-15
3.	<i>Activation of oil palm empty bunches with hydrochloride acid &amp; phosphoric acid and characterization based SNI No. 06-3730-1995</i> Irna Diah Mumpuni, Mamay Maslahat, Devy Susanty .....	16-23
4.	<i>Identification of molecular bacterial isolate endofit bacteria Kasturi mango (Mangifera casturi Kosterm) leaves and analysis of antibacterial activity</i> Usep Suhendar, Siti Mahyuni , Sogandi ... ..	24-29
5.	<i>Effectiveness of caporite to reduce concentration of iron and mangan in Ciliwung river water as raw water PDAM</i> Nadhila Aulia Dwiputri, Mia Azizah, Nurlela.....	30-38



## CULTIVATION OF CHLORELLA SP IN BROILER CHICKEN WASTE MEDIA AND ITS METABOLITE PROFILE BY GC-MS ANALYSIS

Rizky izani, Lany Nurhayati, Devy Susanty \*

Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa  
Jl.KH Sholeh Iskandar Km 4, Tanah Sareal, Bogor 16166, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 Jan 2021,

Accepted 17 Mar 2021

Available online 29 Apr 2021

#### Keywords:

- ✓ *Chlorella sp*
- ✓ *Medium*
- ✓ *Waste*
- ✓ *chromatography*

#### \*corresponding author:

[dvsusanty@gmail.com](mailto:dvsusanty@gmail.com)

Phone: +6283811934630

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i1.290>

### ABSTRACT

Broiler Chicken Waste (LTAB) contained Nitrogen, Phosphorus and Potassium. LTAB can be used as an alternative medium for the cultivation of *Chlorella sp.* In this study, *Chlorella sp.* was cultured in LTAB at various concentrations (2,4,6,8, and 10%). Growth of *Chlorella sp.* was measured based on optical density values at a wavelength of 680 nm. Biomass was extracted using chloroform. The extract obtained was identified using Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS). LTAB 2% was the best medium for the growth of *Chlorella sp.* (amongst other concentrations). The highest growth rate was on the 10th day. Based on the results of KG-MS, chloroform extract of *Chlorella sp.* cultured on LTAB 2% contained oleic acid, methyl ester and gamma-sitosterol.

### ABSTRAK

#### Kultivasi *Chlorella sp* pada media limbah ayam broiler dan profil metabolitnya dengan analisis GC-MS

Limbah Ternak Ayam Broiler (LTAB) mengandung Nitrogen, Fosfor dan Kalium. LTAB dapat dijadikan media alternatif untuk kultivasi *Chlorella sp.* Pada penelitian ini, *Chlorella sp.* dikultur pada LTAB pada berbagai konsentrasi (2,4,6,8, dan 10%). Pertumbuhan *Chlorella sp.* diukur berdasarkan nilai *optical density* pada panjang gelombang 680 nm. Biomassa diekstrak menggunakan kloroform. Ekstrak yang diperoleh diidentifikasi menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). LTAB 2% merupakan media terbaik untuk pertumbuhan *Chlorella sp.* (diantara konsentrasi lainnya). Laju pertumbuhan tertinggi yaitu pada hari ke-10. Berdasarkan hasil KG-MS, ekstrak kloroform *Chlorella sp.* yang dikultur pada LTAB 2% mengandung senyawa asam oleat, metil ester dan gamma-sitosterol.

Kata kunci: *Chlorella sp.*, media, limbah, Kromatografi

## PENDAHULUAN

Budidaya ternak saat ini mengalami perkembangan yang begitu pesat, khususnya peternakan ayam broiler. Produksi ayam broiler di daerah kabupaten Bogor dan kota Bogor tahun 2016 mencapai 87.934.335 ton dan 1.583.961 ton (Badan Pusat Statistik Jawa Barat, 2018). Seiring banyaknya kebutuhan produksi peternakan ayam broiler, limbah yang dihasilkan pun besar dan berdampak pada polusi udara sekitar karena

tingginya kadar N dan S. Penelitian sebelumnya pada media Limbah Ternak Ayam Broiler (LTAB) diketahui mengandung 0,08% nitrogen, 0,041% fosfor dan 112,58 mg/L kalium (Susanty *et al.*, 2019) sehingga dapat digunakan sebagai media kultur mikroalga.

Mikroalga *Chlorella sp.* memiliki kemampuan bereproduksi dengan cepat. Dalam waktu 24 jam, satu sel *Chlorella sp.* dapat berkembang menjadi 10.000 sel (Ma'rufatin, 2016). Mikroalga ini banyak digunakan industri



karena memiliki nilai gizi yang tinggi dan memiliki aktivitas antibakteri (Alwathnani, 2017). Pada umumnya nutrisi utama pada media pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* adalah N dan P (Regista *et al.*, 2017). *Chlorella sp.* mengandung sekitar 50% protein (Mufidah *et al.*, 2017). Hasil penelitian Febtisuhastru (2016) menunjukkan bahwa *Chlorella sp* memiliki kadar lipid yang tinggi. *Chlorella sp.* mengandung berbagai asam lemak. Penelitian Kurnia *et al.* (2018b) menunjukkan asam stearat dan palmitat sebagai asam lemak tertinggi pada *Chlorella sp.* Selain itu, *Chlorella sp.* juga mengandung asam oleat dan asam linoleat (Jazzar *et al.*, 2015).

Sebagian besar senyawa metabolit sekunder dapat diakumulasi dalam sel mikroalga. Jenis senyawa yang terdapat pada *Chlorella sp.* dapat dipengaruhi oleh media pertumbuhannya. Penggunaan media limbah ternak ayam broiler dapat memperkecil biaya kultivasi untuk dapat diaplikasikan pada skala industri. Penelitian untuk mengetahui konsentrasi media limbah yang paling sesuai untuk kultivasi *Chlorella sp.* perlu dilakukan untuk diaplikasikan pada kultivasi selanjutnya. Ekstraksi biomassa *Chlorella sp.* dilakukan dengan menggunakan pelarut kloroform. Identifikasi senyawa metabolit pada ekstrak dilakukan secara kualitatif dengan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). Informasi mengenai senyawa metabolit pada ekstrak kloroform *Chlorella sp.* dapat menjadi dasar dalam mengeksplorasi manfaat *Chlorella sp.* yang dikultivasi menggunakan media limbah ternak ayam broiler.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu kultur mikroalga *Chlorella sp* (inCC M39) yang diperoleh dari LIPI, Limbah Ternak Ayam Broiler (LTAB) berasal dari daerah Cijeruk, Bogor, pH universal, air suling, dan kloroform (Smart Lab).

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu mortar dan alu, ayakan 0,45  $\mu\text{m}$ , alat-alat gelas dan pipet Mohr (Iwaki), neraca analitik Sartorius (CPA224S), Spektrofotometer UV-VIS (Agilent Cary 60), *shaker waterbath* (Mettler), tabung reaksi, *Haemocytometer* 0,100 mm (Neubauer),

Mikroskop, *hand counter*, Agilent Technologies 7890 *Gas Chromatograph with auto sampler*, *Mass selective detector*, *Chemstation data system*, Kolom HP Ultra *Capillary column* (panjang 30 m x 0,20 mm, LD x 0,11  $\mu\text{m}$  *Film thickness*), gas Helium.

### Metode

#### Persiapan Media Limbah Ternak Ayam Broiler

Kotoran ayam broiler diambil dari peternakan ayam broiler di Cijeruk, Bogor. Setelah terkumpul dikeringkan di bawah sinar matahari dan dihancurkan dengan cara ditumbuk menggunakan mortar. Kotoran tersebut disaring dengan menggunakan ayakan dengan ukuran mesh 0,45 mikron. Kotoran yang telah halus siap untuk digunakan untuk proses selanjutnya. Media disiapkan dengan 5 variasi konsentrasi media, yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10%. Pemilihan variasi media dilakukan berdasarkan kadar N, P dan K pada kotoran ayam (Susanty *et al.*, 2019) dan pada media LTAB 2% (Susanty dan Oksari, 2020) serta kebutuhan nutrisi *Chlorella sp.* yaitu N sekitar 140-700 mg/L dan K sekitar 7,5-1500 mg/L (Meritasari *et al.*, 2012).

#### Pengukuran Pertumbuhan *Chlorella sp.* dengan *Optical density* (Modifikasi) (Syaichurrozi & Jayanudin 2016)

*Chlorella sp.* dikultur pada media LTAB dengan kondisi suhu ruang dan intensitas cahaya dari lampu TL ( $\pm 3500$  lux) dengan penyinaran selama 24 jam. Sebagai perbandingan, pertumbuhan *Chlorella sp.* juga dilihat dengan menggunakan media AF6 (Andersen *et al.*, 2005; Kasai *et al.*, 2009; NIES). Spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mengukur *optical density* (OD) pada  $\lambda$  680 nm. Nilai OD selama 14 hari digunakan untuk membuat kurva laju pertumbuhan spesifik *Chlorella sp.* Perhitungan *optical density* sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\ln(\text{OD}_t) - \ln(\text{OD}_0)}{T_t - T_0}$$

keterangan:

$\mu$  = laju pertumbuhan (per hari);  $\text{OD}_t$  = OD pada  $T_t$ ;  $\text{OD}_0$  = OD pada  $T_0$ ;  $T_t$  = waktu pengamatan/akhir kultivasi;  $T_0$  = waktu awal kultivasi.

#### Ekstraksi Biomassa *Chlorella sp.* (Modifikasi) (Annamalai *et al.*, 2012)

Biomassa *Chlorella sp.* pada hari ke-14 dikumpulkan dengan cara memisahkan sel

*Chlorella sp.* dengan media menggunakan sentrifugasi (5000 rpm, 5 menit). Ekstraksi terhadap biomassa *Chlorella sp.* dilakukan dengan metode maserasi dengan pelarut kloroform (1:10). Maserasi dilakukan dengan pengadukan menggunakan *shaker* selama 72 jam. Setelah filtrat hasil maserasi diperoleh, endapan diekstraksi kembali hingga diperoleh filtrat jernih. Semua filtrat dikumpulkan dan diuapkan dengan *waterbath shaker* pada suhu dibawah 50 °C. Ekstrak yang diperoleh disimpan pada suhu 4 °C.

#### Identifikasi Senyawa Metabolit Ekstrak *Chlorella sp.* dengan GC-MS

Senyawa metabolit pada ekstrak kloroform *Chlorella sp.* diidentifikasi dengan GC-MS, dengan kondisi sebagai berikut:

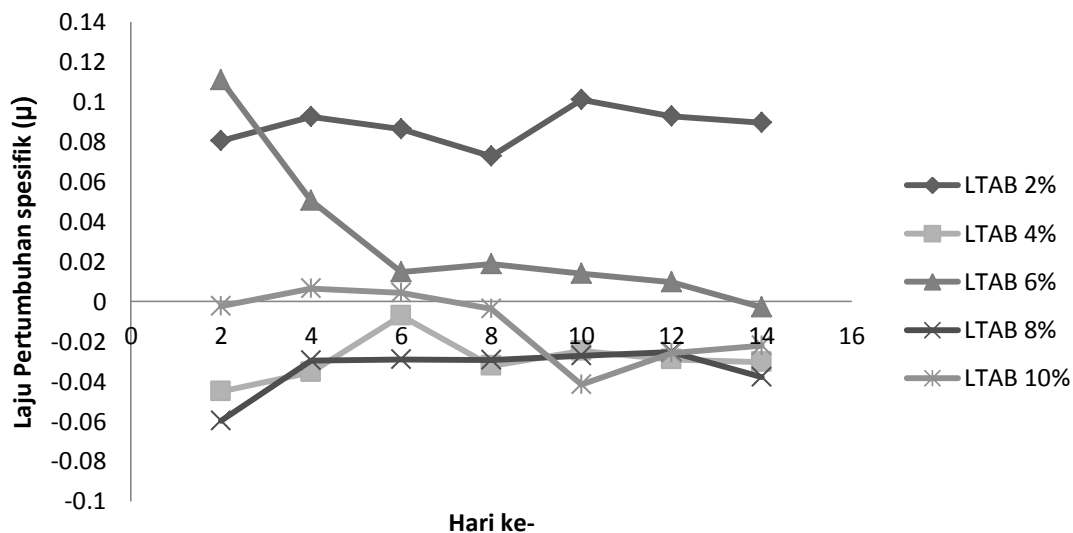
<i>Ionization mode</i>	: <i>Electron impact</i>
<i>Electron energy</i>	: 70 eV
<i>Oven temperature</i>	: <i>Initial temperature at 80 °C hold for 0 minutes, rising at 3 °C/min to 150 °C hold for 1 minute and finally rising 20 °C/min to 280 °C hold for 6 minute.</i>
<i>Injection port temperature</i>	: 250 °C
<i>Ion source temperature</i>	: 230 °C
<i>Quadropole temperature</i>	: 140 °C
<i>Carrier gas</i>	: Helium
<i>Column mode</i>	: <i>Constant flow</i>
<i>Injection volume</i>	: 5 µL
<i>Split</i>	: 8:1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

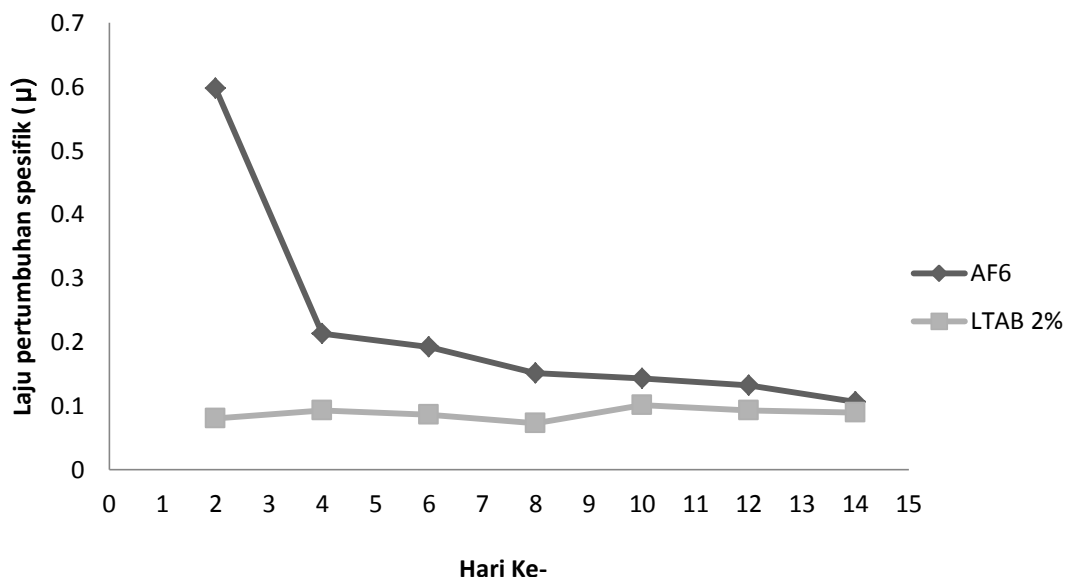
### Laju Pertumbuhan *Chlorella sp.*

*Chlorella sp* dikultivasi pada media LTAB dengan beberapa variasi konsentrasi (2, 4, 6, 8, dan 10%). Variasi konsentrasi LTAB bertujuan untuk melihat kondisi optimum media LTAB sebagai media tumbuh mikroalga *Chlorella sp.* Kecepatan pertumbuhan sel mikroalga dapat terlihat dari laju pertumbuhannya (Istirokhatun *et al.*, 2017). Laju pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* dapat dilihat pada Gambar 1.

*Chlorella sp.* tumbuh dengan baik pada media LTAB dengan konsentrasi 2% (Gambar 1). Hal ini terlihat dari laju pertumbuhannya yang lebih tinggi dibanding *Chlorella sp.* yang tumbuh pada media lain. Laju pertumbuhan *Chlorella sp.* pada media LTAB 2% meningkat mulai hari ke-8 hingga hari ke-10. Peningkatan laju pertumbuhan akan meningkatkan populasi sel yang terjadi karena sel sedang aktif berkembang biak (Budiarti *et al.*, 2010). Berdasarkan laju pertumbuhan *Chlorella sp.* pada media LTAB 2%, maka inokulasi *Chlorella sp.* dilakukan menggunakan biakan pada hari ke-10. Hal ini disebabkan fase eksponensial terjadi saat hari ke-10.



Gambar 1. Laju Pertumbuhan Spesifik *Chlorella sp.* pada berbagai variasi konsentrasi media LTAB



Gambar 2. Laju pertumbuhan spesifik *Chlorella sp.* pada media AF6 dengan LTAB 2%

Laju pertumbuhan *Chlorella sp.* pada media LTAB 4%-6% menunjukkan angka yang lebih rendah. Semakin tingginya konsentrasi media tidak memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik. Pertumbuhan *Chlorella sp* tidak bergantung pada semakin besarnya jumlah nutrisi. Hal ini disebabkan oleh partikulat pada media dengan nutrisi tinggi dapat menghalangi proses fotosintesis pada mikroalga. Semakin tinggi tingkat kenaikan jumlah sel mikroalga juga mempengaruhi kemampuan air dalam melarutkan CO<sub>2</sub>, semakin jenuh medium, semakin sulit CO<sub>2</sub> terlarut dalam air (Istirokhatun *et al.*, 2017).

Laju pertumbuhan *Chlorella sp.* pada media AF6 lebih tinggi dibandingkan media LTAB 2%, namun cenderung melambat (Gambar 2). Penggunaan media AF6 sebagai perbandingan dilakukan berdasarkan kultur awal *Chlorella sp.* yang diperoleh dari LIPI diketahui menggunakan media AF6. Media AF6 merupakan media pertumbuhan dengan kandungan makronutrien, mikronutrien, dan unsur hara yang cukup lengkap dengan komposisi tertentu (Andersen *et al.*, 2005; Kasai *et al.*, 2009; NIES). Penurunan laju pertumbuhan *Chlorella sp.* pada media AF6 menunjukkan kemampuan untuk berkembang biak yang semakin berkurang. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi kultivasi dengan sumber kultur awal ataupun perbedaan kualitas bahan yang digunakan dalam membuat media AF6.

Pada penelitian ini, pemberian cahaya untuk mikroalga *Chlorella sp.* dilakukan sepanjang hari dengan menggunakan 2 buah lampu TL 36 watt (intensitas 3000 lux). Pemberian cahaya dengan menggunakan lampu TL bertujuan untuk memberikan energi foton yang dimanfaatkan pada proses reaksi terang fotosintesis. Pada proses fotosintesis, cahaya ditangkap oleh klorofil pada panjang gelombang 400-700 nm. Warna hijau pada kultur mikroalga dapat mengindikasikan banyaknya klorofil pada sel mikroalga tersebut (Ginting *et al.*, 2018).

Suhu dan pH merupakan kondisi yang juga menentukan pertumbuhan mikroalga selain media dan cahaya. Kultivasi *Chlorella sp.* pada penelitian ini dilakukan pada suhu 30°C dan media LTAB dengan pH 8. Menurut Aprilliyanti *et al.* (2016), suhu optimal pertumbuhan *Chlorella sp.* antara rentang 25°C-30°. Kondisi pH yang sesuai untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* yaitu berkisar antara pH 7-9 (Mufidah *et al.*, 2017).

#### Hasil Identifikasi Senyawa dengan GC-MS

Identifikasi senyawa suatu hasil ekstraksi dapat dilakukan salah satunya menggunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). Instrumen ini terdiri dari GC yang memiliki prinsip kerja memisahkan komponen di dalam sampel menjadi senyawa murni berdasarkan kemampuan menguapnya.

Senyawa yang telah diseleksi oleh kolom dikumpulkan dan dibawa keluar kolom dan dideteksi oleh MS. Spektroskopi Massa menghitung bobot molekul dengan rasio (m/z), kemudian disimpan di dalam komputer dan dianalisis (Hussain, 2014).

Identifikasi senyawa metabolit dilakukan terhadap ekstrak *Chlorella sp.* yang dikultivasi pada media LTAB 2% (media yang paling cocok) dan AF6 (sebagai media kaya nutrisi). Ekstrak *Chlorella sp.* yang diidentifikasi merupakan hasil ekstraksi dengan pelarut kloroform. Kloroform merupakan pelarut yang cenderung mengikat komponen non polar. Maligan *et al.* (2015) menyatakan pelarut kloroform mampu mengekstrak 28 senyawa pada mikroalga *Tetraselmis chuii* berdasarkan hasil analisis GC-MS. Golongan senyawa tersebut yaitu asam lemak, alkana, dan diterpenoid.

Senyawa metabolit yang terdapat pada ekstrak kloroform *Chlorella sp.* menunjukkan hasil yang sama antara hasil kultivasi pada media LTAB 2% dan AF6 yaitu asam oleat, metil ester dan gamma-sitosterol (Tabel 1 dan Tabel 2). Penelitian Kurnia *et al.* (2018a) juga menunjukkan keberadaan beberapa asam lemak pada *Chlorella sp.* yaitu asam palmitat, asam linoleat dan asam oleat. Asam oleat merupakan asam lemak tidak jenuh rantai panjang dan terdapat dalam bentuk trigliserida pada minyak nabati dan hewani. Asam oleat merupakan jenis asam lemak terbanyak yang terdapat pada mikroalga dengan berbagai metode ekstraksi (Barqi, 2015).

Menurut Norashikin (2018), keberadaan nitrogen pada media mempengaruhi jumlah asam lemak pada *Chlorella vulgaris*. Pada penelitian tersebut diketahui media *Chlorella vulgaris* yang dikultivasi pada media BBM dengan kekurangan nitrogen memiliki kadar asam oleat lebih tinggi. Kultivasi *Chlorella vulgaris* pada media dengan kelebihan nitrogen mengandung lebih banyak asam linoleat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Li *et al.* (2014) yang menunjukkan peningkatan Mono Unsaturated Fatty Acid (MUFA) pada media dengan kekurangan nitrogen dan fosfor.

Ekstrak *Chlorella sp.* yang dikultivasi pada media AF6 menunjukkan adanya asam linoleat. Kumalasari *et al.* (2014) juga mengungkapkan *Chlorella sp.* memiliki senyawa asam 9,12-oktadekadienoat (asam linoleat) yang aktif menghambat bakteri *S. aureus*. Hasil analisis GC-MS juga menunjukkan bahwa kedua ekstrak *Chlorella sp.* mengandung Hexadecanoic acid (asam palmitat) dengan kadar yang hampir sama. Asam palmitat memiliki sifat antibakteri dengan cara merusak struktur dinding sel (Karunia *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil analisis GC-MS terhadap ekstrak *Chlorella sp.* pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa penggunaan media LTAB pada kultivasi juga dapat menstimulasi terbentuknya berbagai senyawa metabolit yang berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melihat aktivitas antibakteri dari ekstrak tersebut.

Tabel 1. Senyawa Metabolit pada Ekstrak Kloroform *Chlorella sp.* (Kultivasi pada Media LTAB 2%)

No	Senyawa	RT	Kadar (%)
1	<i>Oleic acid, methyl ester</i>	28,803	18,74
2	<i>Ethyl tridecanoat</i>	28,093	9,07
3	<i>Hexadecanoic acid, Methyl ester</i>	27,548	8,92
4	<i>gamma-Sitosterol</i>	36,967	8,70
5	<i>Ethyl (9Z)-9-Octadecanoate</i>	29,182	6,57
6	<i>9-12-Octadecadienoid acid</i>	29,320	5,68

Tabel 2. Senyawa Metabolit Ekstrak Kloroform *Chlorella sp.* (Kultivasi pada Media AF6)

No	Senyawa	RT	Kadar (%)
1	<i>gamma-Sitosterol</i>	36,981	11,15
2	<i>Hexadecanoic acid, Methyl ester</i>	27,548	9,35
3	<i>11-Octadecenoic acid, methyl ester</i>	28,803	6,15
4	<i>14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol</i>	28,803	6,00
6	<i>Oleic Acid</i>	30,272	3,83
7	<i>Linoleic acid, methyl ester</i>	28,759	3,42

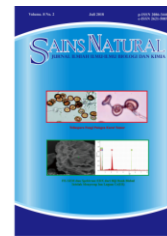
## KESIMPULAN

Media Limbah Ternak Ayam Broiler (LTAB) dapat digunakan sebagai media tumbuh dengan konsentrasi terbaik untuk pertumbuhan yaitu 2%. Media LTAB 2% berpotensi digunakan selanjutnya sebagai media alternatif pada kultivasi *Chlorella sp*. Berdasarkan analisis GC-MS, ekstrak kloroform *Chlorella sp*. yang dikultur pada media LTAB 2% mengandung senyawa asam oleat, metil ester dan gamma-sitosterol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alwathnani, H. dan Perveen, K. (2017). Antibacterial Activity and Morphological Changes in Human Pathogenic Bacteria by Microalgae *Chlorella vulgaris* extracts. *Biomedic Research*. 28(4), 1610-1614.
- Andersen, R.A., Berges, J.A., Harrison, P.J. & Watanabe, M.M. (2005). Recipes For Freshwater And Seawater Media. In: R. A. Andersen Ed.: *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press. Burlington.
- Annamalai, J., Shanmugam, J. & Nallamuthu, T. (2012). Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of *Chlorella vulgaris* Beijerinck. *International Journal of Current Research and Review*. 4(7), 33-38.
- Aprilliyanti, S., Soeprbowati, T.R. & Yulianto, B. (2016). Hubungan Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp*. dengan Kualitas Lingkungan Perairan pada Skala Semi Masal di BBBPBAP Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 14, 77-81.
- Badan Pusat Statistik Jawa Barat. (2016). *Produksi Daging Unggas Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Ternak di Provinsi Jawa Barat*. BPS.
- Barqi, W.S. (2015). Pengambilan Minyak Mikroalga *Chlorella sp*. dengan Metode *Microwave Assisted Extraction*. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(1), 34-41.
- Budiarti, T., Utomo, N.B.P. & Santosa, A. (2010). Pertumbuhan dan kandungan Nutrisi *Spirulina sp*. pada Fotoperiode yang Berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 9(2), 146-156.
- Febtisuhastrri, A. (2016). *Biomassa dan Kadar Lipid Mikroalga Chlorella sp. pada Kultur Media Alternatif Kotoran Ternak* (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ginting, N.K., Sedjati, S., Supriyantini, E. & Ridlo, A. (2018). Pengaruh Pencahayaan terhadap Kandungan Pigmen *Tetraselmis chuii* sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(2), 91-97.
- Hussain, S.Z., dan Maqbool, K. (2014). GC-MS: Principle, Technique and its application in Food Science. *Int. J Curr Sci*. 13, 116-126.
- Istirokhatun, T., Aulia, M. & Sudarno. (2017). Potensi *Chlorella sp*. untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi*. 14(2), 88-96.
- Jazzar, S., Medina, J.Q., Olivares-Carrillo, Carrillo, P.O., Nejjib, M., Marzouki, et al. (2015). Cultivation and In Situ Supercritical Methanol Transesterification of Native Microalgae. *Bioresour Technol*. 190, 281-288.
- Karunia, S.D., Supartono, Sumarni, W. (2017). Analisis Sifat Antibakteri Ekstrak Biji Srikaya (*Annona Squamosa* L) Dengan Pelarut Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(1): 56-60.
- Kasai, F., Kawachi, M., Erata, M., Mori, F., Yumoto, K., Sato, M., & Ishimoto, M. (2009). Nies-Collection List Of Straind, 8th Edition, Jpn. *J. Phycol*. 57(1).
- Kumalasari, D., Fasya, A.G., Adi, T.A. & Maunatin, A. (2014). Uji Aktivitas Antibakteri Asam Lemak Hasil Hidrolisis Minyak Mikroalga *Chlorella sp*. *Alchemy*. 3(2), 163-172.
- Kurnia, D., Asri, R., Dinata, D.I. & Nurachman, Z. (2018a). Analisis Asam Lemak Mikroalga Laut *Chlorella sp*. Pada Medium Modifikasi Dengan Kromatografi Gas Spektrometri Massa (KG-SM). *Journal of Pharmacopolium*. 1(1), 1-8.
- Kurnia, D., Yuliantini, A., Cendana, I.S., & Nurachman, Z. (2018b). Fatty Acid Analysis of Marine Microalgae *Chlorella vulgaris* in Modified Medium Used GC-FID. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1338: 1-8.
- Li, Y., Han, F., Xu, H., Mu, J., Chen, D., Feng, B., & Zeng, H. (2014). Potential lipid

- accumulation and growth characteristic of the green alga *Chlorella* with combination cultivation mode of nitrogen (N) and phosphorus (P). *Bioresource Technology*, 174, 24–32.
- Ma'rufatin, A. (2016). Pengaruh Pemanenan Mikroalga (*Chlorella sp.*) secara Kontinyu Terhadap Pertumbuhannya di dalam Fotobioreaktor. *JRL*. 9(1), 19-30.
- Maligan, J.M., Widayanti, V.T. dan Zubaidah, E. (2015). Identifikasi Senyawa Antibakteri Ekstrak Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii* (Kajian Metode Ekstraksi Maserasi, Jenis Pelarut, dan Waktu Ekstraksi). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 3, 195-206.
- Meritasari, D., Mubarak, A.S., Sulmartiwi, L. dan Masithah, E. D. (2012). Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella Sp.*) dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Chlorella Sp.* *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(1), 27-32.
- Mufidah, A., Agustono, Sudarno, dan Nindarwi, D.D. (2017). Teknik Kultur Mikroalga *Chlorella sp.* Skala Laboratorium dan Intermediate di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 7(2), 50-56.
- Norashikin, M. N., Loh, S. H., Aziz, A., & Cha, T. S. (2018). Metabolic engineering of fatty acid biosynthesis in *Chlorella vulgaris* using an endogenous omega-3 fatty acid desaturase gene with its promoter. *Algal Research*, 31, 262–275.
- Regista, Ambeng, Litaay, M. dan Umar, M.R. (2017). Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair *Lumbricus rubellus* Hoffmeister pada Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella sp.*. *Jurnal Biologi Makasar*. 2(1), 1-8.
- Susanty, D., Oksari, A.A. & Izani, R. (2019). Metabolit Sekunder Pada Ekstrak *Chlorella sp.* Yang Dikultur Pada Media Limbah Ternak Ayam. *Chempublish Journal*. 4(2), 52-61.
- Susanty, D., & Oksari, A.A. (2020). Growth and secondary metabolites content of chloroform extract of *Chlorella sp.* and *Chlorella sorokiniana* cultured on chicken broiler waste media. *Nusantara Bioscience*. 12(1), 28-32.
- Syaichurrozi, I., dan Jayanudin, J. (2016). Potensi Limbah Cair Tahu Sebagai Media Tumbuh *Spiriluna plantesis*. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(2), 64-68.



## CHLOROPHYLL CONTENT OF THE HOPE MUTANT CLONES OF BOGOR TARO (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Hilda Izzatul Adibah, Febi Nurilmala\*, dan Ade Ayu Oksari  
Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa Bogor  
Jl. K.H. Sholeh Iskandar Km. 4 Cimanggung Tanah Sareal, Bogor 16166

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 28 Jan 2021,

Accepted 13 Apr 2021

Available online 29 Apr 2021

#### Keywords:

- ✓ Chlorophyll a
- ✓ Chlorophyll b
- ✓ Fotosintesis
- ✓ Mutant clone
- ✓ *Colocasia esculenta*

\*corresponding author:

[febinuril@gmail.com](mailto:febinuril@gmail.com)

Phone: +62;

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i1.293>

### ABSTRACT

*The development of the Bogor taro plant genetic variation with gamma-ray radiation has resulted in three mutant clones of the hope line with high carbohydrate and low calcium oxalate advantages. The carbohydrate content may correlate with chlorophyll content which plays a role in the photosynthesis process, so it is necessary to know the chlorophyll content in the mutant clones of the Bogor taro hope line and its relationship with its growth in two locations in Kemang District and Cijeruk District, Bogor Regency. The results showed that the mutant clones of the hope line B1023 planted in Kemang District had higher chlorophyll content than the parents. Meanwhile, the mutant clones of the hope line B1511 planted in the Cijeruk District had higher chlorophyll content than the parents. The chlorophyll content of the hope mutant clones planted in Kemang District was higher than the hope mutant clones planted in Cijeruk District. High chlorophyll content showed a negative relationship with tuber wet weight and carbohydrate content but did not affect the number of leaves and tillers*

### ABSTRAK

#### **Kandungan klorofil dan pertumbuhan pada klon mutan galur harapan tanaman talas Bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)**

Pengembangan variasi genetik tanaman talas Bogor dengan radiasi sinar gamma telah menghasilkan tiga klon mutan galur harapan dengan keunggulan tinggi karbohidrat dan rendah kalsium oksalat. Kandungan karbohidrat mungkin berhubungan erat dengan kandungan klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis, sehingga perlu untuk diketahui kandungan klorofil pada klon mutan galur harapan tanaman talas Bogor dan hubungannya dengan pertumbuhannya di dua lokasi Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk Kabupaten Bogor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon mutan galur harapan B1023 yang ditanam di Kecamatan Kemang memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dari tetua. Sedangkan pada klon mutan galur harapan B1511 yang ditanam di Kecamatan Cijeruk memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dari tetua. Kandungan klorofil klon mutan galur harapan yang ditanam di Kecamatan Kemang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan klorofil klon mutan harapan yang ditanam di Kecamatan Cijeruk. Kandungan klorofil tinggi menunjukkan hubungan negatif dengan bobot basah umbi dan kandungan karbohidrat, tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah daun dan anakan.

Kata kunci: Klorofil a, Klorofil b, Fotosintesis, Klon mutan, *Colocasia esculenta*



## PENDAHULUAN

Tanaman talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) merupakan tanaman pangan lokal yang berpotensi untuk dikembangkan dalam program penganeekaragaman pangan sebagai pilihan sumber karbohidrat. Perbanyak tanaman talas selama ini dilakukan secara vegetatif sehingga keragaman genetiknya menjadi sempit. Untuk memperluas keragaman genetik tanaman talas dapat diupayakan beberapa strategi dengan fusi protoplas, mutasi atau teknik induksi poliploid (Wulansari, Marthin, Ermayanti, & Muji, 2016). Induksi mutasi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman untuk memperluas plasma nutfah yang telah ada dan efektif untuk perbaikan varietas. Keunggulan metode ini adalah dapat memperbaiki suatu sifat menjadi sifat baru yang tidak dimiliki oleh induknya tanpa merubah sifat yang telah ada (Shu, Forster, & H. Nakagawa, 2012). Mutasi dapat diinduksi secara fisik dengan menggunakan radiasi sinar gamma yang telah memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan tanaman (Bermawie, Meilawati, S. Purwiyant, & Melati, 2015).

Pengembangan variasi genetik tanaman talas Bogor telah dilakukan dengan teknik mutasi melalui induksi variasi somaklonal menggunakan radiasi sinar gamma ( $Co^{60}$ ) dosis 5, 10, 15, dan 20 Gy (Nurilmala, Hutagaol, Widhyastini, Widyastuti, & Suharsono, 2017). Setelah proses aklimatisasi didapatkan tiga klon mutan galur harapan yang memiliki keunggulan tinggi karbohidrat dan rendah kalsium oksalat dibandingkan dengan tetuanya (Nurilmala & Mardiana, 2019). Selanjutnya dilakukan uji multilokasi di dua lokasi yaitu Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk untuk mengetahui daya adaptasi dan kestabilan gennya. Tingginya kandungan karbohidrat pada klon mutan galur harapan diduga berhubungan dengan kandungan klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis.

Klorofil daun yang terdiri atas klorofil a, b, maupun klorofil total mempengaruhi proses fotosintesis (Li, Guo, Baum, Grando, & Ceccarelli, 2006), sedangkan pembentukan klorofil daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik, sehingga apabila terjadi perubahan susunan genetik pada sel tanaman akan mempengaruhi jumlah klorofil daunnya (Mugiono, 1996). Salah satu parameter penting untuk mengevaluasi terjadinya mutasi

akibat radiasi Sinar Gamma adalah mutasi klorofil (FAO/IAEA DIVISION OF ATOMIC ENERGY IN FOOD AND AGRICULTURE, 1977). Oleh karena itu, besarnya kandungan klorofil dalam tanaman dapat mempengaruhi kemampuan tanaman mengabsorpsi cahaya dan berdampak pula pada hasil fotosintat yaitu karbohidrat (Suminarti, 2010) yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui kandungan klorofil pada klon mutan galur harapan tanaman talas Bogor dan hubungannya dengan pertumbuhannya di dua lokasi Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk Kabupaten Bogor.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah tanaman talas tua dan tiga klon mutan galur harapan (B521, B1023, dan B1511) koleksi Universitas Nusa Bangsa Bogor, daun serta umbi talas tua dan klon mutan galur harapan yang dipanen di Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk, aseton Smart-Lab 99.50% (p.a), alkohol Smart-Lab 99,70% (p.a), pereaksi Anthrone Merck,  $CaCO_3$  Merck,  $Pb(COO)_2$  Merck, standar glukosa Merck, akuades, kertas pH, dan kertas saring Whatman No. 42. Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik Ohaus, kaca arloji, mortar dan alu, gelas ukur Pyrex, corong, labu ukur Pyrex, tabung reaksi Pyrex, pipet volumetrik Pyrex, oven Memmert B40, gelas piala Pyrex, spektrofotometer UV-Vis Optizen POP, blender Phillips.

### Metode

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu penanaman tua dan klon mutan galur harapan tanaman talas Bogor di dua lokasi lahan, panen dan pengambilan sampel, serta penentuan kandungan klorofil dan kandungan karbohidrat.

### Penanaman Klon Mutan Galur Harapan Tanaman Talas Bogor

Tua dan klon mutan galur harapan tanaman talas Bogor ditanam di lahan yang berlokasi di Kecamatan Cijeruk dan Kecamatan Kemang. Masing-masing klon dibagi menjadi tiga

kelompok dengan tiga kali ulangan. Tanah pada lahan tersebut digemburkan terlebih dahulu lalu dibuat bedeng-bedeng dengan lebar 80 cm dan tinggi 50 cm. Masing-masing bedeng dibuat lubang dengan kedalaman 30 cm. Bibit tetua dan klon mutan galur harapan ditanam pada masing-masing lubang dengan jarak antar tanaman 1 meter. Tetua dan klon mutan galur harapan diberi pupuk kandang sebanyak 200 gram dan furadan sebanyak 1 sendok makan. Jumlah anakan dan jumlah daun tetua dan klon mutan galur harapan dihitung tiap minggu setelah ditanam. Klon mutan galur harapan ditanam selama 36 minggu.

### Panen dan Pengambilan Sampel

Tetua dan klon mutan galur harapan dipanen pada 36 Minggu Setelah Tanam (MST). Tanaman talas diangkat lalu dibersihkan dari sisa-sisa tanah dengan air mengalir hingga bersih. Umbi yang sudah dipotong dari batang tanaman ditimbang dan dicatat bobot basahanya dan disimpan untuk penentuan kandungan karbohidrat. Daun tanaman diambil untuk selanjutnya dilakukan penentuan kandungan klorofil.

### Penentuan Kandungan Klorofil (Yoshida, Forno, Cock, & Gomez, 1976)

Daun talas dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan ditimbang sebanyak 2 gram, lalu dihaluskan dengan menggunakan mortar. Daun yang telah dihaluskan ditambahkan aseton 80% secukupnya, dihomogenkan, dan disaring ke dalam labu ukur 100 mL. Sampel diekstraksi hingga didapatkan larutan ekstraksi sebanyak 100 mL. Larutan dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditera dengan aseton 80% hingga garis batas. Larutan tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm.

Kadar klorofil ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Ca = (12,7 \times D663 - 2,69 \times D645) \times fp$$

$$Cb = (22,9 \times D645 - 4,68 \times D663) \times fp$$

Untuk menghitung kadar klorofil total menggunakan persamaan :

$$\text{Total klorofil (mg/L)} = Ca + Cb$$

Keterangan :

D663 = Absorbansi pada panjang gelombang 663 nm.

D645 = Absorbansi pada panjang gelombang 645 nm.

Ca = Kadar klorofil a (mg/L)

Cb = Kadar klorofil b (mg/L)

fp = Faktor pengenceran

12,7 ; 4,68 ; 2,69 ; dan 22,9 adalah koefisien absorpsi spesifik untuk klorofil a dan klorofil b pada panjang gelombang 663 dan 645 nm.

### Penentuan Kandungan Karbohidrat (Andarwulan *et al.*, 2011)

#### *Persiapan Sampel*

Umbi talas ditimbang sebanyak 20-30 gram, ditambahkan alkohol 80% dengan perbandingan 1:1 atau 1:2, kemudian dihancurkan dengan blender. Sampel dipindahkan ke dalam gelas piala, kemudian disaring dengan menggunakan kapas, dan filtrat yang dihasilkan dipindahkan ke dalam gelas piala. Sisa padatan pada kapas dibilas dengan alkohol 80% hingga seluruh gula larut dalam filtrat. pH sampel diukur dengan menggunakan kertas pH. Apabila pH asam, maka ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  sampai pH 8 dan dipanaskan di penangas air pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Setelah dingin, sampel disaring kembali dan ditambahkan  $\text{Pb}(\text{COO})_2$  jenuh secara perlahan sampai larutan jernih. Setelah diperoleh filtrat yang jernih, volume larutan ditempatkan sampai volume tertentu dengan air, lalu dihomogenkan.

#### *Pembuatan Kurva Standar dan Penentuan Kandungan Karbohidrat*

Larutan standar glukosa disiapkan dengan konsentrasi 50 mg/mL. Selanjutnya, dengan pengenceran dibuat deret standar 1,0 mg/mL, 1,5 mg/mL, 2,0 mg/mL, 3,0 mg/mL, dan 5,0 mg/mL. Lalu, setiap deret standar dipipet ke dalam tabung reaksi bertutup masing-masing sebanyak 1 mL. Blanko dibuat dengan memipet 1 mL akuades ke tabung lainnya. Kemudian, ke dalam tabung masing-masing ditambahkan 5 mL pereaksi Anthrone dengan cepat dan tabung reaksi ditutup. Setelah didinginkan, larutan dipindahkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 630 nm untuk memperoleh data kurva standar. Untuk sampel, dipipet sebanyak 1 mL

sampel ke dalam tabung reaksi lalu dilanjutkan tahap yang sama dengan pembuatan standar.

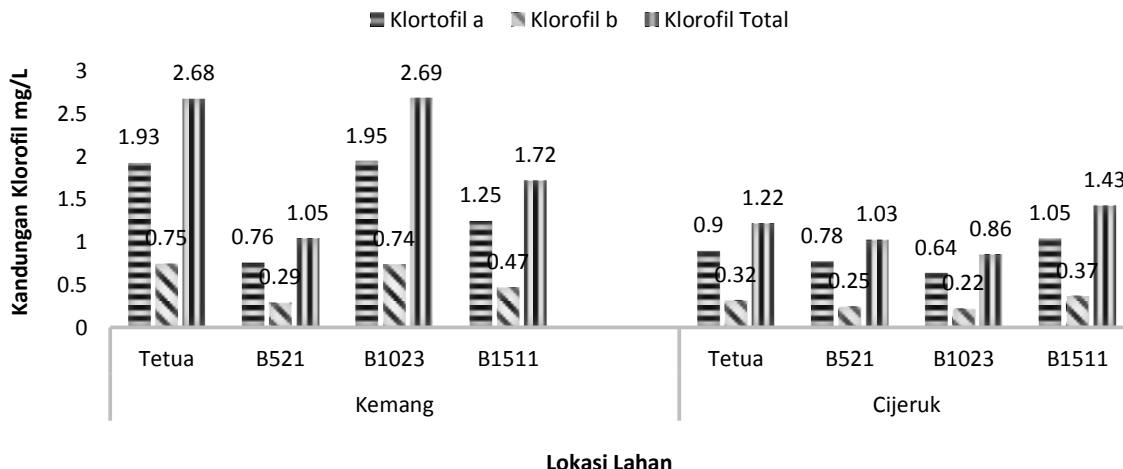
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan klorofil daun talas yang ditanam di Kecamatan Kemang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam di Kecamatan Cijeruk (Gambar 1). Kandungan klorofil tertinggi di lokasi lahan Kecamatan Kemang adalah klon B1023, sedangkan di Kecamatan Cijeruk adalah klon B1511. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor genetik dari masing-masing klon mutan. Selain itu, faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi kandungan klorofil pada klon mutan. Menurut (Arman & N. Armani, 2016), pembentukan klorofil dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor genetik, hara nitrogen, oksigen, cahaya, karbohidrat, besi, dan magnesium. Besarnya kandungan klorofil klon mutan yang ditanam di Kecamatan Kemang dapat dipengaruhi oleh kandungan hara tanah di lokasi penanaman. Berdasarkan analisis tanah yang dilakukan sebelumnya (Nurilmala, Yuliani, & Aisyah, 2017) terhadap lahan penanaman di Kecamatan Cijeruk dan Kecamatan Kemang, kandungan unsur nitrogen dalam tanah di Kecamatan Cijeruk lebih rendah dibandingkan di Kecamatan Kemang. Hal ini dapat menjadi penghambat sintesis klorofil pada klon mutan karena unsur nitrogen berperan dalam sintesis klorofil pada tanaman sehingga kandungan klorofil klon mutan yang ditanam di Kecamatan Cijeruk lebih rendah. Serapan nitrogen yang besar pada tanaman akan menghasilkan kandungan klorofil yang besar sehingga proses metabolisme dapat meningkat, terutama pada proses fotosintesis (Waskito, Aini, & Koesriharti, 2017)

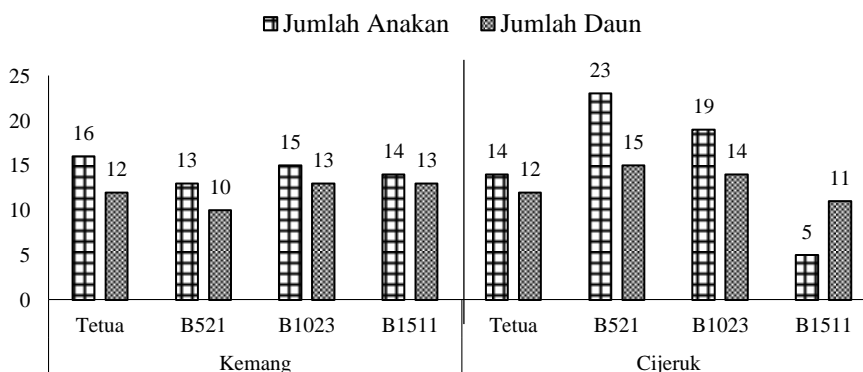
Klorofil merupakan komponen penting dalam proses fotosintesis dan berkorelasi positif dengan laju fotosintesis. Pada tumbuhan, fotosintesis merupakan proses penting untuk mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dapat diamati pada jumlah anakan dan jumlah daun. Gambar 2 menunjukkan bahwa kandungan klorofil yang tinggi tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah anakan dan daun di lokasi

Kecamatan Kemang dan Cijeruk. Hal ini diduga karena posisi masing-masing tanaman terhadap penyinaran cahaya matahari pada masing-masing talas berbeda walaupun berada pada lokasi lahan yang sama. Sejalan dengan penelitian (Lawendatu, Pontoh, & Kamu, 2019) bahwa kandungan klorofil pada tiap tanaman berbeda-beda sesuai dengan posisi daun tersebut, misalnya pada daun yang lebih banyak mendapat cahaya matahari mempunyai klorofil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan daun yang kurang mendapat cahaya matahari. Namun bila intensitas cahaya matahari terlalu tinggi, maka akan mengakibatkan suhu menjadi tinggi sehingga hal ini menyebabkan terjadinya kerusakan klorofil dan kandungan klorofil menurun yang berpengaruh terhadap aktivitas enzim klorofilase dan enzim lipoksidase. Selain itu, hasil penelitian ini diduga berkaitan dengan kandungan unsur nitrogen yang berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman seperti pertumbuhan daun dan anakan serta pembentukan klorofil (Elisabeth, Santosa, & Herlina, 2013).

Klon B1511 di Kecamatan Cijeruk memiliki kandungan klorofil total paling tinggi dibandingkan dengan klon lainnya tetapi memiliki jumlah anakan dan jumlah daun paling sedikit yaitu 5 anakan dan 11 daun. Klon B1023 dengan kandungan klorofil total paling kecil memiliki jumlah anakan dan jumlah daun yang cukup banyak yaitu 19 anakan dan 14 daun. Jumlah anakan dan jumlah daun paling banyak dimiliki oleh klon B521 yaitu 23 anakan dan 15 daun, tetapi kandungan klorofilnya kecil. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan kondisi lahan penanaman di Kecamatan Cijeruk dan Kecamatan Kemang. Kandungan unsur nitrogen di lahan Kecamatan Cijeruk lebih rendah dibandingkan dengan lahan Kecamatan Kemang (Nurilmala *et al.*, 2017), sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan klon mutan galur harapan di Kecamatan Cijeruk terhambat. Menurut (Buntoro, Rogomulyo, & Trisnowati, 2014) faktor internal (genetik) dan faktor eksternal (lingkungan) mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan dan perkembangan tidak dapat berjalan dengan baik apabila salah satu faktor atau kedua faktor internal dan eksternal tersebut tidak saling mendukung.



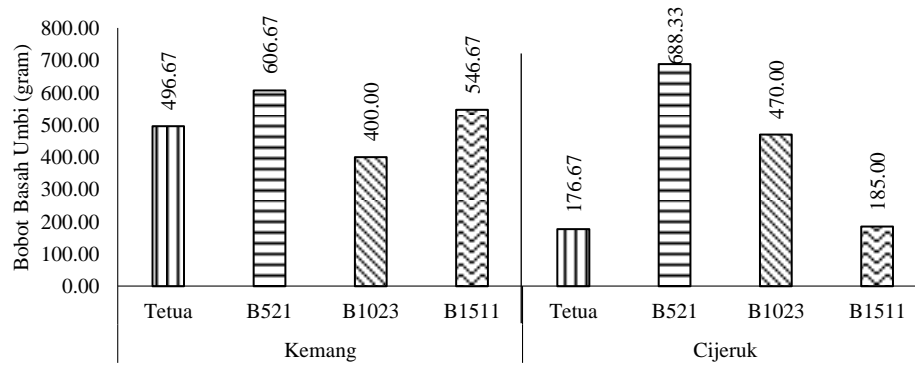
Gambar 1. Kandungan Klorofil pada Daun Tetua dan Klon Mutan Galur Harapan Talas Bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) di Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk Kabupaten Bogor.



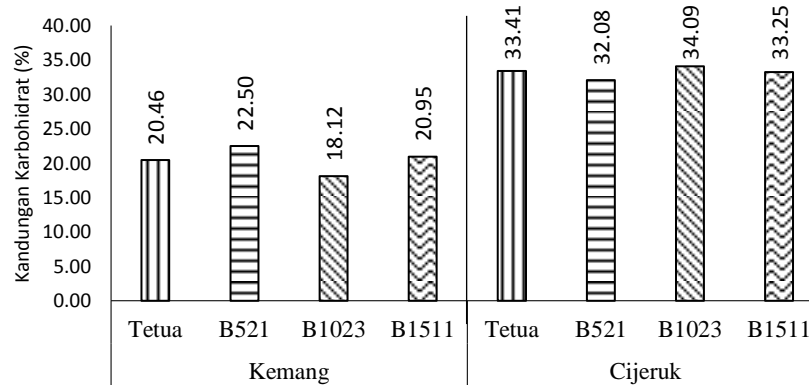
Gambar 2. Jumlah Anakan dan Jumlah Daun Tetua dan Klon Mutan Galur Harapan Tanaman Talas Bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) di Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk.

Klon mutan galur harapan B1023 dan tetua yang ditanam di Kecamatan Kemang dengan kandungan klorofil total tinggi memiliki bobot basah umbi yang kecil (Gambar 3). Bobot basah umbi tetua dan klon B1023 yaitu 496,67 g dan 400 g. Klon B521 dan klon B1511 memiliki kandungan klorofil yang rendah, tetapi memiliki bobot basah umbi yang besar yaitu 606,67 g dan 546,67 g. Klon B521 dan klon B1023 yang ditanam di Kecamatan Cijeruk memiliki kandungan klorofil rendah dari klon lainnya, tetapi memiliki bobot basah umbi yang besar yaitu 688,33 g dan 470 g. Tetua dan klon B1511 yang kandungan klorofilnya tinggi memiliki bobot basah umbi yang lebih kecil yaitu 176,67 g dan 185 g. Klon-klon mutan galur harapan dengan kandungan klorofil total tinggi memiliki bobot

umbi yang kecil, dan sebaliknya. Menurut (Irwan, Wicaksono, & Yulianto, 2016) proses fotosintesis menghasilkan fotosintat yang selanjutnya ditranslokasikan ke bagian-bagian tanaman lainnya dan digunakan baik untuk pertumbuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Selanjutnya (Winata, Karno, & Sutarno, 2012) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman dibagi menjadi dua tahap, yaitu pertumbuhan vegetatif yaitu pertumbuhan daun dan anakan serta pertumbuhan generatif yaitu pembentukan umbi. Proses fotosintesis yang berjalan maksimal akan memicu pertumbuhan vegetatif dan generatif yang baik. Pertumbuhan vegetatif yang terlalu dominan dapat menghambat distribusi fotosintat yang seharusnya disalurkan kepada umbi (Buntoro *et al.*, 2014).



Gambar 3. Bobot Basah Umbi Tetua dan Klon Mutan Galur Harapan Tanaman Talas Bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) di Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk.



Gambar 4. Kandungan Karbohidrat Tetua dan Klon Mutan Galur Harapan umbi Talas Bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) di Kecamatan Kemang dan Kecamatan Cijeruk.

Umbi klon B521 dan klon B1511 hasil panen di Kecamatan Kemang yang berbobot basah umbi besar memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu 22,50% dan 20,95%, sedangkan umbi tetua dan klon B1023 yang berbobot kecil memiliki kandungan karbohidrat yang lebih rendah yaitu 20,46% dan 18,12% (Gambar 4). Begitu pula dengan umbi klon B1023 dan klon B1511 yang ditanam di Kecamatan Cijeruk memiliki bobot basah umbi yang besar dan kandungan karbohidratnya tinggi yaitu sebesar 34,09% dan 33,25%.

Kandungan karbohidrat klon mutan galur harapan berbanding terbalik dengan kandungan klorofil. Klon-klon mutan galur harapan dengan kandungan klorofil tinggi memiliki kandungan karbohidrat rendah dan sebaliknya. Fotosintat ditranslokasikan ke bagian-bagian tanaman lain berupa monosakarida seperti glukosa dan fruktosa

yang merupakan bentuk sederhana dari karbohidrat (Pahlevi, Guritno, & Suminarti, 2016). Pembentukan umbi pada fase generatif tanaman sangat memerlukan karbohidrat. Kandungan karbohidrat yang rendah merupakan gejala terjadinya persaingan translokasi fotosintat. Jika fotosintat lebih banyak disalurkan untuk membentuk daun dan anakan, maka pertumbuhan vegetatif tanaman meningkat sementara bobot basah umbi serta kandungan karbohidratnya menurun (Lubis & Suwanto, 2018).

Pada penelitian ini, kandungan klorofil berbanding lurus dengan jumlah daun dan jumlah anakan tetapi berbanding terbalik dengan bobot basah umbi dan kandungan karbohidrat. Kandungan klorofil tidak mempengaruhi jumlah daun dan jumlah anakan tetapi berbanding terbalik dengan bobot basah umbi dan kandungan karbohidrat. Intensitas cahaya merupakan salah

satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Energi cahaya diterima oleh tanaman dengan penyerapan langsung oleh molekul pigmen seperti klorofil (Zakiyah, Manurung, & Wulandari, 2018). Sedangkan produksi tanaman dipengaruhi oleh kondisi tanah dan iklim yang berkaitan erat dengan faktor lingkungan seperti zat hara, air, dan suhu (Lestari, Solichatun, & Sugiyarto, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa translokasi fotosintat lebih banyak disalurkan ke pertumbuhan vegetatif daripada pertumbuhan generatif klon mutan galur harapan. Hal ini dapat disebabkan oleh anakan-anakan yang tumbuh tidak dicabut. Menurut (Buntoro *et al.*, 2014) banyaknya anakan yang tumbuh dapat menghambat distribusi fotosintat yang seharusnya disalurkan pada umbi.

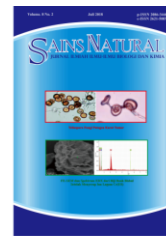
### KESIMPULAN

Klon mutan galur harapan B1023 yang ditanam di Kecamatan Kemang memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dari tetua. Sedangkan pada klon mutan galur harapan B1511 yang ditanam di Kecamatan Cijeruk memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dari tetua. Kandungan klorofil tinggi berbanding terbalik dengan bobot basah umbi dan kandungan karbohidrat, tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah daun dan anakan. Kandungan klorofil klon mutan galur harapan yang ditanam di Kecamatan Kemang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan klorofil klon mutan harapan yang ditanam di Kecamatan Cijeruk.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N., Kusnandar, F., & Herawati, D. (2011). *Analisis Pangan*. Dian Rakyat Jakarta.
- Arman, Z., & N. Armani. (2016). Respons Fisiologi, Pertumbuhan, Produksi Dan Serapan P Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) Terhadap Pemberian Trichokompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Terformulasi Dan Pupuk P Di Lahan Gambut. *Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 15. <https://doi.org/10.24014/ja.v6i2.2236>
- Bermawie, N., Meilawati, N. L. W., S. Purwiyant, & Melati. (2015). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Jahe Putih Kecil (*Zingiber officinale* var. *amarum*). *Jurnal Littri*, 21(2), 47–56.
- Buntoro, B. H., Rogomulyo, R., & Trisnowati, S. (2014). Pengaruh Takaran Pupuk Kandang dan Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temu Putih (*Curcuma zedoaria* L.). *Vegetalika*, 3(4), 29–39.
- Elisabeth, D. W., Santosa, M., & Herlina, N. (2013). The effect of various compositions of organic matter on growth and yield of shallot (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(3), 21–29.
- FAO/IAEA DIVISION OF ATOMIC ENERGY IN FOOD AND AGRICULTURE. (1977). Manual on mutation breeding 2nd edition. In *International Atomic Energy Vienna* (Vol. 119).
- Irwan, A. W., Wicaksono, & Yulianto, F. (2016). Pengaruh pupuk pelengkap cair dan sistem olah tanah terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) kultivar nkancil pada inceptisols Jatinangor. *Kultivasi*, 15(3), 217–225. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i3.11767>
- Lawendatu, O. P., Pontoh, J., & Kamu, V. S. (2019). Analisis Kandungan Klorofil Pada Berbagai Posisi Daun Dan Anak Daun Aren (*Arrenga pinnata*). *Chemistry Progress*, 12(2), 67–72. <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.26414>
- Lestari, G. W., Solichatun, & Sugiyarto. (2008). Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Laju Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundinacea*) setelah Pemberian Asam Giberelat (GA3). *Bioteknologi*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.13057/biotek/c050101>
- Li, R., Guo, P., Baum, M., Grando, S., & Ceccarelli, S. (2006). Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators. *Agricultural Sciences in China*, 5(October), 751–757.
- Lubis, L. W. K., & Suwanto. (2018). Pengaruh

- Jarak Tanam dan Dosis Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Talas Belitung (*Xanthosoma sagittifolium* (L.)). *Buletin Agrohorti*, 6(1), 87–98.
- Mugiono. (1996). *Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Keragaman Ketahanan Penyakit Blas Pada Padi Gogo*.
- Nurilmala, F., Hutagaol, R. P., Widhyastini, I. G. A. M., Widyastuti, U., & Suharsono. (2017). Somaclonal variation induction of bogor taro (*Colocasia esculenta*) by gamma irradiation. *Biodiversitas*, 18(1), 28–33. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180105>
- Nurilmala, F., & Mardiana, D. (2019). Nutrients and Anti-nutrients Content Analysis of Bogor Taro Mutant Clone (*Colocasia esculenta*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 334(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/334/1/012070>
- Nurilmala, F., N. Yuliani, & Aisyah. (2017). *Laporan Penelitian Terapan Kemenristek-DIKTI: Uji Multilokasi Klon Mutan Galur Harapan Tanaman Talas Bogor (Colocasia esculenta (L.) Schott)*.
- Pahlevi, R. W., Guritno, B., & Suminarti, E. N. (2016). Pengaruh Kombinasi Proporsi Pemupukan Nitrogen Dan Kalium Pada Pertumbuhan, Hasil Dan Kualitas Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea* The Effect Of Proportion Combination Nitrogen And Potassium Fertilization On Growth, Yield And Quality Of Sweet Potato (*Ipomea Bat*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(1), 16–22.
- Shu, Q. Y., Forster, B. P., & H. Nakagawa. (2012). Plant mutation breeding and biotechnology. In *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1079/9781780640853.0000>
- Suminarti, N. E. (2010). Pengaruh pemupukan N dan K pada pertumbuhan dan hasil tanaman talas yang ditanam di lahan kering. *Akta Agrosia*, 13(1), 1–7.
- Waskito, K., Aini, N., & Koesriharti. (2017). Effect of Plant Media Composition and Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Eggplant Plants (*Solanum melongena* L.). *Produksi Tanaman*, 5(10), 1586–1593. Retrieved from <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/545>
- Winata, N. A. S. H., Karno, & Sutarno. (2012). Pertumbuhan Dan Produksi Hijauan Gamal (*Gliricidia Sepium*) Dengan Berbagai Dosis Pupuk Organik Cair N. A. S. H. Winata, Karno dan Sutarno Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro Semarang. *Animal Agriculture*, 1(1), 797–807.
- Wulansari, A., Marthin, A. F., Ermayanti, & Muji, T. (2016). Induksi Tanaman Poliploid Talas (*Colocasia esculenta* L.) dengan Perlakuan Orizalin secara In Vitro. *Jurnal Biologi Indonesia*, 12(2), 297–305.
- Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H., & Gomez, K. A. (1976). Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. In *The International Rice Research Institute*.
- Zakiyah, M., Manurung, F. T., & Wulandari, R. C. (2018). Kandungan Klorofil Daun Pada Empat Jenis Pohon Di Arboretum Sylva Indonesia Pc. Universitas Tanjungpura (Leaf Chlorophyll Content In Four Tree Species at Arboretum Sylva Indonesia PC. Universitas Tanjungpura). *Jurnal Hutan Lestari*, 6(1), 48–55.



## ACTIVATION OF OIL PALM EMPTY BUNCHES WITH HYDROCHLORIDE ACID & PHOSPHORIC ACID AND CHARACTERIZATION BASED SNI NO. 06-3730-1995

Irna Diah Mumpuni<sup>1)</sup>, Mamay Maslahat<sup>2)\*</sup>, Devy Susanty<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> PT Mitra Sukses Agrindo

Jl. K.H. Soleh Iskandar No.59 Bogor 16166

<sup>2)</sup>Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa

Jl. K.H. Sholeh Iskandar Km. 4 Cimanggu Tanah Sareal, Bogor 16166

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 27 Jan 2021,

Accepted 22 Apr 2021

Available online 29 Apr 2021

#### Keywords:

- ✓ Activated Carbon
- ✓ Iodine Absorption
- ✓ Oil Palm Empty Fruit Bunches

#### \*corresponding author:

[maymaslahat.sasmita@gmail.com](mailto:maymaslahat.sasmita@gmail.com)

Phone: +6285696371182

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i1.291>

### ABSTRACT

Activated carbon is a solid product resulting from carbonization and activation of lignocellulosic biomass by several methods and activators. Each activator can produce different characteristics of activated carbon. The activated carbon of Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) is processed from Empty Fruit Bunches (EFB) waste, which is quite abundant in Indonesia. The purpose of this study was to determine the characteristics of OPEFB carbon that had been chemically activated using hydrochloric acid (HCl) and phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) based on the Indonesian National Standard (SNI) No. 06 - 3730 - 1995. The research method consisted of the process of carbonization of OPEFB using a pyrolysis device at 400°C for 6 hours; activation of carbon with activator HCl and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> at various activator concentrations; characterization of activated carbon on the parameters of moisture content, ash content, absorption of iodine, and absorption of methylene blue. The results showed that the 0.5000 M HCl was the best activator that produced the quality of OPEFB activated carbon according to SNI 06 - 3730 - 1995 on parameters of moisture content, ash content and absorption of iodine.

### ABSTRAK

**Aktivasi karbon tandan kosong kelapa sawit dengan asam klorida dan asam fosfat serta uji karakterisasi berdasarkan SNI No. 06 – 3730 – 1995**

Karbon aktif merupakan produk padatan yang dihasilkan dari karbonisasi dan aktivasi biomassa lignoselulosa dengan beberapa metode dan aktivator. Masing-masing aktivator dapat menghasilkan karakteristik karbon aktif yang berbeda. Karbon aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) diolah dari limbah TKKS yang keberadaannya cukup melimpah di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik karbon TKKS yang telah diaktivasi secara kimia menggunakan aktivator asam klorida (HCl) dan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06 – 3730 – 1995. Metode penelitian terdiri atas proses karbonisasi TKKS menggunakan alat pirolisis pada suhu 400 °C selama 6 jam; aktivasi karbon dengan aktivator HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pada berbagai konsentrasi aktivator; serta karakterisasi karbon aktif pada parameter kadar air dan abu, daya jerap terhadap iod serta daya jerap terhadap biru metilen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HCl 0,5 M merupakan aktivator terbaik dan karbon aktif yang dihasilkan memiliki karakteristik yang sesuai dengan SNI 06 – 3730 – 1995 pada parameter kadar air dan abu serta daya jerap terhadap iod.

Kata kunci: Daya Jerap Iod, Karbon Aktif, Tandan Kosong Kelapa Sawit

### PENDAHULUAN

Pada bidang industri, kebutuhan Indonesia terhadap karbon aktif masih relatif tinggi (Miranti,

2012), sehingga untuk memenuhinya Indonesia masih melakukan impor. Data impor karbon aktif Indonesia cenderung meningkat setiap tahun dengan kecenderungan peningkatan sekitar 5,86% terhitung dari tahun 2012- 2016. Tahun 2016



tercatat impor karbon aktif cukup tinggi yaitu senilai 16.175.200 US\$ (Kemenperin, 2017).

Karbon aktif berbentuk amorf memiliki luas permukaan sekitar 300 - 2000 m<sup>2</sup>/g (Ramdja *et al.*, 2008). Luas permukaan yang besar pada karbon aktif disebabkan oleh adanya pori. Keberadaan pori ini menyebabkan karbon aktif memiliki kemampuan menyerap. Karbon aktif dihasilkan dari tiga proses, yaitu proses dehidrasi, karbonisasi, dan proses aktivasi. Tujuan aktivasi adalah memperbesar pori dengan memecah ikatan hidrokarbon. Oksidasi molekul pada permukaan dapat merubah sifat kimia dan fisika karbon sehingga menjadi aktif dan memiliki kemampuan menyerap.

Jumlah TKKS di Indonesia yang sangat melimpah merupakan limbah pabrik kelapa sawit. Setiap 1 ton Tandan Buah Segar (TBS), akan menghasilkan TKKS sekitar 220 – 230 kg. Masyarakat maupun Pabrik Kelapa Sawit (PKS) belum memanfaatkan limbah tersebut dengan optimal. Limbah TKKS berpotensi sebagai karbon aktif karena mengandung lignoselulosa.

Pada penelitian sebelumnya telah diperoleh karbon aktif TKKS yang memiliki karakteristik sesuai SNI pada parameter daya jerap terhadap iod dan zat warna biru metilen, karbon tersebut hasil aktivasi secara fisika menggunakan pemanasan oven suhu 800 °C (Maslahat *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, dilakukan aktivasi terhadap karbon TKKS menggunakan aktivasi kimia yaitu asam klorida (HCl) dan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Asam klorida dan asam fosfat merupakan aktivator. Asam klorida berperan sebagai dehidrat pada karbon aktif. Penggunaan aktivator fosfat membantu memperluas pori dan meningkatkan nilai rendemen. Konsentrasi HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang digunakan cukup tinggi agar lebih mempermudah proses pelarutan pengotor-pengotor pada permukaan karbon, pori-pori menjadi akan terbuka dan permukaan karbon aktif semakin luas (Rahayu dan Adhitiyawardana, 2014).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan untuk penelitian terdiri dari limbah TKKS, larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N (*Merck*), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (*Merck*), larutan iodin 0,1 N (*Merck*), kalium dikromat (*Merck*), kertas saring Whatman No. 40,

larutan HCl (*Merck*) dengan konsentrasi 0,5000; 1,0000; 1,5000; 2,0000; dan 2,5000 M, larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (*Merck*) dengan konsentrasi 10,00; 12,50; 15,00; 17,50 dan 20,00 %, kalium iodida (*Merck*) 10,00 %, larutan amilum 1,00 %, akuades dan biru metilen (*Merck*).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari alat pirolisis, penggiling atau penumbuk, tanur, oven, saringan, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, spatula, wadah plastik, peralatan gelas, dan spektrofotometer LW Scientific UV-200-RS.

### Metode

#### Pengambilan Sampel TKKS

Sampel limbah TKKS didapatkan dari PT Perkebunan Nusantara VIII Kelapa Sawit Cikasungka, Cigudeg, kabupaten Bogor.

#### Persiapan Bahan/Preparasi Bahan

Sampel TKKS dicacah menjadi ukuran lebih kecil, dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan selama 1 minggu menggunakan panas sinar matahari.

#### Proses Karbonisasi

Sampel TKKS kering dikarbonisasi pada suhu 400 °C selama 6 jam menggunakan alat pirolisis dengan sedikit udara. Karbon yang terbentuk didinginkan, ditumbuk dan disaring menggunakan saringan ukuran 100 mesh (Kurniati, 2008).

#### Proses Aktivasi

##### Aktivator HCl

Karbon yang telah diperoleh direndam dalam HCl 0,5000 ; 1,0000 ; 1,5000 ; 2,0000 ; dan 2,5000 M selama 24 jam. Perbandingan karbon dengan aktivator adalah 1 : 5. Setelah direndam, dilakukan penyaringan dan dicuci untuk mendapatkan pH netral menggunakan akuades. Residu dikeringkan pada suhu oven 110 °C selama 3 jam. Karbon didinginkan dalam desikator dan diperoleh karbon yang telah teraktivasi.

##### Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Karbon TKKS direndam dalam larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10,00 ; 12,50 ; 15,00 ; 17,50 dan 20,00 % dengan perbandingan 1 : 5 selama 24 jam. Setelah perendaman selesai dilakukan penyaringan dan pencucian dengan akuades sampai pH netral.

Pengeringan residu dilakukan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 110 °C (Sahara *et al.*, 2017).

### Uji Kualitas Karbon Aktif (SNI No. 06-3730-1995)

#### Penetapan Kadar Air

Sebanyak 1 gram karbon aktif TKKS ditimbang (bobot sampel awal), kemudian dipanaskan selama 3 jam pada suhu 110 °C menggunakan oven. Setelah itu, karbon aktif didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang hingga diperoleh bobot yang konstan.

#### Penetapan Kadar Abu

Sebanyak 1 gram karbon aktif TKKS ditimbang (bobot sampel awal), kemudian dipanaskan selama 4 jam pada suhu 600 °C menggunakan tanur. Untuk menyempurnakan pengabuan, tutup tanur dibuka selama 1 menit setelah selesai pemanasan. Abu dari karbon aktif dimasukkan ke dalam desikator, kemudian ditimbang hingga diperoleh bobot konstan sebagai bobot abu (Akbar, 2011).

#### Penetapan Daya Jerap terhadap Iod

Sebanyak 1 gram karbon aktif TKKS dikeringkan selama 3 jam pada suhu 110 °C. Karbon aktif yang telah dipanaskan didinginkan dalam desikator. Karbon aktif kering dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Larutan iodine 0,1 N dimasukkan ke erlenmeyer sebanyak 50 mL kemudian diaduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Filtrat diperoleh dengan cara penyaringan. Sebanyak 10 mL filtrat ditritasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N dengan menambahkan amilum 1 % hingga diperoleh larutan tidak berwarna (Akbar, 2011). Rumus menghitung daya jerap terhadap larutan iod adalah sebagai berikut (ASTM D 4607 – 94, 2014).

Daya jerap terhadap larutan Iod (mg/g) =

$$\frac{A - (fp \times B \times V)}{W} - \frac{A - (fp \times B \times V)}{W}$$

Keterangan:

- W : bobot karbon aktif (g)
- fp : faktor pengenceran
- V : volume Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N

- A : N<sub>2</sub> x 12693,0
- B : N<sub>1</sub> x 126,93
- N<sub>1</sub> : normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- N<sub>2</sub> : normalitas I<sub>2</sub>

#### Penetapan Daya Serap terhadap Biru Metilen

Pada tahap awal, karbon aktif TKKS dipanaskan selama 1 jam pada suhu 105 ± 5 °C menggunakan oven, kemudian didinginkan di dalam desikator. Sebanyak 0,5 g karbon aktif TKKS dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan dicampurkan dengan larutan biru metilen 1000 mg/L sebanyak 100 mL, kemudian diaduk selama 30 menit. Setelah itu, penyaringan dilakukan untuk memisahkan larutan biru metilen dengan karbon aktif TKKS, sehingga diperoleh filtrat. Absorbansi filtrat diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada lamda maksimum 664 nm. Kurva standar larutan biru metilen dibuat dengan konsentrasi antara 1 sampai 6 ppm. Kapasitas adsorpsi (Q) dan efisiensi adsorpsinya (EA) dihitung dengan rumus (Akbar, 2011):

Kapasitas adsorpsi (Q)

$$(Q) \text{ (mg/g)} = \frac{(V \times (Ca - Cb))}{W} - \frac{(V \times (Ca - Cb))}{W}$$

Efisiensi adsorpsi (EA)

$$(EA) \text{ (%) } = \frac{Ca - Cb}{Ca} \times 100 \%$$

Keterangan:

- V : volume biru metilen (L)
- Ca : konsentrasi awal biru metilen (mg/L)
- Cb : konsentrasi akhir biru metil (mg/L)
- Fp : faktor pengenceran
- W : bobot karbon aktif (g).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Limbah TKKS

Pada tahap preparasi sampel dilakukan proses pencucian limbah TKKS yang sudah dicacah menggunakan air mengalir bertujuan membersihkan TKKS dari jamur agar memudahkan proses karbonisasi. Proses pengeringan limbah TKKS dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan air yang terkandung

dalam limbah TKKS sehingga didapatkan TKKS kering yang siap untuk dikarbonisasi.

### Karbonisasi TKKS

Pada proses karbonisasi terjadi penyusutan sampel. Limbah TKKS yang digunakan sebanyak 35 Kg menghasilkan karbon sebesar 8,5 Kg, sehingga persen rendemennya adalah 24,29 %. Penyusutan bobot ini terjadi karena pemanasan pada karbonisasi yang dapat mengakibatkan hilangnya berbagai komponen lainnya. Beberapa komponen yang hilang adalah tar, asam - asam dan aldehyd - aldehyd termasuk hidrogen yang terikat pada karbon. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan alat pirolisis pada suhu 400 °C selama 6 jam. Penghalusan karbon setelah karbonisasi bertujuan agar ukuran partikel karbon homogen dan memiliki permukaan yang lebih luas. Permukaan yang lebih luas akan memperbanyak terjadinya kontak pada saat aktivasi sehingga jumlah karbon teraktivasi dan pori-pori yang terbentuk akan banyak jumlahnya.

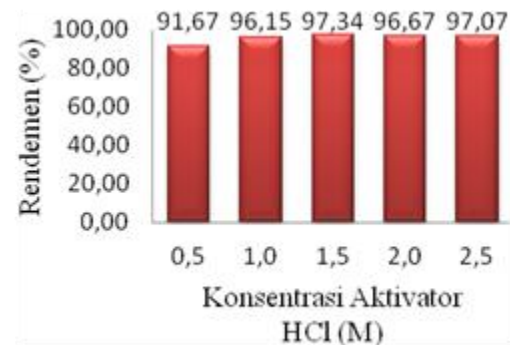
### Aktivasi Karbon TKKS

Aktivasi karbon TKKS dilakukan menggunakan bahan kimia dengan cara perendaman. Pada penelitian ini digunakan HCl dan  $H_3PO_4$  sebagai aktivator. Proses aktivasi ini bertujuan untuk membentuk pori yang lebih banyak dengan pemecahan ikatan hidrokarbon (Faradina dan Setiawati, 2010). Pada proses aktivasi terjadi perubahan massa yang disebabkan oleh terjadinya proses pembentukan dan penyusunan struktur karbon. Proses ini mengakibatkan terbentuknya pori dan berkurangnya jumlah karbon. Semakin banyak pori maka akan mempermudah penyerapan (Meisrilestari *et al.*, 2013).

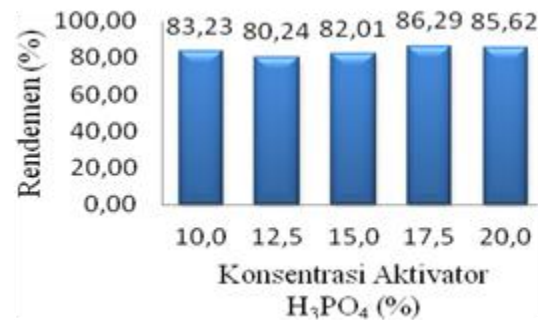
Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa pada proses aktivasi dengan aktivator HCl didapatkan rendemen karbon aktif berkisar antara 91,67 – 97,34 %. Rendemen karbon aktif tertinggi terdapat pada perlakuan karbon yang direndam dengan HCl 1,5 M, sedangkan yang terendah adalah perlakuan karbon yang direndam dengan HCl 0,5 M.

Aktivasi karbon TKKS menggunakan asam fosfat menunjukkan bahwa larutan aktivator  $H_3PO_4$  17,5 % memiliki rendemen karbon aktif yang tertinggi, sedangkan larutan aktivator  $H_3PO_4$  12,5 % menghasilkan rendemen yang terendah yaitu sebesar 80,24 %, sebagaimana yang ditunjukkan

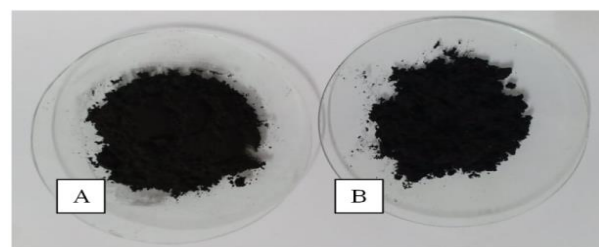
pada Gambar 2. Persen rendemen karbon aktif yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  lebih rendah jika dibandingkan dengan aktivator HCl. Karbon sebelum dan setelah aktivasi memberikan warna yang sama yaitu hitam mengkilat dan bertekstur halus (Gambar 3).



Gambar 1. Rendemen Karbon Aktif dengan Aktivator HCl



Gambar 2. Rendemen Karbon Aktif dengan Aktivator  $H_3PO_4$



Gambar 3. Karbon (A) dan Karbon Aktif (B)

### Karakteristik Karbon Aktif TKKS

Karakterisasi karbon aktif diuji berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06 – 3730 – 1995, dengan parameter meliputi kadar air, kadar abu, daya jerap terhadap iod dan daya jerap terhadap biru metilen. Metode untuk menilai kinerja adsorpsi dari karbon aktif cukup banyak

diantaranya yang sering digunakan sebagai nilai evaluasi adalah daya jerap iod, yang didefinisikan sebagai jumlah miligram iod yang terjerap ke dalam 1 gram karbon aktif. Dengan mengetahui daya jerap karbon aktif terhadap iod, akan diketahui kemampuan karbon aktif menyerap zat dengan ukuran molekul 10 Å sehingga memberi indikasi jumlah pori 10-15 Å. Zat pewarna metilen biru merupakan pewarna yang umum digunakan di industri tekstil dengan ukuran molekul 19 nm dan metilen biru memiliki tingkat jerapan yang kuat pada padatan sehingga umum digunakan sebagai model senyawa yang relevan dengan adsorpsi molekul organik dalam bentuk larutan. Adsorpsi metilen biru juga dapat digunakan sebagai parameter penentuan sisi polar dari karbon aktif, makin tinggi nilai adsorpsi maka disinyalir karbon aktif lebih bersifat polar. Benzena merupakan molekul senyawa organik yang mudah menguap yang banyak digunakan di industri kimia, yang bersifat beracun terhadap kesehatan manusia walaupun pada konsentrasi kecil. Selain itu, karakterisasi karbon aktif dapat dilakukan melalui penentuan gugus fungsi, kristalinitas dan morfologi karbon aktif masing-masing menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra*

*Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Effiyanti *et al*, 2020). Instrumen *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) dan *Surface Area Analyzer* (SAA) dapat digunakan pula untuk kepentingan karakterisasi karbon aktif (Hardi, *et.al*, 2020). Karakteristik karbon aktif TKKS hasil aktivasi menggunakan larutan HCl ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan hasil aktivasi menggunakan larutan asam fosfat ditunjukkan oleh Tabel 3. Perbandingan yang digunakan adalah SNI arang aktif (Tabel 1).

### Kadar Air

Karbon aktif hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M memiliki kadar air yang terendah yaitu sebesar 10,93 %, sedangkan yang tertinggi adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl 2,5 M yaitu sebesar 14,82 % (Tabel 1). Karbon aktif hasil aktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10 % memiliki kadar air terendah yaitu sebesar 9,32 %, sedangkan kadar air tertinggi dihasilkan dari karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 20 % yaitu sebesar 12,60 % (Tabel 2). Hasil tersebut memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 yaitu maksimal 15 % untuk karbon aktif berbentuk serbuk.

Tabel 1. Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Jenis Parameter	Persyaratan
Kadar air	Maks 15%
Kadar abu	Maks 10%
Kadar zat menguap	Maks 25%
Kadar karbon terikat	Min 65%
Daya jerap terhadap yodium	Min 750 mg/g
Daya jerap terhadap benzene	Min 25%
Daya jerap terhadap biru metilen	120 mg/g

Tabel 2. Karakteristik Karbon Aktif TKKS Hasil Aktivasi dengan HCl

Parameter	Konsentrasi HCl (M)				
	0,5000	1,0000	1,5000	2,0000	2,5000
Kadar Air (%)	10,93	12,59	13,69	13,76	14,82
Kadar Abu (%)	6,73	7,55	7,94	8,36	8,71
Daya Jerap terhadap Iod (mg/g)	753,06	727,78	703,1	687,10	713,30
Daya Jerap terhadap Biru Metilen	114,35	101,16	90,13	110,35	98,18

Tabel 3. Karakteristik Karbon Aktif TKKS Hasil Aktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Parameter	Konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (%)				
	10,00	12,50	15,0	17,50	20,00
Kadar Air (%)	10,52	12,60	11,25	9,32	11,24
Kadar Abu (%)	8,27	9,31	9,85	10,68	11,39
Daya Jerap terhadap Iod (mg/g)	716,48	711,71	708,43	716,00	702,00
Daya Jerap terhadap Biru Metilen (mg/g)	105,72	94,13	74,20	105,59	86,00



Penetapan kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Kadar air cenderung lebih tinggi saat menggunakan aktivator dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Penggunaan aktivator bertujuan mengurangi kadar tar yang menyebabkan pori-pori karbon aktif semakin banyak dan besar. Jumlah pori-pori yang banyak dan ukurannya yang besar mengakibatkan meningkatnya penjerapan air sehingga dapat mengakibatkan kadar air menjadi tinggi (Subadra *et al.*, 2005). Mutu karbon menurun jika kadar air pada karbon tersebut tinggi. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya daya jerap terhadap molekul yang akan dijerap akibat terhalangi oleh molekul air.

#### Kadar Abu

Pada uji kadar abu karbon aktif dengan aktivator HCl didapatkan hasil kadar abu terendah yaitu pada karbon yang diaktivasi dengan HCl 0,5 M yaitu sebesar 6,73 %, sedangkan yang tertinggi dihasilkan oleh karbon yang diaktivasi dengan HCl 2,5 M yaitu sebesar 8,71% (Tabel 2). Karbon yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% menghasilkan kadar abu yang terendah yaitu sebesar 8,27 %, sedangkan karbon yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 20 % menghasilkan kadar abu tertinggi yaitu sebesar 11,39 % (Tabel 3). Hasil aktivasi karbon TKKS oleh aktivator HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pada berbagai konsentrasi menghasilkan nilai kadar abu yang sesuai standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 yaitu maksimal 10 %, kecuali karbon yang diaktivasi oleh aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 17,5 dan 20 %. Kadar abu yang tinggi dapat disebabkan oleh terjadinya oksidasi karbon aktif (Pari *et al.*, 2007). Kadar abu menunjukkan kandungan oksida logam pada suatu bahan yang tidak menguap pada proses pengabuan. Kadar abu yang tinggi dapat menghambat penjerapan pada karbon aktif karena terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif (Laos dan Selan, 2016).

#### Daya Jerap terhadap Iod

Penetapan daya jerap iod dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif (Sahara *et al.*, 2017). Kemampuan karbon aktif menjerap iod merepresentasikan kemampuannya dalam menjerap larutan berwarna yang memiliki ukuran 10 Å atau 1 nm (Pari, 2007). Karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl 2 M memiliki daya

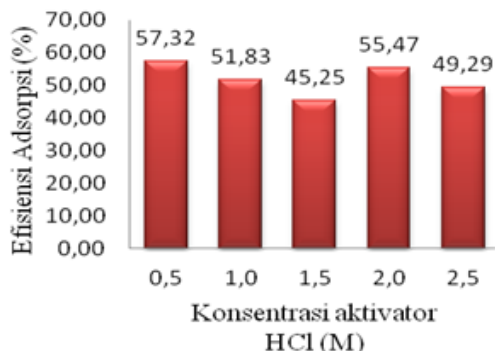
jerap terhadap iod terendah yaitu sebesar 687,35 mg/g, sedangkan yang diaktivasi dengan HCl 0,5 M menghasilkan daya jerap iod yang tertinggi yaitu sebesar 753,06 mg/g (Tabel 2). Hasil tersebut memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 yaitu sebesar minimal 750 mg/g (Tabel 1). Karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10,00 % memiliki daya jerap terhadap iod yang terendah yaitu sebesar 702,00 mg/g, sedangkan daya jerap terhadap iod yang tertinggi dihasilkan dari karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10,00 % yaitu sebesar 716,48 mg/g (Tabel 3). Hasil tersebut tidak memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 yaitu sebesar minimal 750 mg/g.

Penggunaan aktivator HCl pada karbon aktif memberikan hasil daya jerap iod yang lebih baik daripada penggunaan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Asam klorida lebih sempurna melarutkan zat organik dan anorganik sehingga membentuk pori-pori yang bersih dan lebih besar pada karbon aktif. Daya jerap iod yang rendah dapat disebabkan oleh terhalangnya permukaan karbon aktif oleh gugus C(CO) yang terbentuk (Smisek dan Cerny, 1970 dalam Pari *et al.*, 1996).

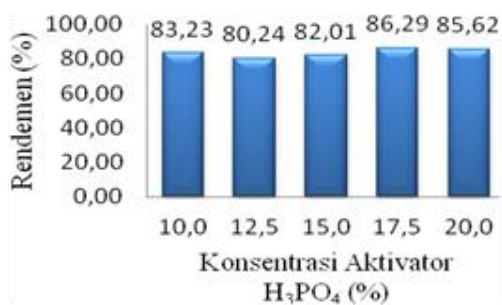
#### Daya Jerap terhadap Biru Metilen

Hasil pengujian daya jerap terhadap biru metilen, karbon aktif yang diaktivasi oleh HCl 0,5000 M memiliki kapasitas adsorpsi yang tertinggi yaitu sebesar 114,35 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 57,32 %, sedangkan karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl 1,5 M menghasilkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi terendah yaitu sebesar 90,13 mg/g dan 45,25 % (Gambar 4). Karbon aktif yang diaktivasi oleh H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 15 % memiliki kapasitas adsorpsi terendah yaitu sebesar 74,20 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 37,66 %. Karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10 % menghasilkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu sebesar 105,72 mg/g dan 53,82 % (Gambar 5). Hasil kapasitas adsorpsi tersebut, baik karbon yang diaktivasi dengan HCl maupun H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> tidak memenuhi syarat kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 yaitu minimal 120 mg/g untuk mutu karbon aktif teknis berbentuk serbuk. Karbon aktif yang dihasilkan sudah cukup baik, karena efisiensi adsorpsinya yang dapat mencapai

50 %, artinya karbon aktif yang dihasilkan dapat menyerap biru metilen sebanyak 500 mg/L.



Gambar 4. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif dengan Aktivator HCl



Gambar 5. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Zat pewarna metilen biru merupakan pewarna yang umum digunakan di industri tekstil dengan ukuran molekul 19 nm dan metilen biru memiliki tingkat jerapan yang kuat pada padatan sehingga umum digunakan sebagai model senyawa yang relevan dengan adsorpsi molekul organik dalam bentuk larutan. Adsorpsi metilen biru juga dapat digunakan sebagai parameter penentuan sisi polar dari karbon aktif, makin tinggi nilai adsorpsi maka disinyalir karbon aktif lebih bersifat polar.

Penetapan daya jerap biru metilen dilakukan untuk mengetahui penyerapan larutan berwarna yang memiliki ukuran molekul kurang dari 15 Å atau 1,5 nm. Pengukuran daya jerap karbon aktif terhadap biru metilen menggunakan alat spektrofotometer pada lamda maksimum 664 nm karena puncak absorbansi maksimum larutan biru terjadi pada lamda tersebut. Kapasitas penyerapan biru metilen merupakan salah satu karakteristik yang harus dimiliki oleh suatu produk karbon aktif. Daya jerap terhadap senyawa ini memiliki

kemampuan adsorpsi karbon terhadap senyawa-senyawa organik (Sahara *et al.*, 2017).

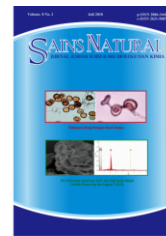
## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan larutan HCl 0,5000 M merupakan aktivator yang terbaik dalam proses aktivasi karbon TKKS dan memiliki karakteristik yang sesuai syarat SNI No. 06 – 3730 – 1995 pada parameter kadar air, kadar abu dan daya jerap terhadap iod.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2014). *ASTM D4607-14, Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon*. ASTM International. West Conshohocken, PA. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- Badan Standar Nasional. (1995). *Arang Teknis*. SNI 06-3730-1995. Jakarta.
- Efiyanti L., Wati, S.A., & Maslahat, M. (2020). Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 94-108.
- Faradina, E. &Setiawati, N. (2010). *Regenerasi Minyak Jelantah dengan Proses Bleaching Menggunakan Adsorben Karbon Aktif* (Laporan Penelitian). Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Hardi, A.D., Joni, R., Syukri, & Aziz, H. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 479-486.
- Kemenperin. (2017). *Ekspor Karbon Aktif*. [https://kemenperin.go.id/statistik/query\\_komoditi.php?komoditi=activated+carbon&negara=&jenis=e&action=Tampilkan](https://kemenperin.go.id/statistik/query_komoditi.php?komoditi=activated+carbon&negara=&jenis=e&action=Tampilkan). Diakses September 2019. Kemenperin. 2017. Ekspor karbon aktif [https://kemenperin.go.id/statistik/query\\_komoditi.php?komoditi=activated+carbon&negara=&jenis=e&action=Tampilkan](https://kemenperin.go.id/statistik/query_komoditi.php?komoditi=activated+carbon&negara=&jenis=e&action=Tampilkan).

- moditi.php?  
komoditi=activated+carbon&negara=&jenis=e& action= Tampilkan. Diakses September 2019
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Karbon Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8 (2), 96 – 103.
- Laos, L. E. & Selan, A. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 32 – 36.
- Maslahat, M., Arrisujaya, D., & Lismayani, S. (2019). Optimasi Suhu Aktivasi Pada Pembuatan Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Lignoselulosa* ,46-51.
- Meisrilestari, Y., Khomaini,R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia. *Jurnal Konversi*, 2(1), 46 – 51.
- Miranti, S. T. (2012). *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan KOH* (Skripsi). Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.
- Pakpahan, H., Manurung, G. ME., & Yulia, A. E. (2013). *Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Di Pembibitan Utama*. Agro Technology. Fakultas Pertanian. Riau.
- Pari, G. (2007). *Teknologi Pembuatan dan Uji Mutu Arang, Briket Arang, dan Karbon Aktif*. Seminar Tenaga Teknis Penguji HHBK. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Palembang
- Rachmani, F. K. & Sudibandriyo, M. (2014). *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Produksi Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia*. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- Rahayu, A. N., & Adhitiyawarman. (2014). Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah. *JKK*, 3(3), 7 – 13.
- Ramdja, A. F., Halim, M., & Handi, J. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, 15 (2).
- Sahara, E., Dahliani, N. K., & Manuaba, I. B. P. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*, 11(1), 174 – 180.
- Sahara, E., Sulihingtyas, W.D. & Mahardika, I. P. A. D. S. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Jurnal Kimia*, 11(1), 1 – 9.
- Subadra, I., Setiaji, B., & Tahir, I. Activated Carbon Production from Coconut Shell With (NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub> Activator As An Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification. *Prosiding Seminar Nasional DIES*, 1 – 8. Universitas Gajah Mada.
- Tryana, M., & Sarma, T. (2003). Karbon Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). *Jurnal Kimia*, 1-9.



## IDENTIFICATION OF MOLECULAR BACTERIAL ISOLATE ENDOFIT BACTERIA KASTURI MANGO (*Mangifera casturi* Kosterm) LEAVES AND ANALYSIS OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Usep Suhendar<sup>1)\*</sup>, Siti Mahyuni<sup>1)</sup>, Sogandi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Farmasi, Universitas Pakuan, Bogor, 16143, Indonesia

<sup>2)</sup>Fakultas Farmasi, Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta, 14350, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 30 Jan 2021,

Accepted 17 Mar 2021

Available online 29 Apr 2021

#### Keywords:

- ✓ Endophyte
- ✓ Kasturi Mango
- ✓ Antibacterial

\*corresponding author:

[usep.suhendar@unpak.ac.id](mailto:usep.suhendar@unpak.ac.id)

Phone: +62

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i1.294>

### ABSTRACT

The increase in infectious diseases caused by pathogenic bacteria impacts the increase in the incidence of pathogenic bacteria to antibiotics. This study aimed to find candidates for the endophytic bacterial isolates of kasturi mango, which have antibacterial potential. After being tested against the pathogenic bacteria, Bacterial isolates showed potential activity using the disc diffusion method. The observations of five endophytic bacterial isolates from the leaves of Kasturi mango, namely L1, L2, L3, L4, and L5, showed that L2 was the most potential compared to other isolates. The formation of a clear zone indicates the inhibitory activity. Molecular identification was carried out by PCR amplification on the 16S rRNA gene. Furthermore, the L2 isolate was identified as *Enterobacter cloacae* with a 99% sequence similarity. Subsequent tests on several bacteria, including *S. mutans* ATCC 31987, *S. aureus* ATCC 25323, *E. coli* ATCC 25922 and *Shigella dysenteriae* ATCC 13313. All isolates showed an inhibition zone in the five bacteria.

### ABSTRAK

#### Identifikasi molekuler isolat bakteri endofit daun mangga kasturi (*Mangifera casturi* Kosterm) dan analisis aktivitas antibakteri

Meningkatnya angka kejadian penyakit menular yang diakibatkan oleh bakteri patogen berdampak pada meningkatnya kemampuan resistensi bakteri patogen terhadap antibiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kandidat isolat bakteri endofit daun mangga kasturi yang memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Isolat bakteri yang telah diujikan terhadap bakteri patogen *Propionibacterium acnes* menunjukkan aktivitas potensial dengan menggunakan metode difusi cakram. Hasil pengamatan dari lima isolat bakteri endofit dari daun mangga kasturi yaitu L1, L2, L3, L4, dan L5 menunjukan L2 yang paling potensial dibandingkan isolat yang lain. Aktivitas penghambatan ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening. Identifikasi molekuler dilakukan dengan amplifikasi PCR pada gen 16S rRNA. Selanjutnya, isolat L2 diidentifikasi sebagai *Enterobacter cloacae* dengan kemiripan urutan 99%. Pengujian berikutnya dilakukan terhadap beberapa bakteri diantaranya bakteri *S. mutans* ATCC 31987, *S. aureus* ATCC 25323, *E. coli* ATCC 25922 dan *S. dysenteriae* ATCC 13313. Semua isolat menunjukkan adanya zona hambat pada kelima bakteri tersebut.

Kata Kunci: Endofit; Mangga Kasturi, Antibakteri

### PENDAHULUAN

Meningkatnya kasus penyakit menular yang diakibatkan oleh bakteri patogen memiliki dampak pada bertambahnya jumlah bakteri yang memiliki kemampuan pertahanan terhadap antibiotik, bakteri tersebut diantaranya adalah *S. aureus* dan

*P. aeruginosa* (Nascimento *et al.*, 2000). Solusi alternatif diperlukan untuk dapat menemukan sumber antibiotik baru yaitu dengan melakukan eksplorasi tanaman yang berpotensi sebagai tanaman obat. Tanaman yang banyak dieksplorasi sebagai tanaman obat adalah tanaman mangga kasturi. Tanaman mangga kasturi (*Mangifera*



*casturi* Kosterm) merupakan tanaman endemik dari Kalimantan Selatan. Tanaman ini dilaporkan mengandung senyawa santon, saponin, flavonoid, terpenoid, dan fenolik (Sutomo dkk., 2014). Beberapa senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas senyawa metabolit yang dapat dimanfaatkan sebagai obat.

Ada beberapa kendala dalam menguji senyawa bioaktif dari sumber tanaman, salah satunya adalah diperlukan jumlah sampel yang banyak didalam pengujiannya. Solusi alternatif untuk dapat mengatasi kendala tersebut, yaitu dengan pemanfaatan bakteri endofit yang bersimbiosis di dalam jaringan tanaman. Salah satu sifat dari bakteri endofit adalah tidak memiliki dampak negatif terhadap tanaman. Bakteri endofit dan tanaman diketahui menunjukkan hubungan simbiosis mutualisme (Strobel & Daisy, 2003; Radji, 2005). Sehingga, beberapa laporan menyatakan bahwa senyawa metabolit yang diproduksi oleh bakteri endofit adalah sesuai dengan tumbuhan inangnya. Oleh karena itu, hal tersebut menjadi peluang yang sangat besar untuk dapat memproduksi senyawa metabolit yang dapat dijadikan sebagai alternatif dalam pengobatan (Oktafia, 2009).

Pada umumnya, tumbuhan mengandung beberapa bakteri endofit yang mampu memproduksi senyawa metabolit dengan karakteristik sama dengan senyawa metabolit yang dihasilkan oleh tanaman inangnya (Prasetyoputri & Ines, 2006). Senyawa metabolit tersebut dapat diproduksi oleh bakteri endofit dan berpotensi untuk dapat dikembangkan pada berbagai bidang (Elena *et al.*, 2016; Castillo *et al.*, 2003). Bakteri endofit diketahui memiliki kemudahan dalam pengambilan senyawa metabolitnya. Kemampuan bakteri endofit untuk menghasilkan senyawa metabolit yang sesuai dengan tanaman inangnya merupakan potensi yang sangat besar dan dapat diandalkan untuk menghasilkan senyawa metabolit (Zhang *et al.*, 1999). Berbagai penelitian mengenai bakteri endofit telah dilaporkan, diantaranya adalah menghasilkan antibiotik dengan spektrum luas yaitu bakteri endofit yang diisolasi dari *Grevillea pteridifolia*. Endofit tersebut menghasilkan kakadumycin yang berkhasiat sebagai agen anti-malaria (Ryan *et al.*, 2008). Bakteri endofit *Pestalotiopsis microspora* yang diisolasi dari tanaman *Taxus* dapat menghasilkan paclitaxel yang berkhasiat sebagai antikanker

(Premkumar & Govindrajan, 2005). Bakteri endofit *Pseudomassaria* sp. menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki mekanisme kerja seperti insulin dan telah terbukti mengurangi kadar glukosa darah yang diujikan pada tikus (Rahmadani, 2014).

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, didapatkan lima isolat yang diperoleh dari bagian daun mangga kasturi, yaitu L1, L2, L3, L4, dan L5. Isolat yang potensial setelah diujikan terhadap bakteri *Propionibacterium acnes*, yaitu isolat L2 yang memiliki aktivitas antibakteri lebih baik dibandingkan bakteri endofit lainnya. Penelitian saat ini merupakan penelitian lanjutan yang bertujuan untuk melakukan pengambilan bakteri endofit dengan memisahkannya dari daun mangga kasturi, melakukan identifikasi terhadap bakteri endofit dari daun mangga kasturi, dan mengetahui aktivitas antibakterinya.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Pakuan, Laboratorium Farmasi, Universitas 17 Agustus 1945, dan Laboratorium Mikrobiologi IPB University. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2020.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat L2 yang merupakan isolat yang diambil dari bagian daun mangga kasturi, media *Nutrient Broth* (NB), *buffer* TE (10 mM Tris-HCl pH 8.0, 1 mM EDTA), *buffer* TBE (10 mM Tris-Borate-EDTA (TBE) Buffer, pH 8.3), SDS 10%, CTAB 10%, Primer 27F (5' AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG 3') dan 1492R (5' GGT TACCTT GTT ACG ACT T 3'), bakteri *S. mutans* ATCC 31987, *S. aureus* ATCC 25323, *E. coli* ATCC 25922 dan *S. dysenteriae* ATCC 13313. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Polymerase Chain Reaction* (PCR), peralatan gelas, tabung sentrifugasi, dan peralatan pendukung lainnya.

### Metode

#### Penyiapan Kultur Bakteri Endofit

Sebanyak 10 µL isolat L2 dipindahkan ke dalam tabung reaksi berisi 5 mL media NB. Isolat kemudian diinkubasi dengan waktu minimal 18

jam pada suhu 37 °C. Kultur dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 10.000 g selama 10 menit. Selanjutnya supernatan diukur aktivitas antibakterinya.

### Isolasi Genom

DNA genom dari bakteri endofit diisolasi dalam skala kecil dengan mengikuti Zhu *et al.* (1993) dan Ziniel *et al.* (2002) yang dimodifikasi. Sebanyak 5 mL kultur ditumbuhkan di media NB pada suhu 37 °C. Lalu, kultur tersebut disentrifugasi pada 10.000 g selama 10 menit. Pelet yang terbentuk dilakukan resuspensi dengan 500 µL *buffer* TE (10 mM Tris-HCl pH 8,0, 1 mM EDTA) yang mengandung 60 mg/mL lisozim dan kemudian diinkubasi pada 37°C selama 60 menit. Larutan ditambahkan 200 µL SDS 10%, 100 µL 5M natrium klorida dan 80 µL CTAB 10%. Campuran kemudian diinkubasi pada suhu 68 °C selama 30 menit, ditambahkan kloroform dengan perbandingan volume 1 : 1 (v/v). Lalu, campuran tersebut disentrifugasi dengan 10.000 g selama 10 menit. Supernatan ditambahkan larutan etanol dengan perbandingan volume 1:1 (v/v) kemudian dilakukan sentrifugasi. Supernatan dibuang secara perlahan agar pelet tidak ikut terbuang. Pelet yang mengandung DNA dilarutkan dalam 30 µL *buffer* yang mengandung 27 µL ddH<sub>2</sub>O dan 3 µL RNase dan disimpan dalam -20 °C.

### Elektroforesis Genom dengan Gel

Sebanyak 3 µL DNA genom dicampur dengan 2 µL *loading dye*, kemudian dimigrasikan di gel 0,8% agarosa di dalam buffer TBE. Buffer TBE mengandung 1xTris-Borate-EDTA (TBE) Buffer dengan pH 8,3. Selanjutnya, dilakukan elektroforesis pada 100 V selama 30 menit. Gel agarosa direndam di larutan EtBr selama 15 menit, kemudian direndam di H<sub>2</sub>O selama 5 menit. Pita DNA genom selanjutnya divisualisasi dengan menggunakan pencahayaan sinar UV.

### Amplifikasi gen penyandi 16S rRNA

Amplifikasi DNA dilakukan menggunakan mesin PCR dengan menggunakan primer 27F (5' AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG 3') dan 1492R (5' GGT TACCTT GTT ACG ACT T 3'). Reaksi PCR terdiri dari 1 µL DNA cetakan dengan volume 25 µL. Amplifikasi dilakukan sebanyak 35 siklus dengan kondisi pra-PCR pada 94°C, diikuti dengan denaturasi awal 94°C selama 15 detik,

annealing 52°C selama 30 detik dan elongasi pada suhu 72°C selama 45 detik dan pasca-PCR 72°C selama 15 menit.

### Isolasi gen

Isolasi gen penyandi 16S rRNA dari gel dilakukan dengan menggunakan kit dari Zymoresearch. Gel yang mengandung pita DNA yang spesifik dipotong dan ditimbang. Gel dilarutkan dengan 3 kali volume *buffer Agarose Dissolving Buffer* (ADB) pada suhu 55°C selama 10 menit. Sampel dipipet kemudian diletakkan ke dalam kolom untuk selanjutnya dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 10.000 g selama 1 menit kemudian supernatan dibuang. Sebanyak 200 µL *wash buffer* ditambahkan kemudian dilakukan sentrifugasi kembali pada 10.000 g selama 1 menit. Supernatan dibuang dan kolom ditambah dengan 200 µL *wash buffer* kemudian disentrifugasi pada kecepatan 10.000 g selama 1 menit. Kolom dipindahkan ke tabung baru sebagai tempat penampung. Kolom kemudian ditambahkan dengan 20 µL ddH<sub>2</sub>O, diinkubasi pada suhu 25°C selama 2 menit kemudian selanjutnya dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 g selama 2 menit. Cairan digunakan untuk analisis urutan nukleotida.

### Pengurutan nukleotida dan analisis kemiripan nukleotida

Urutan DNA dalam bentuk format ab1 diolah dengan program DNA MAN. Kemudian, hasil tersebut disimpan dalam format fasta dan dianalisis kesejajaran dengan *tools* BLASTN NCBI yang selanjutnya dilakukan rekonstruksi filogenetik. Filogenetik ini berfungsi untuk mengetahui hubungan kekerabatan isolat bakteri endofit potensial dengan spesies lain menggunakan software MEGA v7.0.

### Pengukuran Aktivitas Antibakteri (Nascimento *et al.*, 2000 dengan modifikasi)

Pengukuran aktivitas antibakteri secara kualitatif dilakukan berdasarkan metode difusi agar. Bakteri uji yang digunakan adalah *S. mutans* ATCC 31987, *S. aureus* ATCC 25323, *E. coli* ATCC 25922 dan *S. dysenteriae* ATCC 13313. Sebanyak 25 µL supernatan hasil kultur dari bakteri endofit diteteskan kedalam sumur (diameter 6 mm) pada media NB yang telah mengandung 10<sup>8</sup> CFU/mL bakteri uji di dalam

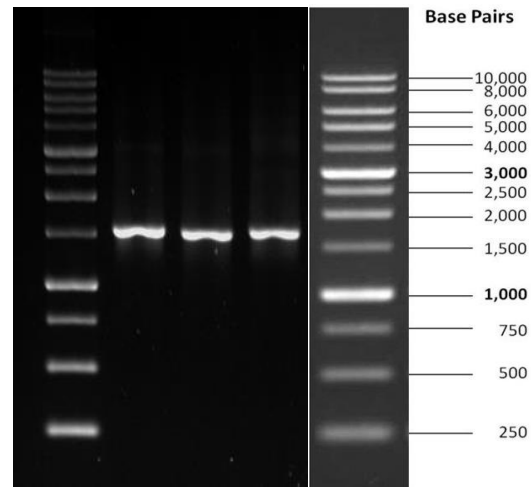
cawan petri. Bakteri uji yang digunakan merupakan kultur yang telah ditumbuhkan pada media NB selama satu malam. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Aktivitas inhibisi diamati dengan adanya zona bening dan diameter dari zona bening diukur. Zona bening yang terbentuk di sekitar area sumur menandakan bahwa metabolit sekunder bakteri endofit mangga kasturi mampu menghambat pertumbuhan bakteri endofit. Isolat bakteri endofit yang positif menunjukkan zona hambat terhadap semua patogen dan dikatakan sebagai isolat potensial.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Molekuler

Isolat yang diperoleh merupakan isolat bakteri endofit yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. DNA genom diamplifikasi dengan menggunakan gen 16S rRNA. Hasil PCR di elektroforesis dengan mengaplikasikan gel agarosa 0,8% pada 100 volt selama 60 menit dan gel agarosa divisualisasikan di bawah sinar UV. Amplifikasi gen penyandi 16S rRNA menghasilkan pita DNA berukuran sekitar 1500 pb (Gambar 1). Hasil pengurutan DNA menunjukkan bahwa hasil

amplifikasi 16S rRNA dari isolat L2 mempunyai ukuran 1370 pb, dan urutan nukleotidanya disajikan pada Gambar 2. Analisis kesejajaran berdasarkan sebagian gen penyandi 16S rRNA dari isolat L2 dengan BLAST di NCBI-GenBank menunjukkan bahwa isolat L2 memiliki kemiripan 100% dengan *Enterobacter* strain ACP6 (nomor akses: MH915674.1).

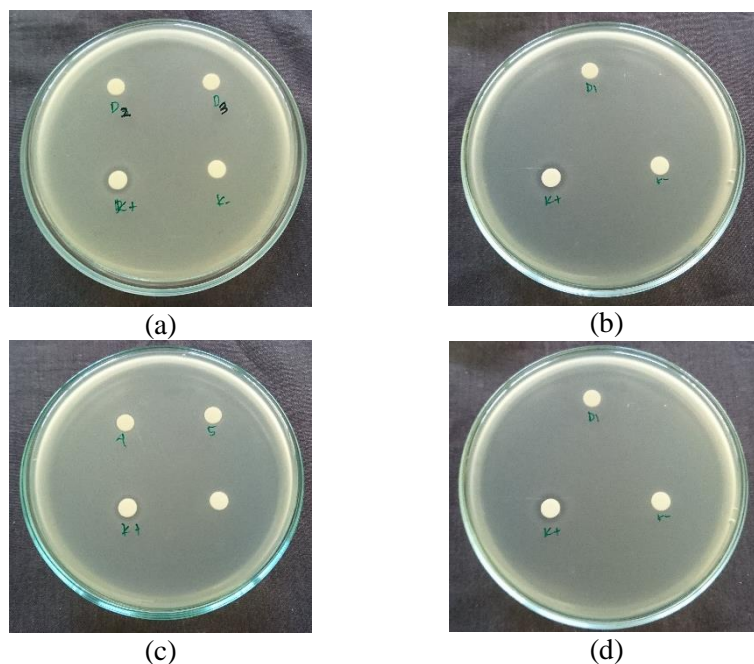


Gambar 1. Elektroforesis hasil PCR gen penyandi 16S rRNA dari isolat L2

```

1      -  GAAGCAGCTT GCTGCTTCGC TGACGAGTGG CGGACGGGTG AGTAATGTCT GGGAAACTGC
61     CTGATGGAGG GGGATAACTA CTGGAACCGG TAGCTAATAC CGCATAACGT CGCAAGACCA
121    AAGAGGGGGA CCTTCGGGCC TCTTGCCATC GGATGTGCCC AGATGGGATT AGCTAGTAGG
181    TGGGGTAACG GCTCACCTAG GCGACGATCC CTAGCTGGTC TGAGAGGATG ACCAGCCACA
241    CTGGAACTGA GACACGGTCC AGACTCCTAC GGGAGGCAGC AGTGGGGAAT ATTGCACAA
301    GGGCGCAAGC CTGATGCAGC CATGCCGCGT GTATGAAGAA GGCCTTCGGG TTGTAAGTA
361    CTTTCAGCGG GGAGGAAGGC GATAAGGTTA ATAACCTTGT CGATTGACGT TACCCGCGAG
421    AGAAGCACCG GCTAACTCCG TGCCAGCAGC CGCGGTAATA CGGAGGGTGC AAGCGTTAAT
481    CGGAATTACT GGGCGTAAAG CGCACGCAGG CGGTCTGTCA AGTCGGATGT GAAATCCCCG
541    GGCTCAACCT GGGAACTGCA TTCGAAACTG GCAGGCTAGA GTCTTGTAAG GGGGGGTAGA
601    ATTCCAGGTG TAGCGGTGAA ATGCGTAGAG ATCTGGAGGA ATACCGGTGG CGAAGGCGGC
661    CCCCTGGACA AAGACTGACG CTCAGGTGCG AAAGCGTGGG GAGCAAAACG GATTAGTAC
721    CCTGGTAGTC CACGCCGTAA ACGATGTCTG CTTGGAGGTT GTGCCCTTGA GGCCTGGCTT
781    CCGGAGCTAA CGCGTTAAGT CGACCGCTTG GGGAGTACGG CCGCAAGGTT AAAACTCAAA
841    TGAATTGACG GGGGCCCCGA CAAGCGGTGG AGCATGTGGT TTAATTCGAT GCAACGCGAA
901    GAACCTTACC TACTCTTGAC ATCCAGAGAA CTTAGCAGAG ATGCATTGGT GCCTTCGGGA
961    ACTCTGAGAC AGGTGCTGCA TGGCTGTCGT CAGCTCGTGT TGTGAAATGT TGGGTTAAGT
1021   CCCGCAACGA GCGCAACCCT TATCCTTTGT TGCCAGCGGT TAGGCCGGGA ACTCAAAGGA
1081   GACTGCCAGT GATAAACTGG AGGAAGGTGG GGATGACGTC AAGTCATCAT GGCCCTTACG
1141   AGTAGGGCTA CACACGTGCT ACAATGGCGC ATACAAAGAG AAGCGACCTC GCGAGAGCAA
1201   GCGGACCTCA TAAAGTGCCT CGTAGTCCGG ATTGGAGTCT GCAACTCGAC TCCATGAAGT
1261   CGGAATCGCT AGTAATCGTG GATCAGAATG CCACGGTGAA TACGTTCCCG GGCCTTGTAC
1321   ACACCGCCCG TCACACCATG GGAGTGGGTT GCAAAAGAAG TAGGTAGCTT
    
```

Gambar 2. Urutan nukleotida hasil amplifikasi 16S RNA



Gambar 3. Hasil uji aktivitas isolat L2 terhadap beberapa bakteri; a) *Escherichia coli*, b) *Salmonella typhi*, c) *Staphylococcus aureus*, dan d) *Pseudomonas aeruginosa*.

Penjajaran urutan bakteri diambil dari database GenBank, dilakukan di Clustal X2. Selanjutnya, hasil *alignment* dimasukkan ke dalam NJPlot untuk membuat pohon filogenetik. Gen penyandi 16S rRNA yang digunakan pada hasil *alignment* pada pohon filogenetik menunjukkan bahwa isolat L2 termasuk dalam famili Enterobacteriaceae dan termasuk ke dalam klade Enterobacter. *Enterobacter* dilaporkan adalah jenis bakteri gram negatif. Adapun karakteristik *Enterobacter* yaitu memiliki fluktuasi anaerob, berbentuk batang, dan motil. *Enterobacter* sp. dilaporkan merupakan bakteri yang dapat menghasilkan beberapa enzim, diantaranya enzim protease, amilase, dan selulase. Secara umum, protease digunakan sebagai probiotik yang baik bagi manusia maupun hewan, karena dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen yang hidup bersimbiosis pada manusia dan hewan. *Enterobacter* sp. telah dilaporkan sebagai jamur endofit dan terkait pada tanaman, seperti lidah buaya. Ekstrak kasar dan fraksi etil asetat dari metabolit lidah buaya mempunyai aktivitas antimikroba, yaitu terhadap bakteri patogen *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *B. cereus*, *S. Typhimurium*, *P. vulgaris*, *K. pneumonia*, *E. coli*, *S. pyogenes*.

#### Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Daun Mangga Kasturi

Pengujian aktivitas isolat L2 terhadap bakteri lain menunjukkan bahwa L2 dapat menghambat pertumbuhan *E. coli*, *S. typhi*, *S. aureus*, dan *P. aeruginosa*, walaupun aktivitasnya masih sangat rendah (Gambar 3). Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan terhadap bakteri endofit dari *Mangifera indica* yang menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *E. coli*, *S. typhi*, *S. aureus*, dan *P. aeruginosa*, serta menghasilkan senyawa yang secara khusus bertanggung jawab terhadap sifat antimikroba, yaitu mangiferin dan asam galat (Sikine *et al.*, 2017).

## KESIMPULAN

#### Kesimpulan

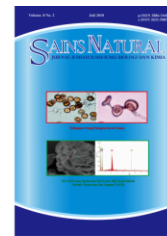
Berdasarkan gen penyandi 16S rRNA, isolat L2 yang merupakan bakteri endofit dari *Mangifera casturi* adalah *Enterobacter* sp. Bakteri L2 ini mempunyai aktivitas anti bakteri patogen *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Pakuan yang telah membiayai penelitian ini melalui skema penelitian dosen pemula tahun 2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Castillo, U. J., Harper, K., Strobel, G. A., Sears, J., Alesi, K., Ford, E., *et al.* (2003). Kakandumycins, novel antibiotic from *Streptomyces* sp. NRRL 30566, an endophytes of *Grevillea pteridifolia*. *FEMS Lett.* 24, 183-190.
- Elena, Martinez-Klimova, Karol, R., Sergio, S. (2016). *Endophytes as sources of antibiotics*. *Journal Biochemical Pharmacology*.
- Nascimento, G. G. F., Locatelli, J., Paulo, C. F., and Giuiliana, L. S. (2000). *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, 247.
- Oktafia, S. (2009). *Uji Aktifitas Antibakteri Ekstrak Metanol Kulit batang Kasturi (Mangifera casturi Kosterm) Terhadap Bakteri Vibrio cholera dan Escherichia coli secara In Vitro*. (Skripsi). Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Prasetyoputri, A., Ines, A. (2006). Mikroba endofit sumber acuan baru yang berpotensi. *Biotrend*. 1(2), 13-15.
- Premkumar, T. and Govindrajan. (2005). Antimicrobial study of pyrazine, pyrazole and imidazole carboxylic acids and their hydrazinium salts. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 21, 479 – 480.
- Radji, M. (2005). Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit dalam Pengembangan Obat Herbal. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 3, 113-126.
- Rahmadani, A. (2014). *Isolasi dan uji aktivitas antibakteri metabolit sekunder daun tendani (Goniothalamus macrophyllus Hook.f. & Thoms)*. (Tesis). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., Dowling, D. N. (2008). Minireview: Bacterial endophytes: recent development and application. *FEMS Microbiol Lett*, 278: 1-9.
- Sikine, M., Kandri Rodi, Misbahi, Chraibi, M., Kandri Rodi A., Ouzanni C, Fikri B, Essassi M. (2017). Antibacterial Activity of New Pyrido[2,3-B]Pyrazine Derivatives. *J. Mar. Chim. Heterocycl*, 16(1).
- Sutomo, S. Wahyuono, E.P., Setyowati, S. Rianto & A. Yuswanto. (2014). Antioxidant activity assay of extracts and active fractions of kasturi fruit (*Mangifera casturi* Kosterm.) using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl method. *Journal of Natural Products*. 7, 124-130.
- Strobel, G. A., and Daisy. (2003). Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Product. *Microbiology and Molecular Biology Review*, 67, 491-502.
- Zhang, B., Salituro, G., Szalkowski, D., Li, Z., Zhang, Y., Royo, I., *et al.* (1999). Discovery of small molecule insulin mimetic with antidiabetic activity in mice. *Science*, 284, 974-981.
- Zhu, H., Qu, F., Zhu, L. H. (1993). Isolation of genomic DNAs from plants, fungi and bacteria using benzyl chloride. *Nucl Acids Res*, 21, 5279-5280.
- Zinniel, D. K, Lambrecht, P., Harris, B. N, Feng, Z., Kuczmarski, D., Higley, P., *et al.* (2002). Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(5), 2198-2208.



## EFFECTIVENESS OF CAPORITE TO REDUCE CONCENTRATION OF IRON AND MANGAN IN CILIWUNG RIVER WATER AS RAW WATER PDAM

Nadhila Aulia Dwiputri<sup>1)</sup>, Mia Azizah<sup>2)\*</sup>, Nurlela<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa Bogor

<sup>2)</sup>Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa Bogor

Jl. KH. Sholeh Iskandar KM 4, Cimanggu, Tanah Sareal, Bogor 16166, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 Jan 2021,

Accepted 17 Mar 2021

Available online 29 Apr 2021

#### Keywords:

- ✓ Caporite,
- ✓ Iron,
- ✓ Manganese,
- ✓ Ciliwung River,
- ✓ Regulation

\*corresponding author:

[miaazizah23@gmail.com](mailto:miaazizah23@gmail.com)

Phone: +62

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i1.295>

### ABSTRACT

The water of the Ciliwung river used as raw water for PDAM Depok contains iron and manganese, which levels were quite high and exceeded the quality standard. The purposes of the research are to determine the effectiveness of caporite to reduce levels of iron and manganese to reach levels that meet the standards of Government Regulation Number 82 of 2001. The sample used in this study was the water of the Ciliwung river used as a source of raw water for PDAM Depok with two different water treatment plant (WTP) locations, location 1 in Legong WTP and location 2 in Citayam WTP. Raw water was taken using a submersible water pump located at the bottom of the Ciliwung river. The analytical method used as a reference for determining iron levels was based on the FerroZine Rapid Liquid Method 1970, and for manganese levels was based on 1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method 1977, both methods using the Spectrophotometric method. The results showed that iron and manganese levels were quite high, exceeding the standards of Government Regulation No.82 of 2001 with a maximum standard of iron content is 0.3 mg/L, and a maximum standard of manganese level is 0.1 mg/L. After adding a certain dose of chlorine to Ciliwung river water in the Legong and Citayam WTPs, it was found that chlorine effectively reduced Fe and Mn levels because it was able to reduce levels up to 80% and meet the quality standards.

### ABSTRAK

#### Efektivitas kaporit untuk menurunkan kadar besi dan mangan dalam air sungai ciliwung sebagai air baku PDAM

Air sungai Ciliwung yang digunakan sebagai air baku PDAM Depok terdapat zat besi dan mangan dengan kadarnya cukup tinggi serta melebihi ambang baku mutu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas kaporit dalam menurunkan kadar besi dan mangan sehingga memenuhi standar baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 untuk kelas 1. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari 2 titik lokasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang berbeda, yaitu dari IPA Legong dan IPA Citayam. Sampel air baku diambil dengan menggunakan pompa air *submersible* (pompa celup) yang berada di dasar sungai Ciliwung. Penelitian dilakukan dengan eksperimen jar test di laboratorium. Metode analisis untuk menentukan kadar besi mengacu pada *FerroZine Rapid Liquid Method* tahun 1970 dan mangan berdasarkan *1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method* tahun 1977 dengan menggunakan metode Spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan kadar besi dan mangan yang cukup tinggi hingga melebihi standar yang telah ditetapkan dalam PP No.82 Tahun 2001 dengan kadar Fe maksimal 0,3 mg/L dan kadar Mn maksimal 0,1 mg/L. Setelah dilakukan penambahan bahan kimia kaporit ke dalam sampel air sungai Ciliwung dari IPA Legong dan Citayam, dengan dosis 10 mg/L untuk penurunan Fe dan 30 mg/L untuk penurunan Mn dapat efektif menurunkan konsentrasi Fe dan Mn hingga 80%, dan memenuhi standar baku mutu yang digunakan.

Kata Kunci: Kaporit, Besi, Mangan, Sungai Ciliwung, Baku Mutu



## PENDAHULUAN

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai di Kota Depok yang mengalir dari Tugu Puncak, Kabupaten Bogor (hulu) sampai Teluk Jakarta, Jakarta Utara (hilir). Air sungai yang bersumber dari mata air, umumnya memiliki kualitas air yang sangat baik. Namun, air tersebut akan tercemar oleh berbagai polutan dalam proses pengalirannya (Sofia *et al.*, 2010). Jenis – jenis bahan pencemar kimia antara lain zat-zat organik bisa berupa minyak, lemak, detergen, karbohidrat, protein maupun zat-zat anorganik dan zat radioaktif. Menurut Simon dan Hidayat (2008) sebagian besar sungai di Indonesia terutama setelah melewati daerah industri, pertanian, dan pemukiman berada dalam kondisi tercemar.

Batu-batuan yang di dalamnya terdapat senyawa pirit dapat menjadi sumber Fe dalam air. Sedangkan pada limbah industri, Fe dapat bersumber dari pipa-pipa air berbahan logam yang mengalami korosi (Ginting, 2007). Mangan meskipun tidak memiliki sifat toksik, tapi dapat mempengaruhi logam berat yang memiliki sifat toksik di dalam air (Effendi, 2003).

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan, ditemukan bahwa sungai Ciliwung yang digunakan sebagai air baku PDAM Depok mengandung zat besi (Fe) sebesar 1,417 mg/L dan Mangan (Mn) sebesar 0,325 mg/L. Hasil tersebut cukup tinggi dan sudah melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) kualitas air berdasarkan PP RI No 82 Tahun 2001 kelas 1 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Air tersebut digunakan sebagai air baku dalam pengolahan dan penyediaan air bersih oleh PDAM yang sampai saat ini belum melakukan *treatment* untuk menurunkan kadar logam tersebut dan apabila air tersebut digunakan dalam pengolahan dengan kandungan Fe dan Mn yang cukup tinggi, akan mempengaruhi proses pengolahannya.

Ada berbagai metode yang digunakan untuk penurunan konsentrasi Fe dan Mn di dalam air yaitu dengan cara fisik, kimiawi, biologis, ataupun gabungan (Sedlak, 1991). Pengolahan cara kimia dilakukan dengan menambahkan ke dalam air senyawa kimia yang dapat menurunkan kadar Fe dan Mn. Senyawa kimia yang umumnya digunakan yaitu kaporit (Darmasetiawan, 2004). Kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) biasanya digunakan sebagai disinfektan karena efektif dan ekonomis, stabil dan

daya simpan cukup lama (Surbakti, 1987). Tetapi efektivitas disinfektan bisa menurun dikarenakan adanya kandungan besi, mangan, amonia, sulfida (USEPA, 2002), dan padatan tersuspensi (Tsai, 1999). Penelitian Azzahrah dan Susilawaty tahun 2014 mampu membuat kadar Fe turun sebesar 50,16% pada air sumur gali dengan menambahkan kaporit dengan dosis 2,5 mg/L. Menurut Aziz, *et.al* (2013) Penggunaan kaporit juga dapat menurunkan nilai TDS, TSS, BOD, COD, amonia, sulfida, fosfat, dan nitrit. Berdasarkan latar belakang diatas, maka diperlukan *treatment* salah satunya dengan penambahan kaporit guna menurunkan kandungan Fe dan Mn di dalam air sungai Ciliwung sebagai air baku sehingga kualitasnya memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan dalam analisis ini adalah bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji meliputi air sungai Ciliwung dari IPA Legong dan IPA Citayam. Bahan kimia yang digunakan meliputi Kaporit (Tjiwi Kimia), *FerroZine Iron Reagent* (HACH), *Ascorbic Acid Powder* (HACH), *Alkaline Cyanide Reagent Solution* (HACH), *PAN Indicator Solution 0,1%* (HACH), aquadest, buffer pH 4 (HACH) dan buffer pH 7 (HACH).

Alat yang digunakan dalam pengujian adalah Spektrofotometer DR 3900, Turbidimeter merek HACH tipe 2100Q, pH meter merek WTW tipe 3114, TDS meter digital, Jartest, neraca analitik dan seperangkat alat gelas laboratorium.

### Metode

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis eksperimen. Populasi dalam penelitian ini yaitu air baku (air Sungai Ciliwung) yang berada dalam aliran IPA Legong dan IPA Citayam. Sampel air baku yang telah disampling dibubuhkan kaporit dengan pemberian 10 dosis yang berbeda.

Metode analisis yang dijadikan acuan untuk menentukan kadar besi berdasarkan *FerroZine Rapid Liquid Method* tahun 1970 (Akram, *et al.*, 2020) dan mangan yaitu berdasarkan *1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method* tahun 1977

(Goto, *et al.*, 1977) dengan menggunakan metode Spektrofotometri.

### Sampling Air Baku

Sampel uji yang digunakan adalah air baku yang bersumber dari air Sungai Ciliwung dari dua titik lokasi berbeda yaitu IPA Legong dan IPA Citayam dengan jarak  $\pm$  5 km. Pengambilan sampel air dilakukan berdasarkan SNI 6898.58:2008. Air baku diambil dengan menggunakan pompa air *submersible* (pompa celup) yang berada di dasar sungai Ciliwung, lalu dialirkan ke dalam *intake* (bangunan untuk mengambil air baku dari sumber menuju instalasi pengolahan) menuju *flashmix* (bangunan untuk menampung air baku) menggunakan pipa. Air yang keluar dari pipa langsung diambil menggunakan jerigen. Jerigen yang digunakan memiliki kapasitas kurang lebih sebesar 20 L.

Sampling dilakukan di dua titik lokasi berbeda. Proses sampling pada lokasi 1 (IPA Legong) dilakukan pada pukul 09.00 WIB dan lokasi 2 (IPA Citayam) dilakukan pada pukul 09.20 WIB.

### Persiapan Sampel

Sampel uji di dalam jerigen dituang ke dalam ember dan homogenkan. Sampel 1000 mL dimasukkan masing-masing ke dalam piala gelas sebanyak 10 buah dan dihomogenkan.

Tabel 1. Dosis dan Bobot Kaporit dalam 1000 ml sampel air sungai

Dosis Kaporit (mg/L)	Bobot Kaporit (mg)
10	10
20	20
30	30
40	40
50	50
60	60
70	70
80	80
90	90
100	100

### Penambahan Dosis Kaporit

Dosis kaporit yang digunakan adalah 10 dosis yang berbeda. Kaporit tersebut lalu ditambahkan ke dalam masing-masing sampel dan dihomogenkan selama 10 menit. Untuk mencegah

menguapnya kaporit menjadi gas  $Cl_2$ , sampel langsung dianalisis kadar besi dan mangannya.

### Pengukuran Kekeruhan

Sampel air baku sebelum dan setelah perlakuan diukur masing-masing kekeruhannya menggunakan alat turbidimeter 2100Q. Turbidimeter dinyalakan kemudian sampel dimasukkan ke *cuvet* hingga tanda batas berwarna putih lalu dimasukkan ke dalam turbidimeter. Tekan tombol “read” tunggu hingga nilai akhir muncul pada monitor.

### Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS)

Sampel air baku sebelum dan setelah perlakuan diukur TDSnya dengan menggunakan TDS meter. Sampel diambil menggunakan gelas piala 100 ml lalu TDS meter di-ON-kan dan dicelupkan ke dalam sampel 2-3 cm. Ditunggu beberapa saat, setelah angkanya stabil, dibaca nilai akhir. Tombol “hold” dapat ditekan untuk menghentikan pembacaan pengukuran, sehingga angka pengukuran tetap terbaca setelah TDS meter diangkat.

### Pengukuran pH

Pengukuran pH terdiri dari kalibrasi dan pengukuran sampel. Untuk kalibrasi pH meter dinyalakan dengan tombol power berwarna merah, ditekan tombol CAL pilih *ct1* (*AutoCal TEC*) lalu tekan enter, selanjutnya elektroda dicelupkan ke dalam buffer pH 7 dan akan muncul simbol AR *flashing* lalu ditunggu hasilnya hingga stabil dan simbol *ct2* menghilang. Elektroda dibilas lalu masukkan ke dalam larutan buffer pH 4 dan akan muncul simbol AR *flashing* lalu ditunggu hasilnya hingga stabil dan simbol *ct3* menghilang. Alat pH meter sudah siap digunakan. Untuk pengukuran sampel, pH meter dinyalakan dengan menekan tombol power berwarna merah. Elektroda dibilas lalu dimasukkan ke dalam sampel yang akan diuji. Sampel uji yang telah disampling, pHnya diukur sebelum dan sesudah penambahan kaporit dengan berbagai dosis.

### Pengujian Kadar Besi dan Mangan

#### Kalibrasi Spektrofotometer

Spektrofotometer yang digunakan secara otomatis terkalibrasi saat dinyalakan sehingga saat analisis tidak perlu melakukan proses kalibrasi.

### Pengujian Kadar Besi

Sampel air baku diukur kadar besinya sebelum dan setelah *treatment*. Sampel air baku diambil masing-masing 50 mL, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer sebagai blanko dan sampel, dan ditambahkan 1 mL *FerroZine Iron Reagent*. Sampel dan blanko diukur dengan spektrofotometer pada program P261 dengan panjang gelombang 562 nm.

### Pengujian Kadar Mangan

Sampel air baku diukur kadar mangannya sebelum dan setelah *treatment*. Sampel air baku diambil 10 mL dan 10 mL *aquadest* dimasukkan ke dalam Erlenmeyer sebagai blanko, ditambahkan *Ascorbic Acid Powder*, 12 tetes *Alkaline Cyanide Reagent Solution*, dan 12 tetes *PAN Indicator Solution 0,1%*. Sampel dan blanko diukur dengan spektrofotometer pada program P290 dengan panjang gelombang 560 nm.

### Analisis Data

Hasil kadar Fe dan Mn yang diperoleh dengan menggunakan Spektrofotometer dalam satuan mg/L sehingga data dapat langsung diolah dengan cara menghitung persentase (%) penurunan kadar Fe dan Mn dalam air sungai yang menggunakan berbagai dosis kaporit. Perhitungan % penurunan kadar Fe dan Mn sebagai berikut:

$$\% = \frac{\text{Kadar zat pretreatment} - \text{Kadar zat posttreatment}}{\text{Kadar zat pretreatment}} \times 100\%$$

Dosis kaporit dengan % penurunan diatas 80% dikatakan efektif dan dapat digunakan sebagai acuan dosis guna menurunkan besi dan mangan yang terkandung di dalam air sungai Ciliwung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Air Sungai Ciliwung

Pada penelitian ini, air yang digunakan sebagai sampel adalah air Ciliwung yang dijadikan sebagai sumber air baku PDAM Depok. Data Pengendalian Pencemaran Air yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan Sungai Ciliwung yang berada di Depok masih masuk dalam status tercemar kategori sedang dan dalam kurun waktu tiga tahun terakhir, pencemaran sungai Ciliwung yang berada di Kota Depok tidak mengalami perubahan status.

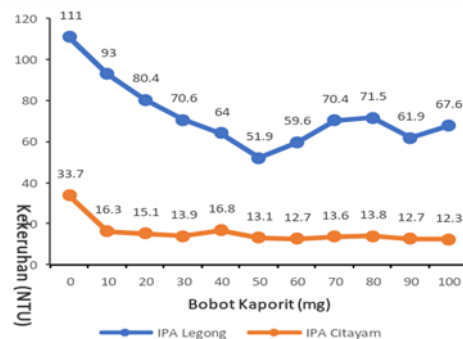
Tabel 2. Pengukuran Kekeruhan, TDS, pH, Besi dan Mangan Sungai Ciliwung

Parameter Pengujian	IPA Legong	IPA Citayam	PP No.82
Kekeruhan (NTU)	111,0	33,7	-
TDS (mg/L)	340,0	178,0	-
pH	8,03	7,23	6,5 - 9,0
Besi (mg/L)	0,593	0,436	0,3
Mangan (mg/L)	0,375	0,248	0,1

Kualitas air Sungai Ciliwung di kedua lokasi secara fisik berwarna coklat dan berbau, hasil tersebut jika di dalam Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tidak ada standarnya sehingga tidak dapat dibandingkan, sedangkan kadar besi dan mangan cukup tinggi hingga melebihi standar Peraturan Pemerintah (PP) No.82 Tahun 2001 dengan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk besi adalah 0,3 mg/L dan untuk mangan maksimal 0,1 mg/L. Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 298/ MenLHK/ SetJen/ PKK.1/ 6/ 2017 tentang Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air dan Alokasi Beban Air Ciliwung menyebutkan bahwa pencemar yang dominan pada Daerah Aliran Sungai Ciliwung di Depok adalah limbah industri. Oleh sebab itu, cemaran logam besi dan mangan pada sampel cukup tinggi dan melebihi standar.

### Kekeruhan

Kekeruhan air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sediaan air karena selain mengurangi efektivitas usaha desinfeksi, dapat pula mengurangi segi estetika dan terhadap kekeruhan (Sutrisno, 2006).



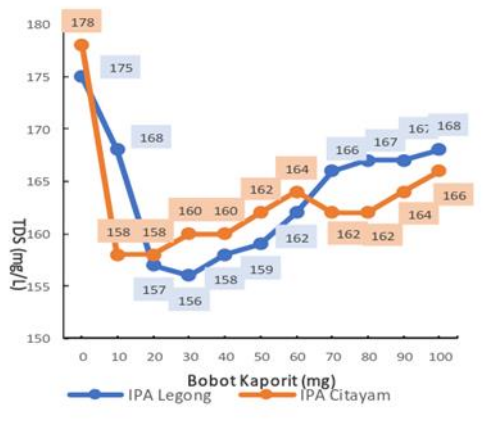
Gambar 1. Pengaruh Dosis Kaporit

Kekeruhan pada kedua sampel mengalami penurunan setelah ditambahkan kaporit dengan

dosis yang berbeda, tetapi juga pada dosis tertentu kekeruhan pada kedua sampel mengalami kenaikan kembali yang disebabkan oleh penambahan kaporit berlebih. Kekeruhan pada air baku tidak mempunyai batas standar yang digunakan yaitu Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 sehingga hasil kekeruhan pada penelitian ini masih dikatakan layak dan dapat digunakan sebagai air baku di PDAM karena kekeruhan pada air tersebut dapat diturunkan melalui proses pengolahan air. Kaporit atau  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  di dalam air akan berpisah menjadi ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan hipoklorit ( $\text{ClO}^-$ ). Ion  $\text{ClO}^-$  yang terbentuk bersifat reaktif yang dapat bereaksi dengan substansi-substansi lain yang terdapat di air seperti ion-ion sulfida, senyawa organik, amonia, dan bakteri yang menyebabkan tingkat kekeruhan dalam air menurun (Komala dan Yanarosanti, 2014).

**Total Padatan Terlarut/Total Dissolved Solid (TDS)**

Total Padatan Terlarut/Total Dissolved Solid (TDS) merupakan terlarutnya zat padat, berupa ion, senyawa dan koloid di dalam air. TDS umumnya terdiri dari zat organik, garam anorganik dan gas terlarut



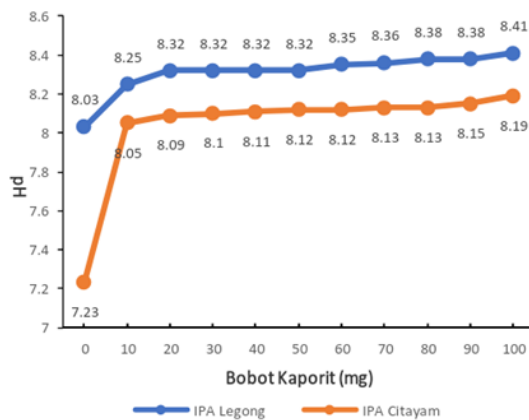
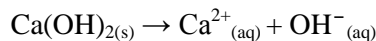
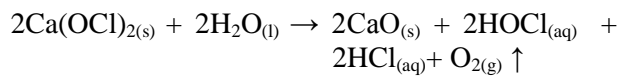
Gambar 2. Pengaruh Dosis Penggunaan Kaporit Terhadap Nilai TDS

Dapat terlihat pada Gambar 2, penambahan dosis kaporit dapat menurunkan kadar TDS di kedua sampel. Dosis kaporit yang paling terlihat dalam menurunkan kadar TDS yaitu dosis 20 mg/L dengan kadar TDSnya turun hingga 158 mg/L pada IPA Legong dengan persentase penurunan 9,7% dan dosis 30 mg/L dengan kadar TDSnya turun

hingga 156 mg/L pada IPA Citayam dengan persentase penurunan 12,4%. Hal ini dikarenakan kaporit  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  memiliki sifat oksidator yang akan mengoksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  yang terlarut dalam air menjadi Fe dan Mn yang bervalensi lebih tinggi dan tidak dapat larut dalam air, yang kemudian diendapkan. Dapat dilihat dengan semakin banyak teroksidasinya Fe dan Mn terlarut maka nilai TDS akan semakin menurun, walaupun terjadi kenaikan kadar TDS kembali setelah mengalami penurunan karena penambahan kaporit yang berlebih, tetapi hasil kadar TDS dari kedua sampel masih memenuhi standar PP No.82 kelas 1 yaitu maksimum 1000 mg/L.

**Derajat Keasaman (pH)**

pH pada penelitian ini mengalami perbedaan dari masing-masing perlakuan. Pada penggunaan 10 variasi dosis kaporit yang digunakan, diperoleh hasil pH air Sungai Ciliwung sebesar 8,03 – 8,41 pada sampel IPA Legong, 7,23 – 8,19 pada sampel IPA Citayam, sehingga hasil pada kedua sampel sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam PP No.82 Tahun 2001 dengan pH 6,5 – 9,0. pH yang berubah mengarah pada pH basa disebabkan oleh kaporit. Semakin banyak kaporit yang ditambahkan maka pH air akan semakin meningkat (Sawyer, 2003). Reaksi yang terjadi yaitu:

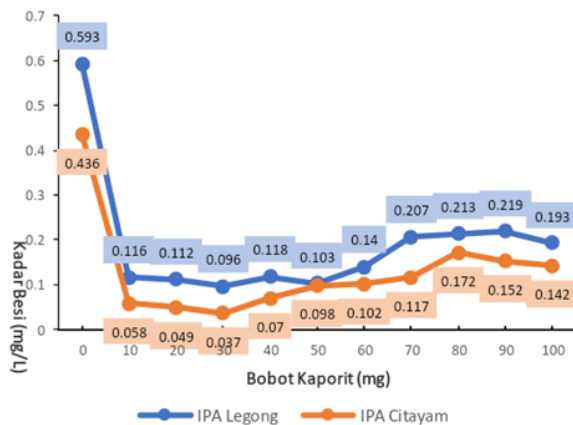


Gambar 3. Pengaruh Dosis Kaporit Terhadap pH

Kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) di dalam air terhidrolisis menghasilkan basa kuat yaitu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan asam lemah yaitu  $\text{HOCl}$ . Basa kuat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  akan terurai membentuk  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  menghasilkan perbandingan  $\text{OH}^-$  lebih tinggi daripada ion  $\text{H}^+$  yang mengakibatkan pH air cenderung basa (Sawyer, 2003).

### Kadar Besi

Umumnya air sungai mengandung besi disebabkan oleh air mengalami kontak langsung dengan lapisan tanah yang mengandung Fe di dalamnya. Fe merupakan logam esensial yang dalam kadar tertentu sangat diperlukan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah berlebihan bisa menyebabkan efek toksik (Supriyanti dan Endrawati, 2015). Hasil pengujian kandungan besi dalam air sungai Ciliwung sebelum dan sesudah penambahan kaporit dengan 10 dosis berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.

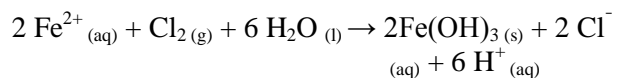
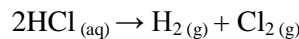
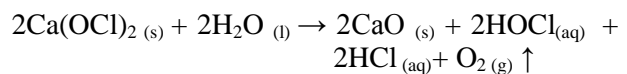


Gambar 4. Pengaruh Dosis Kaporit Terhadap Kadar Besi

Dari Gambar 4, dapat dilihat perbedaan penurunan dari pemberian kaporit pada dosis 10 mg/L hingga 30 mg/L pada kedua sampel. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kadar besi disebabkan oleh pemberian kaporit sedangkan pada dosis 40 hingga 100 mg/L pada kedua sampel, kadar besi mengalami kenaikan, tetapi tidak signifikan dan masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Kenaikan ini terjadi kemungkinan karena pengadukan dengan jar test yang tidak homogen, menyebabkan  $\text{Fe}^{2+}$  masih terlarut dalam air dan terukur sebagai kadar besi dalam air. Kadar besi di kedua sampel setelah pemberian kaporit dengan 10 dosis berbeda,

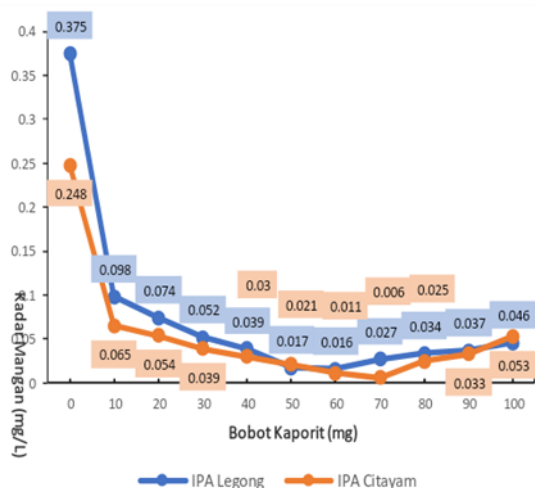
diperoleh hasil yang sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada PP No.82 Tahun 2001 yang menyatakan bahwa kadar besi pada pengolahan persediaan air maksimal 0,3 mg/L.

Pada proses pengolahan air minum, senyawa besi bervalensi dua  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) yang dapat larut dalam air harus diubah menjadi senyawa besi bervalensi tiga  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri) yang tidak dapat larut di dalam air, sehingga mudah diendapkan dan dipisahkan (Tatsumi, 1971). Menurut Giyantini (2004), kaporit yang ditambahkan ke dalam air akan mengoksidasi besi menjadi bentuk senyawa yang tidak dapat larut dalam air, sehingga mudah diendapkan dan dipisahkan. Oleh sebab itu kadar besi dalam air dapat menurun setelah penambahan kaporit. Reaksi yang terjadi antara klorin yang terdapat dalam kaporit dengan besi dalam air merupakan reaksi oksidasi dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



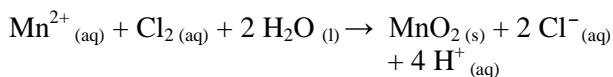
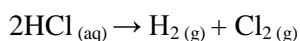
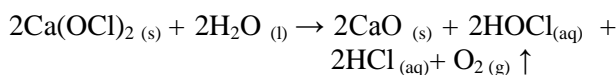
### Kadar Mangan

Keberadaan Mn di alam berupa unsur bebas dalam sifat dasarnya dan sering bercampur dengan Fe, seperti mineral-mineral lainnya (Indra *et al.*, 2020). Keberadaan logam Mn dan Fe dalam air berasal dari tanah dan batu-batuan. Bentuk Mn dalam air berupa senyawa mangan bikarbonat ( $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ ), mangan sulfat ( $\text{MnSO}_4$ ), dan mangan klorida ( $\text{MnCl}_2$ ) (Said, 2005). Hasil pengukuran kadar Mn dalam air sungai Ciliwung, sebelum perlakuan dan sesudah penambahan kaporit menggunakan 10 dosis berbeda ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat perbedaan penurunan dari pemberian kaporit. Sampel IPA Legong mengalami penurunan pada dosis 10 mg/L hingga 70 mg/L, sedangkan sampel IPA Citayam mengalami penurunan pada dosis 10 mg/L hingga 60 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kadar mangan disebabkan oleh pemberian kaporit, sedangkan pada dosis 80 hingga 100 mg/L pada sampel IPA Legong dan dosis 70 hingga 100 mg/L pada IPA Citayam mengalami kenaikan kembali kadarnya karena pemberian kaporit yang berlebih.



Gambar 5. Pengaruh Dosis Kaporit Terhadap Kadar Mangan

Senyawa Mn pada umumnya mempunyai valensi yang bermacam-macam. Kadar Mn dan Fe dapat berubah bergantung pada pH air. Klorin atau lebih dikenal dengan kaporit merupakan oksidator kuat, meskipun air dalam keadaan derajat keasamannya rendah dan oksigen terlarut dalam jumlah sedikit, tetapi klorin mampu mengoksidasi Fe dan Mn dengan cepat. Reaksi oksidasi antara Mn dengan Cl ditunjukkan dengan persamaan reaksi di bawah ini:



Dalam sistem pengolahan air, senyawa Mn yang bervalensi lebih tinggi tidak dapat larut air sehingga mudah dipisahkan secara fisik (Eaton *et al.*, 2005). Penambahan dosis kaporit yang berlebih akan menyebabkan kadar mangan meningkat bersamaan dengan meningkatnya pH sehingga membentuk persenyawaan mangan yang tidak dapat larut dalam air berupa  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnCO}_3$ , dan  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  (Achmad, 2004).

### Efektivitas Dosis Kaporit

Kaporit dikatakan efektif jika efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn mencapai 80%

menurut tingkat efektivitas (Indra *et.al*, 2020). Kaporit dibubuhkan ke air baku dari rentang 10 mg – 100 mg dalam 1000 mL sampel. Masing-masing dosis kaporit yang diberikan mendapatkan hasil kadar besi dan mangan yang berbeda, sehingga dapat dihitung persentase penurunan kadarnya untuk melihat efektivitas kaporit pada penurunan kadar Fe dan Mn.

Tabel 3. Persentase Penurunan Kadar Besi Sesudah Pemberian Kaporit dengan Berbagai Variasi Dosis.

Bobot Kaporit (mg)	Persentase penurunan kadar besi (%)	
	IPA Legong	IPA Citayam
10	80,44	86,70
20	81,11	88,76
30	83,81	91,51
40	80,10	83,94
50	82,63	77,52
60	76,39	76,61
70	65,09	73,17
80	64,08	60,55
90	63,07	65,14
100	67,45	67,43

Kaporit dengan dosis 10 mg/L hingga 50 mg/L pada sampel IPA Legong dan 10 mg/L hingga 40 mg/L pada sampel IPA Citayam dikatakan sudah efektif karena berhasil menurunkan kandungan besi lebih dari 80%. Kaporit dengan dosis 60 mg/L hingga 100 mg/L pada sampel IPA Legong dan 50 mg/L hingga 100 mg/L pada sampel IPA Citayam kurang efektif dikarenakan penambahan kaporit yang berlebih menyebabkan kadar besi mengalami kenaikan kembali.

Kaporit dengan dosis 10 mg/L pada sampel IPA Legong dan 10 mg/L, 20 mg/L dan 100 mg/L pada sampel IPA Citayam kurang efektif sedangkan kaporit dengan dosis 20 mg/L hingga 100 mg/L pada sampel IPA Legong dan 30 mg/L hingga 90 mg/L pada sampel IPA Citayam sudah efektif karena mampu menurunkan kadar mangan hingga lebih dari 80%. Hasil kadar mangan pada kedua sampel setelah penambahan kaporit sudah memenuhi nilai baku mutu sehingga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dalam PP No.82 Tahun 2001 yang menyatakan bahwa kadar Mn pada pengelolaan kualitas air maksimal 0,1 mg/L.

Tabel 4. Persentase Penurunan Kadar Mangan Sesudah Penambahan Kaporit dengan Berbagai Variasi Dosis.

Bobot Kaporit (mg)	Persentase penurunan kadar mangan (%)	
	IPA Legong	IPA Citayam
10	73,87	73,79
20	80,27	78,23
30	86,13	84,27
40	89,60	87,90
50	95,47	91,53
60	95,73	95,56
70	92,80	97,58
80	90,93	89,92
90	90,13	86,69
100	87,73	78,63

Besarnya penurunan kadar besi dan mangan seiring dengan semakin banyak dosis kaporit yang diberikan, tetapi bila penambahan dosis kaporit berlebih akan menyebabkan kadar besi dan mangan akan mengalami kenaikan kembali. Semakin besar dosis kaporit sampai batas tertentu, maka semakin besar pula kadar besi, mangan dan kekeruhan yang turun tetapi pH dan TDS akan semakin meningkat. Dari data yang diperoleh, dosis optimum untuk penurunan Fe yaitu 10 mg/L sedangkan dosis optimum penurunan Mn yaitu 30 mg/L. Dosis tersebut efektif menurunkan kadar Fe dan Mn dalam sampel air sungai Ciliwung yang digunakan sebagai air baku IPA Legong dan Citayam sebesar 80%.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa air sungai Ciliwung yang digunakan sebagai air baku di PDAM mengalami cemaran logam Fe dengan nilai kandungan 0,436-0,593 mg/L dan Mn dengan nilai kandungan 0,248-0,375 mg/L jika dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No. 82 tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Penambahan kaporit ke dalam air sungai Ciliwung pada IPA Legong dan Citayam sudah efektif dalam menurunkan kandungan Fe dan Mn

karena mampu menurunkan kadarnya hingga 80% dari konsentrasi awal. Dosis kaporit yang paling efektif untuk air sungai Ciliwung di IPA Legong dan Citayam adalah 10 mg/L untuk penurunan kadar Fe dan 30 mg/L untuk penurunan kadar Mn.

Semakin banyak dosis kaporit yang diberikan sampai batas tertentu, maka semakin besar pula penurunan kadar Fe, Mn dan kekeruhan. Sebaliknya untuk pH dan TDS akan meningkat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan. Edisi 1*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Akram, M., Asghar, M. N., Khan, M. S., Shahid, S., Rahman, H. M. A., & Nadeem, I. (2020). Development and validation of an economical uric acid-Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>-ferrozine-based colorimetric assay to estimate uric acid level of pure and biological samples. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1080/09168451.2020.1781593>
- Aziz, T., Pratiwi, D.Y. & Rethiana, L. (2013). Pengaruh Penambahan Tawas Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan Kaporit Ca(OCl)<sub>2</sub> Terhadap Karakter Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(3).
- Azzahra, F., & Susilawaty, A. (2014). Efektivitas Pembubuhan Kaporit dalam Menurunkan Kadar Zat Besi (Fe) pada Air Sumur Gali Tahun 2013. *Journal Kesehatan*, VII (1).
- Darmasetiawan, M. (2004). *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Ekamitra Engineering. Jakarta.
- Eaton, A.A., Clescerl, L.S., Rice, E.W., & Greenberg, A.E. (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 21st Edition*. American Public Health Association (APHA), Washington, D.C; American Water Works Association (AWWA), Denver, Colorado; and Water Environment Federation (WEF), Alexandria, Virginia.

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanasius. Yogyakarta
- Ginting, P. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya. Bandung.
- Giyantini. (2004). Deinfeksi Air dengan Chlorinasi. *Journal Info Penyehatan Air dan Sanitasi*, VI(2).
- Goto, K., Taguchi, S., Fukue, Y., Ohta, K. (1977). Spectrophotometric Determination of Manganese with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol and a non-ionic surfactant. *Talanta*, 24, 752-753.
- Indra, A., Armid, & Takwir, A. (2020). Distribusi Logam Berat Mangan (Mn) Pada Air Laut Permukaan Di Perairan Teluk Staring Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan*, 5(1):89-98.
- Komala, P. S. & Yanarosanti, A. (2014). Inaktivasi Bakteri *Escherichia coli* Air Sumur Menggunakan Disinfektan Kaporit. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 11(1), 34-47.
- Peraturan Pemerintah. (2001). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Said, N.I. (1999). *Teknologi Pengolahan Air*. Direktorat Teknologi Lingkungan dan Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair. Jakarta.
- Said, N.I. (2005). Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *Jurnal Air Indonesia*, 1(3).
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., Parkin, G.F. (2003). *Chemistry for Enviromental Engineering and Science*. McGrawHill. New York.
- Sedlak, R. (1991). *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice (2nd ed.)*. Boca Raton. Lewis.
- Simon, S.B. & Hidayat, R. (2008). Pengendalian Pencemaran Sumber Air Dengan Ekoteknologi (Wetland Buatan). *Jurnal Sumber Daya Air*, 4, 111-124.
- Sofia, Y., Tontowi, & Rahayu, S. (2010). Penelitian Pengolahan Air Sungai Yang Tercemar Oleh Bahan Organik. *Jurnal Sumber Daya Air*, 6, 145-160.
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air. Sedimen. dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 6(18).
- Slamet, S.J. (1994). *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Bandung.
- Surbakti, B.M. (1987). *Air Minum Sehat*. CV Mutiara Solo. Surakarta
- Sutrisno, T.C. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tarigan, M.S., & Edward. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha Sulawesi Tenggara. *Jurnal Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, Makara Sains*, 7 (3), 109-119.
- Tatsumi, I. (1971). *Water Work Engineering (JOSUI KOGAKU)*. Japanese Edition. Tokyo.
- Tsai, C.T., & Lin, T.S. (1999). Disinfection of hospital waste sludge using hypochlorite and chlorine dioxide. *Journal of Applied Microbiology*, 86, 827-833.
- USEPA. (2002). *Onsite Wastewater Treatment Sitems Technology Fact Sheet 4: Effluent Disinfection Processes*. TFS-17-TFS-22, EPA/625/R-00/008, February.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada para pakar/mitra bestari/rekan setara yang telah diundang sebagai penelaah oleh *Jurnal Sains Natural* dalam Volume 11 No. 1, Tahun 2021. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Prof. Dr. Ir. Suharsono (Plant Physiology and Genetics, IPB University)
2. Dr. Ir. Hamim M.Si (Plant Physiology and Genetics, IPB University)
3. Drs. Djadjat Tisnadjala, M.Tech (Bioteknologi, Puslit Bioteknologi, LIPI)
4. Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc (Kimia Analitik dan lingkungan, Universitas Lampung)
5. Dr. Yustiawati S.Si., M.Sc (Research Center for Limnology, Indonesian Institutes of Sciences)

## PEDOMAN PENULISAN

### A. Pedoman Umum

1. Naskah merupakan hasil penelitian otentik yang belum dipublikasikan di media publikasi atau penerbitan lainnya.
2. Naskah tidak mengandung unsur plagiarisme. Dewan redaksi akan langsung menolak teks yang terindikasi plagiarisme.
3. Naskah yang telah ditulis berdasarkan pedoman Sains Natural (dalam format MS Word, sesuai template), harus dikirim melalui Sistem Submission Online dengan menggunakan Open Journal System (OJS) di portal e-jurnal Sains Natural (<http://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN>). Kemudian, daftarkan diri sebagai salah satu penulis atau reviewer.
4. Naskah yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Sains Natural akan dikembalikan kepada penulis sebelum proses *review*.
5. Naskah bisa ditulis baik dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan bahasa standar. Naskah harus terdiri dari sepuluh (10) sampai tiga belas (13) halaman termasuk gambar dan tabel. Naskah ditulis di atas kertas ukuran A4 (210x297 mm), dengan margin 3 cm (kiri, kanan, bawah dan atas).
6. Teks naskah harus menggunakan huruf Times New Roman, ukuran huruf 11pt, 1 spasi baris, dalam satu kolom.
7. Kata-kata yang tidak umum atau dari bahasa asing dituliskan dengan format *Italic*. Untuk naskah dalam Bahasa Indonesia, sebaiknya hindari istilah asing. Setiap paragraf dimulai 10 mm dari sisi kiri perbatasan sementara tidak ada spasi di antara paragraf.
8. Tabel dan gambar ditempatkan di grup teks setelah teks. Setiap gambar harus diberi judul (Gambar) di bawah gambar dan diberi nomor dalam format penomoran Arab yang diikuti oleh judul gambar. Setiap tabel harus diberi judul tabel dan diberi nomor dalam format penomoran arab di atas tabel diikuti dengan judul tabel. Gambar lampiran jelas (ukuran font, resolusi dan ruang garis terlihat jelas). Gambar, tabel, dan bagan harus ditempatkan di tengah antara kelompok teks. Jika memiliki ukuran lebih besar, bisa diletakkan di tengah halaman. Tabel tidak boleh berisi garis vertikal, sedangkan garis horisontal hanya diijinkan untuk hal penting.

### B. Teks Naskah

#### 1. Judul

Judul harus ringkas dan informatif. Judul naskah harus ditulis dengan maksimal 12 (dua belas) kata (dalam Bahasa Indonesia) dan 10 (sepuluh) kata dalam bahasa Inggris, font berukuran 12pt, UPPERCASE, BOLD, dan dalam format teks rata tengah.

#### 2. Nama penulis dan afiliasinya

Nama dari masing-masing penulis dicantumkan dengan jelas dan harus menunjukkan penulis yang berperan sebagai koresponden. Alamat afiliasi penulis (tempat kerja sebenarnya dilakukan) dicantumkan di bawah nama. Tanggung jawab koresponden ini mencakup menjawab pertanyaan tentang Metodologi dan Bahan. Penulis juga mencantumkan alamat e-mail dan rincian kontak.

#### 3. Abstrak

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Teks ditulis dalam format Times New Roman, ukuran huruf 9pt, 1 spasi baris, sebanyak 75-250 kata dan diikuti oleh lima kata kunci. Abstrak harus menyatakan secara singkat tujuan penelitian, hasil utama, dan kesimpulan utama.

#### 4. Pendahuluan

Pada pendahuluan, sebutkan tujuan dan latar belakang yang memadai. Hindari survei literatur terperinci atau ringkasan hasilnya.

#### 5. Bahan dan Metode

Metode ini diimplementasikan untuk memecahkan masalah, termasuk metode analisis. Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah penelitian dijelaskan pada bagian ini.

#### 6. Hasil dan Pembahasan

Hasil harus jelas dan ringkas. Pembahasan harus mengeksplorasi signifikansi hasil kerja, bukan mengulanginya. Hindari kutipan yang luas dan diskusi literatur yang dipublikasikan.

#### 7. Kesimpulan

Kesimpulan utama penelitian ini dapat disajikan dalam bagian Kesimpulan singkat.

#### 8. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dicantumkan pada bagian terpisah di bagian akhir artikel sebelum referensi. Pada ucapan terima kasih dicantumkan nama/organisasi/institusi yang memberikan bantuan selama penelitian (misal, Memberikan bantuan bahasa, menulis bantuan atau bukti membaca artikel, dll.).

#### 9. Referensi dan kutipan

Semua referensi yang digunakan harus diambil dari sumber utama (jurnal ilmiah dan yang paling sedikit adalah 80% dari semua referensi) yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir. Setiap naskah harus memiliki setidaknya sepuluh referensi. Referensi harus menggunakan "Mendeley" sebuah aplikasi manajemen referensi. Format penulisan yang digunakan dalam Sains Natural mengikuti format yang diterapkan oleh APA 6th Edition (American Psychological Association).