

# BENTONIT TERAKTIVASI ASAM SULFAT SEBAGAI ADSORBEN DALAM PEMURNIAN PELUMAS BEKAS

Tiva Lathifah<sup>1)\*</sup>, Nia Yuliani<sup>2)</sup> dan Gladys Ayu PKW<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>PT Sucofindo SBU Laboratorium

Jl. Arteri Tol Cibitung No.1, Cibitung, Cikarang Barat, Bekasi 17520

<sup>2)</sup>Progam Studi Biologi FMIPA Universitas Nusa Bangsa

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

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

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

\* e-mail: [tiva.lathifah@gmail.com](mailto:tiva.lathifah@gmail.com)

## ABSTRACT

### *Activated Bentonites of Sulfatic Acid as Adsorben in Purchase of Used Lubricants*

*Recycling of used lubricating oil is one of the alternatives in the framework of efficiency, saving oil consumption, and reducing pollution. One effort to purify used lubricating oil is to separate impurities through the adsorption method. The adsorbent that can be used is bentonite. Activation of bentonite using acid will produce adsorbent with an active side and greater surface acidity so that the adsorption ability is higher than before activated. Characteristics of lubricating oil produced are: kinematic viscosity 40 °C and 100 °C at 109.94 cSt and 14.57 cSt recently; viscosity index is 136; specific gravity 15 °C is 0.8872; and the resulting color is L5.0. Activated sulfonic bentonite can be an optimum adsorbent in purifying used lubricating oil, with optimum bentonite concentration is 30% and optimum adsorption temperature is 70 °C resulting in a 49% increase in viscosity efficiency of 40 °C and 30.79% for temperatures of 100 °C.*

*Keywords: Bentonite, Lubricants, Adsorption*

## ABSTRAK

Daur ulang minyak pelumas bekas merupakan salah satu alternatif dalam rangka efisiensi, penghematan konsumsi minyak bumi, serta mengurangi pencemaran. Salah satu upaya menjernihkan minyak pelumas bekas adalah dengan memisahkan zat-zat pengotor melalui metode adsorpsi. Adsorben yang dapat digunakan adalah bentonit. Aktivasi bentonit menggunakan asam akan menghasilkan adsorben dengan sisi aktif dan keasaman permukaan yang lebih besar sehingga kemampuan adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diaktivasi. Karakteristik minyak pelumas yang dihasilkan yaitu: viskositas kinematik 40 °C dan 100 °C sebesar 109,94 cSt dan 14,57 cSt secara berturut-turut; indeks viskositas sebesar 136; *specific gravity* 15 °C sebesar 0,8872; serta warna yang dihasilkan adalah L5,0. Bentonit teraktivasi asam sulfat mampu menjadi adsorben yang optimum dalam pemurnian minyak pelumas bekas, dengan konsentrasi bentonit optimum adalah 30% dan suhu adsorpsi optimum adalah 70 °C menghasilkan % efisiensi kenaikan viskositas sebesar 49,15% untuk suhu 40 °C dan 30,79% untuk suhu 100 °C.

Kata kunci : adsorpsi, bentonit, pelumas

## PENDAHULUAN

Minyak pelumas digunakan dalam perawatan mesin kendaraan bermotor, kendaraan diesel, mesin industri, mesin kapal, dan sebagainya yang berfungsi untuk mengurangi gesekan dan keausan dua permukaan logam yang saling bersentuhan. Minyak pelumas bekas atau yang dalam kesehariannya disebut juga

dengan oli bekas, pada dasarnya adalah minyak pelumas yang dalam pemakaiannya telah mengalami berbagai macam gesekan, dan tercampur dengan kotoran dari komponen-komponen mesin, sisa pembakaran maupun debu. Hal ini menyebabkan efektivitas minyak pelumas menurun (Mara dan Kurniawan, 2015). Pelumas bekas merupakan material yang mudah terbakar dan juga tergolong limbah yang dapat

mencemari lingkungan. Menurut Mukhlisoh (2008), pelumas bekas merupakan limbah B3 karena dapat menyebabkan tanah menjadi tandus dan kehilangan unsur haranya. Pelumas bekas juga dapat mencemari perairan karena tidak dapat larut dalam air.

Salah satu metode yang digunakan dalam pemurnian pelumas bekas yaitu menggunakan asam kuat dan adsorben. Lianna *et al.* (2012) telah menggunakan batu bara, arang aktif dan silika gel sebagai adsorben dalam pemurnian pelumas bekas. Adsorben lain yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi pengotor dalam minyak pelumas bekas adalah bentonit. Bentonit memiliki kemampuan terbesar dalam proses pemurnian minyak pelumas bekas dibandingkan dengan arang aktif dan zeolit (Kusumah, 2013). Bentonit juga mudah didapatkan di alam. Sebelum digunakan sebagai adsorben, bentonit diaktivasi terlebih dulu untuk meningkatkan daya jerapnya (Hilyati dan Widiastono, 1991). Dalam penelitian ini, bentonit yang teraktivasi diharapkan dapat digunakan dalam pemurnian minyak pelumas kendaraan mesin diesel. Oleh karena itu, perlu dilakukan variasi konsentrasi bentonit dan suhu adsorpsi dalam pemurnian minyak pelumas bekas. Kemurnian minyak pelumas bekas ditentukan berdasarkan karakteristik minyak pelumas yang dihasilkan berupa viskositas kinematik, indeks viskositas, *specific gravity*, dan warna yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak pelumas bekas Meditran SX SAE 15W-40 CH-4 (minyak pelumas mesin diesel berbahan bakar solar) yang diperoleh dari salah satu bengkel kendaraan, Ca-bentonit (dirancang untuk pemurnian minyak kelapa sawit, minyak kelapa, dan minyak kernel sawit) yang diperoleh dari salah satu perusahaan pemasok bentonit di kota Bogor, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a.), akuades, toluena, metanol, dan aseton.

Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik, *hot plate*, peralatan gelas, labu semprot, termometer, oven, *screen mesh* 100, *syringe*, tisu, spidol serta instrumen *Fourier Transform Mid-IR Spectrometer* Agilent Technologies Carry 630 (FTIR), *Viscometer Bath* Stanhope Setta KV-8, *Density Meter Analyzer* Anton Paar DMA 4500M, dan *Colorimeter* Analisis P526.

### Metode

Penelitian terdiri dari preparasi dan aktivasi bentonit, preparasi sampel pelumas bekas, pemurnian dengan metode adsorpsi dengan variasi konsentrasi bentonit dan suhu adsorpsi. Kemudian dilanjutkan pengolahan data dan interpretasi. Data yang diperoleh dibandingkan dengan data sebelum pemurnian dan spesifikasi minyak pelumas tersebut.

### Preparasi dan Aktivasi Bentonit (Mahmudha dan Irwan, 2015)

Bentonit yang digunakan dalam penelitian ini diayak menggunakan *screen mesh* 100, selanjutnya bentonit dikarakterisasi menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 300 – 4000 cm<sup>-1</sup>. Aktivasi bentonit dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 200 gram bentonit lalu ditambahkan 200 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 N, kemudian diaduk selama 3 jam dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 70°C. Hasil dari pengadukan didinginkan, kemudian disaring dengan penyaring vakum dan dicuci dengan akuades panas sampai terbebas dari ion sisa asam.

Bentonit yang telah diaktivasi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-110 °C selama 3 jam. Setelah kering, bentonit teraktivasi diayak menggunakan *screen mesh* 100. Selanjutnya bentonit teraktivasi asam dikarakterisasi menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 300 – 4000 cm<sup>-1</sup>.

### Preparasi Sampel Pelumas Bekas (Joseph, 2010)

Sampel pelumas bekas disiapkan sebanyak 1,2 L dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan ditambahkan 240 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a). Campuran terus diaduk selama 3 jam hingga diperoleh larutan yang homogen, lalu didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas dipisahkan dengan menggunakan corong pisah untuk proses penjernihan selanjutnya.

### Pemurnian dengan Metode Adsorpsi

Bentonit dan sampel dicampurkan dengan memvariasikan bobot bentonit yaitu 10, 20, dan 30 gram, serta memvariasikan suhu adsorpsi yaitu 25, 50, dan 70 °C. Lama waktu pengadukan 3 jam (100 rpm). Pada masing-masing tahap diberikan waktu lama pengendapan selama 24 jam. Konsentrasi bentonit dan suhu yang ditambahkan diformulasikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi Konsentrasi Bentonit dan Suhu Adsorpsi

Konsentrasi Bentonit	Suhu Adsorpsi (°C)		
	T25	T50	T70
B10	B10T25	B10T50	B10T70
B20	B20T25	B20T50	B20T70
B30	B30T25	B30T50	B30T70

Keterangan:

T25 = Suhu adsorpsi 25°C

T50 = Suhu adsorpsi 50°C

T70 = Suhu adsorpsi 70°C

B10 = Bentonit 10 gram dalam 100 mL sampel

B20 = Bentonit 20 gram dalam 100 mL sampel

B30 = Bentonit 30 gram dalam 100 mL sampel

### Pengujian Karakteristik Minyak Pelumas Bekas Setelah Adsorpsi Bentonit

Sampel minyak pelumas bekas yang telah dimurnikan dengan berbagai variasi konsentrasi bentonit dan suhu pengadukan kemudian diuji karakteristiknya, yaitu: viskositas kinematik, indeks viskositas, *specific gravity*, dan warna yang dihasilkan. Pengujian viskositas kinematik mengacu pada metode standar ASTM D445-15 (2017), indeks viskositas mengacu pada metode standar ASTM D2270-10 (2016), *specific gravity* mengacu pada metode standar ASTM D4052-15 (2017), dan warna mengacu pada metode standar ASTM D1500-12 (2017). Hasil pengujian dibandingkan dengan sampel uji sebelum dilakukan pemurnian dan spesifikasi minyak pelumas tersebut.

#### 1. Pengukuran Viskositas Kinematik (ASTM D 445-15)

*Viscometer bath*, lampu, pemanas, dan stirer dinyalakan. Suhu diatur sesuai dengan suhu pengujian yang diinginkan yaitu 40 °C. Sampel dimasukkan ke dalam viskometer ostwald sampai tanda batas. Setelah itu bagian luar viskometer dibersihkan dengan tisu. Lubang pipa sampel ditutup dengan karet penutup. Viskometer yang berisi sampel tersebut kemudian dipasang klem dan dimasukkan ke dalam viscometer bath. Setelah suhu yang dikehendaki stabil, sampel dibiarkan selama 30 menit di dalam bath. Kemudian karet penutup viskometer dibuka dan diukur waktu alir dengan menggunakan *stop watch*, yaitu dari garis A sampai B, dan dari garis B ke C. Kekentalan kinematik diukur dengan waktu alir minimum 200 detik. Nilai kekentalan diperoleh dari hasil kali laju alir dengan faktor viskometer. Pengukuran juga dilakukan pada suhu 100 °C. Setelah selesai, viskometer dikeluarkan dan *viscometer bath* dimatikan kembali.

#### 2. Perhitungan Indeks Viskositas (ASTM D2270-10)

Hasil pengukuran viskositas kinematik pada suhu 40 °C dan 100 °C digunakan untuk mendapatkan nilai indeks kekentalan (VI) pada suhu 40 °C dan 100 °C.

#### 3. Pengukuran *Specific Gravity* (ASTM D4052-11)

Alat, printer, *stabilizer*, dan *density meter* dihidupkan, kemudian dipilih metode Lubricant. Data sampel dimasukkan di *sample list*. Lalu dipilih OK dan di klik *Main Screen*. Sampel (sekitar 2 mL) dimasukkan ke dalam tabung osiloskop yang bersih dan kering dengan menggunakan *syringe* yang sesuai. Tabung osiloskop dipastikan tidak ada gelembung yang terperangkap. Sampel yang akan diinjeksikan dipastikan bebas dari gelembung-gelembung kecil kemudian tombol start ditekan. Setelah kondisi *valid*, hasil terprint dengan sendirinya. Pengukuran duplo dilakukan dengan cara yang sama, kemudian alat dibersihkan dengan pelarut yang sesuai yaitu toluena dan aseton, hingga osiloskop bersih dan kering. Setelah pemakaian selesai, alat *density meter*, *stabilizer*, printer, dan alat dimatikan kembali.

#### 4. Pengukuran Warna (ASTM D1500-12)

Sejumlah sampel dimasukkan ke dalam tabung uji warna hingga tanda batas. Tabung uji tersebut dimasukkan ke dalam alat kolorimeter. Alat kolorimeter dinyalakan, standar warna diputar hingga tercapai persamaan warna sampel dengan standar. Skala warna yang tertera pada alat kemudian dicatat sebagai warna sampel. Setelah selesai pengujian, tabung uji dibersihkan dari sampel. Kemudian alat di matikan kembali.

#### Pengolahan Data dan Interpretasi

Berdasarkan data hasil analisis pemurnian minyak pelumas dengan bentonit teraktivasi asam sulfat, maka hasil pengujian dibandingkan

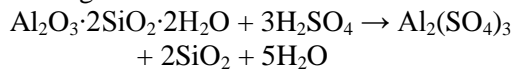
dengan sampel uji sebelum dilakukan pemurnian dan spesifikasi minyak pelumas tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aktivasi Bentonit

Aktivasi bentonit menggunakan  $H_2SO_4$  bertujuan untuk melarutkan komponen-komponen seperti  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ , dan  $MgO$  yang mengisi ruang antarlapisan bentonit, sehingga akan menambah luas permukaan adsorben dan akan lebih banyak sisi aktif yang terdapat pada bentonit. Selanjutnya ion-ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  yang berada pada permukaan kristal adsorben secara berangsur-angsur digantikan oleh ion  $H^+$  dari  $H_2SO_4$  (Komadel, 2003).

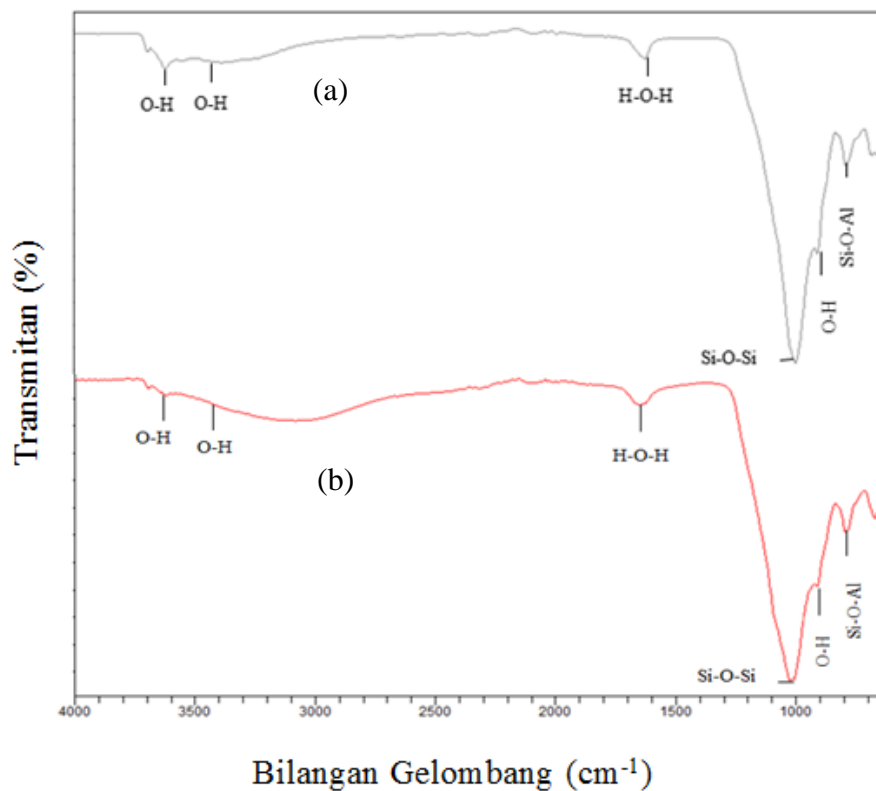
Menurut Purwaningsih (2002), reaksi yang terjadi pada saat bentonit diaktivasi dengan asam adalah sebagai berikut :



Aktivasi bentonit menggunakan asam akan menghasilkan adsorben dengan sisi aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih

besar. Oleh karena itu, kemampuan adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diaktivasi, sehingga memudahkan dalam proses adsorpsi.

Pengujian FTIR digunakan untuk memastikan bahwa bentonit telah teraktivasi  $H_2SO_4$ . Identifikasi dilakukan dengan cara melihat keberadaan gugus-gugus fungsional pada struktur bentonit. Bentonit mengandung mineral montmorillonit sebesar 80-85%. Interpretasi data yang dihasilkan hanya bersifat kualitatif, karena hanya menampilkan keberadaan gugus-gugus fungsional pada senyawa. Identifikasi terhadap gugus-gugus fungsional bentonit, dapat diketahui melalui hasil puncak serapan pada spektra FTIR. Pita-pita serapan yang khas akan muncul pada bilangan gelombang  $3620,1 \text{ cm}^{-1}$  gugus  $-OH$ ;  $1636,4 \text{ cm}^{-1}$   $H-O-H$ ;  $1035,7 \text{ cm}^{-1}$  dan  $794,6 \text{ cm}^{-1}$   $Si-O$ ;  $530 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $468,7 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa salah satu mineral penyusun bentonit adalah montmorillonit (Tan, 1982). Spektrum FTIR bentonit dapat dilihat pada Gambar 1. Interpretasi spektrum FTIR dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Spektrum Bentonit Sebelum Aktivasi (a) dan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat 5 N (b)

Tabel 2. Interpretasi Spektrum FTIR

No	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Vibrasi
1.	3626,17	Ulur O-H (gugus hidroksil yang terikat pada Al di lapisan oktahedral Al-Al-OH atau Mg-OH-Al)
2.	3441,01	Ulur gugus OH yang terhidrasi molekul air yang teradsorpsi
3.	1635,64	Tekuk dari H-O-H dari air yang teradsorpsi didalam bentonit
4.	1033,85	Ulur asimetris dari Si-O
5.	918,12	Tekuk gugus hidroksil dari Al-OH-Al
6.	794,67	Ulur asimetris dari Si-O

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 1. terlihat bahwa terdapat perubahan nilai bilangan gelombang pada spektrum bentonit dan bentonit teraktivasi asam. Masing-masing spektra memiliki puncak serapan yang hampir sama, hanya saja ada beberapa puncak serapan yang mengalami pergeseran bilangan gelombang, yaitu bilangan gelombang 3441,01 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi ulur OH dari H<sub>2</sub>O, mengalami pergeseran menjadi 3425,58 cm<sup>-1</sup> pada bentonit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 N. Selanjutnya pada bilangan gelombang 1033,85 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi ulur asimetris dari Si-O mengalami pergeseran menjadi 1041,56 cm<sup>-1</sup> pada bentonit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 N. Hal tersebut menunjukkan bahwa bentonit telah teraktivasi.

**Pemurnian Pelumas Bekas dengan Penambahan Asam**

Pemurnian minyak pelumas bekas yang dilakukan dengan penambahan asam (*acid treatment*) membentuk endapan. Endapan tersebut berupa kontaminan karbon dan asam sulfat yang membentuk larutan garam dan terendap ke dasar larutan. Namun, dari proses

tersebut masih terdapat sisa dari kontaminan karbon yang tidak ikut terendap, sehingga menghasilkan warna yang masih gelap. Hasil pemurnian minyak pelumas dengan asam sulfat dapat dilihat pada Gambar 2.

Minyak pelumas terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon, yaitu parafin, naften, senyawa aromatik dan sejumlah kecil senyawa organik yang mengandung oksigen dan belerang yang dipandang sebagai pengotor (Harjono, 2001). Minyak pelumas yang telah digunakan dalam waktu cukup lama akan mengalami perubahan komposisi atau susunan kimia, selain itu juga akan mengalami perubahan sifat fisik maupun mekanis. Hal ini disebabkan karena pengaruh tekanan dan suhu selama penggunaan, dan juga kotoran-kotoran yang masuk ke dalam minyak pelumas itu sendiri. Kontaminan yang biasa terdapat dalam pelumas bekas adalah logam-logam akibat keausan elemen (tembaga, besi, kromium, aluminium, timah, molibdenum, silikon, nikel atau magnesium), kotoran atau jelaga, bahan bakar, air, produk sampingan pembakaran, etilen glikol, dan produk-produk asam/ belerang (Anton, 1985).



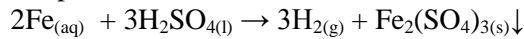
(a)



(b)

Gambar 2. Minyak Pelumas Bekas Sebelum Pemurnian dengan Asam (a) dan Minyak Pelumas Bekas Setelah Pemurnian dengan Asam (b)

Menurut Mara dan Kurniawan (2015), kontaminan logam dalam minyak pelumas bekas pada proses pemurnian dengan asam akan bereaksi membentuk larutan garam. Larutan garam memiliki densitas lebih tinggi dari pelumas, sehingga terbentuk endapan di dasar larutan. Salah satu reaksi kontaminan logam ketika proses *acid treatment*:



Pada dasarnya pelumas murni pada pengolahannya dari minyak mentah (*crude oil*) memiliki warna dasar coklat kemerahan yang kemudian diolah untuk mengubah warna tersebut menjadi jernih. Pada tahap pemurnian pelumas bekas dengan penambahan asam sulfat (*acid treatment*). Asam sulfat memiliki sifat dapat bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan, sehingga dapat digunakan dalam menghilangkan sejumlah kontaminan yang terkandung dalam minyak pelumas bekas. Tahap *acid treatment* ini memudahkan tahap adsorpsi karena telah mengurangi kontaminan.

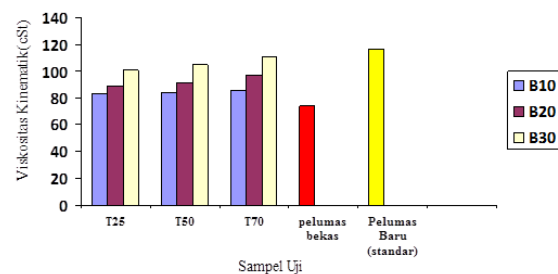
### Pemurnian dengan Metode Adsorpsi serta Optimasi Konsentrasi Bentonit dan Suhu Adsorpsi

Minyak pelumas hasil pemurnian menggunakan asam sulfat pekat, kemudian dimurnikan kembali menggunakan bentonit. Bentonit mempunyai muatan negatif pada permukaannya, sehingga memungkinkan terjadinya reaksi pertukaran ion. Muatan negatif pada permukaan bentonit dapat menarik kation-kation dengan gaya elektrostatis. Reaksi pertukaran kation dalam bentonit dapat terjadi karena substitusi isomorfous atom Al dalam lembar oktahedral. Pertukaran kation hanya bisa dilakukan pada kation yang terletak diantara lapisan, supaya tidak mempengaruhi struktur silika-alumina (Yulianto, 2008). Masuknya kation ke dalam ruang antarlapis struktur bentonit, pada dasarnya merupakan ion penyeimbang muatan negatif. Kation tersebut dapat dipertukarkan dengan kation lain yang mempunyai ikatan lebih kuat. Kekuatan pertukaran ion adalah  $\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{NH}_4^+$  yang berarti kation  $\text{NH}_4^+$  dapat menukar ion-ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  (Grim, 1968).

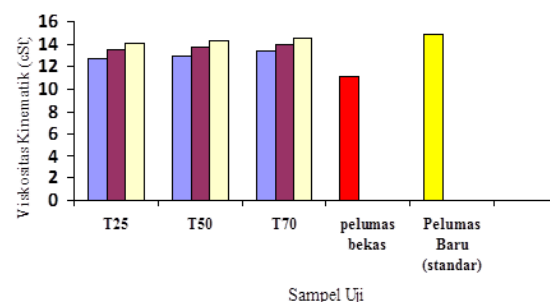
Penggantian atom valensi positif rendah terhadap atom valensi lebih tinggi, mengakibatkan terjadinya kekurangan muatan positif atau terjadi kelebihan muatan negatif. Kelebihan muatan negatif pada lapisan ini menyebabkan adanya adsorpsi permukaan lapisan terhadap kation. Muatan yang terbentuk

bisa disetarakan melalui adsorpsi kation yang masuk ke dalam ruang *interlamellar*. Kation dengan valensi lebih rendah diadsorpsi kurang kuat dan tidak efisien, dari pada kation dengan valensi lebih besar. Tetapi hal ini tidak bisa terjadi pada ion hydrogen karena sifat-sifat hidrasinya yang tidak tentu (Foth, 1988).

Pertukaran kation merupakan proses dimana kation dari larutan bertukar dengan kation yang berada pada *interlayer* dari bentonit. *Interlayer* pada bentonit terdiri dari kation-kation yang mudah dipertukarkan. Substitusi isomorf pada permukaan bentonit misalkan  $\text{Si}^{4+}$  dengan  $\text{Al}^{3+}$  pada lapisan tetrahedral,  $\text{Al}^{3+}$  oleh  $\text{Mg}^{2+}$  pada lapisan oktahedral, menyebabkan kelebihan muatan negatif pada permukaannya. Muatan negatif ini dapat diseimbangkan dengan melakukan adsorpsi kation ke dalam *interlayer* dari bentonit, atau dengan mensubstitusi balik menggunakan kation yang bermuatan lebih (Kloprogge, 1998). Kation-kation yang dapat dipertukarkan dengan kation yang berada pada *interlayer* antara lain kation logam maupun kation non logam, misalnya  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Syarat kation yang dapat dipertukarkan dengan kation lain adalah memiliki ikatan yang kuat (Reddy *et al.*, 2002).



Gambar 3. Viskositas Kinematik pada Suhu 40°C



Gambar 4. Viskositas Kinematik pada Suhu 100°C

Pada proses adsorpsi pelumas bekas dengan menggunakan bentonit, terjadi proses pertukaran kation pada bentonit, sehingga pengotor-pengotor logam dan non logam yang belum terlarutkan dalam proses *acid treatment* dapat

teradsorpsi oleh bentonit. Proses adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan bobot bentonit dan suhu adsorpsi.

**1. Viskositas Kinematik**

Pengujian parameter viskositas kinematik dilakukan pada dua suhu yaitu 40 °C dan 100 °C, karena pada aplikasi pelumas di dalam mesin bekerja pada dua suhu yaitu suhu rendah dan suhu tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian viskositas kinematik pada suhu 40 °C dan 100 °C untuk mengetahui kekentalan pelumas pada suhu rendah dan suhu tinggi. Hasil pengujian viskositas kinematik dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Data viskositas kinematik pada suhu 40 °C dan 100 °C didapatkan bahwa semakin banyak bentonit yang digunakan dan semakin tinggi suhu adsorpsi pada minyak pelumas maka semakin besar nilai kenaikan viskositas kinematik dari minyak pelumas hasil daur ulang. Perubahan viskositas kinematik tertinggi pada variasi campuran B30T70 sebesar 109,92 cSt untuk suhu 40°C dan 14,57 cSt untuk suhu 100°C, dengan % efisiensi kenaikan viskositas kinematik sebesar 49,15% untuk suhu 40°C dan 30,79% untuk suhu 100°C. Hal tersebut menandakan bahwa tingginya nilai kontaminan yang dapat diserap pada variasi campuran ini, sehingga mampu meningkatkan kekentalan pada sampel hasil pemurnian. Jika dilihat dari nilai viskositas kinematik dari minyak pelumas bekas adalah 73,74 cSt untuk suhu 40°C dan 11,14 cSt untuk suhu 100°C dan nilai viskositas kinematik standar yaitu 116,35 cSt untuk suhu 40°C dan 14,85 untuk suhu 100°C, maka didapatkan hubungan antara viskositas minyak pelumas bekas dengan kontaminan adalah semakin

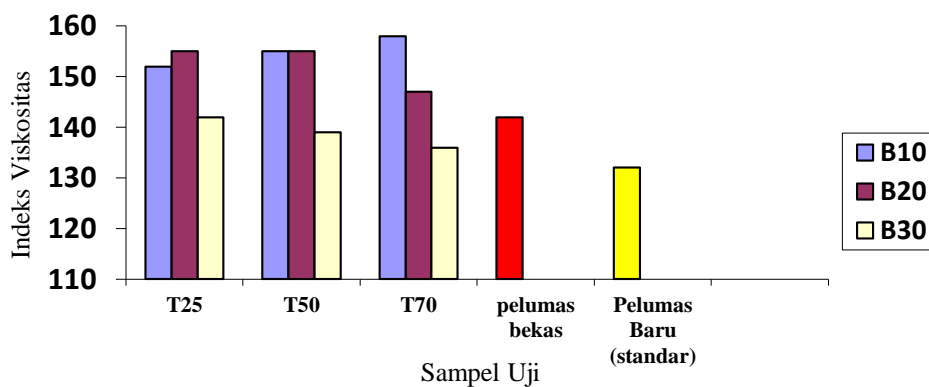
rendah nilai viskositas kinematik minyak pelumas bekas maka akan semakin tinggi pula nilai kontaminan pada minyak pelumas bekas.

Viskositas kinematik minyak pelumas bekas dipengaruhi oleh logam dalam minyak pelumas bekas. Perubahan atau penurunan viskositas kinematik tertinggi pada campuran B30T70 sebesar 109,94 cSt untuk suhu 40°C dan 14,57 untuk suhu 100°C dapat dijadikan standar penurunan viskositas kinematik optimal dikarenakan nilai viskositas kinematik ini yang paling mendekati dengan standar

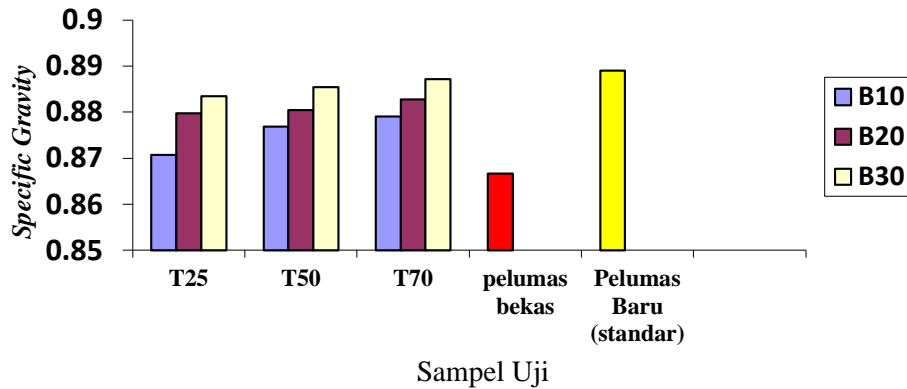
**2. Indeks Viskositas**

Kekentalan zat cair biasanya akan menurun bila terjadi kenaikan suhu. Nilai indeks viskositas menunjukkan kemampuan pelumas mempertahankan kekentalan-nya terhadap perubahan suhu (Harjono, 2001). Semakin tinggi angka indeks minyak pelumas, maka semakin kecil perubahan viskositasnya pada penurunan atau kenaikan suhu. Hal ini menunjukkan bahwa bahan dasar pelumas hasil perolehan kembali memiliki kestabilan kekentalan yang tinggi. Hasil pengujian indeks viskositas dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan data indeks viskositas diperoleh hasil bahwa semakin banyak bentonit yang digunakan dan semakin tinggi suhu adsorpsi pada minyak pelumas maka semakin rendah nilai indeks viskositas dari minyak pelumas hasil daur ulang. Penurunan indeks viskositas tertinggi pada campuran B30T70 sebesar 136 dapat dijadikan standar indeks viskositas optimal dikarenakan nilai indeks viskositas ini yang paling mendekati dengan standar yaitu 132.



Gambar 5. Indeks Viskositas



Gambar 6. Specific Gravity 15 °C

**3. Specific Gravity**

Pengujian kualitas pelumas bekas, *specific gravity* menjadi tolak ukur dalam pengurangan nilai kontaminan, semakin mendekati standar nilai massa jenis minyak pelumas, maka semakin banyak kontaminan yang dihilangkan. Hasil pengujian *specific gravity* dapat dilihat pada Gambar 6.

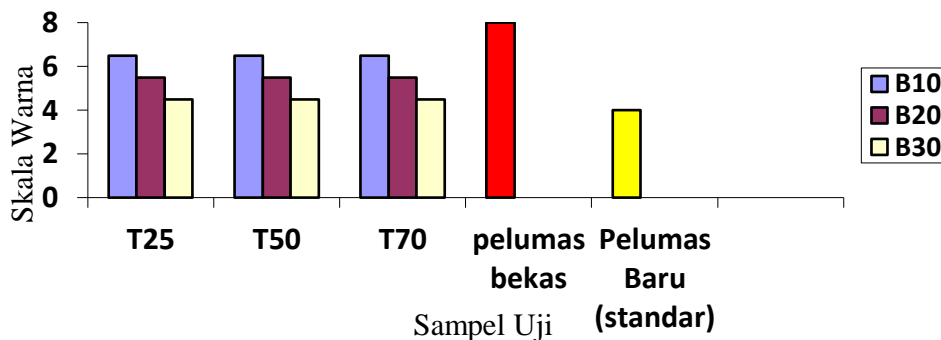
Nilai *specific gravity* pada 15 °C dari Meditran SX SAE 15W-40 CH-4 adalah 0,8890 dan *specific gravity* dari pelumas bekas 0,8667. Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh bahwa campuran B30T70 paling mendekati dengan nilai standar dengan hasil 0,8872. Oleh karena itu, campuran B30T70 merupakan hasil yang paling optimal dikarenakan nilai *specific gravity* paling mendekati dengan standar.

**4. Warna**

Pengujian warna bertujuan untuk menentukan warna visual dari minyak pelumas bekas yang dihasilkan dan dibandingkan dengan minyak pelumas murni. Tingkat kejernihan warna dari yang terendah ke tertinggi adalah D8,0-L0,5. L adalah singkatan dari *light*, dan D adalah singkatan dari *too dark* menandakan

bahwa kejernihan warna dari minyak pelumas terdeteksi melampaui batas terendah kejernihan warna. Hasil pengujian warna dapat dilihat pada Gambar 7.

Bentonit sebagai adsorben mengikat sisa karbon dan warna gelap dari minyak pelumas hasil dari proses *acid treatment* dan diendapkan ke dasar larutan. Perubahan warna pada minyak pelumas sebagian besar terjadi pada proses adsorpsi. Pada campuran B30T25, B30T50, dan B30T70 menghasilkan warna L5,0 yang paling mendekati dengan warna standar yaitu 4,0. Pada pengujian warna, suhu adsorpsi tidak terlalu mempengaruhi hasil yang diperoleh. Hal ini dapat terjadi karena besarnya rentang pengukuran warna pada ASTM D1500, sehingga warna yang dihasilkan tidak dapat terlihat dengan lebih spesifik. Namun, konsentrasi bentonit berpengaruh untuk menghasilkan warna yang lebih jernih. Semakin banyak konsentrasi bentonit, semakin jernih warna yang dihasilkan. Oleh karena itu, campuran B30T25, B30T50, dan B30T70 merupakan hasil yang paling optimal karena merupakan warna yang paling mendekati dengan standar.



Gambar 7. Warna Minyak Pelumas

## KESIMPULAN

Konsentrasi bentonit sebagai adsorben dan suhu adsorpsi berpengaruh dalam pemurnian minyak pelumas bekas. Konsentrasi bentonit optimum adalah 30% dan suhu adsorpsi optimum adalah 70 °C, menghasilkan % efisiensi kenaikan viskositas sebesar 49,15% untuk suhu 40 °C dan 30,79% untuk suhu 100 °C. Karakteristik minyak pelumas yang dihasilkan yaitu: viskositas kinematik 40 °C dan 100 °C sebesar 109,94 cSt dan 14,57 cSt; indeks viskositas sebesar 136; *specific gravity* 15 °C sebesar 0,8872; serta warna yang dihasilkan adalah L5,0.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anton, L. (1985). *Teknologi Pelumas*. Lembaran Publikasi Lemigas PPTMGB Lemigas. Jakarta.
- ASTM D445-15. (2017). *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (The Calculation of Dynamic Viscosity)*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM D2270-10. (2016). *Standar Practice for Calculating Viscosity Index at 40°C dan 100°C*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM D4052-11. (2017). *Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM D 1500-12. (2017). *Test Method for ASTM Color of Petroleum Product (ASTM Color Scale)*. Annual Book of ASTM Standards.
- Foth, H.D. (1988). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Gajahmada University Press. Yogyakarta.
- Grim, R.E. (1968). *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Harjono, A. (2001). *Teknologi Minyak Bumi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hilyati dan B. Widihasiono. (1991). *Adsorpsi Zat Warna Tekstil Pada Zeolit Alam Daribayah*. Puslitbang Kimia Terapan-LLPL Puspiptek. Serpong.
- Joseph U. (2010). A Comparative Study of Recycling of Used Lubrication Oils Using Distillation, Acid and Activated Charcoal with Clay Methods. *J Petroleum & Gas Eng.* Vol. 2, No.2, 12-19.
- Kloprogge, J.T. (1998). Synthesis of Smectites and Porous Pillared Clay Catalysts : A review. *J. Porous Mater.* 5, 5-41.
- Komadell. (2003). *Chemically Modified Smectities*. Slovac Academy of Sciences. Slovakia.
- Kusumah, A. M. (2013). *Perolehan Kembali Bahan Dasar Pelumas dari Limbah Pelumas Mesin dengan Metode Adsorpsi dan Penciriannya. (Skripsi)*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.
- Lianna, J., Karyati, Y., & Santosa, H. (2012). Penjernihan Minyak Pelumas Bekas dengan Metode Penjerapan Suatu Usaha Pemanfaatan Kembali Minyak Pelumas Bekas sebagai Base Oil. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol.1, No.1, 252-257.
- Mahmudha, S & Irwan, N. (2015). *Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol Pada Minyak Sereh Wangi Kabupaten Gayo Lues – Aceh*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UIN Yogyakarta. Yogyakarta.
- Mara, I.M., & Kurniawan, A. (2015). Analisa Pemurnian Minyak Pelumas Bekas dengan Metode Acid And Clay. *Jurnal Teknik Mesin*. Universitas Mataram. Mataram.

- Mukhlisoh, I. (2008). *Pengelolaan Limbah Oli B3 Bengkel Resmi Kendaraan Bermotor Roda Dua Di Surabaya Pusat. (Skripsi)*. Institut Teknolgi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Purwaningsih, H. (2002). *Pembuatan Alumina dari Kaolin dan Studi Katalisis Heterogen untuk Sintesis Vanili dari Eugenol Minyak Gagang Cengkeh. (Tesis)*. Fakultas MIPA. UI. Depok.
- Reddy, R. B, Nagendrappa, Y.S., Gopalpur, Prakash, & Jai, B.S. (2008). Bronsted and Lewis Acidity of Modified Montmorillonite Clay Determined by FT-IR. *Catalyst Today*.
- Tan, K.H. (1992). *Dasar-dasar Kimia Tanah Edisi Pertama*. Penerjemah: Goenadi, D.H. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Yulianto, A. (2008). *Pembuatan Lempung Terpillar Al13 dari Lempung Alam Turen malang untuk Adsorbsi Ion Pb<sup>2+</sup>. (Skripsi)*. Departemen Kimia. FSAINTEK. Universitas Airlangga. Surabaya.

# POTENSI SENYAWAAN NITROGEN DAN FOSFAT PADA PENCEMARAN SUNGAI CILIWUNG HULU KOTA BOGOR

Indri Suswanti<sup>1)\*</sup>, RTM Sutamihardja<sup>2)</sup>, Dian Arrisujaya<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>PT Sucofindo SBU Laboratorium

Jl. Arteri Tol Cibitung No.1, Cibitung, Cikarang Barat, Bekasi 17520

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

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

\*email : [iindrisuswanti@gmail.com](mailto:iindrisuswanti@gmail.com)

## ABSTRACT

### *Potential of Phosphate and Nitrogen Compounds in Pollution of the Upper Ciliwung River in Bogor*

*River is a habitat for various types of aquatic organisms that can provide an overview of the state of the river, such as the quality and quantity of ecological relationships that occur within it. Ciliwung is one of the rivers that flow to Jakarta via Puncak, Bogor Regency, Bogor City, Depok City and empties into the Bay of Jakarta. In 2015, the quality status of the upstream Ciliwung river had moderate polluted status. One parameter for reviewing water quality is nutrient content (phosphate and nitrogen). The presence of high nutrients can stimulate the growth of algae in waters that can harm the aquatic ecosystem. This study shows that there is a relations and positive relations with a correlation coefficient of 0.508 on the nitrogen and phosphate compounds in the upstream Ciliwung river water pollution. The concentration of nitrogen compounds is higher than that of phosphate.*

*Keyword : Ciliwung, Nitrogen, Phosphates, River, Relations.*

## ABSTRAK

Sungai merupakan suatu habitat bagi berbagai jenis organisme akuatik yang dapat memberikan gambaran mengenai keadaan sungai, seperti kualitas dan kuantitas dari hubungan ekologis yang terjadi di dalamnya. Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang mengalir ke arah Jakarta melalui Puncak, Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kota Depok dan bermuara ke Teluk Jakarta. Pada tahun 2015, status mutu sungai Ciliwung bagian hulu memiliki status tercemar sedang. Salah satu parameter peninjauan kualitas air adalah kandungan zat hara (fosfat dan nitrogen). Keberadaan zat hara yang tinggi, dapat menstimulasi ledakan pertumbuhan *algae* di perairan yang dapat merugikan ekosistem perairan. Penelitian ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang sedang dan positif, dengan koefisien korelasi sebesar 0,508 terhadap senyawaan nitrogen dan fosfat pada pencemaran air sungai Ciliwung bagian hulu. Konsentrasi senyawaan nitrogen lebih tinggi dibandingkan dengan fosfat.

Kata kunci : Ciliwung, Fosfat, Hubungan, Nitrogen, Sungai.

## PENDAHULUAN

Sumber air yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku adalah air sungai, namun dengan meningkatnya pembangunan, tingkat pencemaran air sungai pun semakin meningkat. Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang mengalir ke Jakarta melalui Puncak, Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kota Depok dan bermuara ke Teluk Jakarta. Panjang sungai Ciliwung dari hulu hingga muara  $\pm$  117 km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar 347 km<sup>2</sup>. Sumber pencemaran di Sungai

Ciliwung berasal dari efluen industri pengolahan limbah cair dari pabrik dan buangan dari kegiatan domestik rumah tangga, kantor, hotel, restoran, tempat hiburan, pertokoan dan rumah sakit. Industri pengolahan dapat berupa agro-industri (peternakan), industri pengolahan makanan, industri minuman, industri tekstil, industri kulit, industri kimia dasar, industri mineral non logam, industri dasar, industri hasil olahan logam juga industri listrik dan gas (Hendrawan, 2008). Salah satu parameter peninjauan kualitas air adalah kandungan zat hara (fosfat dan nitrogen). Keberadaan fosfat

secara berlebihan, disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulir kecepatan pertumbuhan algae di perairan (*algae blooming*). Algae yang berlimpah dapat membentuk lapisan pada permukaan air, dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari, sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan.

Menurut WHO & European Commision (2002), sumber utama pengayaan nitrogen berasal dari lahan pertanian, sedangkan pengayaan fosfor berasal dari limbah rumah tangga dan industri, termasuk detergen berbasis fosfor. Fosfat dan nitrogen berperan dalam pembentukan komponen sel makhluk hidup. Protein, lemak dan karbohidrat menjadi produk pertama dalam perairan yang dibuat oleh fitoplankton yang bersifat heterotropis. Fitoplankton dimakan oleh zooplankton, herbivora kemudian dimakan lagi oleh zooplankton carnivora dan oleh ikan predator (Brotowidjoyo, *et.al.* 1995).

Perbandingan total nitrogen (N) dan total fosfor (P) dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton di perairan. Jika rasio total N dan total P > 12, maka P merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton, sedangkan rasio total N dan total P < 12, maka N merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton (Putri *et al.*, 2014). Berdasarkan data hasil analisis Kualitas Air Sungai Ciliwung tahun 2015, diketahui bahwa kualitas air di lokasi bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Ciliwung kurang memenuhi persyaratan untuk pemanfaatan air kelas II pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

Kandungan senyawaan nitrogen pada air sungai Ciliwung masih berada di bawah baku mutu PP No 82 Tahun 2001 (Okhana, 2017). Sutamihardja *et al.* (2017), menyatakan bahwa kandungan fosfat pada air sungai Ciliwung mengalami peningkatan dan melebihi baku mutu kelas I dan II PP No 82 Tahun 2001 serta menunjukkan indikasi perairan yang tergolong sangat subur. Dinamika peningkatan nilai fosfat pada daerah aliran sungai (DAS) Ciliwung bagian hulu memiliki kesamaan hubungan terhadap peningkatan nilai suhu, *Total Suspended Solid*, *Biological Oxygen Demand* dan nitrat. Oleh karena itu, untuk melengkapi penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian mengenai kandungan senyawaan nitrogen dan fosfor dalam air sungai Ciliwung untuk mengetahui hubungan antara keduanya.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari sampel air sungai Ciliwung, akuabides dan bahan-bahan kimia untuk analisis. Bahan kimia yang digunakan larutan asam sulfat (p), asam nitrat (p), pereaksi warna, pereaksi molibdat-vanadat, larutan ammonium klorida-EDTA, kolom pereduksi Cu-Cd, larutan fenol, larutan natrium nitroprusida p.a, larutan alkali sitrat, larutan hipoklorit 5,65-6%, larutan bufer fosfat, larutan magnesium sulfat p.a, larutan kalsium klorida p.a, larutan feri klorida p.a, larutan *seed*, perak klorida p.a, merkuri klorida p.a, indikator feroin p.a, larutan *fero ammonium sulphate* (FAS) 0,10N p.a, batu didih, *Glass Fibre Filter* (Whatman 934-AH).

Alat yang digunakan adalah spektrofotometer *UV Visible* Hitachi U-2900, *DO meter* Horiba D-75G, *pH meter* Horiba D-75G, *FOC 225i refrigerated incubator*, oven *memmert UF 750*, neraca analitik *sartorius B5A2245-CW*, desikator, alat penyaring, cawan kaca, botol winkler, piala gelas, labu semprot, labu ukur, kolom reduksi, erlenmeyer asah, peralatan refluks, *hot plate*, pipet volume dan ukur, buret 25mL, botol sampling/gayung, jerigen 5 L, kertas tissue, spidol.

### Metode

#### Pereparasi Sampel

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di Sungai Ciliwung bagian hulu di Kota Bogor, pada tiga lokasi yang berbeda yaitu Bendung Katulampa, Pasar Bogor dan Pasar Warung Jambu. Waktu pengambilan sampel air sungai pagi, siang dan malam hari. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode Grab (sesaat) sesuai dengan SNI 01-7016-2004.

Sampel air sungai diambil secara horizontal dan vertikal kemudian dikomposit ke dalam jerigen 5 liter. Kemudian dilakukan analisis *in situ* dengan parameter pH, DO dan suhu. Sampel air sungai ditempatkan pada dua botol, yaitu botol pertama tanpa pengawet untuk analisis BOD dan TSS. Botol kedua dengan menambahkan asam sulfat 1:1 hingga pH < 2 untuk analisis NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> dan COD. Selanjutnya, diberi kode mengenai lokasi dan waktu pengambilan sampel.

**Analisis Fosfat (APHA Method 4500-P.C)**

a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Deret standar fosfat dibuat dengan konsentrasi 0,10 - 20,0 mg/L masing-masing sebanyak 50 mL. Pereaksi molibdat vanadat sebanyak 10 mL ditambahkan ke masing-masing labu ukur 50 mL, kemudian diimpitkan dengan akuabides hingga tanda batas. Absorbansinya dibaca pada kisaran panjang gelombang 400-490 nm dalam rentang waktu 15-30 menit.

b. Analisis Sampel

Sampel air sungai dihomogenkan kemudian 100 mL sampel air sungai dipipet ke dalam piala gelas, ditambahkan 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat, lalu dipanaskan pada suhu 105 °C hingga volume akhir 2 mL. Kemudian larutan diadjust pH hingga 6-8, kemudian ditambahkan akuabides hingga volume akhir 100 mL. Pereaksi molibdat vanadat dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diimpitkan dengan akuabides pada sampel yang telah didekstruksi. Absorbansinya dibaca pada kisaran panjang gelombang 400-490 nm dalam rentang waktu 15-30 menit setelah penambahan pereaksi. Kadar fosfat dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$\text{mg/L P} = \text{konsentrasi (mg/L)} \times \text{fp}$$

**Analisis Nitrat (APHA method 4500-NO<sub>3</sub>-E)**

a. Pembuatan Kurva kalibrasi

Deret standar nitrat dibuat dengan konsentrasi 0,05 - 1,00 mg/L masing-masing sebanyak 100 mL. Setiap larutan standar dilewatkan ke dalam kolom Cu-Cd untuk direduksi menjadi nitrit dengan kecepatan alir 7-10 mL/menit. Larutan hasil reduksi tersebut ditampung menggunakan labu ukur 100 mL yang telah ditambahkan 2 mL pereaksi pewarna. Lalu dihomogenkan dan didiamkan 10 menit kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm.

b. Analisis sampel

Sampel air sungai sebanyak 25 mL diencerkan dengan larutan ammonium-EDTA hingga 100 mL. Larutan tersebut kemudian dilewatkan ke kolom Cu-Cd untuk direduksi menjadi nitrit dengan kecepatan alir 7-10 mL/menit. Larutan hasil reduksi tersebut ditampung menggunakan labu ukur 100 mL yang telah ditambahkan 2 mL pereaksi warna, dihomogenkan dan didiamkan 10 menit, kemudian diukur absorbansinya pada panjang

gelombang 540 nm. Kadar nitrat dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{mg/L} = \text{mg/L (NO}_2\text{) total} - \text{mg/L NO}_2$$

**Analisis Nitrit (Metode 4500-NO<sub>2</sub>.B)**

a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Deret standar nitrit dibuat dengan konsentrasi 0,02 - 1,00 mg/L dalam labu ukur 50 mL. Masing-masing deret standar ditambahkan 2 mL pereaksi pewarna lalu dihomogenkan, setelah itu larutan didiamkan selama 10 menit, kemudian larutan sampel diukur pada panjang gelombang 540 nm.

b. Analisis Sampel

Sampel air sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan 2 mL pereaksi pewarna. Lalu dihomogenkan dan didiamkan selama 10 menit. Larutan sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Kadar nitrit dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{mg/L NO}_2 = \text{konsentrasi (mg/L)} \times \text{fp}$$

**Analisis Ammonia (APHA method 4500-NH<sub>3</sub>.F)**

a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Deret standar ammonia dibuat dengan konsentrasi 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,10; 0,20; 0,40 dan 0,70 mg/L dalam labu ukur 50 mL. Lalu ditambahkan 1 mL fenol, 1 mL natrium nitroprusida dan 2,5 mL larutan pengoksidasi. Kemudian didiamkan selama 120 menit diruang gelap, kemudian larutan standar diukur absorbansi pada panjang gelombang 640 nm.

b. Analisis Sampel

Sampel air sungai sebanyak 25 mL ditambahkan ke dalam labu takar 50 mL. Lalu ditambahkan sebanyak 1 mL fenol, 1 mL natrium nitropruside, 2,5 mL larutan pengoksidasi. Kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 2x60 menit di ruang gelap. Larutan sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm. Kadar ammonia dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{mg/L NH}_3 = \text{konsentrasi (mg/L)} \times \text{fp}$$

**Analisis BOD (Biochemical Oxygen Demand) (APHA Method 5210-B)**

Sampel air sungai dimasukkan ke dalam botol Winkler secara hati-hati, hindarkan masuknya udara ke dalam botol Winkler,

kemudian salah satu dari botol Winkler tersebut langsung diperiksa oksigen terlarutnya, dan satu lagi di inkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, kemudian ditetapkan oksigen terlarutnya.

Perhitungan BOD menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{mg/L} = (\text{mg/L DO}_0 - \text{mg/L DO}_5) \times fp$$

keterangan :

DO<sub>0</sub> : Dissolved Oxygen sebelum diinkubasi

DO<sub>5</sub> : Dissolved Oxygen setelah diinkubasi 5 hari pada suhu 20°C

#### Analisis DO (Dissolved Oxygen) (APHA Method 4500-O.C)

Sampel air sungai dimasukkan ke dalam botol Winkler, kemudian ditutup hingga tidak ada gelembung udara dalam botol Winkler. Lalu ditambahkan 1 mL pereaksi MnSO<sub>4</sub> dan alkali iod azida ke dalam sampel dengan posisi pipet tercelup sampel dan dihomogenkan, ditunggu beberapa menit hingga mengendap sempurna, kemudian ditambahkan 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p) lalu dihomogenkan hingga endapan larut. Setelah itu, larutan sampel dipipet 100 mL ke dalam Erlenmeyer dan dilakukan titrasi dengan N-tiosulfat 0,025 N dengan indikator kanji. Nilai DO dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{mg/L O}_2 = \frac{(V \times N) \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8 \times 1000}{\text{Volum sampel}}$$

#### Analisis COD (Chemical Oxygen Demand) (APHA Method 5220-B)

Sampel air sungai dihomogenkan kemudian 50 mL sampel dipipet ke dalam erlenmeyer asah. HgSO<sub>4</sub>, AgSO<sub>4</sub> beberapa batu didih sebanyak 1 spatula dan 20 mL asam sulfat ditambahkan ke dalam sampel dan dihomogenkan, ditambahkan 5 mL larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,25 M ke dalam sampel dan diaduk. Erlenmeyer asah yang berisi larutan sampel kemudian dipasang pada kondensor dan dilakukan refluks selama 2 jam.

Setelah 2 jam, kondensor didinginkan dan dicuci dengan akuabides. Kemudian didinginkan pada suhu ruang dan kelebihan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dititrasi dengan FAS 0,1 M, dengan indikator ferroin 1 sampai 0,15 mL (2-3 tetes). Titik akhir titrasi pada saat terjadi perubahan warna dari hijau kebiruan sampai warna kecoklatan. Dengan cara yang sama, penetapan blanko juga dilakukan.

Nilai COD dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{mg/L O}_2 = \frac{(A-B) \text{mL} \times M \times 8000}{\text{Volum sampel (mL)}}$$

keterangan :

A : Volume FAS yang digunakan untuk menitar blanko (mL)

B : Volume FAS yang digunakan untuk menitar contoh (mL)

M : Molaritas FAS

8000 : Berat miliekivalen dari oksigen x 1000 mL/L

#### Analisis TSS (Total Suspended Solid) (APHA Method 2540-D)

Fiber glass filter (kertas saring) ditempatkan di cawan aluminium, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian cawan yang berisi fiber glass filter didinginkan dalam desikator lalu ditimbang sebagai bobot kosong. Sampel air sungai dipipet sebanyak 100 mL, disaring menggunakan fiber glass filter tersebut, lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Cawan kemudian didinginkan didalam desikator, lalu ditimbang sebagai bobot isi. Nilai TSS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_a) - (W_o)}{\text{Volum sampel (L)}}$$

Keterangan:

W<sub>a</sub> = Bobot spl + Bobot cawan (mg)

W<sub>o</sub> = Bobot kosong (mg)

#### Uji Statistik

Hubungan senyawaan Nitrogen dan Fosfor dianalisis menggunakan analisis regresi-korelasi. Pengolahan data menggunakan software Minitab versi 16. Interpretasi terhadap koefisien korelasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi

Interval koefisien	Tingkat hubungan
0,00 – 0,199	Sangat lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

(Sumber : Sugiyono, 2011)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik pertama lokasi pengambilan sampel adalah Bendung Katulampa dengan titik koordinat 6°38'0" LS dan 106°50'14" BT. Bendung Katulampa dibangun dengan tujuan sebagai peringatan dini atas air yang mengalir ke Jakarta, serta sarana irigasi lahan. Kondisi lingkungan saat pengambilan sampel diperoleh kondisi air yang jernih dan tidak berbau pada pagi dan siang hari, serta pada malam hari sedikit keruh akibat hujan. Pada minggu kedua dan ketiga diperoleh kondisi air sungai yang lebih keruh tetapi tidak berbau. Kekeruhan terjadi akibat hujan yang deras. Hal ini disebabkan aktivitas yang dilakukan warga sekitar yaitu mandi, cuci, kakus (MCK) dan adanya industri kecil, seperti industri tahu dan tempe yang langsung dibuang ke sungai.

Titik kedua lokasi pengambilan sampel adalah Pasar Bogor dengan titik koordinat 6°36'8" LS dan 106°48'9" BT. Pada titik ini, aliran sungai Ciliwung telah melalui pemukiman

padat penduduk. Aktivitas warga di sekitar Pasar Bogor seperti aktivitas pasar, MCK, adanya sampah domestik dan plastik, serta aliran selokan dari pemukiman menjadi penyebab kondisi air menjadi keruh dan bau dibandingkan Bendung Katulampa. Kekeruhan juga disebabkan terjadinya hujan di daerah Pasar Bogor. Titik ketiga lokasi Pengambilan sampel adalah Warung Jambu dengan titik koordinat 6°34'12" LS dan 106°48'28" BT. Berdasarkan aliran pada sungai Ciliwung di Warung Jambu telah melalui pemukiman padat penduduk dan juga aktivitas pasar, peternakan ayam. Kondisi air pada saat pengambilan sampel keruh dan sedikit berbau.

### Parameter Penunjang

Parameter pH, suhu, DO, COD, BOD dan TSS merupakan parameter yang mempengaruhi senyawaan nitrogen dan fosfat. Data penunjang kualitas air sungai Ciliwung pada titik pantau Bendung Katulampa, Pasar Bogor, dan Warung Jambu dapat dilihat pada Tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Data Penunjang Kualitas Air Sungai Ciliwung pada Titik Pantau Bendung Katulampa

Minggu ke-	Waktu	pH	T (°C)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)
1	Pagi	7,98	25,5	6,79	11,2	7,8	10
	Siang	7,92	25,7	6,69	14,4	10,0	14
	Malam	8,02	25,3	6,46	4,8	3,4	17
2	Pagi	7,88	24,3	6,61	9,2	6,2	12
	Siang	7,65	24,5	5,95	3,2	2,2	12
	Malam	7,53	24,3	6,34	2,6	1,1	10
3	Pagi	7,69	24,7	6,56	4,2	3,0	15
	Siang	7,60	24,5	6,46	6,4	4,5	14
	Malam	7,58	24,3	7,28	3,2	2,1	12

Tabel 3. Data Penunjang Kualitas Air Sungai Ciliwung pada Titik Pantau Pasar Bogor

Minggu ke-	Waktu	pH	T (°C)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)
1	Pagi	7,95	25,5	6,46	9,6	6,8	10
	Siang	7,87	25,7	6,75	10,0	7,0	13
	Malam	7,85	25,2	6,63	9,6	6,7	28
2	Pagi	7,78	24,9	6,19	6,4	4,5	12
	Siang	7,81	24,9	6,27	7,6	5,2	10
	Malam	7,80	24,7	6,11	6,4	4,5	12
3	Pagi	7,67	24,8	6,16	8,0	5,0	27
	Siang	7,65	25,1	6,36	8,0	5,2	21
	Malam	7,59	24,5	6,54	5,8	4,0	16

Tabel 4. Data Penunjang Kualitas Air Sungai Ciliwung pada Titik Pantau Warung Jambu

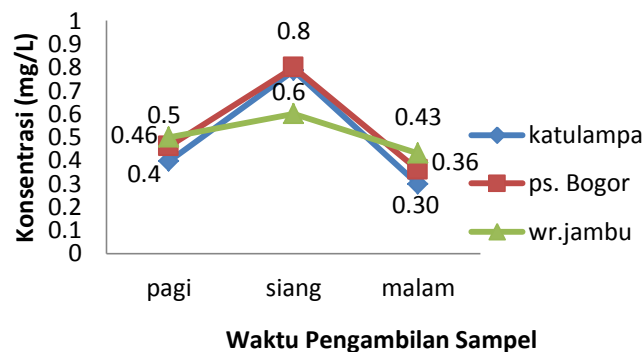
Minggu ke-	Waktu	pH	T (°C)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)
1	Pagi	7,81	25,5	6,40	6,4	4,5	28
	Siang	7,79	25,1	6,73	19,2	15,2	19
	Malam	7,87	25,4	6,22	9,6	6,7	27
2	Pagi	7,79	25,1	6,82	9,6	6,7	19
	Siang	7,59	25,3	6,87	4,8	3,4	11
	Malam	7,81	25,0	6,12	3,2	2,2	16
3	Pagi	7,66	24,9	6,41	3,2	2,2	20
	Siang	7,65	25,0	6,57	12,8	9,0	26
	Malam	7,59	24,8	6,14	9,6	6,5	23

Berdasarkan baku mutu PP 82 tahun 2001, kualitas air sungai Ciliwung bagian hulu memenuhi baku mutu kelas tiga, yaitu air yang digunakan untuk membudidayakan ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman. Akan tetapi, parameter pendukung seperti pH, T, DO dan TSS menunjukkan kondisi di perairan sungai Ciliwung baik untuk aktivitas mikroba dalam proses dekomposisi limbah buangan organik. Aktivitas mikroba dan bahan organik tersebut berkaitan dengan siklus biogeokimia

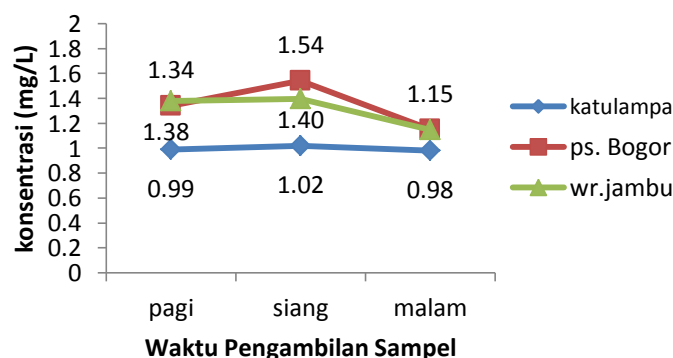
yang terjadi di perairan, yaitu siklus nitrogen dan fosfat.

### Senyawaan Nitrogen

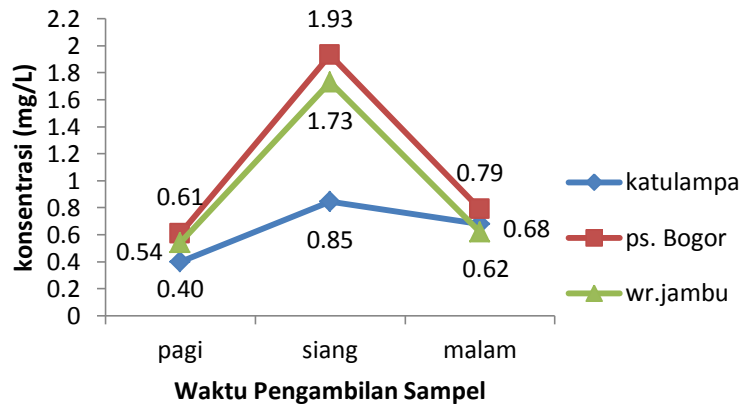
Nitrogen dibutuhkan fitoplankton untuk mensintesis protein. Hasil penelitian yang dilakukan pada tiga titik pantau yaitu Bendung Katulampa, Pasar Bogor dan Warung Jambu selama 3 minggu berturut-turut, disajikan dalam Gambar 1, 2 dan 3.



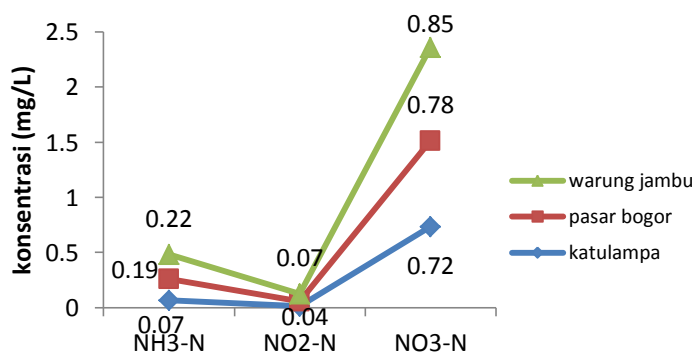
Gambar 1. Perbandingan Konsentrasi Total Nitrogen pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-1



Gambar 2. Perbandingan Konsentrasi Total Nitrogen pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-2



Gambar 3. Perbandingan Konsentrasi Total Nitrogen pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-3

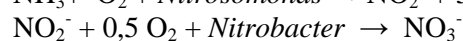


Gambar 4. Hasil Analisis N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> dan N-NO<sub>3</sub> pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu

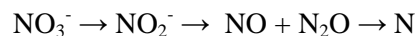
Konsentrasi total nitrogen tertinggi yaitu pada siang hari di titik pantau Pasar Bogor (Gambar 1, 2 dan 3). Hal ini disebabkan masuknya beban pencemaran di Pasar Bogor lebih tinggi dibandingkan dengan Bendung Katulampa dan Warung Jambu. Sumber pencemar nitrogen pada air sungai Ciliwung bagian hulu adalah cemaran dari aliran selokan perumahan warga, aktivitas MCK, limbah buangan peternakan, dan limbah aktivitas pasar. Limbah yang masuk ke badan air berupa limbah organik yang bersifat *biodegradable* yang ditandai dengan nilai BOD yang tinggi (Tabel 2, 3 dan 4). Bahan organik tersebut selanjutnya akan mengalami proses dekomposisi oleh bakteri pengurai menjadi senyawa ammonium. Oksigen terlarut yang cukup dan kondisi lingkungan (pH, suhu) yang baik untuk proses dekomposisi oleh mikroba, maka terjadi proses nitrifikasi, yaitu oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat yang dilakukan oleh bakteri aerob (*Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*). Senyawa nitrat yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai nutrisi bagi fitoplankton. Proses selanjutnya dalam siklus nitrogen adalah denitrifikasi, yaitu reduksi nitrat menjadi nitrit, dinitrogen oksida

maupun molekul nitrogen (Makatita, *et al.*, 2014). Proses tersebut menyebabkan konsentrasi nitrogen yang diperoleh pada titik pantau Warung Jambu, lebih rendah dibandingkan dengan Pasar Bogor.

Proses Nitrifikasi :



Proses Denitrifikasi



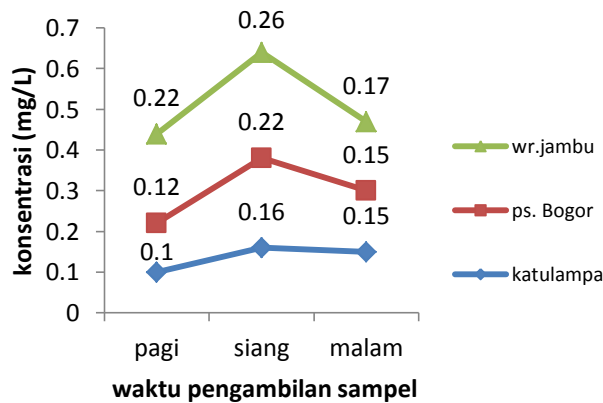
Pada Gambar 4, terlihat pula bahwa konsentrasi nitrat di tiga titik pantau lebih tinggi dibandingkan konsentrasi ammonia dan nitrit. Hal ini sesuai dengan dinamika nitrogen bahwa nitrat merupakan senyawaan nitrogen utama dari siklus nitrogen (Okhana, 2017). Dari data tersebut, diperoleh bahwa senyawaan nitrogen anorganik (ammonia, nitrit dan nitrat) masih memenuhi baku mutu PP No 82/2001 kelas satu (dapat digunakan untuk air baku air minum).

### Fosfat

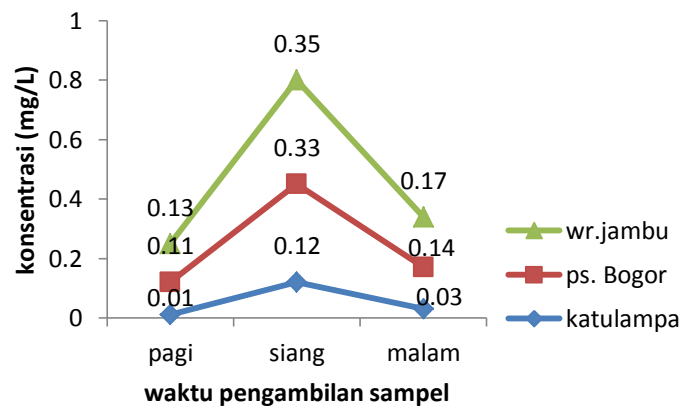
Fosfor sangat penting untuk kehidupan organisme perairan, karena berfungsi menyimpan dan transfer energi dalam sel dan berfungsi dalam sistem genetik (Putri, *et al.*,

2014). Berdasarkan perhitungan kadar fosfat yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5, 6 dan 7. Konsentrasi fosfat dari titik Pantau Bendung Katulampa hingga ke Warung Jambu mengalami peningkatan. Nilai rata-rata konsentrasi fosfat pada titik pantau Bendung Katulampa memenuhi baku mutu kelas I PP No 82 tahun 2001, sedangkan Pasar Bogor dan

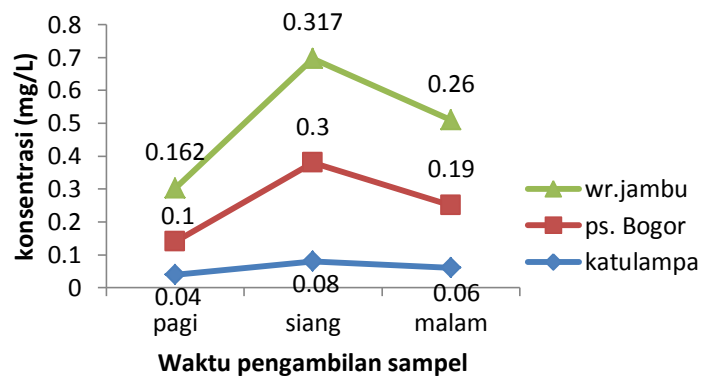
Warung Jambu memenuhi baku mutu kelas III PP No 82 tahun 2001. Warung Jambu menjadi titik pantau yang memiliki konsentrasi fosfat yang tertinggi dibandingkan dengan titik pantau lainnya. Lokasi pengamatan yang semakin ke hilir menyebabkan konsentrasi fosfat semakin besar.



Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi Total Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-1



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi Total Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-2



Gambar 7. Perbandingan Konsentrasi Total Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-3

Hal ini disebabkan adanya peningkatan aktivitas warga sekitar, seperti adanya peternakan ayam, limbah aktivitas pasar (sisa sayuran) yang mengandung bahan organik yang dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme, dan larutnya kandungan fosfat yang ada pada batuan dan sedimen saat terjadinya hujan. Demikian pula, fosfat juga mengalami siklus di alam. Siklus tersebut dimulai dari kandungan fosfat dalam tubuh makhluk hidup yang berlebihan, akan dikeluarkan ke alam dalam bentuk urin maupun feses sebagai fosfat organik. Fosfat yang masuk ke badan sungai berupa fosfat organik dan fosfat anorganik. Fosfat organik diuraikan oleh bakteri pengurai menjadi fosfat anorganik terlarut. Larutan fosfat kemudian diserap oleh tumbuhan dan makhluk hidup autotrof seperti fitoplankton (Effendi, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh konsentrasi fosfat berkisar antara 0,08-0,20 mg/L. Data tersebut dibandingkan dengan kadar total fosfat pada Tabel 5, diperoleh bahwa air sungai Ciliwung berada pada tingkat kesuburan

subur hingga sangat subur dan terindikasi berada dalam kondisi eutrofikasi.

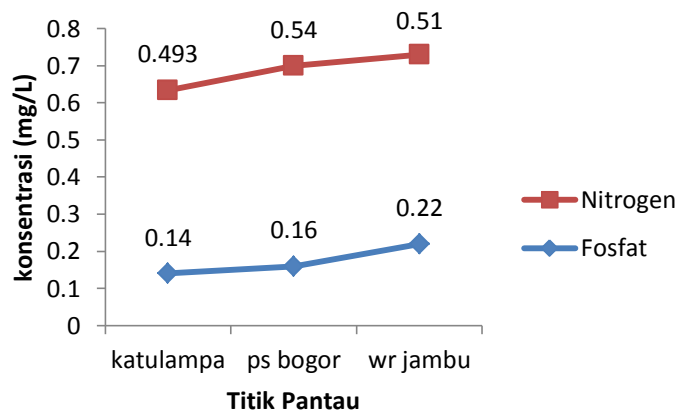
Tabel 5. Tingkat Kesuburan Perairan berdasarkan Kadar Fosfat

Fosfat (mg/L)	Tingkat Kesuburan
0-0,002	Kurang Subur
0,0021 – 0,050	Cukup subur
0,051 – 0,100	Subur
0,101 – 0,200	Sangat subur
> 0,201	Sangat subur sekali

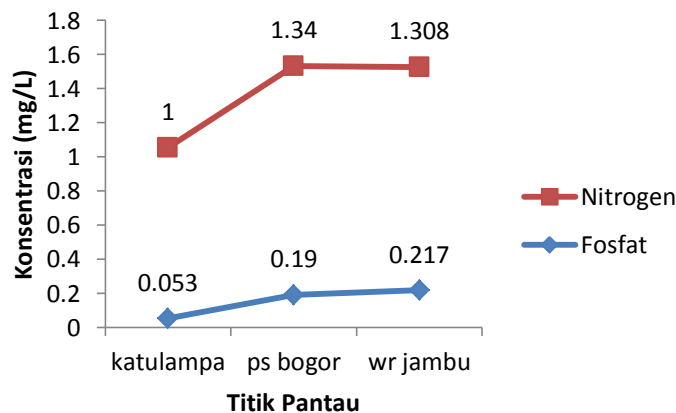
(Sumber : Wardoyo, 1982)

**Distribusi Nitrogen dan Fosfat**

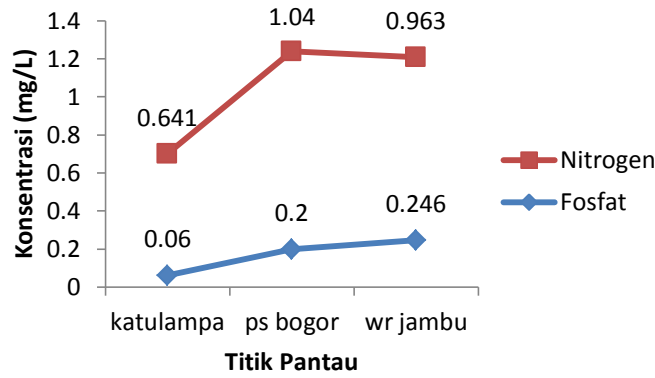
Nutrisi yang paling dibutuhkan oleh organisme adalah unsur karbon, nitrogen dan fosfor. Nutrien yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton adalah N dan P. Distribusi nitrogen dan fosfat hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Distribusi Nitrogen dan Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-1



Gambar 9. Distribusi Nitrogen dan Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-2



Gambar 10. Distribusi Nitrogen dan Fosfat pada Air Sungai Ciliwung bagian Hulu pada Minggu ke-3

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 8, 9 dan 10 diperoleh bahwa konsentrasi senyawaan nitrogen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi fosfat. Hal ini disebabkan, senyawa nitrogen mudah larut dalam air dibandingkan dengan senyawa fosfat. Fosfat mudah membentuk ikatan dengan logam-logam atau kation di dasar sungai dan mengalami pengendapan. Pada penelitian ini diketahui pula bahwa konsentrasi nitrogen dan fosfat lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi nitrogen dan fosfat (Sutamihardja *et al.*, 2017).

Perbedaan musim pada pengambilan sampel berpengaruh terhadap nilai nitrogen dan fosfat pada air sungai Ciliwung. Sutamihardja *et al.* (2017) melaporkan bahwa pada bulan Mei 2017 kondisi alamiah memasuki musim kemarau, sedangkan pada bulan Desember 2017 memasuki musim penghujan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari proses pengenceran pada musim penghujan (Suhmana, 2012).

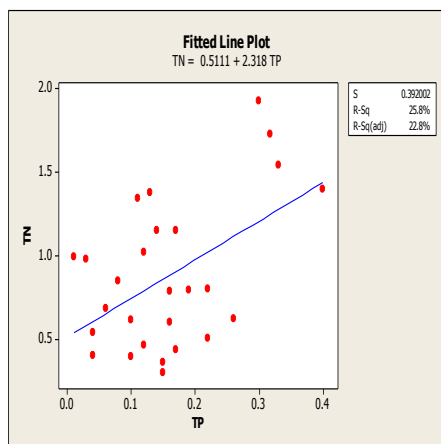
### Pengolahan data Statistik

Pada penelitian, ditentukan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  = Tidak ada hubungan antara total nitrogen dan total fosfat.

$H_1$  = Ada hubungan antara total nitrogen dan total fosfat.

Dari hasil analisis total nitrogen dan total fosfat diperoleh persamaan regresi yang terdapat pada Gambar 11. Hasil analisis regresi data penelitian menggunakan Minitab Versi 16, didapatkan bahwa nilai *p-Value* sebesar 0,007 ( $\alpha = 0,05$ ) maka tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ . Kesimpulannya adalah ada hubungan antara total nitrogen dan total fosfat pada sungai Ciliwung bagian hulu. Selain itu, didapatkan pula nilai koefisien korelasi sebesar 0.508, menggambarkan bahwa antar konsentrasi total nitrogen dan total fosfat mempunyai hubungan positif dan hubungannya sedang. Nilai *p-Value*  $< \alpha$ , menunjukkan bahwa model regresi linear seperti pada Gambar 15 sudah mewakili data hasil analisa. Nilai koefisien korelasi yang didapatkan dari data tersebut memiliki tingkat hubungan yang sedang, sehingga perlu dilakukan uji statistika untuk memastikan adanya hubungan antara total nitrogen dan total fosfat tersebut. Cara sederhana untuk melakukan ini adalah uji t-dua arah dengan hipotesis nol yaitu tidak terdapat hubungan antara total nitrogen dan total fosfat pada air sungai Ciliwung (Miller & Miller, 1991). Uji t dua arah yang dilakukan menggunakan aplikasi minitab versi 16. Dari data hasil uji minitab didapatkan nilai *p-Value*  $< \alpha$  (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ , artinya terdapat hubungan antara total nitrogen dan total fosfat pada sungai Ciliwung.



Gambar 11. Persamaan Regresi Linear Hubungan Antara Total Nitrogen dan Total Fosfat

## KESIMPULAN

Senyawaan nitrogen dan fosfat memiliki hubungan dengan koefisien korelasi sebesar 0,508 artinya memiliki hubungan yang sedang dan bernilai positif. Senyawaan Nitrogen dan Fosfat di air sungai Ciliwung bagian hulu, secara keseluruhan masih berada dibawah baku mutu PP No 82 tahun 2001.

Kualitas air sungai Ciliwung bagian hulu memenuhi baku mutu kelas III PP No 82 tahun 2001, yaitu air yang dapat digunakan untuk membudidayakan ikan air tawar, peternakan dan mengairi pertanian.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22<sup>nd</sup> ed., Port City Press, Maryland.
- Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Pengambilan Contoh dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*. SNI 03-7016-2004.
- Brotowidjoyo, M.D., Tribawono, D., & Mulbyantoro, E. (1995). *Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air*. Liberty. Yogyakarta.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hendrawan, D. (2008). Kualitas Air Sungai Ciliwung ditinjau dari parameter Minyak dan Lemak. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia Vol. 15 (2): 85-93*.
- Makatita, J. R. Susanto, A. B., & Mangimbulude J. C. (2014) *Kajian Zat Hara Fosfat dan Nitrat Pada Air dan Sedimen Padang Lamun Pulau Tujuh Seram Utara Barat Maluku Tengah*. Prosiding: Seminar Nasional FMIPA-UT 2014, 23 September 2014, Universitas Terbuka.
- Miller, J.C & Miller, J.N. (1991). *Statistika Untuk Kimia Analitik*. Terjemahan Sarono. Penerbit ITB, Bandung.
- Okhana, D.D. (2017). *Studi Dinamika Senyawa Nitrogen dalam Air Sungai Ciliwung Segmen 2 di Kota Bogor (Skripsi)*. Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa, Bogor, Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001: *Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.
- Putri, F.D.M., Widyastuti, E. & Christiani, C. (2014). Hubungan Perbandingan Total Nitrogen dan Total Fosfor dengan Kelimpahan Chrysophyta di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman Banjarnegara. *Scripta Biologica*, Vol. 1 (1):92-97. doi: 10.20884/1.sb.2014.1.1.33
- Sugiyono. (2011). *Statistik untuk Penelitian*. Cetakan ke sebelas. CV Alfabeta.
- Suhmana, D. (2012). *Dinamika Kualitas Air Sungai pada Berbagai Penggunaan Lahan di sub DAS Cisadane (Skripsi)*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Sutamihardja, R.T.M., Azizah, M. & Hardini, Y. (2017). Studi Dinamika Senyawa Fosfat Dalam Kualitas Air Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural, Vol. 8 (1), 43 – 49*. doi:10.31938/jsn.v8i1.114
- World Health Organization and European Commission. (2002). *Eutrophication and Health*. Edited by K. Pond. Luxembourg: Office for official Publication of the European communities. p 28.
- Wardoyo, S.T.H. (1982). *Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program*. Seameo Biotrop Bogor page 81.

# TINGKAT KEMATANGAN BIJI KOPI ARABICA (*Coffea arabica* L.) DALAM MENGHASILKAN KADAR KAFEIN

Srikandi\*, Aprilia Widia Kristanti dan RTM Sutamihardja  
Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa,  
Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4 Cimanggu Tanah Sereal, Bogor 16166  
\*e-mail: [sriuus@yahoo.co.id](mailto:sriuus@yahoo.co.id)

## ABSTRACT

### *Levels of Arabica (Coffea Arabica L.) Coffee Materials in Producing Caffein*

*Coffee is a plantation crop that has long been cultivated in Indonesia. One type of coffee grown in Indonesia, namely arabica coffee. Arabica coffee is coffee that has superior quality compared to other types of coffee. Testing of caffeine content in Sukamakmur village arabica coffee is differentiated into three types of coffee berries based on the maturity level of the coffee fruit. The level of maturity of coffee fruit is marked by the color of coffee fruit skin. The collection of young coffee fruit is characterized by green fruit rind, half-aged coffee, orange rind and old coffee, dark red rind. Arabica coffee fruit is processed from drying, drying, and roasting and grinding into arabica ground coffee. Powder coffee samples are used for water content testing, phytochemical identification, and caffeine level testing. Caffeine content testing using UV-Vis spectrophotometry. The results of water content testing showed that the highest water content was found in coffee with a maturity level of half old, the lowest moisture content found in old coffee. Phytochemical identification testing performed showed powdered coffee samples containing active compounds of saponins, flavonoids, and alkaloids, as well as tannins. The highest caffeine content is found in ground coffee with the maturity level of coffee half old at 1.56% and the lowest caffeine level in ground coffee with a young coffee level of 0.93%.*

*Keywords : Coffea arabica L., Level of maturity, Level of caffeine.*

## ABSTRAK

Kopi adalah tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan di Indonesia. Salah satu jenis kopi yang ditanam di Indonesia, yaitu kopi arabika. Kopi arabika merupakan kopi yang memiliki kualitas superior dibanding jenis kopi lainnya. Pengujian kadar kafein pada kopi arabika desa Sukamakmur dibedakan menjadi tiga jenis pengambilan buah kopi berdasarkan tingkat kematangan buah kopi. Tingkat kematangan buah kopi ditandai dengan warna kulit buah kopi. Pengambilan buah kopi muda ditandai dengan kulit buah berwarna hijau, kopi setengah tua, kulit buah berwarna jingga dan kopi tua, kulit buah berwarna merah tua. Buah kopi arabika diolah dari penjemuran, pengeringan, dan penyangraian serta penggilingan menjadi kopi bubuk arabika. Sampel kopi bubuk digunakan untuk bahan pengujian kadar air, identifikasi fitokimia dan pengujian kadar kafein. Pengujian kadar kafein menggunakan metode spektrofometri UV-Vis. Hasil pegujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air tertinggi terdapat pada kopi dengan tingkat kematangan setengah tua, kadar air terendah terdapat pada kopi tua. Pengujian identifikasi fitokimia yang dilakukan menunjukkan sampel kopi bubuk mengandung senyawa aktif saponin, flavonoid, dan alkaloid, serta tanin. Kadar kafein tertinggi terdapat pada kopi bubuk dengan tingkat kematangan kopi setengah tua sebesar 1,56% dan kadar kafein terendah pada kopi bubuk dengan tingkat kopi muda sebesar 0,93%.

Kata kunci: *Coffea arabica* L., Tingkat kematangan, Kadar kafein.

## PENDAHULUAN

Kopi merupakan tanaman perkebunan yang sudah lama menjadi tanaman yang dibudidayakan. Tanaman kopi menjadi sumber penghasilan rakyat dan juga meningkatkan devisa negara lewat ekspor biji mentah maupun olahan dari biji kopi. *International Coffee Organization* dalam

Budiman (2012) mengatakan bahwa Indonesia dinilai cukup strategis di dunia perkopian internasional, karena Indonesia merupakan negara pengeskor terbesar ketiga setelah Brazil dan Vietnam. Jenis-jenis kopi yang ditanam di Indonesia pada saat ini terdiri dari tiga jenis kopi, yaitu kopi robusta, arabika dan liberika (Johnston *et al.*, 2003). Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) adalah kopi

yang paling baik mutu cita rasanya dibanding jenis kopi yang lain dengan cita rasa khas kopi arabika yang kuat dan rasa sedikit asam. Kafein merupakan metabolit sekunder dalam biji kopi, dan termasuk senyawa alkaloid derivat xantin yang mengandung gugus metil (Sunaryo, 2005).

Kadar kafein pada tanaman kopi arabika dipengaruhi beberapa faktor, yaitu faktor gen kopi dan lingkungan. Faktor lingkungan anatara lain kandungan hara, waktu panen, dan kondisi tanah tempat tumbuh (Abdullah *et al.*, 2010). Waktu panen merupakan salah satu faktor lingkungan yang memberikan pengaruh terhadap kadar senyawa dalam tubuh tumbuhan. Waktu panen kaitannya sangat erat dengan tingkat kematangan buah. Tingkat kematangan pada buah biasanya ditandai dari warna kulit buah. Perubahan warna kulit buah yang terjadi menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan susunan kimia yang terkandung di dalam buah tersebut. Kopi arabika juga termasuk dalam tanaman buah yang memiliki waktu panen dan tingkat kematangan dalam waktu tertentu. Kopi arabika biasanya berwarna hijau saat muda, agak kekuningan sampai kemerahan saat setengah tua dan merah terang sampai merah gelap saat sudah tua (Abdullah *et al.*, 2010). Tingkat kematangan buah kopi arabika mempengaruhi kandungan senyawa kimia dalam biji kopi, terutama kafein. Kadar kafein dalam biji kopi berbeda tergantung pada tingkat kematangan saat buah kopi dipanen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan tingkat kematangan buah kopi arabika dari desa Sukamakmur terhadap kadar kafein yang dikandungnya.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah aluminium foil, akuades, amil alkohol, amonia (NH<sub>4</sub>OH), asam klorida (HCl pekat), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat), feri klorida (FeCl<sub>3</sub>), hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), indikator pp, kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>), kapas, kloroform (CHCl<sub>3</sub>),natrium hidroksida (NaOH), pereaksi mayer, pereaksi wagner, pereaksi dragendorff, kopi arabika varietas

Sigarar yang berasal dari Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor, serbuk magnesium, dan standar kafein. Alat-alat yang digunakan adalah autoklaf, cawan porselen, desikator, oven, hotplate (*Wisestir*), kertas saring, sudip, wajan, propan-werke, neraca analitik (*Ohaus*), *water bath*, mesin penggiling biji kopi, penyaring ukuran 60 mesh, plat tetes, peralatan gelas, *rotary evaporator*, spektrofotometer UV (*Optizen*).

### Metode

Tahapan metode penelitian antara lain preparasi sampel, skrining fitokimia, dan penentuan kadar air, serta penentuan kadar kafein.

#### 1. Preparasi sampel

Buah kopi arabika yang berasal dari Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor dengan tingkat kematangan yang berbeda (kopi muda berumur 2 bulan, kopi setengah tua berumur 4 bulan dan kopi tua berumur 7 bulan) dijemur di bawah sinar matahari sampai kering, dipisahkan antara biji kopi dengan kulitnya, bijinya disangrai dengan wajan pada suhu 190°C selama 30 menit. Sampel digiling dengan mesin penggiling biji kopi hingga menjadi kopi bubuk. Kopi bubuk disaring dengan penyaring ukuran 60 mesh.

#### 2. Penentuan Kadar Air (SNI 01-2891-1992)

Sampel bubuk kopi arabika ditimbang sebanyak 1-2 gram pada cawan porselen yang telah dikeringkan dan diketahui bobot kosongnya, kemudian sampel dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam dengan suhu 105 °C. Setelah 3 jam, sampel kemudian disimpan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang kembali untuk mengetahui bobot setelah pemanasan.

#### 3. Uji Fitokimia (Harborne, 1987)

##### a. Uji Saponin (uji busa)

Sejumlah ekstrak kopi bubuk dimasukkan dalam tabung reaksi yang kemudian dipanaskan pada penangas air. Reaksi positif ditunjukkan dengan terbentuknya busa yang stabil selama 5 menit dan tidak hilang pada penambahan 1 tetes HCl 2 N.

b. Uji Flavonoid

Sejumlah ekstrak sampel kopi bubuk ditambahkan serbuk magnesium 0,1 mg, 0,4 mL amil alkohol dan 4 mL alkohol kemudian campuran dikocok. Reaksi positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah, kuning atau jingga pada lapisan amil alkohol.

c. Uji Alkaloid

Sejumlah sampel kopi bubuk dimasukkan ke dalam gelas piala yang kemudian ditambahkan dengan 10 mL kloroform dan NH<sub>4</sub>OH pekat sampai suasana basa. Campuran tersebut kemudian disaring dan filtratnya ditambahkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2N. Larutan tersebut kemudian dikocok hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan asam (tidak berwarna) dimasukkan ke dalam tiga bagian plat tetes dan ditambahkan dengan pereaksi Mayer pada bagian pertama, pereaksi Wagner pada bagian kedua, serta pereaksi Dragendorf pada bagian ketiga. Reaksi positif ditunjukkan dengan terbentuknya endapan putih kekuningan pada penambahan pereaksi Mayer, endapan coklat pada penambahan pereaksi Wagner, dan endapan jingga pada penambahan pereaksi Dragendorf.

d. Uji Tanin

Sejumlah ekstrak kopi bubuk dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang kemudian ditambahkan dengan FeCl<sub>3</sub> 1%. Reaksi positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau, biru, atau hitam pada larutan.

**4. Kadar Kafein (Fitri, 2008)**

a. Pembuatan Larutan Standar Kafein

Standar kafein sebanyak 100 mg dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditepatkan hingga tanda batas dengan akuades (100 ppm). Larutan standar tersebut kemudian dipipet sebanyak 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 7,5; 10 mL ke dalam labu takar 50 mL dan ditepatkan hingga tanda batas dengan akuades untuk mendapatkan konsentrasi larutan standar sebesar 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 15; 20 mg/L. Larutan standar tersebut diukur dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang maksimum (250-300 nm) dan kemudian dibuat kurva kalibrasi hubungan

antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar.

b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kafein

Larutan standar kafein sebanyak 4 mL dengan konsentrasi 100 ppm dipipet, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan akuades hingga garis tanda dan dihomogenkan. Larutan standar yang diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 250 – 300 nm. Sebagai uji blanko digunakan akuades.

c. Ekstraksi Kafein

Sebanyak 1 g kopi bubuk dimasukkan ke dalam gelas piala, ditambahkan 150 mL air panas dan diaduk selama 2 menit. Larutan kopi disaring melalui corong dengan kertas saring ke dalam erlenmeyer. Serbuk CaCO<sub>3</sub> sebanyak 1,5 gram dan larutan kopi dan dimasukkan ke dalam corong pisah lalu diekstraksi sebanyak 4 kali, masing-masing dengan penambahan 25 mL kloroform. Lapisan atas (fraksi kloroform) diambil, diuapkan dengan *water bath* hingga membentuk ekstrak kering. Ekstrak kering tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga 100 mL. Larutan sampel diukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum (250-300 nm). Perhitungan kadar kafein pada kopi bubuk adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ b/b} = \frac{\text{konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \text{volume sampel (L)} \times \text{fp}}{\text{mg sampel}} \times 100$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

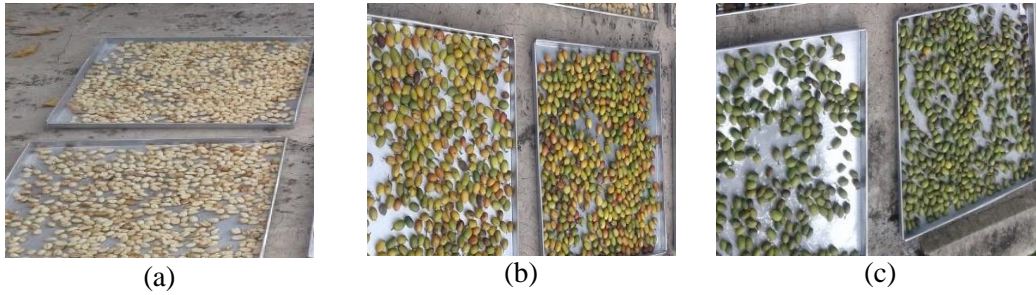
**1. Rendemen Kopi Bubuk**

Sampel kopi yang digunakan adalah kopi arabika varietas Sigarar utang yang dipetik dari kebun kopi desa Sukamakmur. Tanaman kopi berumur 4 tahun dan sampel kopi yang digunakan adalah berdasarkan tingkat kematangan yang dapat dilihat dari warna kulit buah kopi serta umur buah kopi. Kopi muda berumur 2 bulan adalah kopi yang memiliki kulit buah berwarna hijau tua, daging buahnya masih keras, kopi setengah tua berumur 4 bulan kulitnya berwarna

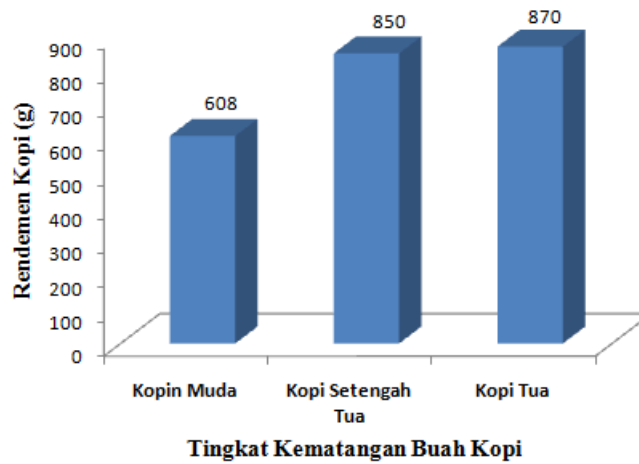
kuning sampai jingga, daging buah agak lunak dan kopi tua berumur 7 bulan berwarna merah terang sampai merah tua, daging buah lunak dan berair. Tingkat kematangan buah kopi dapat dilihat pada Gambar 1.

Kopidiolah secara kering, kopi muda dan tua langsung dijemur bersama kulitnyasedangkan untuk kopi tua dikupas kulitnya terlebih dahulu setelah itu dijemur di

bawah sinar matahari selama 14 hari. Massa masing–masing kopi sebelum dijemur sekitar 2 kilogram. Pengolahan kopi selanjutnya disangrai dan digiling menjadi bubuk kopi, dalam proses ini massa kopi mengalami penurunan. Penurunan massa kopi ini berhubungan dengan nilai rendemen (Gambar 2.)



Gambar 1. Tingkat Kematang Buah Kopi Arabica(a) Kopi Tua, (b) Kopi Setengah Tua, (c) Kopi Muda



Gambar 2. Nilai Rendemen Kopi



Gambar 3. Bubuk Kopi Berdasarkan Tingkat Kematangan Buah Kopi, (a) Kopi Tua, (b) Kopi Setengah Tua(c) Kopi Muda

Rendemen kopi arabika adalah perbandingan massa kopi arabika yang setelah proses dibanding dengan massa kopi sebelum diproses dengan menggunakan satuan persen. Kopi muda memiliki nilai rendamen 0,30%, kopi setengah tua 0,42% dan kopi tua 0,43% . Semakin tinggi nilai rendemen maka kopi bubuk yang di hasilkan semakin banyak. Bubuk kopi berdasarkan tingkat kematangan buah kopi dapat dilihat pada Gambar 3.

**2. Uji Fitokimia**

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa kopi mengandung metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, tanin dan saponin yang ditandai dengan terbentuknya hasil positif dari reaksi antara sampel dengan pereaksi yang digunakan pada identifikasi fitokimia. Kopi arabika dari desa Sukamakmur mengandung alkaloid, tanin, saponin dan flavonoid hasil uji dapat dilihat pada Tabel 1.

**3. Kadar Air**

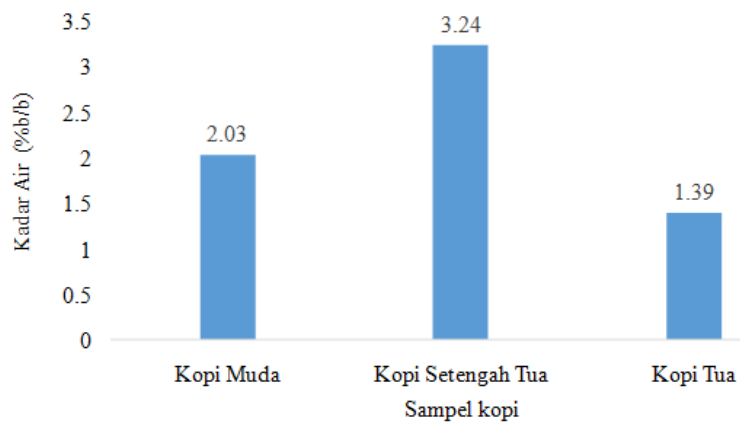
Kadar air tertinggi terdapat pada kopi setengah tua, dikarenakan dalam proses pengolahannya biji kopi masih bercampur dengan daging buah kopi, yang terjadi pada saat penjemuran buah kopi arabika. Buah kopi setengah tua dijemur dibawah sinar matahari bersama daging buah dikarenakan sulitnya melakukan pengupasan kulit buah dari biji kopi. Hal ini membuat kadar air dalam biji bertambah karena, buah yang setengah masak memiliki kadar air sekitar 65% dan berpengaruh memberikan efek kelembapan pada biji kopi (Lee, 2002). Apabila sirkulasi udara tidak lancar maka akan menjenuhkan atmosfer pada permukaan kopi, sehingga kopi mudah menyerap uap air yang ada di udara yang mengakibatkan kadar air dari kopi dapat meningkat (Twishri et al., 2006). Kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Fitokimia

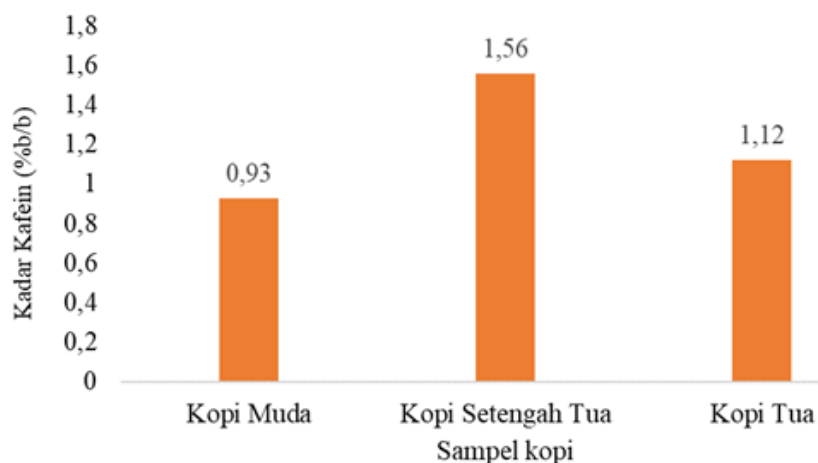
No.	Nama Sampel	Parameter					
		Alkaloid			Flavonoid	Tanin	Saponin
		Mayer	Wagner	Dragondorf			
1	Kopi muda	++	++	+++	+++	+++	+
2	Kopi setengah tua	+++	++	++	+++	+++	+++
3	Kopi tua	+++	+++	+++	++	+++	+

Keterangan :

- +++ = Sangat pekat
- ++ = Pekat
- + = Kurang pekat



Gambar 4. Grafik Kadar Air



Gambar 5. Grafik Kadar Kafein

Kadar air terendah terdapat pada kopi tua, dikarenakan kopi yang sudah tua kulit buahnya mudah dikupas sehingga pada saat penjemuran tidak bersama dengan daging buah, mengakibatkan biji kopi lebih cepat kering dan biji kopi masih terbungkus kulit tanduk (*hard skin*). Kulit tanduk berperan sebagai penghambat keluar masuknya air dari dalam biji (Lee, 2002).

#### 4. Kadar Kafein

Penentuan kadar kafein dalam kopi arabika bubuk adalah dengan cara mengekstraksi kopi. Pada proses ekstraksi, air dipanaskan hingga 95 °C agar dapat melarutkan komponen-komponen yang terdapat dalam kopi. Pemanasan membuat air memuai dan ikatan antar molekulnya menjadi longgar sehingga dapat melarutkan komponen kopi (Andarwulan *et al.*, 2011). Hasil analisis kadar kafein dapat dilihat pada Gambar 5.

Kadar kafein tertinggi dari hasil analisis terdapat pada kopi dengan tingkat kematangan setengah tua/pada kopi yang berwarna kuning sampai jingga. Kopi setengah tua merupakan kopi yang memiliki kandungan metabolit sekundernya yang tinggi dikarenakan kopi setengah tua sedang mengalami perkembangan pembentukan metabolit sekunder yang pesat dengan kondisi biji kopi yang cukup baik, terlihat dari bentuk bagian kopi yang sempurna, yang utuh dan relatif ukurannya cukup besar sehingga dapat terjadi pembentukan metabolit yang optimum. Sedangkan pada buah kopi muda, memiliki kadar kafein rendah

dikarenakan pembentukan bagian biji kopi belum sempurna dan untuk buah kopi yang tua ketika kopi masak akan mengalami penurunan senyawa metabolit karena proses biokimiawi di dalam biji mulai melambat, sehingga proses pembentukan metabolit tidak optimum (Rukmana, 1999).

#### KESIMPULAN

Kadar kafein tertinggi kopi arabika terdapat pada tingkat kematangan kopi setengah tua yang berwarna jingga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2010). *Thermogravimetry Study on Pyrolysis of Various Lignocellulosic Biomass for Potential Hydrogen Production*. IJCBS.
- Andarwulan N., Kusnandar F., Herawati D., (2011). *Analisis Pangan*. Jakarta: Dian Rakyat Jakarta
- Budiman, H. (2012). *Prospek Tinggi Bertanam Kopi*. Yogyakarta: Pustaka. Baru Press.
- Harborne, J.B. (1987). *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Penerbit ITB. Bandung.
- Johnston, K.L., Clifford, M.N., Morgan, L.M. (2003). *Coffee Acutely Modifies*

- Gastrointestinal Hormone Secretion and Glucose Tolerance in Humans: Glycemic Effects of Chlorogenic Acid and Caffeine, *Am J Clin Nutr.*
- Lee, C. (2002). Green coffee storage: A factor that ought not to be overlooked from tea & coffee trade. *Journal Feb 1999*. Sweet Maria Com.
- Rukmana, R. (1999). *Bertanam Buah-buahan di Pekarangan*. Kanisius Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1992. Kopi Instan No. SNI 01-2983-1992
- Sunaryo, R. (2005). *Perangsangan susunan saraf pusat*. Dalam: Farmakologi dan terapi FKUI. Jakarta.
- Twishsri, W., Chapman, K., Marsh, A., Frank, J.M., Kraitong, T., Kasinkasaempong, Y., Kosicharoenkul, S., and Nopchinwong, P. (2006). *Thailand Coffee Bag Linier Storage Trial*. FAO-DOA Special R&D Report on the FAO-Thailand Robusta Coffee Project. Thailand.

# KONSERVASI *EX-SITU* HARIMAU SUMATERA (*Panthera tigris sumatrae*) DI TMR JAKARTA

Yultisman<sup>1)\*</sup>, Mia Azizah<sup>2)</sup>, Supriyono Eko Wardoyo<sup>2)</sup>,  
<sup>1)</sup>UPT. TMR

Jl. Harsono No.1, Ps. Minggu, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa,  
Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4 Cimanggu Tanah Sereal, Bogor 16166

\*Email : [yultischaniago@gmail.com](mailto:yultischaniago@gmail.com)

## ABSTRACT

### *Ex-situ conservation of Sumatran tigers (Panthera tigris sumatrae) in Ragunan wildlife park, Jakarta*

*Sumatran tiger (Panthera tigris sumatrae) is one of the endemic species of Indonesia, which until now still live on the island of Sumatra. According to the International Conservation Agency, the existence of the animal is approaching extinction. Taman Marga Satwa Ragunan is one of Sumatran tiger conservation institution. The purpose of the research was to know the breeding of Sumatran tiger in Ragunan Wildlife Park conservation area, to know the proper conservation strategy for Sumatran tiger and to know Sumatran tiger activity ex-situ. The research was conducted at the Sumatran Tiger in Taman Marga Satwa Ragunan. Data were analyzed by descriptive analysis. Taman Marga Satwa Ragunan has made a proper effort in tiger conservation, this is marked by an increase in the Sumatran Tiger population.*

*Keywords: Sumatran Tiger, Conservation, Ragunan Wildlife Park*

## ABSTRAK

Harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) merupakan salah satu satwa endemik Indonesia, yang hingga saat ini masih hidup di pulau Sumatera. Menurut lembaga konservasi Internasional keberadaan satwa ini sudah mendekati kepunahan. Taman Marga Satwa Ragunan adalah salah satu lembaga konservasi Harimau Sumatera. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perkembangbiakan harimau sumatera dikawasan konservasi TMR, mengetahui strategi konservasi yang tepat untuk harimau sumatera dan mengetahui aktivitas harimau sumatera secara ex-situ. Penelitian ini dilakukan di kandang Harimau Sumatera di Taman Marga Satwa Ragunan, hasil dianalisis dengan analisis deskriptif. Taman Margasatwa Ragunan merupakan tempat konservasi yang cocok bagi Harimau Sumatera, ini ditandai dengan adanya peningkatan populasi dari awal tahun pendirian TMR (Tahun 1980) sampai dengan saat sekarang ini

Kata Kunci : Harimau Sumatera, Konservasi, TMR

## PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang kaya akan keanekaragaman hayati baik flora maupun fauna. Salah satu jenis fauna yang spesifik dari Indonesia adalah harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) yang hidup secara alami hampir di seluruh bagian pulau Sumatera. Harimau dalam ekosistem adalah salah satu indikator penting ekosistem yang sehat. Rusaknya ekosistem tidak hanya berdampak pada kepunahan harimau, tetapi juga hilangnya keanekaragaman hayati dalam ekosistem tersebut, (Soehartono *et al*, 2007).

Populasi harimau sumatera di alam kian menurun diakibatkan kondisi habitat yang terus terganggu. Hutan primer dan sekunder merupakan habitat harimau, keberadaan kedua jenis hutan tersebut sulit ditemukan lagi saat ini. Data terakhir jumlah populasi di alam berkisar diantara 400 sampai 500 ekor saja yang habitatnya menyebar di lima taman nasional (Gunung Leuser, Kerinci Seblat, Way Kambas, Berbak dan Bukit Barisan Selatan dan dua margasatwa (Kerumutan dan Rimbang) (Soehartono *et al*, 2007).

Mengatasi permasalahan harimau tersebut perlu dilakukan strategi secara komprehensif dan melibatkan semua pihak dengan tujuan penyelamatan harimau sumatera. Salah satu pendekatan konservasi dalam penanganan harimau sumatera adalah membangun dan rehabilitasi lahan harimau sumatera di habitat alam yang dikelola secara intensif sehingga satwa tersebut berkembang biak secara alamiah. Selain itu juga dengan cara ex-situ yaitu konservasi di luar habitat aslinya, diantaranya Taman Margasatwa.

Taman Margasatwa Ragunan (TMR) adalah tempat hewan dipelihara dalam lingkungan buatan, dan pertunjukan kepada publik. Selain sebagai tempat rekreasi, TMR juga berfungsi sebagai tempat pendidikan, riset dan tempat konservasi untuk satwa terancam punah. Satwa yang di pelihara di TMR sebagian besar adalah hewan yang hidup di darat, sedangkan satwa air dipelihara di Aquarium. Di TMR terdapat 3500 satwa yang terdiri dari hewan mamalia (menyusui), Reptilia (melata), Aves (burung), dan pisces (ikan), untuk ikan ada 19 spesies (167 satwa).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) sebagai objek yang diamati dan daging ayam sebagai pakan. Berdasarkan inventaris satwa Pemerintah Propinsi Daerah Khusus Ibukota TMR, harimau sumatera yang ada di TMR berjumlah 28 ekor. Harimau sumatera yang

dijadikan sebagai objek pengamatan terdiri dari 9 ekor, 3 ekor jantan dan 6 ekor betina. Nama-nama harimau sumatera jenis jantan di antaranya Harry, Tigo, dan Tigi, sedangkan harimau sumatera jenis betina di antaranya Chyka, Lingling, Rani, Bunga, Hanna dan Tino. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis seperti pulpen, kertas, papan jalan untuk mencatat data dan kamera untuk dokumentasi.

### Metode

Metode yang digunakan dalam pengolah data secara deskriptif meliputi metode pengamatan, studi pustaka, dan dokumenter. Pengamatan dilakukan dengan cara langsung mengamati kandang dan memberi pakan langsung kepada harimau sumatera. Sedangkan metode studi pustaka, metode ini dilakukan dengan mencari informasi-informasi yang sesuai dengan permasalahan baik dari buku, jurnal, serta Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1999 tentang pengawetan jenis tumbuhan dan satwa. Metode dokumentasi dengan cara pengambilan foto bertujuan untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai tahapan pengamatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Populasi Harimau Sumatera

Berdasarkan data yang diperoleh dari tahun 1980 sampai tahun 2016, jumlah populasi Harimau Sumatera di Taman Margasatwa Ragunan (TMR) (Tabel 1.).

Tabel 1. Populasi Harimau Sumatera (ekor)

NO	PERIODE	KENAIKAN (ekor)		PENURUNAN (ekor)		JUMLAH
		(+) DATANG	(+) LAHIR	(-) PINDAH	(-) MATI	
1	1980	2				2
2	1981- 1990		7	0	1	8
3	1991 – 2000	1	8	5	6	6
4	2001 – 2010		28	3	11	20
5	2011 – 2016		9	0	1	28

Sumber : Inventaris Harimau Sumatera di TMR

Jumlah populasi mengalami kenaikan yang tinggi dari tahun 1980 sampai tahun 2016 yaitu dari 2 ekor (1 jantan dan 1 betina) menjadi 28 ekor. Jumlah kelahiran harimau sumatera yang meningkat, karena hasil perkembangbiakkan dari induk dua ekor, serta 1 ekor pertukaran dengan Kebun Binatang (KB) daerah lain. Jumlah harimau sumatera yang datang sedikit mengakibatkan perkawinan sedarah atau *inbreeding*. Tingkat kelahiran harimau sumatera yang tinggi diakibatkan perkawinan yang sering atau berulang antara 1 pejantan dan 1 betina, dan disetiap hasil perkawinan rata-rata menghasilkan 3 anak harimau sumatera.

Jumlah harimau sumatera yang menurun di TMR akibat terjadinya perpindahan harimau sumatera ke lokasi lain atau mati. Tujuan perpindahan ini adalah terjadinya tukar menukar satwa antar KB yang ada di Indonesia. Perpindahan ini dilakukan ke KB pada tahun 1996, dengan jenis kelamin betina umur 13 tahun, pindah ke Taman Safari Bogor pada tahun 1998 jenis kelamin jantan dengan umur 8 tahun, pindah ke KB Jambi pada tahun 1993 dengan jenis kelamin jantan, umur 2 tahun. Pertukaran satwa yang terjadi pada tahun 1991 antara KB Bengkulu dengan KB Ragunan dengan jenis kelamin harimau sumatera jantan. Pada tahun 1992 terjadi perpindahan harimau sumatera dari kebun Binatang Ragunan ke KB Jambi dengan jenis kelamin betina dan berumur masih 4 bulan. Pada tahun 2008 terjadi perpindahan harimau sumatera ke KB Surabaya dengan jenis kelamin betina yang berumur 4 tahun, 1 ekor harimau sumatera di pindahkan ke KB Jambi pada tahun 2010 dengan jenis kelamin jantan yang berumur 4 tahun. Pada tahun 2008 harimau sumatera dipindah ke KB Surabaya berumur 2 tahun dengan jenis kelamin jantan.

Di TMR, harimau sumatera yang mati diakibatkan oleh karena faktor usia yang sudah tua, gangguan pencernaan, kelainan jantung, dan lahir prematur. Harimau sumatera yang mengalami kematian tertinggi terjadi pada tahun 2001-2010, faktor penyebab kematian secara umum adalah lahir prematur.

## B. Kandang

Kandang merupakan aspek yang sangat penting dalam suatu penangkaran, karena kehidupan harimau sumatera yang ditangkarkan seluruhnya berada di dalam kandang. Aspek perkandangan yang harus diperhatikan adalah kegunaan kandang (untuk peragaan, bunting, melahirkan), bentuk perkandangan, ukuran, fasilitas di dalam kandang dan kebersihan kandang. TMR memiliki 2 lokasi penangkaran harimau sumatera, lokasi pertama berdekatan dengan gerbang pintu utama, lokasi kedua berada dekat dengan gerbang pintu timur, jarak antara lokasi pertama dan lokasi kedua tidak lebih dari 1 km. TMR membuat 2 lokasi penangkaran harimau bertujuan untuk mempermudah pengunjung melihat harimau sumatera karena kawasan ragunan yang sangat luas dan memiliki 3 pintu masuk (Pintu utara, pintu barat dan pintu timur) serta dilakukan dengan berjalan kaki.

Masing-masing lokasi memiliki dua jenis kandang yaitu kandang luar/peragaan dan kandang dalam/kandang tidur. Dua kandang tersebut saling berdekatan sehingga harimau dapat dipindahkan dengan mudah.

### a. Kandang luar/kandang peragaan

Kandang luar/kandang peragaan merupakan kandang yang digunakan harimau sumatera untuk melakukan kegiatan pada pagi hari sampai sore hari. Disamping itu kandang luar juga digunakan sebagai kandang peragaan dan perkawinan. Kandang luar atau kandang peragaan merupakan kandang terbuka (tidak beratap). Bentuk kandang luar memiliki arsitektur yang mendekati habitat asli.



Gambar 1. Kondisi kandang menyerupai habitat asli

Daya dukung kandang peragaan adalah 1 ekor per kandang peragaan, kecuali bila sedang musim kawin dapat mencapai 2 ekor (jantan dan betina). Harimau yang berada pada kandang peragaan biasanya diisi oleh harimau jantan, karena harimau jantan diduga lebih agresif dalam bergerak.

Lokasi pertama memiliki 2 kandang terbuka yang berukuran 50 x 20 m<sup>2</sup> dan lokasi kedua memiliki 4 kandang terbuka yang masing-masing luas dan bentuk/susunannya tidak sama tetapi pada umumnya mempunyai ukuran 20 x 16 m<sup>2</sup>. Pada kandang luar/kandang peragaan terdapat komponen-komponen habitat buatan yang menyerupai habitat aslinya seperti peneh berupa goa buatan yang terbuat dari bahan semen yang sering digunakan sebagai tempat tidur, pohon peneh dan tempat istirahat. Selain itu juga terdapat fasilitas seperti kolam air tempat minum dan mandi yang dalamnya lebih dari 1,5 m yang sekaligus berfungsi agar satwa tidak meloncat keluar kandang. Pembatas antara lokasi pengunjung dengan kandang luar/peraga berupa bangunan tembok dengan ketinggian dari dasar kolam setinggi 3,5 m.



Gambar 2. Kandang luar memiliki ketinggian 3,5m dari Dasar Kolam

Kandang harimau sumatera di KB Surabaya dengan luas 9x8 m<sup>2</sup> dibanding kandang harimau di TMR lebih luas, kandang peragaan harimau sumatera di KB Surabaya yang dibatasi dan dikelilingi dengan jeruji besi tanpa ada pohon, sehingga harimau sumatera selalu kepanasan oleh terik matahari, maka setiap hari harimau sumatera berendam di air, serta ruang gerak harimau sumatera juga terbatas (Ganesa dan Aunurohman, 2012)

Hal ini jauh berbeda dengan kandang peragaan harimau sumatera di Taman Safari Bogor, kandang peragaan dibagi atas 2 yaitu kandang atas yang terdiri dari 6 kandang peragaan dengan luas kandang peragaan harimau sumatera 10,5x5 m dan kandang bawah terdiri dari 5 kandang peragaan yang masing berukuran 10,5x7,2 m, sehingga harimau sangat bebas bergerak (Felisa, 2014). Pengunjung taman safari, hanya boleh melihat dari kaca jendela mobil yang dibawa pengunjung sehingga dibatasi dengan kaca mobil.

Bila dibandingkan dengan KB Surabaya, kandang peragaan harimau sumatera di TMR luas dengan fasilitas satwa yang telah mendekati habitat aslinya sehingga pengunjung dapat melihat harimau sumatera sepuasnya tanpa dibatasi dengan waktu dan kendaraan/mobil yang harus dibawa.

#### b. Kandang Dalam / Kandang tidur

Kandang tidur digunakan harimau untuk melakukan kegiatan hariannya pada sore hari dan malam hari yaitu tidur dan makan. Kandang tidur juga akan lebih memudahkan kerja perawat satwa dalam hal pemantauan konsumsi pakan harimau. Pemantauan kesehatan, perlakuan pencegahan penyakit (penyuntikan vaksin dan *check up*) dan kandang tidur juga berfungsi sebagai tempat isolasi bila ada harimau yang stres atau sakit. Di dalam kandang tidur ada fasilitas seperti tempat tidur dan tempat air minum.

Di TMR kandang tidur dibuat berdampingan dengan kandang peraga. Terdapat 17 kandang tidur yang tersebar di 2 lokasi. Lokasi yang pertama memiliki 8 kandang tidur dengan ukuran yang sama yaitu 3 x 2,5 m<sup>2</sup>, dan lokasi yang kedua terdapat sembilan kandang tidur dengan ukura 6 x 3m<sup>2</sup>. Pada bagian atap kandang istirahat terdiri dari 2 lapisan yaitu lapisan pertama berupa teralis yang terbuat dari besi dan lapisan kedua terdiri dari asbes atau atap beton. Bentuk kandang tidur pada bagian depannya terdiri dari jeruji besi, jeruji kandang berukuran diameter 1 inci, dengan lebar antara jeruji dari 5 cm sampai 10 cm. Lantai terbuat dari semen, didalam kandang terdapat tempat tidur dan tempat air minum dari semen yang pada umumnya berbentuk persegi. Pintu kandang berupa pintu *quillotin*

yaitu pintu yang dapat dibuka dengan cara ditarik ke atas dan ditutup dengan menurunkan katrol tali selingnya ke bawah.

Di Taman Safari Indonesia, kandang tidur pada unit bawah memiliki ukuran masing- masing 3 x 3m<sup>2</sup> sedangkan pada kandang tidur pada unit atas memiliki ukuran 3,3 x 2,8m<sup>2</sup> dengan posisi berdampingan dengan kandang peraga (Felisa, 2004). KB Surabaya memiliki luas 2,5 x 2,5 m<sup>2</sup>.



Gambar 3. Kandang Memakai Pintu *Quillotin*/ Pintu Katrol

### C. Pakan

Guna menjaga kelangsungan hidup semua makhluk hidup memerlukan makanan, yang akan didapat energi untuk beraktivitas sehari – hari. Aspek yang harus diperhatikan adalah pakan yang memadai dalam jangka waktu yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Di Habitat alaminya, pakan harimau sumatera adalah rusa (*Cervus unicolor*) dan babi hutan (*Sus scrofa*) dan dalam keadaan tertentu, harimau sumatera juga memangsa berbagai jenis mangsa alternatif seperti kijang (*Muntiacus muntjak*), beruk (*Macaca nemestrina*) dan beruang madu (*Helarctos malayanus*) (Departemen Kehutanan Republik Indonesia, 2007). Faktor-faktor yang menyebabkan pakan alami harimau sumatera tidak dapat diberikan di penangkaran adalah palabilitas pakan harimau yaitu keinginan dan kesukaan harimau terhadap jenis dan pakan tertentu (Ridwan *et al*, 2000) serta kebutuhan harimau akan pakan dengan kadar protein yang tinggi dan merupakan satwa yang dilindungi seperti rusa, kijang dan beruang madu yang dilindungi berdasarkan PP No. 7 Tahun 1999.

Di TMR, jenis pakan harimau sumatera yang diberikan adalah daging dan ayam mentah. Daging yang diberikan adalah daging babi hutan dan ayam mentah segar yaitu ayam hidup yang dipotong oleh perawat (*kipper*).



Gambar 3. Pakan Daging Babi



Gambar 4. Pakan Ayam Hidup

Daging babi yang datang dari pemasok adalah daging babi hutan yang dalam keadaan beku. Untuk memastikan daging babi dalam keadaan baik dan segar, daging babi dibekukan di dalam ruangan pembeku (*Freezer*) untuk menghindari pembusukan pakan. Tahapan pemberian pakan khusus untuk daging babi adalah :

1. Pencairan pakan beku. Untuk pencairan dilakukan pada tempat yang memadai dengan ukuran 3 x 4 m<sup>2</sup> yang dapat menyediakan pakan sebanyak 700 kg perhari. Didalam tempat ini terdapat alat pemanas otomatis, lampu, kipas angin. Untuk pencairan pakan memerlukan waktu 15 menit.

2. Pembagian dan pemberian pakan, setelah dilakukan pencairan pakan maka pakan dibagi-bagi kedalam wadah sesuai dengan kebutuhannya dan pakan siap diberikan kepada harimau sumatera.

Jumlah pakan yang diberikan tergantung berat badan dan umur harimau. Menentukan pakan harimau sumatera diberikan 10% dari berat badannya. Jika harimau sumatera memiliki berat badan 60 kg maka akan diberikan pakan sebanyak 6 kg/hari, untuk harimau dewasa jumlah pakannya sekitar 3 – 6 kg/hari, untuk harimau yang sedang bunting pakan yang diberikan antara 5- 8 kg/hari dan untuk anakan harimau diberikan 1-3 kg/hari. Pemberian pakan pada harimau sumatera di TMR dilakukan pada jam 15.00 WIB hal ini bertujuan untuk mempermudah perawat memasukan harimau sumatera dari kandang luar ke kandang dalam, sehingga pada malam hari tidak ada harimau yang berada di kandang luar, disamping itu untuk mempermudah membersihkan kandang pada keesokan harinya.

Pemberian pakan dilakukan 1 kali sehari bertujuan untuk mencegah kegemukan (*obesitas*) pada harimau sumatera mengingat aktivitas harimau sumatera di dalam kandang kebanyakan istirahat. Kesehatan satwa dapat dilihat dari jumlah pakan yang dihabiskan harimau. Jika pakan tidak habis dimakan maka dicari penyebab makanan tidak habis, apakah hewan sakit, stress.

Pemberian pakan berupa daging babi dan daging ayam dengan jadwal makanan 1 kali sehari, sedangkan di Taman Safari Bogor, pakan harimau sumatera lebih bervariasi yaitu dengan daging kangguru yang diimpor dari luar negeri, daging kambing, daging ayam dan daging kuda dan diberi makan setiap jam 15.00 WIB (Felisa, 2004). Dibandingkan dengan pakan harimau sumatera di KB Surabaya diberi pakan 2 hari sekali yaitu daging sapi, kambing dan ayam sebanyak 5 kg.

Berdasarkan pemberian pakan dapat dilihat pemberian pakan harimau sumatera lebih bagus di Taman Safari Bogor jika dibandingkan dengan TMR. Namun kondisi ini lebih bagus jika dibandingkan dengan KB Surabaya karena pakan diberikan dalam jangka waktu 2 hari sekali.

#### D. Sanitasi

Di TMR, pembersihan kandang dan tempat minum dilakukan setiap hari. Teknis pembersihan kandang dilakukan dengan pembersihan kotoran dan sisa makanan terlebih dahulu. Kemudian menyemprotkan air bersih dengan menggunakan selang plastik, setelah itu lantai dan tempat minum dibersihkan dengan zat desinfektan (karbol) dan disikat sampai bersih, ventilasi diperlukan untuk menghilangkan bau amonia dari *feces* harimau dari dalam kandang. Di setiap kandang dalam terdapat saluran air yang berfungsi sebagai pembuangan air limbah pada saat perawat membersihkan kandang.



Gambar 5. Sanitasi (pembersihan kandang dengan semprotan air)

Kandang luar dibersihkan dengan cara melakukan pembersihan rontokan sampah daun dan rumput liar yang ada di dalam kandang peragaan serta merapikan potongan pohon yang ada dalam kandang peragaan (*enrichman*) sebagai alat bermain, untuk mengasah cakar (kuku) harimau sumatera. Berbeda halnya dengan Taman Safari Bogor, kandang luar (kandang peragaan) dibiarkan seperti habitat aslinya. Dilihat dari sanitasi kandang, kandang peragaan di Taman Safari Bogor lebih bagus karena lebih menyerupai habitat aslinya namun dari segi pengunjung, Taman Safari Bogor lebih membatasi pengunjung dalam melihat harimau sumatera karena harus dilihat dari dalam kendaraan.

## E. Aktivitas Harimau Sumatera

Aktivitas harimau sumatera di TMR sangat berbeda dengan aktivitas harimau sumatera di habitat aslinya. Di habitat aslinya harimau sumatera harus mencari sendiri makanannya dengan cara berburu di hutan yang luas sedangkan di TMR harimau sumatera tidak memburu makanannya dengan luas area yang sangat terbatas.

Faktor yang mempengaruhi adaptasi harimau sumatera di lembaga konservasi dengan habitat aslinya yaitu perilaku harimau sumatera yang dapat dilihat dari aktivitas harimau sumatera antara lain terdiri dari aktivitas makan aktivitas istirahat, dan aktivitas sosial.

### 1. Aktivitas makan.

Aktivitas makan harimau sumatera di TMR yang diamati adalah aktivitas mengunyah makanan, jenis pakan dan waktu yang diperlukan untuk menghabiskan pakannya. Harimau sumatera di TMR sebelum memakan pakan yang diberikan terlebih dahulu merobek-robek pakan menjadi ukuran yang lebih kecil agar mempermudah proses mengunyah pakan. Aktivitas ini tidak berbeda antara jenis kelamin jantan maupun betina. Dari segi jenis pakan setiap harimau sumatera tidak ada perbedaan satu sama lain, yang membedakan adalah waktu untuk menghabiskan pakan. Harimau sumatera yang dalam keadaan sehat akan lebih cepat menghabiskan pakan dibandingkan dengan harimau sumatera dalam keadaan sakit. Harimau jantan cenderung menghabiskan pakannya lebih cepat dari harimau betina.

### 2. Aktivitas Istirahat

Aktivitas istirahat yang diamati, antara lain tidur, tidur – tiduran, dan duduk. Aktivitas tidur dilakukan di kandang dalam pada malam hari, sedangkan perilaku tidur-tiduran dilakukan disiang hari baik di kandang peragaan maupun di kandang dalam. Harimau sumatera yang berada di dalam kandang peragaan sering tidur-tiduran dibawah pohon atau goa buatan di saat matahari sedang terik. Sedangkan harimau sumatera yang berada di kandang dalam tidur-tiduran di tempat yang telah disediakan. Aktivitas duduk tidak jauh berbeda dengan aktivitas tidur-tiduran

Aktivitas harimau sumatera yang berada di kandang luar sangat berbeda pada

saat di dalam kandang dalam. Harimau sumatera yang berada di dalam kandang peragaan menghabiskan waktunya dengan berbaring, tidur-tiduran, jalan di sekeliling kandang, kadang-kadang berenang di kolam air yang tersedia di kandang peragaan.

### 3. Aktivitas Sosial

Aktivitas sosial yang diamati, dibedakan menjadi aktivitas sosial antar harimau sumatera. Aktivitas sosial harimau sumatera dengan perawat (*keeper*), dan aktivitas harimau sumatera dengan pengunjung.

Aktivitas sosial harimau sumatera di TMR dengan perawat (*keeper*) terjadi pada saat pembersihan kandang tertutup, pemberian pakan dan pada saat perawat (*keeper*) memasukkan harimau sumatera dari kandang utama ke kandang dalam, begitu juga pada saat mengeluarkan harimau sumatera dari kandang dalam ke kandang utama. Pada saat pembersihan kandang, respon perilakunya adalah harimau sumatera akan terlihat berjalan bolak-balik di dalam kandang dalam (nahok) karena ada aktivitas pembersihan kandang.

Aktivitas sosial harimau sumatera dengan pengunjung hampir tidak ada, karena jarak antara harimau sumatera dengan pengunjung cukup jauh. Harimau sumatera yang berada di kandang luar/peragaan maupun yang berada di kandang dalam/kandang tidur juga melakukan seruan vokalisasi (*growling*) agar diketahui keberadaannya di lokasi tersebut.

Di TMR faktor yang mempengaruhi aktivitas sosial diantaranya adalah kondisi kandang. Harimau sumatera yang berada di dalam kandang dalam lebih banyak menghabiskan waktunya untuk istirahat, bolak-balik dan sesekali mengasah kukunya di papan tempat tidurnya. Hal ini sangat berbeda sekali dengan harimau sumatera di habitat alamnya, sehingga akan menyebabkan perubahan aktivitas harian harimau sumatera.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. TMR memiliki lahan yang luas untuk dikembangkan/ konservasi binatang

umumnya dan harimau sumatera pada khususnya.

2. TMR merupakan tempat konservasi yang cocok bagi Harimau Sumatera, ini ditandai dengan adanya peningkatan populasi dari awal tahun pendirian TMR (Tahun 1980) sampai dengan saat sekarang ini.
3. Kandang luar/kandang peragaan harimau sumatera di TMR sudah sesuai karena menyerupai habitat aslinya.

#### Saran

1. Untuk meningkatkan populasi harimau sumatera, diharapkan TMR dapat mendatangkan harimau Sumatera dari daerah lain atau KB lain, hal ini difungsikan untuk mengatur pola perkawinan antar harimau agar terhindari dari *inbreeding* (perkawinan sekerabat).
2. TMR diharapkan dapat memberikan jenis pakan yang bervariasi untuk harimau sumatera.

*tigris sumatrae*) Dalam Konservasi Ex-Situ KB Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 1(1), (Sept. 2012) ISSN: 2301-928X

Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1999 tentang pengawetan jenis tumbuhan dan satwa.

Ridwan R, Nahrowi, Sofyan LA. (2000). Pemberian Berbagai Jenis Pakan Untuk Mengevaluasi Palabilitas Konsumsi Protein dan Energi Pada Kadal (*Mabouya multifasciata*). *Biodiversitas* .2 (1): 98-103

Soehartono, Hariyo, T., Sunarto, T., Martyr, D., Djok, H., Maddox, T. (2007). *Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Harimau Sumatera 2007-2017*. Departemen Kehutanan Republik Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

Departemen Kehutanan Republik Indonesia. (2007). Strategi Konservasi dan Rencana Aksi Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) 2007-2017, Jakarta

Felisa, (2014). Pengelolaan Penangkaran Harimau Sumatera (*Panthera tigrisSumatrae* Pocock,1929). di Taman Safari Indonesia Cisarua, *Skripsi Fakultas Kehutanan Ipb, Bogor*.

Ganesa, A dan Aunurohman. (2012). Perilaku Harian Harimau Sumatera (*Panthera*

# KARAKTERISTIK KOPI BUBUK ARABIKA (*Coffea arabica* L) TERFERMENTASI *Saccharomyces cerevisiae*

Mia Azizah<sup>1)\*</sup>, RTM Sutamihardja<sup>2)</sup>, Nova Wijaya<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Progam Studi Biologi, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa, Bogor

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

Jl. K.H. Sholeh Iskandar KM. 4 Cimanggu Tanah Sereal, Bogor 16166

\*email: [miaazizah23@gmail.com](mailto:miaazizah23@gmail.com)

## ABSTRACT

### *Characteristics Of Arabica Ground Coffee (Coffea arabica L) Fermented by Saccharomyces cerevisiae*

Coffee is one of the plantation commodities that have higher economic value among other plantation crops. Arabica coffee has superior quality and taste compared to others. Coffee has been widely processed into grounded coffee products. The quality of ground coffee is influenced by many factors; one of them is processing. In the processing of coffee fruit into coffee beans the process that is certain to occur is fermentation. Fermentation affects ground coffee quality products. This study focused on observing the quality of arabica ground coffee fermented by *Saccharomyces cerevisiae*. The quality parameters of the ground coffee observed include water content, coffee extract and caffeine content. Other qualities supporting parameters are pH of ground coffee and phytochemical test. In addition, the fermentation pH was also observed in the fermentation process, reducing sugar content and qualitative testing of ethanol. *Saccharomyces cerevisiae* concentration was varied 0% (K0), 1% (K1), 2% (K2), 3% (K3) and 4% (K4) with duration of fermentation is for 24 hours. The quality of arabica ground coffee products is in accordance with SNI Ground Coffee 01-3542-2004 with the following values: Water content 2,3-1,6% b/b. Coffee extract 30,7-30,3% b/b. Caffeine content 1,18-1,01% b/b. The pH of brewed ground coffee is 6,5-5,1. Alkaloids, saponins and tannins were detected in all different treatments of ground coffee samples. Flavonoids were only detected in the treatment of K0 ground coffee samples. The fermentation pH at the initial state was 5,61 and after fermentation was 4,91-3,89. Reducing sugar content at the initial state was 32,35% b/b and after fermentation 21,2-4,3% b/b. Ethanol was detected in all samples before and after fermentation.

Keywords: *Coffea Arabica* L, Ground Coffee Quality, Fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*

## ABSTRAK

Kopi merupakan salah satu komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi diantara tanaman perkebunan lainnya. Kopi Arabika memiliki karakteristik dan cita rasa superior dibanding yang lainnya. Kopi banyak diolah menjadi produk kopi bubuk. Karakteristik kopi bubuk dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah cara pengolahan. Pengolahan dari buah kopi menjadi biji kopi salah satu proses yang pasti dilalui, yaitu fermentasi. Penelitian ini difokuskan pada karakterisasi kopi bubuk Arabika hasil fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Parameter yang diamati meliputi kadar air, sari kopi dan kadar kafein. Parameter penunjang lainnya, yaitu pH seduhan kopi bubuk dan uji fitokimia. Selain itu, selama proses fermentasi diamati pH fermentasi, kadar gula pereduksi dan uji kualitatif etanol. Konsentrasi *S. cerevisiae* divariasikan 0% (K0), 1% (K1), 2% (K2), 3% (K3) dan 4% (K4) dengan waktu fermentasi selama 24 jam. Karakteristik kopi bubuk Arabika yang dihasilkan sesuai dengan SNI Kopi Bubuk Nomor 01-3542-2004 yaitu kadar air 2,33-1,6% b/b, sari kopi 30,7 - 30,3% b/b, kadar kafein 1,18-1,01% b/b dan pH seduhan kopi bubuk 6,5-5,1. Alkaloid, saponin dan tanin terdeteksi pada semua perlakuan sampel kopi bubuk. Flavonoid hanya terdeteksi pada perlakuan sampel kopi bubuk K0. pH fermentasi pada keadaan awal 5,61 dan setelah fermentasi 4,91-3,89. Kadar gula pereduksi pada keadaan awal 32,35% b/b dan setelah fermentasi 21,2-4,3% b/b. Etanol terdeteksi pada semua sampel sebelum dan setelah fermentasi.

Kata kunci: *Coffea Arabica* L, mutu kopi bubuk, Fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*

## PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya (Yusdiali, 2008). Kopi

terdiri dari banyak jenis antara lain yang sering dijumpai, yaitu kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora*). Kopi Arabika memiliki karakteristik dan cita rasa yang lebih superior dibandingkan dengan kopi robusta (Najiyati

dan Danarti, 2001). Kopi banyak digunakan sebagai minuman penyegar karena memiliki cita rasa yang khas, sehingga digemari oleh berbagai lapisan masyarakat di seluruh dunia. Minuman kopi dibuat dari seduhan produk olahan kopi yang sering dijumpai contohnya kopi bubuk (Bina UKM, 2011). Karakteristik kopi bubuk dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya cara pengolahan. Pengolahan buah kopi menjadi biji kopi dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun ada satu tahapan yang sama-sama dilalui yaitu proses fermentasi (Hoffmann, 2014).

Fermentasi kopi bertujuan untuk melepaskan lapisan lendir (*mucilage*) yang masih melekat pada biji (Panggabean, 2011). Dekomposisi lapisan lendir (*mucilage*) selama fermentasi biji kopi terjadi karena adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme yang berasal dari lingkungannya (Frank *et al.*, 1996). *Mucilage* kaya akan pektin dan gula (Murthy dan Naidu, 2011). *Mucilage* menjadi sumber nutrisi mikroorganisme selama proses fermentasi (Board, 1983). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang banyak diteliti berkaitan dengan kemampuannya memfermentasi gula (Gadd, 1998).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian fermentasi kopi robusta menggunakan koji *S. cerevisiae* var. *ellipsoideus* dengan variasi konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dengan waktu fermentasi 24 jam, menunjukkan bahwa konsentrasi kopi semakin tinggi berpengaruh nyata pada penurunan kadar air, kadar asam, dan kadar kafein kopi bubuk (Ikrawan *et al.*, 2012). Avallone (2002) melakukan penelitian tentang fermentasi kopi secara alami dengan durasi waktu fermentasi 20 jam, menyatakan bahwa pada proses fermentasi terjadi penurunan pH dan kadar gula pereduksi, serta terbentuknya etanol. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menganalisis karakteristik kopi bubuk Arabika terfermentasi *S. cerevisiae* dan analisis pH fermentasi, kadar gula pereduksi, serta uji kualitatif etanol dari proses fermentasi. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi *S. cerevisiae* 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dengan durasi waktu fermentasi 24 jam.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu buah kopi Arabika matang berwarna merah yang berasal dari daerah Cipanas, Bogor, standar kafein, *S. cerevisiae* (ragi fermipan), amonia ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) pekat, etanol, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), larutan KI 20%, larutan  $\text{FeCl}_3$  5%, kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), larutan natrium tiosulfat 0,1N, larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  10%, pereaksi Dragendorff, pereaksi Luff Schoorl, pereaksi Mayer, pereaksi Wagner.

Alat yang digunakan yaitu ayakan 60 mesh, blender, botol plastik ukuran 1500 mL beserta tutup, selang, buret 50 mL, cawan porselen, corong, corong pisah, desikator, oven, hotplate, kertas saring, labu distilasi, pemanas listrik, pendingin tegak, pH meter, neraca analitik, oven, spektrofotometer UV-Vis Optizen, water bath, dan peralatan gelas lainnya.

### Metode

Tahapan metode penelitian antara lain fermentasi kopi, analisis proses fermentasi, pembuatan kopi bubuk, uji fitokimia, derajat keasaman (pH seduhan kopi bubuk), dan analisis karakteristik kopi bubuk.

#### A. Fermentasi kopi (Ikrawan *et al.*, 2012)

Fermentasi kopi Arabika dilakukan dengan fermentasi basah yaitu dengan penambahan bakteri *S. cerevisiae* dengan variasi konsentrasi, yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dari bobot gabah basah.

#### B. Analisis Proses Fermentasi

##### 1. pH Fermentasi (Rahim, 2009)

pH diukur dengan menggunakan pH meter terhadap sampel sebelum dan setelah fermentasi.

##### 2. Kadar Gula Pereduksi (Metode Luff Schoorl (SNI 3547.2-2008))

Penentuan kadar gula pereduksi dilakukan dengan metode Luff Schoorl. Prinsip dari metode ini yaitu reduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Cu}^+$  oleh monosakarida bebas. Kelebihan  $\text{Cu}^{2+}$  ( yang tidak direduksi) diukur dengan titrasi iodometri.

### 3. Uji Kualitatif Etanol (Ahuja dan Jespersen, 2006)

Uji kualitatif etanol dilakukan melalui identifikasi warna. Adanya etanol ditandai dengan terbentuknya warna merah dengan pemberian larutan serium (IV) amonium nitrat dan aquades pada destilat cairan fermentasi.

#### C. Pembuatan Kopi Bubuk

Biji kopi hasil fermentasi dicuci dengan air mengalir kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 25 jam. Biji kopi dikupas kulit tanduk dengan *huller* sehingga diperoleh kopi beras. Kopi beras disangrai dengan oven pada suhu 190°C selama 20 menit. Sampel digiling dengan blender hingga menjadi kopi bubuk. Kopi bubuk disaring dengan penyaring ukuran 60 *mesh*.

#### D. Uji Fitokimia (Harborne, 1987)

Uji Fitokimia dilakukan berdasarkan pembentukan warna/endapan dengan pereaksi uji. Uji alkaloid menggunakan pereaksi Wagner, Mayer, dan Dragendorff. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna coklat (Wagner), putih atau kuning (Mayer), merah kecoklatan (Dragendorff). Uji flavonoid dengan melihat terbentuknya kompleks berwarna ungu dengan Mg ditambah HCl pekat. Keberadaan saponin dilihat dari pembentukan busa yang stabil setelah penambahan akuades dan pengocokan. Uji tanin dilakukan dengan pereaksi FeCl<sub>3</sub> dan pembentukan warna hijau, biru tua, atau hitam kehijauan menandakan keberadaan tanin.

#### E. Derajat Keasaman

pH seduhan kopi diukur dengan menggunakan pH meter.

#### F. Analisis Karakteristik Kopi Bubuk

##### 1. Kadar Air (SNI 01-2891-1992)

Sampel kopi bubuk ditimbang sebanyak 1–2 g pada cawan porselen yang telah dikeringkan dan diketahui bobot kosongnya. Sampel dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam dengan suhu 105°C. Sampel disimpan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang kembali untuk mengetahui bobot

setelah pemanasan. Kadar air dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (\% b/b)} = \frac{W_1}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

W : Bobot sampel sebelum dikeringkan

W<sub>1</sub> : Kehilangan bobot setelah dikeringkan

##### 2. Sari Kopi (SNI 01-3542-2004)

Sampel kopi bubuk ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam gelas piala 500 mL. Air mendidih (95°C) ditambahkan sebanyak 200 mL dan didiamkan selama 1 jam. Larutan sampel disaring ke dalam labu ukur 500 mL, dibilas dengan air panas sampai larutan menjadi jernih. Larutan dibiarkan sampai suhu kamar, air ditambahkan hingga tepat pada tanda tera (garis batas). Larutan dipipet 50 mL ke dalam pinggan porselin yang telah diketahui bobotnya. Larutan dipanaskan di atas penangas air sampai mengering sehingga diperoleh ekstrak kering kopi. Ekstrak kering dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 ± 2°C selama 2 jam. Sampel didinginkan di desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga bobot konstan. Sari kopi dihitung dengan rumus:

$$\text{Sari Kopi (\% b/b)} = \frac{W_1 \times 500}{W_2 \times 50} \times 100\%$$

Keterangan:

W<sub>1</sub> : Bobot ekstrak (gram)

W<sub>2</sub> : Bobot sampel (gram)

500 mL : Volume pengenceran sampel (ml)

50 mL : Volume pengambilan sampel (ml)

##### 3. Kadar Kafein (Fitri, 2009)

###### a. Pembuatan Larutan Standar Kafein

Standar kafein sebanyak 100 mg dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditepatkan hingga tanda batas dengan akuades (100 mg/L). Larutan standar tersebut kemudian dipipet sebanyak 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 7,5; 10 mL ke dalam labu takar 50 mL dan ditepatkan hingga tanda batas dengan akuades untuk mendapatkan konsentrasi larutan standar sebesar 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 15; dan 20 mg/L. Larutan standar tersebut diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum (250–300 nm), dan kemudian dibuat kurva kalibrasi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar.

**b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kafein**

Larutan standar kafein sebanyak 4 mL dengan konsentrasi 100 ppm dipipet, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan akuades hingga garis tanda dan dihomogenkan. Larutan standar yang diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 250–300 nm. Sebagai uji blanko digunakan akuades.

**c. Ekstraksi dan Pengukuran Kadar Kafein**

Sampel kopi bubuk sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam gelas piala, ditambahkan 150 mL air panas dan diaduk selama 2 menit. Larutan kopi disaring melalui corong dengan kertas saring ke dalam erlenmeyer. Serbuk CaCO<sub>3</sub> sebanyak 1,5 gram dan larutan kopi dan dimasukkan ke dalam corong pisah lalu diekstraksi sebanyak 4 kali, masing-masing dengan penambahan 25 mL kloroform. Lapisan bawah (fraksi kloroform) diambil, diuapkan dengan *water bath* hingga membentuk ekstrak kering. Ekstrak kering tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga 100 mL. Larutan sampel diukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum (250-300 nm). Perhitungan kadar kafein pada kopi bubuk adalah sebagai berikut:

Kadar kafein (% b/b) =

$$\frac{\text{konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \text{volume (L)} \times \text{fp}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisis Proses Fermentasi**

**1. pH Fermentasi**

Hasil pengamatan terlihat bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* maka pH fermentasi akan semakin menurun. Berikut ini adalah hasil pH fermentasi pada Tabel 1.

Tabel 1. pH Fermentasi

No.	Sampel	pH Fermentasi
1.	K0 (i)	5,61
2.	K0 (f)	4,91
3.	K1	4,30
4.	K2	4,16
5.	K3	4,10
6.	K4	3,89

Keterangan:

K0(i) : Sebelum Fermentasi

K0(f) : Konsentrasi *S. cerevisiae* 0%

K1 : Konsentrasi *S. cerevisiae* 1%

K2 : Konsentrasi *S. cerevisiae* 2%

K3 : Konsentrasi *S. cerevisiae* 3%

K4 : Konsentrasi *S. cerevisiae* 4%

Selama fermentasi gula pereduksi dan pektin yang terdapat pada *mucilage* didegradasi oleh *S. cerevisiae* melalui serangkaian reaksi enzimatik menjadi etanol yang bersifat asam dan asam organik lainnya. *S. cerevisiae* menghasilkan enzim zimase yang mengubah glukosa menjadi etanol, dan enzim pektinolitik yang mengubah pektin menjadi asam organik seperti asam pektinat, asam pektat serta asam galakturonat. Selama metabolisme glukosa berlangsung asam organik lainnya dihasilkan antara lain asam piruvat, asam asetat, asam sitrat, asam malat dan asam suksinat. Semakin banyak *S. cerevisiae* yang ditambahkan pada fermentasi maka produksi enzim akan semakin banyak sehingga semakin banyak komponen dalam biji kopi yang diuraikan (Ikrawan *et al.*, 2012). Hal inilah yang menyebabkan penurunan pH pada sampel dengan penambahan *S. cerevisiae*

**2. Kadar Gula Pereduksi**

Murthy (2011) menyatakan perubahan penting dan nyata terjadi selama fermentasi kopi adalah degradasi lapisan lendir yang mengelilingi permukaan biji yang disebut dengan *mucilage*. *Mucilage* terdiri dari senyawa pektin, gula pereduksi, gula non pereduksi, selulosa dan mineral. Berikut ini adalah hasil kadar gula pereduksi pada lapisan lendir (*mucilage*) kopi (Tabel 2).

Tabel 2. Kadar Gula Pereduksi

No.	Sampel	Kadar Gula Pereduksi (% b/b)
1.	K0 (i)	32,35
2.	K0 (f)	21,28
3.	K1	4,99
4.	K2	4,68
5.	K3	4,53
6.	K4	4,38

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada keadaan awal sampel *mucilage* memiliki kadar gula pereduksi yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Avallone *et al* (2002) yang menyatakan bahwa *mucilage* terdiri dari senyawa gula pereduksi yaitu glukosa dan fruktosa sebanyak 30%. Sampel dengan penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* yang semakin tinggi menunjukkan penurunan yang tidak berbeda terhadap kadar gula pereduksi. Kadar gula reduksi yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah molekul fruktosa yang masih dalam bentuk oligofruktosa menjadi lebih sedikit, karena sebagian besar telah dihidrolisis menjadi monomernya (Tejasari *et al.*, 2010).

### 3. Uji Kualitatif Etanol

Pembentukan etanol terjadi melalui jalur *Embden-Meyerhorf-Parnas* (EMP). Pada jalur EMP, glukosa dipecah menjadi 2 molekul asam piruvat melalui jalur glikolisis, kemudian piruvat terdekarboksilasi menjadi

asetaldehida dan CO<sub>2</sub> lalu diubah menjadi etanol oleh enzim alkohol dehidrogenase (Daud *et al.*, 2010). Berikut ini adalah hasil uji kualitatif etanol cairan fermentasi pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Kualitatif Etanol

No.	Sampel	Pengamatan
1.	K0 (i)	+
2.	K0 (f)	+
3.	K1	++
4.	K2	++
5.	K3	+++
6.	K4	+++

Keterangan:

+ : Kurang Pekat  
++ : Pekat  
+++ : Sangat Pekat

Hasil pengamatan mengindikasikan bahwa semua sampel terdeteksi mengandung etanol. Uji kualitatif etanol dilakukan dengan larutan serium (IV) amonium nitrat yang merupakan agen pengoksidasi yang akan bereaksi dengan alkohol membentuk larutan kompleks berwarna merah.

### B. Uji Fitokimia

Menurut Gunalan *et al* (2012) komponen kimia pada kopi Arabika adalah tanin, alkaloid, flavonoid, kumarin, kuinon, fenol dan minyak atsiri. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa sampel kopi bubuk Arabika terdeteksi mengandung alkaloid, saponin, dan tanin. Berikut ini adalah hasil uji fitokimia kopi bubuk Arabika (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Fitokimia Kopi Bubuk Arabika

No.	Sampel	Parameter					
		Alkaloid			Flavonoid	Saponin	Tanin
Wagner	Mayer	Dragendorff					
1	K0	+++	+++	+	++	++	+++
2	K1	++	++	-	-	++	++
3	K2	++	++	-	-	++	++
4	K3	++	++	-	-	++	+++
5	K4	+++	+++	-	-	++	+++

Keterangan:

- : Tidak Terdeteksi  
+ : Kurang Pekat  
++ : Pekat  
+++ : Sangat Pekat

Hasil pengujian alkaloid pada kopi bubuk Arabika diperoleh hasil terdeteksi. Sampel dinyatakan positif mengandung alkaloid apabila paling tidak menghasilkan dua uji positif dari tiga pereaksi yang digunakan. Kafein merupakan senyawa alkaloid yang terdapat dalam kopi. Kandungan kafein pada kopi Arabika yaitu 1,61 g/100 g (Ling *et al.*, 2000). Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* maka alkaloid dalam sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena selama proses fermentasi lapisan lendir (*mucilage*) yang telah hilang akan memudahkan enzim proteolitik dari *Saccharomyces cerevisiae* untuk masuk ke dalam sitoplasma dan menguraikan kafein pada biji kopi (Ridwansyah, 2003).

Saponin yang terdapat dalam kopi, yaitu kafestol dan kahweol (Farah, 2012). Timbulnya busa menunjukkan adanya glikosida yang yang terhidrolisis menjadi glukosa dan senyawa lainnya yang mampu membentuk buih (Rusdi, 1990). Saponin merupakan senyawa aktif permukaan yang bersifat sama seperti sabun sehingga dapat menimbulkan buih. Saponin dalam tanaman berkerja sebagai anti mikroba yang dapat menghambat pertumbuhan baik bakteri maupun jamur (Robinson, 1995).

Sampel kopi bubuk Arabika hasil fermentasi yang digunakan terdeteksi mengandung tanin. Asam klorogenat merupakan senyawa golongan tanin yang terkandung dalam kopi Arabika dengan jumlah sekitar 5,5–8,0% (Clarke dan Macrae, 1987). Asam klorogenat merupakan salah satu komponen yang memberikan kontribusi terhadap sifat keasaman pada minuman kopi. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* maka tanin dalam sampel mengalami penurunan. Menurut Ikrawan *et al* (2012) kadar asam klorogenat menurun seiring dengan penurunan kadar kafein.

### C. Derajat Keasaman (pH Seduhan Kopi Bubuk)

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi pH seduhan kopi bubuk adalah proses fermentasi biji kopi. Berikut ini

adalah hasil pH seduhan kopi bubuk pada Tabel 5.

Tabel 5. pH Seduhan Kopi Bubuk

No.	Sampel	pH
1.	K0	6,58
2.	K1	5,67
3.	K2	5,49
4.	K3	5,20
5.	K4	5,10

Fermentasi pada *mucilage* oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan etanol yang bersifat asam dan asam organik lainnya seperti asam pektinat, asam pektat serta, galakturonat, asam piruvat, asam asetat, asam sitrat, asam malat dan asam suksinat. Semakin banyak *S. cerevisiae* yang ditambahkan pada fermentasi maka produksi enzim akan semakin banyak sehingga semakin banyak komponen dalam biji kopi yang diuraikan (Ikrawan *et al.*, 2012).

pH seduhan kopi bubuk Arabika mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi penambahan *S. cerevisiae*. Penurunan nilai pH seduhan kopi Arabika disebabkan karena asam-asam organik yang terbentuk selama fermentasi kopi masih tersisa (Butt *et al.*, 2011).

## D. Analisis Karakteristik Kopi Bubuk

### 1. Kadar Air

Kadar air mempengaruhi daya tahan bahan selama penyimpanan terhadap serangan mikroorganisme (Winarno, 1992). Kopi bubuk diharapkan mempunyai kadar air yang rendah karena dapat meningkatkan ketahanan kopi bubuk dari kerusakan akibat mikroorganisme selama penyimpanan (Pastiniasih, 2012). Berikut ini adalah hasil pengujian kadar air kopi bubuk pada Tabel 6.

Tabel 6. Kadar Air

No.	Sampel	Kadar Air (% b/b)
1.	K0	2,33
2.	K1	2,20
3.	K2	2,00
4.	K3	1,96
5.	K4	1,68

Kadar air pada semua sampel kopi bubuk Arabika hasil fermentasi memenuhi persyaratan SNI Kopi Bubuk 01-3542-2004 dengan batas maksimum 7%. Sampel dengan penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* 4% (K4) memiliki kadar air yang terbaik karena pada perlakuan tersebut menghasilkan nilai kadar air paling rendah. Kadar air kopi bubuk Arabika hasil fermentasi cenderung nilainya menurun. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Sivetz dan Foote (1963) yang menyatakan bahwa kadar air kopi bubuk akan semakin rendah ketika konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* semakin tinggi karena jumlah air bebas yang terdapat pada lendir kopi semakin banyak digunakan oleh mikroorganisme untuk berkembang biak.

## 2. Sari Kopi

Sari kopi menunjukkan jumlah zat yang terlarut dalam air selama penyeduhan (Nopitasari, 2010). Sari kopi yang diperoleh berdasarkan variasi penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh antar satu dengan yang lainnya. Berikut ini adalah hasil pengujian kadar sari kopi bubuk pada Tabel 7.

Tabel 7. Sari Kopi

No.	Sampel	Sari Kopi (% b/b)
1.	K0	30,51
2.	K1	30,66
3.	K2	30,41
4.	K3	30,74
5.	K4	30,35

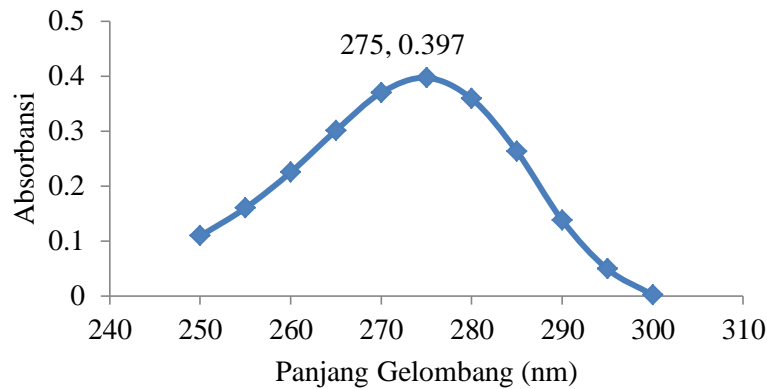
Sari kopi pada semua sampel kopi bubuk Arabika hasil fermentasi memenuhi persyaratan SNI Kopi Bubuk 01-3542-2004 dengan rentang yaitu 20–36%. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Maria (2009) bahwa konsentrasi *S. cerevisiae* tidak berpengaruh terhadap sari kopi bubuk. Sari kopi berhubungan dengan kelarutannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan,

yaitu suhu, waktu dan luas permukaan. Menurut Ramadhan dan Phaza (2010) seiring dengan naiknya suhu ekstraksi maka laju ekstraksi akan meningkat. Selain itu, waktu kontak sampel dengan pelarut yang semakin lama akan meningkatkan kelarutan material yang terekstrak. Menurut Yeretziyan *et al* (2012) sari kopi dipengaruhi oleh ukuran partikel dan luas permukaan. Kopi bubuk Arabika disaring dengan ukuran 60 *mesh* sehingga memiliki kadar sari yang tidak berbeda jauh karena memiliki ukuran partikel yang sama.

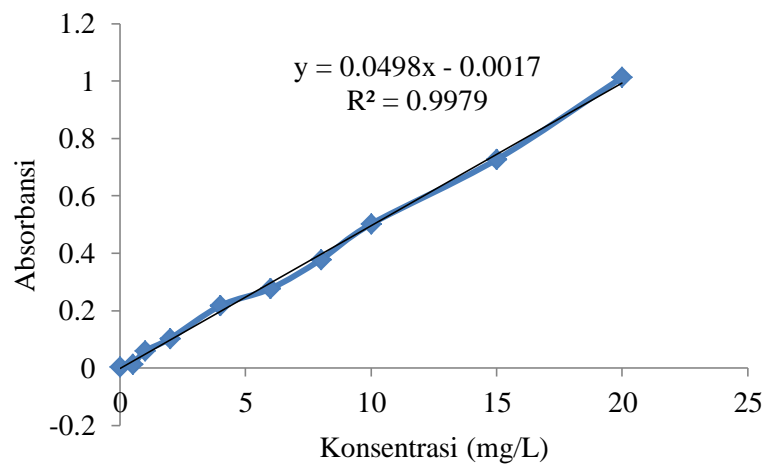
## 3. Kadar Kafein

Kadar kafein diukur menggunakan metode spektrofotometri dikarenakan penggunaan metode spektrofotometri UV-Vis lebih efisien dalam segi biaya dan waktu dibanding dengan penggunaan metode KCKT (Sabrina, 2012). Panjang gelombang maksimum adalah panjang gelombang yang memiliki nilai absorbansi tertinggi. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa kafein terdeteksi pada daerah UV yaitu pada panjang gelombang 275 nm (Gambar 1). Hasil pengamatan terlihat bahwa kafein terdeteksi pada daerah UV yaitu pada panjang gelombang 275 nm. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari deret standar kafein selanjutnya akan digunakan untuk pengukuran kadar kafein. Deret standar kafein kemudian dibuat kurva standar kafein. Kurva tersebut merupakan hubungan antara konsentrasi (sumbu x) dengan absorbansi (sumbu y) sehingga diperoleh persamaan garis yang selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan kadar kafein kopi bubuk.

Standar kafein menghasilkan persamaan regresi  $y = 0,0498x - 0,0017$  dengan koefisien korelasi sebesar 0,9979. Hasil koefisien korelasi yang didapat dinyatakan baik untuk standar kafein, karena nilai koefisien korelasi yang diperoleh berada di atas batas minimum menurut *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 2005) yaitu  $> 0,9900$  (Gambar 2).



Gambar 1. Panjang Gelombang Maksimum Kafein



Gambar 2. Kurva Standar Kafein

Berikut ini kadar kafein kopi bubuk Arabika yang diperoleh dari pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang 275 nm (Tabel 8).

Tabel 8. Kadar Kafein

No.	Sampel	Kadar Kafein (% b/b)
1.	K0	1,18
2.	K1	1,07
3.	K2	1,05
4.	K3	1,03
5.	K4	1,01

Kadar kafein kopi bubuk Arabika hasil fermentasi sesuai dengan persyaratan SNI Kopi Bubuk 01-3542-2004 dengan rentang yaitu 0,9–2%. Semakin tinggi penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* maka kadar kafein akan semakin turun. Hal ini terjadi karena *mucilage* yang telah hilang akan

memudahkan enzim proteolitik yang berasal dari *S. cerevisiae* untuk masuk ke dalam sitoplasma dan menguraikan kafein pada biji kopi (Ikrawan *et al.*, 2012).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibandingkan dengan SNI Syarat Karakteristik Kopi Bubuk Arabika hasil fermentasi menggunakan *S. cerevisiae* dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% sesuai dengan syarat karakteristik kopi berdasarkan SNI Kopi Bubuk 01-3542-2004 dengan nilai kadar air 2,33–1,68% b/b, sari kopi 30,74–30,35% b/b dan kadar kafein 1,18–1,01% b/b. Pada proses fermentasi terjadi penurunan nilai pH fermentasi dan gula pereduksi serta terbentuknya etanol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemist . 2005. *Official Method of Analysis of AOAC International*. Edisi ke-18. AOAC International. Maryland.
- Avallone, S., J. M. Brillouet, B. Guyot, E. Olguin, dan J. P. Guiraud. 2002. Involvement of Pectolytic Microorganism in Coffee Fermentation. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 191-198.
- Butt, M.S., A.M.T. Sultan, A. Imran, M. Yasin dan M. Imran. Evaluating the effect of decaffeination on nutritional and antioxidant status of different coffee brands. 2011. *Internet J Food Saf*. 13: 198-207.
- Board, R. G. 1983. A Modern Introduction to Food Microbiology 1st ed.,: 1-50. *Blackwell Scientific Publications*. United States.
- Clarke, R.J. dan R. Macrae. 1987. Coffee Volume 1 Coffee Chemistry. *Elsevier Applied Science*. London and New York.
- Daud, M., Safii, W., dan Syamsu, K. 2012. Biokonversi bahan berlignoselulosa menjadi bioetanol menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Perennial* 8 (2): 43-51.
- Farah, A. 2012. *Coffe: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. Blackwell. Amazon.
- Fitri, N.S. 2009. Pengaruh Berat dan Waktu Penyeduhan Terhadap Kadar Kafein dari Bubuk Teh. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Gadd, G dan V. Karamuchka. 1998. Interaction of *Saccharomyces cerevisiae* with Gold : Toxicity and Accumulation. *Bio Metals* 12: 289-294.
- Gunalan, G, N. Myla, dan R. Balabhaskar. 2012. In Vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 4 (4): 2126-2132.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwan Sudiro. ITB. Bandung.
- Hoffmann, J. 2014. *The World Atlas of Coffee: From Beans to Brewing – Coffees Explored, Explained and Enjoyed*. Firefly Books. North America.
- Ikrawan, Y., Hervelly, dan M.M. Panuntas. 2012. Kajian Konsentrasi Koji *Saccharomyces cerevisiae* var. *Ellipsoideus* dan Suhu Pada Proses Fermentasi Kering Terhadap Karakteristik Kopi Var. *Skripsi*. Universitas Pasundan. Bandung.
- Ling I. S, N. I. N. Daud, dan O. Hassan. 2000. Determination Of Coffee Content In Coffee Mixtures. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. Vol. 7(2): 327-332.
- Maria, I.L.T. 2009. Pengendalian Fermentasi dengan Pengaturan Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Kopi Instan Secara Mikroenkapsulasi. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Mushlihah, S. dan Herumurti, W. 2010. Pengaruh pH dan Konsentrasi Zymonas Mobilis Untuk Produksi Etanol dari Sampah Buah Jeruk. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Najiyati, S dan Danarti. 2001. *Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nopitasari, I. 2010. Proses Pengolahan Kopi Bubuk (Campuran Arabika dan Robusta) Serta Perubahan Karakteristiknya Selama Penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Pastiniasih, I. 2012. Pengolahan Kopi Instan Berbahasan Baku Kopi Lokal Buleleng, Bali (Campuran Robusta Dan Arabika). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahim, D. A. 2009. Produksi Etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* dari Sirup Dekstrin Pati Sagu (*Metroxylon* sp.) Menggunakan Metode Aerasi Penuh dan Aerasi Dihentikan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramadhan, A. dan H. Phaza. 2010. Pengaruh Konsentrasi Etanol, Suhu, dan Jumlah Stage Pada Ekstraksi Oleoresin (*Zingiber officinale* Rosc) Secara Batch. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ridwansyah. 2003. *Pengolahan Kopi*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Robinson, T. 1995. Kandungan senyawa organik tumbuhan tinggi. Diterjemahkan oleh prof. Dr. Kosasih padnawinata. ITB. Bandung.
- Rusdi. 1990. *Tetumbuhan Sebagai Sumber Bahan Obat*. Pusat Penelitian Universitas Andalas. Padang.
- Ahuja. S, and N. Jespersen. 2006. *Comprehensive Analytical Chemistry*. Vol 47. Elsevier.
- Sabrina, K., S. Wonorahardjo, dan N. Zakia. 2012. Perbandingan Metode Spektrofotometri UV-Vis dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) pada Analisis Kadar Asam Benzoat dan Kafein dalam Teh Kemasan. *Jurnal UNM*. Malang.
- Sivetz, M. 1985. How Acidity Affects Coffee Flavour. Di dalam *Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. *The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut*.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *SNI-01-3542-2004 Kopi Bubuk*.
- Standar Nasional Indonesia. 1992. *SNI-01-2891-1992 Cara Uji Makanan dan Minuman*.
- Tejasari., Sulistyowati., Djumarti., R.A.A. Sari. 2010. Karakteristik Gizi Dan Tingkat Kesukaan Minuman Kopi Dekafosin Instan. *AGROTEK* Vol. 4 (1) : 91-106.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yeretizian, C., E.C Pascual., dan B.A Goodman. 2012. Effect of roasting condition and grinding on free radical contents of coffee beans stored in air. *Food Chemistry*. 131: 811-816.
- Yusdiali, W. 2008. Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian terhadap Tingkat Kadar Air dan Keasaman Kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Disertasi*. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Sumber Internet:  
 Bina UKM. 2011. Perkembangan Produksi Kopi Di Indonesia. <http://binaukm.com/2011/09/perkembangan-produksi-kopi-di-indonesia/>. Diakses 20 April 2018.
- Frank, H. A., dan A. S. D. Cruz. 1996. *Bacteria Responsible for Mucilage Layer Decomposition in Kona Coffee Cherries*. <http://www.aem.asm.org>. Diakses 10 April 2018.
- Murthy, P., dan M. Naidu. 2011. *Improvement of Robusta Coffee Fermentation with Microbial Enzymes*. <http://www.idosi.org>. Diakses 10 April 2018

## 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).

## 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 9 No. 2, Tahun 2019. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Prof. Supriyono Eko Wardono (Biologi Perairan, Universitas Nusa Bangsa)
2. Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc (Kimia Analitik dan lingkungan, Universitas Lampung)
3. Dra. Lilis Sugiharti, M.Si (Bioteknologi, STIKES Cendekia Utama)
4. Drs. Djadjat Tisnadjaya, M.Tech (Bioteknologi, Puslit Bioteknologi, LIPI)