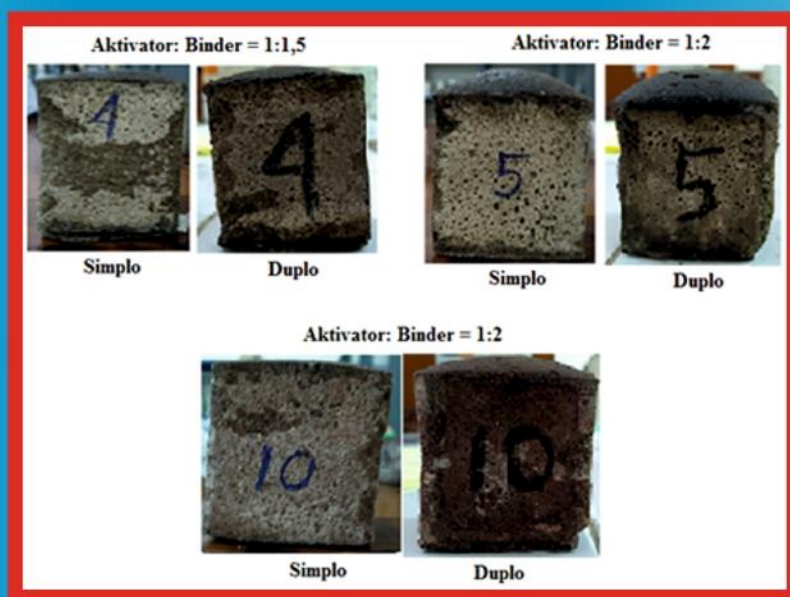


# SAINS NATURAL

JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU BIOLOGI DAN KIMIA



**Paving Block Geopolimer dari Limbah IPAL**



**Gula Cair Jagung Manis**

# SAINS NATURAL

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia  
Volume 7 No. 2 Juli 2017

**Pelindung :**

Barijadi Prawirosastro

**Penasehat :**

Yunus Arifin, Ombo Satjadripradja

**Penanggung Jawab :**

RTM Sutamihardja

**DEWAN REDAKSI**

**Ketua :**

Supriyono Eko Wardoyo

**Wakil Ketua :**

Ridha Arizal

**Anggota :**

RTM Sutamihardja, Ridha Arizal, Adi Santoso, Oo Suprijana, Rudhy Gustiano,  
Yoki Yuzar, Utut Widyastuti, Djadjat Tisnadjaja, Lilis Sugiarti

**Redaksi Pelaksana :**

Mamay Maslahat, Nia Yuliani, Srikandi, Mia Azizah, Dian Arrisujaya, Devy Susanty

**Bendahara (Distribusi/Pemasaran) :**

Mia Azizah

**Tenaga Administratif :**

Nurlela, Roby Alfian

**Desain Cover :**

Dian Arrisujaya

**Penanggungjawab Website :**

Dian Arrisujaya, Roby Alfian

**Penerbit :**

Himpunan Biologi Indonesia dan Fakultas MIPA Universitas Nusa Bangsa

**Kantor :**

Kampus Universitas Nusa Bangsa

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

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

Website : [jsainsnatural.unb@gmail.com](mailto:jsainsnatural.unb@gmail.com)

Jurnal Sains Natural merupakan jurnal ilmiah yang memuat artikel hasil penelitian dan kupasan (*review*) dalam bidang Biologi dan Kimia yang orsinil dan belum serta tidak dipublikasikan dalam media lain. Naskah dikirim ke kantor editor. Naskah yang masuk akan melalui proses seleksi mitra bestari dan editor. Naskah yang dapat dimuat dengan perbaikan akan dikirimkan kembali ke penulis untuk disempurnakan, sedangkan naskah yang tidak dapat dimuat hanya akan dikembalikan jika disertai amplop balasan yang berperangko secukupnya. Informasi lengkap untuk pemuatan artikel dan petunjuk penulisan tersedia disetiap terbitan. Calon penulis artikel yang memerlukan petunjuk penulisan artikel, dapat menghubungi Redaksi Pelaksana Jurnal Sains Natural. Jurnal ini terbit secara berkala sebanyak dua kali dalam setahun (Januari dan Juli). Harga eceran Jurnal adalah Rp50.000,-/ nomor atau berlangganan Rp 75.000,- /tahun untuk 2 nomor (uang berlangganan dibayar di muka).

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

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

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

## **KATA PENGANTAR**

Penerbitan Jurnal Sains Natural Volume 7 No.2, Bulan Juli 2017 dapat terlaksana berkat kerja sama semua pihak. Kami berharap isi dalam Jurnal Sains Natural ini dapat menarik minat pembaca dan diambil manfaat serta kegunaan dari hasil – hasil penelitian di dalamnya.

Pada terbitan ini membahas aspek – aspek Biologi dan Kimia diantaranya , Kandungan Kimia dari Limbah Lumpur IPAL untuk Geopolimer, Pembuatan Gula Cair dari Jagung Manis, Kualitas Air Sumur Masyarakat di sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah, Nilai Kalori Batubara, dan identifikasi Minyak Atsiri Bunga Mawar.

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

Bogor, Juli 2017

Ketua Dewan Redaksi

# Sains Natural

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia

| Volume 7   | Juli 2017 | Nomor 2 |
|--|-----------|---------|
| 1. Kandungan Kimia dari Limbah Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum untuk Beton Geopolimer dengan XRF<br><i>Nuryanti, Ridha Arizal, Dian Arrisujaya.....</i>                                |           | 48-57   |
| 2. Perbandingan Hidrolisis Enzimatis dan Asam terhadap Pati Jagung Manis ( <i>Zea mays</i> L.) dalam Pembuatan Gula Cair<br><i>Farhana Septriana Rahmat, Srikandi, RTM Sutamihardja.....</i> |           | 58-67   |
| 3. Kualitas Air Sumur Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Rawa Kucing Kota Tangerang<br><i>Wahyuni, Supriyono Eko Wardoyo, Ridha Arizal.....</i>                     |           | 68-82   |
| 4. Penetapan Nilai Kalori dalam Batubara dengan Kalorimeter PARR 6200<br><i>Finda Pratiwi Istomo, Ameylia Tristiasti.....</i>  |           | 83-90   |
| 5. Uji Sifat Fisika-Kimia dan Identifikasi Fenil Etil Alkohol Minyak Atsiri Bunga Mawar Hasil Ekstraksi Pelarut<br><i>Nur Malasari, RTM Sutamihardja, Amry Syawaalz.....</i>                 |           | 91-103  |

# KANDUNGAN KIMIA DARI LIMBAH LUMPUR INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM UNTUK BETON GEOPOLIMER DENGAN XRF

Nuryanti, Ridha Arizal dan Dian Arrisujaya\*  
Program Studi Kimia, Universitas Nusa Bangsa  
JL. K.H. Sholeh Iskandar Km. 4, Cimanggu, Tanah Sareal, Bogor 16166  
\*e-mail: d1anarrisujaya@gmail.com

## ABSTRACT

### *Chemical Containt of Waste Water Installation of Drinking Water Treatment for Geopolymer Concrete by XRF*

*Preparation of geopolymer concrete from waste water installation of drinking water treatment (WIDWT) was manufactured in accordance with SNI. Specimen of size 5 x 5 x 5 cm cubes was used for the concretes. The mortar material consisted of binders, activator, aggregate (fine sand) and water (60% of aggregate and 40% of activators and binders). The composition of the activator and binder mixture were 1: 2; 1: 1,5; 1: 1; 1,5: 1; and 2: 1. The results of the comparison of binders A and B were 4.2: 1 and 6.5: 1. The binders were divided into 2 types: A binder (sludge of WIDWT was dried with oven at 105°C for 24 hours) and B Binder (sludge of WIDWT was dried by kiln at 650°C for 6 hours). The highest compressive strength test was 10.00 MPa on binder A with the ratio of activator and binder 1: 1 and Si: Al ratio (4.2: 1). Binder B with a compressive strength of 9.87 MPa with the ratio of activator and binder 1.5: 1 and Si: Al ratio (6.5: 1). Samples of IPAM sludge waste were tested by X-Ray Fluorescence (XRF), compressive strength testing of mortar geopolymer with Toni-Technik compressive strength test. The highest value of compressive strength appropriated to SNI 03-0691-1996 in class D which can be applied for City Park.*

*Keywords: geopolymer, WIDWT, XRF, activator, binder*

## ABSTRAK

Pembuatan beton geopolimer dari limbah instalasi pengolahan air minum (IPAM) telah dilakukan. Beton geopolimer dibuat sesuai dengan SNI pembuatan mortar geopolimer dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm. Bahan mortar terdiri dari binder, larutan aktivator dan agregat (pasir halus) serta air dengan perbandingan 60% (agregat) dan 40% (aktivator dan binder). Parameter variasi campuran aktivator dan binder yaitu 1:2; 1:1,5; 1:1; 1,5:1; dan 2:1. Binder dibagi menjadi 2 jenis yaitu Binder A (lumpur IPAM yang dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 24 jam) dan Binder B (lumpur IPAM yang dikeringkan dengan tanur pada suhu 650°C selama 6 jam). Hasil perbandingan binder A dan B adalah 4,2:1 dan 6,5:1. Hasil uji kuat tekan tertinggi sebesar 10,00 Mpa pada binder A dengan perbandingan aktivator dan binder 1:1 dengan perbandingan Si:Al (4,2:1). Binder B dengan kuat tekan 9,87 Mpa dengan perbandingan aktivator dan binder 1,5:1 dengan perbandingan Si:Al (6,5:1). Sampel limbah lumpur IPAM diuji dengan X-Ray Fluorescence (XRF), pengujian kuat tekan mortar geopolimer dengan alat uji kuat tekan merk Toni-Technik. Nilai kuat tekan tertinggi memasuki persyaratan mutu SNI 03-0691-1996 pada kelas D yang bisa diaplikasikan untuk taman kota.

Kata Kunci: geopolimer, IPAM, XRF, aktivator, binder

## PENDAHULUAN

Proses pengolahan air bersih menggunakan koagulan seperti tawas dan Poli Aluminium Klorida (PAC) sebagai media penggumpal partikel-partikel halus yang tersuspensi menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar (flok). Kumpulan flok yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dengan cara sedimentasi dan filtrasi sehingga didapatkan air yang bersih dan sisanya dalam bentuk limbah padat berupa lumpur dibuang. Lumpur yang

dibuang dan ditimbun ini masih mengandung aluminium sulfat (alum) dalam bentuk lumpur yang dapat diolah kembali menjadi alumina ( $Al_2O_3$ ) melalui proses pengambilan kembali /recovery (Mirwan, 2012).

Limbah lumpur pengolahan air minum pada proses koagulasi memiliki kandungan aluminium yang tinggi, karena pada proses koagulasi ditambahkan suatu garam aluminium sebagai koagulannya. Menurut Suherman (2003), limbah lumpur IPAM masih mengandung aluminium

dalam bentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berpotensi sebagai pencemar jika langsung dibuang ke sungai. Kadar aluminium lumpur IPAM yaitu 2241,48 mg/L (Awwaludin, 2016). Jika dilihat dari kadar aluminium yang cukup tinggi tersebut, maka seharusnya lumpur tersebut tidak boleh dibuang ke sungai karena sifat aluminium yang resisten dan umumnya tidak larut dalam keadaan pH netral (antara 6,0-8,0), di bawah asam ( $\text{pH} < 6,0$ ) atau alkali ( $\text{pH} > 8,0$ ) (Az-zahra *et al.*, 2014).

Lumpur IPAM masih mengandung sisa aluminium dari hasil proses koagulasi sebesar 2241,48 mg/L dan mengandung kandungan  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 49,11% : 29,45%. Berdasarkan unsurnya, maka perbandingan Si:Al pada lumpur IPAM yaitu 1,5:1. Perbandingan Si:Al yang rendah yaitu 1:1 atau 2:1, dapat menghasilkan beton geopolimer yang baik (Nugteren *et al.*, 2009).

Salah satu contoh pemanfaatan limbah lumpur pengolahan air minum pada bahan bangunan yaitu pembuatan beton. Beton yang terbuat dari limbah lumpur pengolahan air minum ini biasa disebut beton geopolimer. Kelebihan beton secara umum yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi dan dapat direncanakan sesuai dengan keinginan, mudah dibentuk, tahan terhadap temperatur tinggi, biaya perawatan rendah, dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan lokal, serta tahan terhadap cuaca (Cahyadi, 2013).

Geopolimer merupakan sintesis bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*), abu kulit padi (*ricehusk ash*) dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan alumina (*prekursor*) membentuk sebuah senyawa silikat alumina anorganik (Lloyd dan Ranga, 2010). Beton geopolimer merupakan beton yang material utamanya mengandung banyak silika dan alumina tinggi yang direaksikan dengan alkali aktivator. Proses pembentukan beton geopolimer terbentuk melalui proses polimerisasi bahan yang mengandung silikat dan alumina tinggi direaksikan dengan menggunakan alkali aktivator (*polysilicate*) menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al, dengan ikatan polimer ini maka

akan terbentuk padatan berupa amorf sampai semi kristal (Pujiyanto, 2013).

Beton geopolimer dapat dibuat dengan atau tanpa menggunakan semen. Beton geopolimer mulai diperkenalkan sebagai beton ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi  $\text{CO}_2$  akibat penggunaan semen Portland. Produksi tiap ton semen Portland, akan melepaskan hampir 1 ton  $\text{CO}_2$  ke atmosfer (Anwar, 2015). Beton geopolimer memiliki kelebihan yaitu jika material ini digunakan untuk mengganti penggunaan semen Portland, maka dapat mengurangi sekitar 80% emisi karbon dioksida ke atmosfer yang disebabkan oleh industri semen dan agregat (Davidovits, 1994).

Dalam pembuatan *paving block* dikenal dengan dua metode, yaitu metode konvensional (manual) dan metode mekanis. Metode konvensional adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat karena lebih mudah dan tidak memerlukan biaya yang terlalu tinggi. Pembuatan *paving block* dengan cara konvensional ini biasanya menggunakan alat cetak *paving* yang disebut “*gablokan*”. Alat ini masih menggunakan tenaga manusia (manual) dalam proses pemadatan sehingga kekompakan *paving block* yang dihasilkan bergantung pada tenaga orang yang memadatkannya. Mutu *paving block* yang dihasilkan dengan metode ini biasanya masuk ke dalam kelas mutu C dan D. Sementara itu, metode mekanis atau biasa disebut dengan metode *press*, menggunakan alat *press paving* yang harganya cukup mahal, sehingga hanya biasa digunakan oleh pabrik dengan skala sedang atau besar. Namun demikian, mutu *paving block* yang dihasilkan dengan metode ini lebih baik, yaitu antara mutu C hingga mutu A (Sherliana, 2016).

Bahan-bahan yang digunakan untuk *paving block* sama dengan bahan pembuatan beton seperti agregat (batu pecah, pasir) bahan pengikat hidrolis (semen) dan air. Seperti pada pembuatan beton lainnya, persyaratan yang diperlukan untuk agregat, semen dan air yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti tercantum pada spesifikasi bahan-bahan beton (Adibroto, 2014).

Bahan lain pembuatan *paving block* geopolimer yaitu alkali aktivator. Alkali aktivator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengaktifkan prekursor sehingga dapat menghasilkan ikatan geopolimer yang kuat. Alkali mengaktifkan prekursor dengan mendisolusikan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ke dalam monomer  $\text{Si}(\text{OH})_4$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_4$ . Selama proses *curing*, monomer-monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi dan berikatan silang (Septia, 2011).

Beton geopolimer dibuat menggunakan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (natrium silikat) dan  $\text{NaOH}$  (natrium hidroksida) sebagai alkali aktivator. Natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang sering digunakan dalam industri kimia, hal ini dikarenakan proses produksi yang lebih sederhana. Natrium silikat mempunyai 2 bentuk, yaitu padatan dan larutan. Sodium silikat merupakan salah satu senyawa yang berperan dalam pembuatan beton geopolimer yang berwarna putih berbentuk gel dan apabila dilarutkan dalam air menghasilkan larutan alkali. Sodium silikat berperan penting untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Arini *et al*, 2013).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan yaitu *binder* (sampel limbah lumpur IPAM), pasir dan alkali aktivator yaitu larutan  $\text{NaOH}$  dan *waterglass* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  gel) dan *aquadest*. Peralatan yang digunakan yaitu peralatan gelas, oven Autonics TZN4W, tanur Thermo Scientific, saringan 200 *mesh*, instrument *X-Ray Fluorescence* (XRF) PANalytical XVenus 200 minilab untuk menganalisis komposisi kimia lumpur

$$\text{Al} (\%) = \frac{\text{Ar Al} \times 2}{\text{Mr Al}_2\text{O}_3} \times \% \text{Al}_2\text{O}_3$$

IPAM dan Toni-Technik untuk pengujian kuat tekan *paving block*.

### Preparasi sampel limbah lumpur IPAM dan Pasir

Limbah lumpur IPAM diambil dari PT Traya Tirta Cisadane. Lumpur IPAM tersebut ditampung dalam wadah dan dibiarkan mengendap agar terpisah antara lumpur dan air. Lumpur tersebut dikeringkan/dijemur dengan panas matahari selama 2-3 hari. Lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam dijadikan sebagai *binder* A. setelah dikeringkan dengan oven, lumpur dikeringkan menggunakan tanur dengan suhu  $650^\circ\text{C}$  selama 6 jam dijadikan sebagai *binder* B. Lumpur IPAM yang sudah dikeringkan dihaluskan. Setelah halus, lumpur diayak menggunakan ayakan biasa, lalu lumpur diuji komposisi kimianya menggunakan XRF. Setelah itu, lumpur diayak dengan ayakan 200 *mesh*. Pasir yang digunakan adalah pasir Cimangkok yang berwarna hitam. Pasir dijemur dengan panas matahari selama 2-3 hari hingga kering. Untuk menghilangkan pasir yang masih kasar, pasir diayak menggunakan ayakan biasa hingga didapat tekstur pasir yang lebih halus.

### Analisis Komposisi Kimia Sampel (Lumpur IPAM)

Komposisi lumpur IPAM yang sudah dikeringkan dengan oven dan tanur, dianalisis menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) PANalytical XVenus 200 minilab. Pengujian komposisi kimia lumpur kering menggunakan XRF, dilakukan dengan menimbang lumpur sebanyak 12 gram.

Hasil analisis instrumen XRF berupa % berat senyawa oksida. Oleh karena itu, perlu perhitungan dengan menggunakan faktor kimia untuk mendapat hasil % berat sebagai unsurnya. Untuk mendapatkan kandungan Si dari  $\text{SiO}_2$ , maka dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Si} (\%) = \frac{\text{Ar Si}}{\text{Mr SiO}_2} \times \% \text{SiO}_2$$

Keterangan :

Si (%) = % berat Si

Ar Si = Massa atom relatif Si (28,09)

$M_r \text{SiO}_2$  = Massa molekul relatif  $\text{SiO}_2$  (60,09)  
 $\% \text{SiO}_2$  = Kadar  $\text{SiO}_2$  dari hasil analisis XRF  
 $\text{Al} (\%)$  =  $\%$  berat Al  
 $A_r \text{Al}$  = Massa atom relatif Al (27)  
 $M_r \text{Al}_2\text{O}_3$  = Massa molekul relatif  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (102)  
 $\% \text{Al}_2\text{O}_3$  = Kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dari hasil analisis XRF

### Pembuatan *Paving block* Geopolimer (SNI No. 03-6825-2002)

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *paving block* geopolimer. *Paving block* merupakan salah satu jenis mortar yang telah banyak digunakan. Pengujian dilakukan dengan membuat *paving block* berukuran 5cm x 5cm x 5cm sesuai dengan SNI pembuatan mortar geopolimer yaitu SNI No. 03-6825-2002. Bahan mortar terdiri dari *binder*, larutan aktivator dan agregat (pasir halus) dan air. Urutan proses pencampuran pembuatan *paving block* yaitu *binder*-aktivator-pasir-air.

*Binder* dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Binder A* dan *Binder B*. *Binder A* merupakan lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum yang dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. *Binder B* merupakan lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum yang dikeringkan oven pada suhu 105°C selama 24 jam, kemudian dikeringkan kembali dengan tanur pada suhu 650°C selama 6 jam.

Aktivator dibuat dengan melarutkan NaOH ke dalam air dengan molaritas 14 M. Penggunaan NaOH dengan konsentrasi tinggi dapat meningkatkan nilai kuat tekan geopolimer. Setelah itu, larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dicampurkan dengan larutan NaOH 14 M. Perbandingan berat campuran  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH yaitu 1,5:1 (Ramdhani, 2016).

*Paving block* dibuat dengan perbandingan 60% agregat (pasir halus) dan 40% campuran aktivator dan *binder* (Ramdhani, 2016). Campuran antara aktivator dan *binder* dibuat bervariasi yaitu 1:2 ; 1:1,5 ; 1:1 ; 1,5:1 ; 2:1. Campuran yang telah homogen, dicetak pada cetakan yang telah disediakan yaitu berukuran 5cm x 5cm x 5cm, lalu campuran dipadatkan.

Hasil cetakan dioven dengan suhu 90°C selama 18 jam (Ramdhani, 2016). Kemudian hasil cetakan dikeluarkan dari oven dan dikering-anginkan. Setelah dingin, *paving block* dikeluarkan dari cetakan, lalu dilakukan pengujian kuat tekan beton.

### Analisis Kuat Tekan

*Paving block* yang telah dicetak diuji kuat tekannya dengan menggunakan alat uji kuat tekan merk Toni-Technik. *Paving block* diletakkan pada alat diantara dua penjepit atas dan bawah. *Paving block* dijepit secara manual sehingga permukaan atas dan bawahnya menyentuh dengan alat. Mesin penguji kuat tekan dinyalakan, hingga mortar hancur dan angka yang keluar pada alat berupa satuan tekanan dicatat. Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer dalam bentuk *paving block* yang dihasilkan dibandingkan dengan persyaratan mutu *paving block* yaitu pada SNI No.03-0691-1996.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisis XRF pada Bahan Baku

Komposisi senyawa oksida bahan baku diuji menggunakan instrumen XRF untuk mengetahui perbandingan Si:Al pada lumpur IPAM kering oven dan tanur, setelah itu dihitung dalam bentuk unsurnya (Tabel 1).

Kandungan Si dan Al (%) dari oksidanya dapat dihitung dengan menggunakan faktor kimia. Perbandingan Si:Al lumpur yang telah dikeringkan di oven dengan suhu 105°C selama 24 jam memberikan perbandingan yang cukup rendah yaitu 27,70% : 9,67% (2,86 : 1). Perbandingan Si:Al lumpur yang telah dikeringkan di tanur dengan suhu 650°C selama 6 jam memberikan perbandingan yang lebih tinggi daripada lumpur kering oven yaitu 33,60% : 8,12% (4,14 : 1). Perbandingan Si:Al yang rendah yaitu 1:1 atau 2:1, dapat menghasilkan mortar geopolimer yang baik, karena menunjukkan struktur amorf dan ukuran partikel bahan baku (contohnya *fly ash*) yang baik (Nugteren *et al*, 2009).

### Mutu *Paving block* Geopolimer

Mutu *paving block* dapat dilihat berdasarkan hasil kuat tekan *paving block*. Hasil Kuat tekan *paving block* dapat dipengaruhi oleh pengaruh perbandingan Si:Al, larutan alkali aktivator yang digunakan dan perbandingan aktivator : *binder*.

### Hasil Uji Kuat Tekan *Paving block*

*Paving block* yang direkomendasikan adalah *paving block* nomor 3 dengan perbandingan aktivator: *binder* 1:1 dan nomor 9 dengan perbandingan aktivator: *binder* 1,5:1. *Paving block* nomor 3 menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 10,00 MPa dan kuat tekan minimal sebesar 9,60 MPa. *Paving block* nomor 9 menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 9,78 MPa dan kuat tekan minimal sebesar 9,60. *Paving block* dengan nilai rata-rata 10,00 MPa dan nilai minimum 8,5 MPa, memasuki persyaratan mutu *paving block* kelas D. Oleh karena itu, *paving block* tersebut dapat digunakan untuk taman kota. Hal ini dikarenakan berdasarkan metode

pembuatannya, mutu *paving block* yang dihasilkan dengan metode konvensional atau manual hanya masuk ke kelas C, karena dengan metode tersebut mutu *paving block* biasanya masuk ke dalam kelas mutu C dan D. Sementara itu, *paving block* yang dihasilkan dengan metode mekanis atau biasa disebut dengan metode *press* biasanya masuk ke dalam kelas antara mutu C hingga mutu A (Sherliana, 2016).

Adapun 8 variasi *paving block* lainnya, diantaranya 6 variasi *paving block* memasuki persyaratan mutu bata beton untuk pasangan dinding sesuai SNI 03-0349-1989. Sisanya, 2 variasi *paving block* tidak memenuhi persyaratan *paving block*, maupun persyaratan mutu bata beton untuk pasangan dinding (Tabel 2). *Paving block* dengan hasil uji kuat tekan optimum 10,00 MPa jika dibandingkan dengan standar mutu bata beton untuk pasangan dinding (bata beton pejal), memasuki persyaratan mutu kelas I dan *Paving block* dengan hasil uji kuat tekan optimum 9,78 memasuki persyaratan mutu kelas II.

Tabel 1. Komposisi Senyawa Oksida dan Unsur Bahan Baku (Lumpur IPAM)

| Senyawa                        | Konsentrasi (% berat)               |           | Konsentrasi (% berat)               |           |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
|                                | Lumpur kering oven 105°C,<br>24 jam |           | Lumpur kering tanur<br>650°C, 6 jam |           |
|                                | Oksida (%)                          | Unsur (%) | Oksida (%)                          | Unsur (%) |
| SiO <sub>2</sub>               | 59,25                               | 27,70     | 71,87                               | 33,60     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,27                               | 9,67      | 15,33                               | 8,12      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,63                                | 5,34      | 5,60                                | 3,92      |
| CaO                            | 1,25                                | 0,89      | 0,93                                | 0,66      |
| MgO                            | 0,70                                | 0,42      | 0,64                                | 0,39      |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,097                               | 0,81      | 1,135                               | 0,84      |
| K <sub>2</sub> O               | 0,706                               | 0,59      | 0,638                               | 0,53      |

Tabel 2. Persyaratan Mutu Bata Beton untuk Pasangan Dinding

| Syarat fisis  | Satuan | Tingkat mutu bata<br>beton pejal       |     |     |     | Tingkat mutu bata<br>beton berlubang |     |     |     |
|---|--------|--|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|
|   |        | I                                      | II  | III | IV  | I                                    | II  | III | IV  |
|   |        | Kuat tekan<br>bruto* rata-rata<br>min. | MPa | 10  | 7   | 4                                    | 2,5 | 7   | 5   |
| Kuat tekan<br>bruto masing-<br>masing benda<br>uji min. | MPa    | 9                                      | 6,5 | 3,5 | 2,1 | 6,5                                  | 4,5 | 3   | 1,7 |

(Sumber : SNI 03-0349-1989, SNI bata beton untuk pasangan dinding)

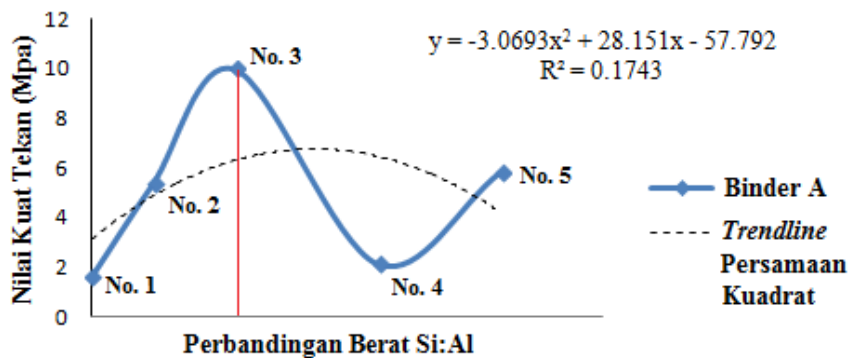
### Pengaruh Perbandingan Si:Al

Perbandingan Si:Al awal yaitu pada *binder*/lumpur yang telah dikeringkan di oven dengan suhu 105°C selama 24 jam memberikan perbandingan yang cukup rendah yaitu 27,70% : 9,67% (2,86:1). Perbandingan Si:Al lumpur yang telah dikeringkan di tanur dengan suhu 650°C selama 6 jam memberikan perbandingan yang lebih tinggi daripada lumpur kering oven yaitu 33,60% : 8,12% (4,14:1).

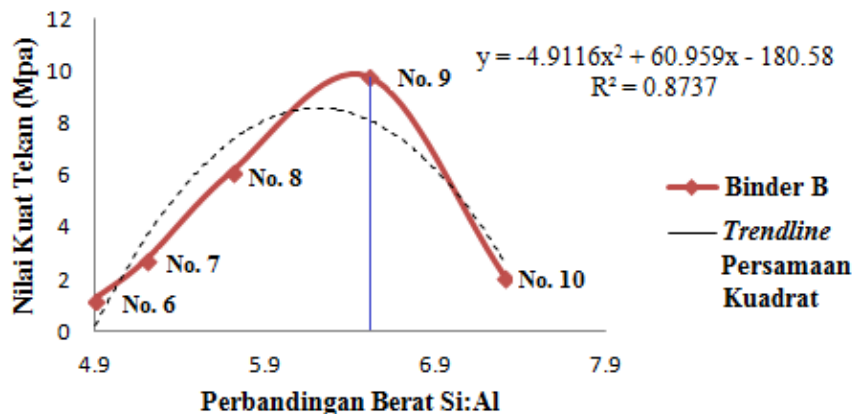
Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan yang optimum terdapat pada *paving block* nomor 3 yang memberikan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 10,00 MPa pada perbandingan Si:Al = 4,2:1. kemudian turun secara drastis sebesar 78,60% pada nomor 4 menjadi 2,14 MPa dengan perbandingan Si:Al = 4,9:1. Semakin tinggi perbandingan Si:Al, maka semakin rendah nilai kuat tekan yang diperoleh. Hal ini dikarenakan semakin tinggi perbandingan Si:Al akan menghasilkan geopolimer yang kurang baik dengan menghasilkan nilai kuat tekan yang rendah begitupun sebaliknya

(Nugteren *et al.*, 2009). Namun, pada *paving block* nomor 5 mengalami kenaikan menjadi 5,84 MPa.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan yang optimum terdapat pada *paving block* nomor 9 yang memberikan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 9,78 MPa pada perbandingan Si:Al = 6,5:1. Kemudian turun secara drastis pada nomor 10 sebesar 78,53% menjadi 2,10 MPa dengan perbandingan Si:Al = 7,3:1. Semakin tinggi perbandingan Si:Al, maka semakin rendah nilai kuat tekan yang diperoleh. Hal ini dikarenakan semakin tinggi perbandingan Si:Al, akan menghasilkan geopolimer yang kurang baik dengan menghasilkan nilai kuat tekan yang rendah begitupun sebaliknya (Nugteren *et al.*, 2009). Perbedaannya yaitu pada *paving block* berbahan dasar *binder* A sudah mencapai nilai optimum pada perbandingan aktivator dan *binder* 1:1, sedangkan *paving block* berbahan dasar *binder* B baru mencapai nilai kuat tekan optimum pada perbandingan aktivator:*binder* 1:1,5.



Gambar 1. Trendline Persamaan Kuadrat Paving Block Binder A



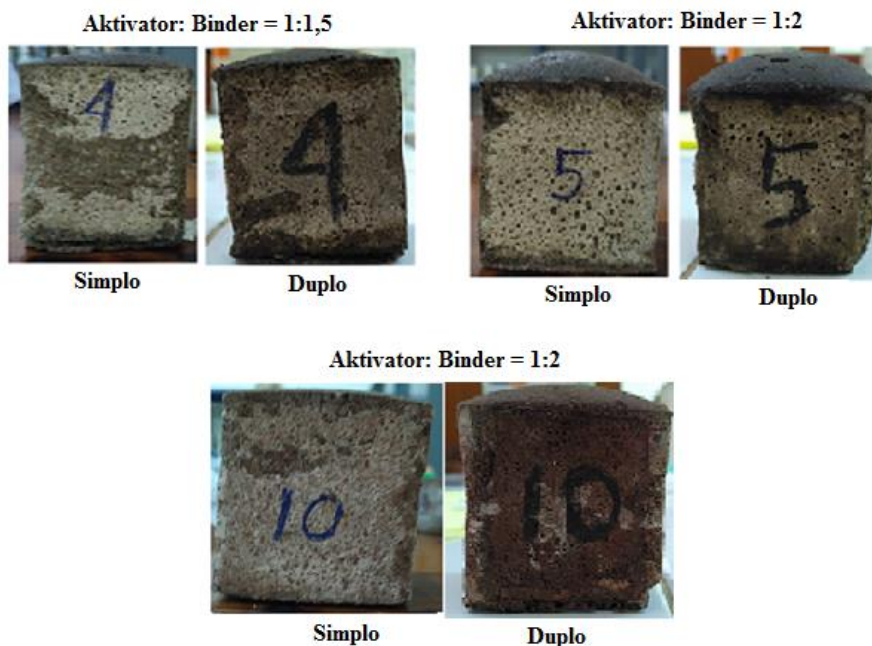
Gambar 2. Trendline Persamaan Kuadrat Paving Block Binder B

### Pengaruh Larutan Alkali Aktivator dan Perbandingan Aktivator : *Binder*

Penggunaan larutan NaOH 14 M sebagai alkali aktivator dapat menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton geopolimer dengan molaritas yang rendah. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, semakin banyak jumlah mol OH pada reaksi, sehingga ikatan pada reaksi geopolimerisasi menjadi sempurna (Ekaputri dan Triwulan, 2013). Selain NaOH, penelitian ini juga menggunakan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> gel (*waterglass*) dengan spesifikasi teknis yang dibeli dari toko kimia. Komposisi teknis hasil analisis Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> gel dengan menggunakan AAS diperoleh hasil kadar NaOH sebesar 22,0%, SiO<sub>2</sub> sebesar 46,0%, H<sub>2</sub>O sebesar 19,3% dan senyawa lain sebesar 12,7% (Swastika, 2010). Konsentrasi NaOH yang tinggi yaitu 14 M dan dengan rasio perbandingan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> gel dan NaOH 1,5:1 memberikan nilai kuat tekan paling tinggi pada penelitian

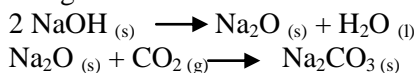
sebelumnya yaitu sebesar 20,21 MPa (Ramdhani, 2016). Jumlah berat aktivator dan *binder*/lumpur, dijadikan sebagai variabel bebas, sedangkan konsentrasi NaOH, jumlah perbandingan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> gel : NaOH, jumlah berat pasir, suhu dan waktu *curing* dijadikan variabel tetap.

Bentuk fisik *paving block* nomor 4 dan 5 (berbahan dasar *binder* A), dan 10 (berbahan dasar *binder* B) terlihat mengembang dan memiliki pori yang terbuka (Gambar 3). Ada dua macam pori yaitu pori terbuka dan tertutup. Pori terbuka yaitu pori yang bersifat *permeable* (dapat ditembus, baik oleh udara ataupun air). Pori tertutup adalah pori yang bersifat *impermeable* (tidak dapat ditembus). Pori yang tertutup lebih baik dari pori yang terbuka karena pori yang tertutup memiliki tekanan hidrostatik yang menambah kuat tekan beton dan terhindar dari retak, sedangkan pori yang terbuka membuat beton menjadi keropos dan dapat menurunkan kuat tekan beton (Ekaputri *et al.*, 2007).



Gambar 3. *Paving Block* yang Mengembang dan Memiliki Pori Terbuka

Bentuk *paving block* yang mengembang dan memiliki pori yang terbuka disebabkan karena jumlah aktivator lebih banyak daripada *binder*/lumpur, sehingga lambat laun *paving block* tersebut akan mengalami keretakan karena terjadi reaksi samping sebagai berikut.



Larutan NaOH tidak mengion menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , tetapi mengurai menjadi  $\text{Na}_2\text{O}$  (berwujud serbuk putih) dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Air inilah yang mengisi ruang pada *paving block*. Pada saat dilakukan *curing*, air menguap sehingga meninggalkan lubang atau pori terbuka pada *paving block* dan mengakibatkan mudah retak dan rapuh. Kemudian  $\text{Na}_2\text{O}$  yang dihasilkan mudah bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  di udara membentuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang merupakan suatu kristal jarum putih yang menimbulkan warna putih pada *paving block* (Arizal, 2016).

*Paving block* berbahan dasar lumpur IPAM kering oven mencapai nilai kuat tekan optimum pada perbandingan aktivator : *binder* (1:1). Sedangkan *paving block* berbahan dasar lumpur IPAM kering tanur mencapai nilai kuat tekan optimum pada perbandingan aktivator : *binder* (1,5:1). Dari data tersebut, lumpur kering tanur membutuhkan jumlah aktivator lebih banyak daripada lumpur IPAM kering oven. Hal ini dikarenakan pada lumpur IPAM kering tanur, berbagai bahan pelarut, senyawa organik dan unsur lain seperti karbon dan sulfur hilang dan hanya tersisa senyawa anorganiknya saja sehingga bahan dasar lumpur kering tanur ini membutuhkan jumlah aktivator yang lebih banyak (Pujiyanto *et al.*, 2013).

Proses polimerisasi juga dapat mempengaruhi hasil uji kuat tekan. Proses polimerisasi terdiri dari dua tahap yaitu proses disolusi yang diikuti proses polikondensasi. Pada proses disolusi menghasilkan monomer silikat  $\text{Si}(\text{OH})_4$  dan ion aluminat  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ . Untuk mencapai disolusi yang sempurna diperlukan larutan alkali aktivator yang mencukupi (Pujiyanto, 2013).

## KESIMPULAN

Lumpur IPAM yang merupakan lumpur hasil koagulasi dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif pembuatan geopolimer dalam bentuk mortar jenis *paving block* karena mengandung Al dan Si yang tinggi. *Paving block* berbahan dasar *binder* A memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 10,00 MPa pada variasi perbandingan aktivator : *binder* (1:1) dengan perbandingan Si:Al (4,2:1). *Paving block* berbahan dasar *binder* B memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 9,78 MPa pada variasi perbandingan aktivator : *binder* (1,5:1) dengan perbandingan Si:Al (6,5:1). *Paving block* dengan nilai kuat tekan tertinggi 10,00 MPa dan 9,78 MPa memasuki persyaratan mutu D sesuai dengan SNI 03-0691-1996, dapat digunakan sebagai *paving block* taman kota. Terdapat 8 *Paving block* yang tidak memenuhi persyaratan mutu *paving block*, 6 *paving block* memasuki persyaratan mutu bata beton untuk pasangan dinding sesuai dengan SNI 03-0349-1989, 2 sisanya tidak memenuhi persyaratan manapun. *Paving block* dengan hasil uji kuat tekan optimum 10,00 MPa dan 9,78 MPa, jika dibandingkan dengan standar mutu bata beton untuk pasangan dinding, berturut-turut memasuki persyaratan mutu kelas I dan II.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F. 2014. *Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving block*. *Jurnal Rekaya Sipil Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang*. Vol. No. 1 Februari 2014 ISSN : 1858-2133. Padang.
- Anwar, S. 2015. *Pemanfaatan Serat Batang Pohon Pisang dalam Sintesis Material Hibrida Berbasis Geopolimer Abu Layang Batu Bara*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Arini, R.N., Triwulan dan J.J. Ekaputri. 2013. *Pasta Ringan Geopolimer Berbahan Dasar Lumpur Bakar Sidoarjo dan Fly Ash Perbandingan*

- 3:1 dengan Tambahan Powder dan Serat Alam. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 1. No. 1, (2013) : 1-5.* Surabaya.
- Arizal, R. 2016. *Penelitian Geopolimer Kimia UNB Kerjasama dengan PT Antam UBPE Pongkor. Penelitian tidak diterbitkan.* Universitas Nusa Bangsa. Bogor.
- Az-zahra, S., Rachmawati, S.DJ., dan Eka, W. 2014. *Karakteristik Kualitas Air Baku dan Lumpur sebagai Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur IPA Badak Singa PDAM Tirtawening.* *Jurnal Rekayasa Lingkungan.* ITENAS. Bandung.
- Awaludin, A. 2016. *Aplikasi Tawas Cair Recovery sebagai Koagulan Limbah Cair Industri Perisa Minuman.* Skripsi. Universitas Nusa Bangsa. Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989: *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding.*
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 03-0691-1996: *Bata Beton (Paving block).*
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-6825-2002: *Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil.*
- Cahyadi, D. 2013. *Sifat Mekanik dan Durabilitas Polypropylene Fiber Reinforced Geopolymer Concrete (PFRGC).* *Jurnal Teknik Sipil Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Vol. No. 1 Oktober 2013 ISSN : 2339-0271.* Surakarta.
- Davidovits, J. 1994. *Global Warming IMPact on the Cement and Aggregates Industries, World Resource Review, 6(2), 263-278.* Saint-Quentin.
- Ekaputri, J.J., Triwulan, dan Oktavina, D. 2007. *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Powder Paiton Sebagai Material Alternatif.* *Jurnal PONDASI. Vol. 13 No. 2, Desember 2007. ISSN: 0853-814X.* Surabaya.
- Ekaputri, J. J. dan Triwulan. 2013. *Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer.* *Jurnal Teknik Sipil. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Vol. 20 No. 1, April 2013 ISSN : 0853-2982.* Surabaya.
- Mirwan, A. 2012. *Pemanfaatan Kembali Limbah Padat Lumpur PDAM Untuk Penjernihan Air dari Sungai Martapura Kalimantan Selatan.* *Jurnal Teknik Kimia.* Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.
- Nugteren, H.W, V.C.L. Butselaar-Orthlieb dan M. Izqueredo. 2009. *High Strength Geopolymers Produced From Coal Combustion Fly Ash. Global NEST Journal, Vol 11. No 2, pp 155-161.* 2009. Yunani.
- Pujianto, A. Anzila N. A., Martyana D.C., dan Hendra. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur.* Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta.
- Ramdhani, S. A. 2016. *Pengaruh Komposisi Kaolin dalam Pembuatan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Tailing Pertambangan Emas.* Skripsi. Universitas Nusa Bangsa. Bogor.
- Swastika, N. 2010. *Analisis Ketahanan Beton Geopolimer Berbahan Abu Terbang dan Berbahan Metakaolin Terhadap Paparan Air Laut ASTM.* Tesis. Universitas Indonesia. Depok.
- Septia, P. (2011). *Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio*

*NaOH:Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Rasio Air/Prekursor Suhu Curing, Dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer.* Skripsi. Universitas Indonesia.

*Modifikasi.* Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Sherliana. 2016. *Studi Kuat Tekan Paving block dengan Campuran Tanah, Semen dan Abu sekam padi Menggunakan Alat Pemas*

# PERBANDINGAN HIDROLISIS ENZIMATIS DAN ASAM TERHADAP PATI JAGUNG MANIS (*Zea mays* L.) DALAM PEMBUATAN GULA CAIR

RTM Sutamihardja<sup>1)</sup>, Mia Azizah<sup>2)\*</sup>, Bekti Dwisepti Mafiana<sup>1)</sup>

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

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

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

\*email : miaazizah23@gmail.com

## ABSTRACT

### *Comparison Hydrolysis of Enzymatic and Acid of Sweet Corn Starch (*Zea mays* L.) in Liquid Sugar Production*

*Sweet corn starch (*Zea mays* L.) contains high carbohydrate that can be used for food and industrial purposes. Sweet corn starch can be used for liquid sugar as alternative sweetener by enzymatic or acid hydrolysis. The enzymatic hydrolysis was performed by treating the starch with alpha amylase for liquefaction and glucoamylase for saccharification, while acid hydrolysis was performed by mixing the starch with 1,0 N hydrochloric acid. According to the results, the yield of enzymatic hydrolysis is higher than acid hydrolysis. The highest yield of liquid sugar is 91,73% produced by enzymatic hydrolysis using alpha amylase 42μL and glucoamylase 42μL and 59,40% of reducing sugar. The yield of liquid sugar produced by acid hydrolysis using HCl 1,0 N is 78,55% and 31,48% of reducing sugar.*

*Key words :* *Zea mays, starch, liquid sugar, hydrolysis of hydrochloric acid, hydrolysis of alpha amylase, hydrolysis of glucoamylase*

## ABSTRAK

Pati jagung manis (*Zea mays* L.) mengandung karbohidrat cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk bahan pangan dan industri. Pati jagung manis dapat diolah menjadi gula cair dan digunakan sebagai pemanis alternatif melalui hidrolisis pati baik secara enzimatik atau asam. Hidrolisis enzimatik melalui tahap likuifikasi menggunakan alfa amilase dan tahap sakarifikasi menggunakan glukoamilase. Hidrolisis asam dilakukan menggunakan asam klorida 0,1 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gula cair hasil hidrolisis enzimatik menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan hidrolisis asam. Rendemen gula cair paling tinggi dihasilkan pada proses hidrolisis enzimatik menggunakan alfa amilase 42μL dan glukoamilase 42μL sebesar 91,73% dengan nilai gula pereduksi sebesar 59,40%. Rendemen gula cair hidrolisis asam menggunakan HCl 1,0 N sebesar 78,55% dengan nilai gula pereduksi sebesar 31,48%.

Kata kunci : *Zea mays*, pati, gula cair, hidrolisis HCl, hidrolisis enzim alfa-amilase, hidrolisis enzim glukoamilase

## PENDAHULUAN

Gula tebu merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Peran utamanya sebagai pemanis. Kebutuhan gula tebu sebagai bahan pemanis makanan maupun minuman semakin meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik, pada tahun 2011 Indonesia mengimpor sebanyak 2.371.250 ton gula tebu. Tahun 2012 angka impor gula tebu naik menjadi 2.743.778 ton, dan di tahun 2013 kenaikan semakin meningkat menjadi 3.343.803 ton.

Kekurangan bahan pemanis alam (gula tebu) mendorong masyarakat untuk mengkonsumsi gula sintetis (buatan) seperti sakarin (biang gula) dan natrium siklamat (bibit gula). Akan tetapi, bahan pemanis buatan tidak bisa sepenuhnya menggantikan bahan pemanis alam karena kadar penggunaannya dibatasi oleh peraturan kesehatan di banyak Negara termasuk di Indonesia, yaitu sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 722/MENKES/PER/IX/1988 tentang Bahan Tambahan Makanan.

Bahan pemanis lain selain gula tebu atau sukrosa (gula yang kita kenal sehari-

hari) perlu dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut. Pemanis lain tersebut yaitu gula cair. Gula cair diperoleh dari hasil hidrolisis pati. Pati yang diolah bisa dari pati sagu, padi, jagung, umbi-umbian (talas, ubi jalar, kimpul, singkong). Contoh gula cair dari hasil hidrolisis pati yaitu glukosa, fruktosa, maupun maltosa (Mahreni dan Sulistyowati, 2004).

Gula cair dapat diperoleh dari pati dengan cara hidrolisis dengan katalis asam atau katalis enzim. Pada penelitian Fitriana (2016), gula cair dihasilkan dari hidrolisis pati jagung secara asam. Namun, menurut Triyono (2009) pembuatan gula cair dari hidrolisis pati secara enzimatis dapat menghasilkan rendemen dan mutu gula cair yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan cara hidrolisis asam. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian perbandingan hidrolisis enzimatis dan asam dalam pembuatan gula cair serta perlakuan variasi konsentrasi enzim alfa amilase dan glucoamilase dalam pembuatan gula cair secara enzimatis untuk membuktikan apakah hasil rendemen gula cair secara enzimatis lebih banyak dibandingkan dengan hidrolisis asam.

Bahan baku utama yang digunakan adalah jagung. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2015), produksi jagung di tahun 2015 sebanyak 20,67 juta ton atau mengalami kenaikan sebanyak 1,66 juta ton (8,72%) dibandingkan tahun 2014. Peningkatan produksi terjadi karena kenaikan luas area panen seluas 160,48 ribu hektar (4,18%) dan kenaikan produktivitas sebesar 2,16 kuintal/hektar (4,36%).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu: Jagung manis, air suling, alfa amilase dari Sigma (aktivitas enzim 20000-60000 U/mL), glucoamilase dari Sigma, HCl, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, arang aktif dari tempurung kelapa, resin kation anion, NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, heksana, larutan Luff schoorl, KI 20%, lugol, indikator BCG:MM, asam borat, Pb

asetat 5%, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 10%, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1N, kanji.

Peralatan yang digunakan adalah wadah penampung tepung, kain saring, loyang, oven, *blender*, mikro pipet, *autoclave*, spatula, termometer, pemanas listrik, neraca analitik, penangas air, kolom, botol timbang, cawan porselen, oven, tanur, desikator, labu ukur, pipet volumetri, corong, tabung reaksi, alat *soxhlet*, pH meter, buret, gelas ukur, kertas lakmus, pendingin tegak, alat destilasi, pemanas listrik.

### Metode

#### 1. Pembuatan Pati dari Jagung Manis

Proses pembuatan pati dari jagung manis dimulai dengan cara memisahkan biji jagung dari tongkolnya dan membersihkannya, kemudian jagung yang sudah bersih ditambah air lalu diblender (5:2). Larutan hasil pemblanderan diperas dan disaring dengan kain saring. Proses berikutnya dari hasil penyaringan didiamkan selama 24 jam untuk mengendapkan patinya, selanjutnya air pada bagian atas dibuang sedangkan endapan pati dicuci dengan air dan diendapkan lagi beberapa saat. Pati yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dengan sinar matahari, setelah itu dilanjutkan pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 800C (Risnoyatiningasih, 2011)

#### 2. Pembuatan Gula Cair

Pembuatan gula cair dilakukan menggunakan dua metode hidrolisis. Metode pertama yaitu pembuatan gula cair secara hidrolisis enzimatis dengan variasi volume alfa amilase dan glucoamilase. Metode kedua yaitu pembuatan gula cair secara hidrolisis asam menggunakan HCl 1,0 N.

##### a. Hidrolisis Enzimatis

Pembuatan gula cair secara hidrolisis enzimatis terdiri atas dua tahap. Pertama adalah tahap likuifikasi. Pati jagung manis ditimbang sebanyak 30 gram lalu dilarutkan dalam 200 mL air dan diaduk rata, pH

diatur 5-7. Sampel dipanaskan pada suhu 90°C dan ditambahkan enzim alfa amilase (1; 1,2 dan 1,4 mL/kg pati) yang setara dengan (30; 36 dan 42 µL) sambil diaduk rata. Proses ini berlangsung selama 60 menit. Setelah itu dianalisis kadar gula pereduksinya.

Hasil optimum likuifikasi diteruskan ke tahap sakarifikasi. Sampel didinginkan sampai 60°C, pH diatur 4-4,6 lalu ditambahkan enzim glukoamilase (1; 1,2 dan 1,4 mL/kg pati) yang setara dengan (30; 36 dan 42 µL). Proses ini berlangsung selama 72 jam.

Gula cair dinetralkan menggunakan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan ditambahkan 0,5 gram arang aktif lalu dipanaskan pada suhu 80°C dan pengadukan selama 30 menit. Larutan didiamkan selama 1 jam dan disaring. Setelah itu larutan dialirkan ke dalam kolom resin ion lalu sampel diuapkan pada suhu 60°C.

#### b. Hidrolisis Asam

Pembuatan gula cair secara hidrolisis asam terdiri atas dua tahap yaitu tahap gelatinisasi dan hidrolisis. Pati jagung manis ditimbang sebanyak 30 gram ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan air panas sebanyak 200 mL. Setelah itu sampel dipanaskan di atas penangas dengan suhu 60-70°C hingga terbentuk gel. Sampel kemudian ditambahkan HCl 1,0 N sebanyak 30 mL, lalu dimasukkan ke dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 90 menit.

Gula cair dinetralkan menggunakan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan ditambahkan 0,5 gram arang aktif lalu dipanaskan pada suhu 80°C dan pengadukan selama 30 menit. Larutan didiamkan selama 1 jam dan disaring. Setelah itu larutan dialirkan ke dalam kolom resin ion lalu sampel diuapkan pada suhu 90°C.

### 3. Analisis Hasil : Uji Fisik

Parameter fisik yang dianalisis meliputi rasa, bau, warna dan nilai rendemen. Untuk analisis bau, rasa dan warna menggunakan indra penciuman, pengecap dan

penglihatan. Nilai rendemen gula cair dihitung menggunakan rumus :

Rendemen (%) =

$$\frac{Bs \times \left(\frac{Bk}{100}\right)}{Bp \times \left(1 - \frac{Ka}{100}\right)} \times 100\%$$

Keterangan:

Bs : berat gula cair

Bk : total padatan gula cair

Bp : berat pati yang digunakan

Ka : kadar air pati

### 4. Analisis Hasil : Uji Kimia

Analisis kadar air, abu, lemak, protein dan karbohidrat menggunakan SNI 01-2891-1992.

### 5. Kadar Gula Pereduksi Metode Luff Schoorl

Sampel ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL lalu ditambahkan 50 mL air suling, 5 mL Pb asetat 5% dan 1 tetes (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 10%. Apabila timbul endapan putih, maka penambahan Pb asetat sudah cukup. Larutan sampel ditambahkan 15 mL (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 10%. Larutan ditambahkan air suling sampai tanda batas tera. Larutan dikocok, didiamkan selama 30 menit dan disaring. Hasil saringan dipipet 10 mL ke erlenmeyer lalu ditambahkan 15 mL air suling dan 25 mL Luff Schoorl serta beberapa butir batu didih. Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin tegak lalu dipanaskan di atas penangas listrik dan dididihkan selama 10 menit kemudian diangkat dan didinginkan. Setelah dingin, larutan ditambahkan 10 mL KI 20% dan 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25%. Larutan dititar menggunakan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N dengan indikator kanji 0,5%. Penetapan blanko dilakukan dengan 25 mL air dan 25 mL Luff Schoorl seperti cara sebelumnya.

$$V \text{ koreksi} = \frac{V \text{ blanko} - V \text{ sampel}}{0,1} \times N \text{ tio}$$

$$W1 = \text{mg tabel Luff Schoorl} + ((V_{\text{koreksi}} - V_{\text{tio tabel Luff Schoorl}}) \times \text{selisih})$$

$$\text{Gula reduksi (\%)} = \frac{W1 \times fp}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

W1 : mg setara tabel Luff School  
 fp : faktor pengenceran  
 W : bobot sampel (mg)

## 6. Analisis Kandungan Pati Kualitatif

Sampel gula cair dipipet sebanyak 5-10 tetes ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan sedikit air untuk memudahkan pengamatan. Sampel ditambahkan 2 tetes larutan lugol ke dalam tabung reaksi. Perubahan warna diamati. Apabila warna berubah menjadi biru atau ungu, maka dalam sampel positif mengandung pati.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Jagung manis yang dideterminasi adalah jagung manis yang berumur 3,5 bulan dan berasal dari daerah Lampung. Hasil determinasi tanaman jagung manis didapatkan hasil berupa jagung manis berjenis *Zea mays L.*, suku *Poaceae*.

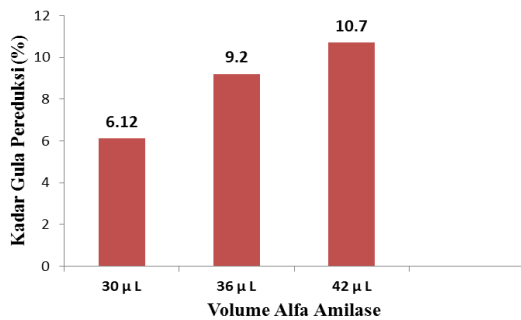
Komposisi utama jagung manis adalah pati, yaitu sekitar 70 % dari bobot biji (Prambudi, 2008). Bahan utama pembuatan gula cair dari jagung manis adalah pati jagung manis. Jagung manis yang digunakan sekitar 6,25 kg. Jagung manis dikupas dan dibersihkan dengan tujuan untuk menghilangkan rambut-rambut halus yang menempel pada bijinya. Jagung manis diblender untuk diambil sarinya. Biji jagung manis sebanyak 6,25 kg menghasilkan tepung pati sebanyak 1,21 kg atau sebanyak 19,36 %.

Pati jagung manis yang telah dibuat lalu dilakukan uji proksimat. Uji proksimat ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari pati yang digunakan untuk proses hidrolisis menjadi gula cair. Hasil dari uji proksimat pati jagung manis dapat dilihat pada Tabel 1.

Kandungan gula pereduksi menentukan kualitas gula cair yang dihasilkan dari proses hidrolisis pati. Penentuan kadar gula pereduksi pada proses hidrolisis enzimatis dilakukan pada tahap likuifikasi dan sakarifikasi. Tahap likuifikasi dilakukan dengan variasi volume alfa amilase (30; 36 dan 42  $\mu\text{L}$ ). Hasil kadar gula pereduksi tahap likuifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Kandungan Proksimat Pati Jagung Manis

| Parameter      | Pati Jagung Manis | Pati Jagung Manis (Fitriana, 2016) | SNI Tepung Jagung |
|----------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| Air (%)        | 3,94              | 8,28                               | $\leq 10,00$      |
| Abu (%)        | 1.12              | 0,86                               | $\leq 1,00$       |
| Protein (%)    | 9,46              | 8,70                               | -                 |
| Lemak (%)      | 1,18              | 1,07                               | -                 |
| Karbohidrat(%) | 63,89             | -                                  | -                 |



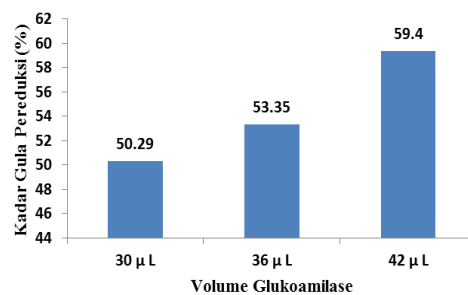
Gambar 1. Gula Pereduksi Likuifikasi

Berdasarkan Gambar 1, kadar gula pereduksi tertinggi pada tahap likuifikasi sebesar 10,7 % pada volume enzim alfa-amilase 42 µL. Semakin besar volume enzim yang ditambahkan, maka akan semakin besar kadar gula pereduksi yang dihasilkan dan masih ada kemungkinan kadar gula pereduksi naik apabila volume enzim ditingkatkan atau akan berubah konstan pada batas-batas volume tertentu (Rahmawati *et al.*, 2015). Hasil tahap likuifikasi dengan enzim alfa-amilase menunjukkan bahwa kadar gula pereduksi masih rendah. Kadar gula pereduksi pada tahap likuifikasi belum dapat dibandingkan dengan kadar gula pereduksi pada SNI, karena pada tahap likuifikasi pati belum terhidrolisis sempurna menjadi glukosa. Rendahnya kadar gula pereduksi ini disebabkan enzim alfa-amilase ini memecah ikatan  $\alpha$ -(1,4) glikosidik pada substrat dan menghasilkan gula reduksi dan dekstrin dengan glukosa dalam jumlah kecil (Rahmawati *et al.*, 2015). Berdasarkan reaksi tersebut, kemudian dilanjutkan tahap sakarifikasi dengan menjadikan volume enzim alfa-amilase 42 µL sebagai volume untuk menghidrolisis pati menjadi gula cair yang paling baik dalam tahap likuifikasi.

Tahap sakarifikasi dilakukan menggunakan enzim glucoamilase dengan variasi volume glucoamilase (30; 36 dan 42 µL). Hasil kadar gula pereduksi tahap sakarifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.

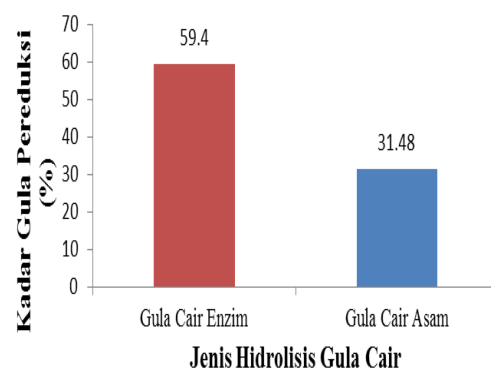
Kadar gula pereduksi tertinggi pada tahap sakarifikasi sebesar 59,40 % pada volume enzim glucoamilase 42 µL. Hasil tahap sakarifikasi (Gambar 2) menunjukkan terjadi peningkatan kadar gula pereduksi,

jika dibandingkan dengan hasil kadar gula pereduksi pada tahap likuifikasi (Gambar 1). Adanya peningkatan kadar gula pereduksi ini disebabkan pada saat likuifikasi pati diubah menjadi maltosa, dekstrin dan glukosa oleh alfa-amilase. Pada saat tahap sakarifikasi terjadi proses hidrolisis maltosa dan dekstrin menjadi glukosa oleh enzim glucoamilase yang tidak hanya mampu memutuskan ikatan  $\alpha$ -(1,4) glikosidik tetapi juga mampu menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -(1,6) glikosidik, sehingga proses hidrolisis berlangsung maksimal (Risnoyatiningsih, 2011).



Gambar 2. Gula Pereduksi Sakarifikasi

Gula cair dapat dibuat melalui hidrolisis pati secara enzimatis atau asam. Asam yang digunakan adalah HCl dengan konsentrasi 1,0 N (Fitriana, 2016). Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis enzimatis dibandingkan dengan gula cair asam dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gula Pereduksi Sampel

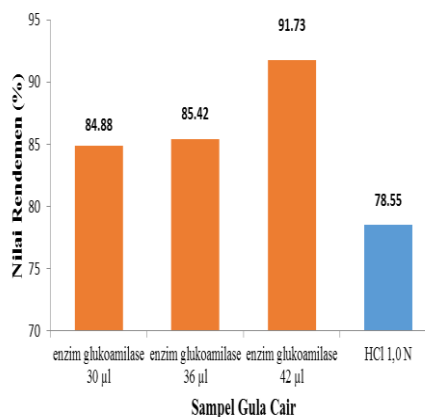
Kadar gula pereduksi gula cair secara enzimatis yaitu sebesar 59,40 % lebih besar bila dibandingkan dengan kadar gula pereduksi gula cair secara asam yaitu sebesar 31,48 %. Jika dibandingkan dengan kadar gula pereduksi SNI, kedua kadar gula pereduksi tersebut masih memenuhi standar, batas terendah nilai gula pereduksi SNI sebesar 30 %. Kadar gula pereduksi enzimatis lebih besar bila dibandingkan dengan kadar gula pereduksi asam, hal ini disebabkan enzim bekerja spesifik. Enzim alfa-amilase bekerja memutus ikatan  $\alpha$  - (1,4) glikosidik, dan enzim glukoamilase memecah ikatan  $\alpha$  - (1,4) glikosidik dan  $\alpha$  - (1,6) glikosidik pada pati. Sedangkan pada hidrolisis pati secara asam, pati akan dipecah secara acak (Mahmudatussaadah, 2014).

Pati jagung manis dihidrolisis menggunakan enzim dan asam menjadi gula cair. Parameter fisik gula cair yang diuji adalah rasa, bau, warna dan rendemen. Hasil uji fisik gula cair dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, gula cair hasil hidrolisis pati secara enzimatis dan asam memiliki rasa manis dan memenuhi persyaratan SNI 01-2978-1992. Untuk parameter bau dan warna belum memenuhi persyaratan. Sampel gula cair memiliki bau yang khas yaitu bau jagung manis yang berasal dari bahan baku yang digunakan yaitu jagung manis. Gula cair hasil hidrolisis enzimatis dan asam berwarna kuning. Hal ini disebabkan karena adanya proses pencoklatan.

Pati jagung manis yang telah dihidrolisis akan menghasilkan gula cair. Banyaknya jumlah gula cair dari hasil hidrolisis dapat diketahui dengan menghitung rendemen yang dihasilkan.

Pada uji ini, gula cair dibuat melalui hidrolisis enzimatis menggunakan alfa amilase dan glukoamilase, sedangkan cara hidrolisis asam menggunakan konsentrasi asam optimum dari penelitian Fitriana (2016) yaitu HCl 1,0 N. Hasil rendemen gula cair dari hidrolisis enzimatis dan asam dapat dilihat pada Gambar 4.



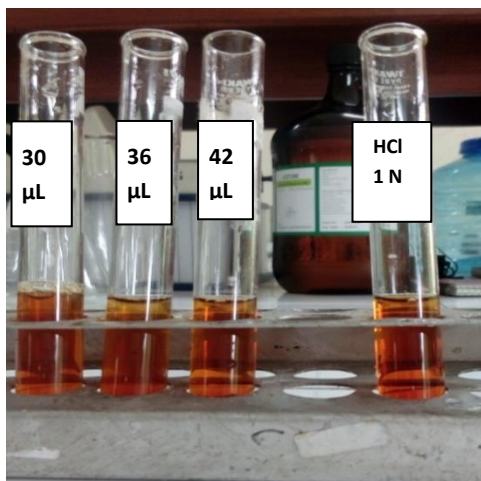
Gambar 4. Rendemen Gula Cair

Rendemen tertinggi hasil hidrolisis pati ubi jalar kuning sebesar 91,73 % pada volume enzim 42  $\mu$ L. Rendemen gula cair hasil hidrolisis asam sebesar 78,55 %. Konsentrasi asam yang dipakai adalah konsentrasi asam optimum dalam pembuatan gula cair pada penelitian Fitriana (2016). Rendemen gula cair yang dihasilkan dari hasil hidrolisis pati jagung manis secara enzimatis, lebih besar bila dibandingkan dengan gula cair hasil hidrolisis pati jagung manis secara asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Risnoyatningsih (2011), bahwa pembuatan gula cair dengan hidrolisis secara asam menghasilkan rendemen gula yang lebih rendah bila dibandingkan hidrolisis pati secara enzimatis. Pada hidrolisis pati secara enzimatis, enzim bekerja spesifik. Enzim alfa-amilase bekerja memutus ikatan  $\alpha$  - (1,4) glikosidik dan enzim glukoamilase memecah ikatan  $\alpha$  - (1,4) glikosidik dan  $\alpha$  - (1,6) glikosidik pada pati. Sedangkan pada hidrolisis pati secara asam, pati akan dipecah secara acak (Mahmudatussaadah, 2014). Berdasarkan Gambar 4, semakin besar jumlah enzim yang ditambahkan maka semakin besar jumlah rendemen gula cair yang dihasilkan (Rahmawati *et al.*, 2015).

Tabel 2. Karakteristik Parameter Fisik Gula Cair

| Sampel Gula                            | Volume<br>Glukoamilase | Parameter |            |              |
|--|------------------------|-----------|------------|--------------|
|  |                        | Rasa      | Bau        | Warna        |
| Enzim<br>(alfa amilase 42 µL)          | 30 µL                  | Manis     | Khas       | Kuning       |
|  | 36 µL                  | Manis     | Khas       | Kuning       |
|  | 42 µL                  | Manis     | Khas       | Kuning       |
| Asam Klorida 1,0 N<br>SNI 01-2978-1992 |                        | Manis     | Khas       | Kuning       |
|  |                        | Manis     | Tak berbau | Tak berwarna |

Uji kualitatif pati dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan pati dalam sampel gula cair menggunakan larutan lugol. Hasil uji ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji lugol Gula Cair secara Enzimatis dan Asam

Berdasarkan Gambar 5, hasil negatif diperoleh pada uji kualitatif pati pada gula cair berbahan baku pati jagung manis. Hal ini menunjukkan bahwa semua pati telah terhidrolisis dengan sempurna. Sampel akan menunjukkan hasil positif apabila masih ada pati yang belum terhidrolisis. Hal ini dapat diamati dari perubahan warna yang terjadi, apabila terbentuk warna biru tua atau ungu maka sampel gula cair tersebut positif mengandung pati.

Gula cair hasil hidrolisis enzim optimum dan gula cair hidrolisis asam selanjutnya dilakukan uji kimia yaitu analisis proksimat dan dibandingkan

dengan SNI 01-2978-1992. Hasil analisis proksimat gula cair dapat dilihat pada Tabel 3.

Semakin rendah kadar air gula cair, maka kualitas gula cair tersebut semakin baik karena nilai viskositasnya tinggi sehingga gula cair tersebut semakin kental. Selain itu kadar air yang rendah akan mengurangi bahaya pertumbuhan mikroba. Jadi kadar air memegang peranan penting dalam proses pembusukan dan ketengikan. Berdasarkan hasil analisis kadar air gula cair dari kedua perlakuan hidrolisis baik asam maupun enzim kemudian dibandingkan dengan SNI 01-2978-1992 maka kedua jenis gula cair tersebut belum memenuhi syarat keberterimaan. Oleh karena itu, diperlukan metode tertentu untuk menurunkan nilai kadar air yang diperoleh. Proses pengeringan, penambahan gula, dan penambahan garam yang bersifat higroskopis adalah beberapa cara untuk menurunkan nilai aktivitas air (Buckle, 1987). Dalam hal produk yang dihasilkan yaitu gula cair, maka pengeringan merupakan metode yang pas untuk mengurangi kadar air dengan suhu tinggi (penguapan) yang bertujuan untuk mengawetkan bahan. Proses utama yang terjadi selama pengeringan adalah transfer panas dan transfer massa.

Kadar abu gula cair hidrolisis enzimatis hasil penelitian adalah 0,09 % dan kadar abu gula cair hidrolisis asam adalah 1,03 %. Peningkatan kadar abu dipengaruhi oleh terlarutnya garam-garam mineral yang terkandung dalam pati sumber gula cair (Yuniarti, 2004).

Tabel 3. Kandungan Proksimat Gula Cair

| Parameter       | Gula Cair Enzim | Gula Cair Asam | Pati Jagung manis |
|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Air (%)         | 58,88           | 34,36          | 3,94              |
| Abu (%)         | 0,09            | 1,03           | 1,12              |
| Protein (%)     | 0,31            | 0,75           | 9,46              |
| Lemak (%)       | 0,19            | 0,10           | 1,18              |
| Karbohidrat (%) | 42,01           | 52,99          | 63,89             |

Persyaratan SNI 01-2978-1992 untuk kadar abu gula cair adalah maksimal 1%. Kadar abu gula cair hidrolisis asam tidak memenuhi syarat. Nilai kadar abu gula cair secara asam lebih tinggi, dibanding gula cair secara enzimatis karena pada saat dilakukan penetralan gula cair secara asam penambahan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  jauh lebih banyak dibandingkan penambahan pada gula cair secara enzimatis.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  akan bereaksi dengan HCl membentuk NaCl yang merupakan garam anorganik yang dapat mempengaruhi kadar abu, sehingga kadar abu dalam gula cair secara asam lebih tinggi dibandingkan secara enzimatis (Saputra, 2015).

Kadar protein pada gula cair secara enzim didapatkan sebesar 0,31%, sedangkan pada gula cair secara asam 0,75%. Kadar protein untuk gula cair belum mempunyai SNI, sehingga nilai kadar protein masih belum bisa dibandingkan dengan standar mutu. Kadar protein kedua gula cair bila dibandingkan dengan kadar protein pati jagung manis lebih kecil.

Kadar lemak pada gula cair secara enzimatis yaitu sebesar 0,186 % dan secara asam yaitu sebesar 0,101 %. Berdasarkan hasil tersebut, gula cair mengandung lemak yang kecil, sehingga ketika dikonsumsi berlebihan tidak akan membahayakan bagi kesehatan. Selain itu, kandungan lemak yang tinggi tidak menguntungkan dalam penyimpanan gula cair, karena akan menyebabkan ketengikan pada gula cair.

Kadar karbohidrat pada gula cair secara enzimatis diperoleh sebesar 42,01 %, sedangkan secara asam diperoleh sebesar 52,99 %. Nilai kadar karbohidrat pada gula cair secara enzim maupun secara asam lebih rendah dibandingkan dengan nilai

kadar karbohidrat pada pati jagung manis yaitu sebesar 63,89 %. Penurunan kadar karbohidrat dapat terjadi karena karbohidrat pada pati jagung manis telah dihidrolisis menjadi gula cair sehingga kandungan karbohidratnya berkurang. Gula dapat dikatakan sebagai salah satu sumber energi, hal ini karena kandungan karbohidrat dalam gula cair termasuk tinggi. Karbohidrat merupakan bagian terpenting dalam bahan pangan. Karbohidrat dapat memengaruhi karakteristik bahan makanan, misalnya warna, rasa, aroma, dan tekstur (Winarno, 2002).

Kandungan energi dalam makanan dapat dihitung dengan rumus  $(9 \times \text{kadar lemak}) + (4 \times \text{kadar protein}) + (4 \times \text{kadar karbohidrat})$ . Kandungan energi gula cair hasil hidrolisis enzim sebesar 170,95 kkal/100g sedangkan gula cair hasil hidrolisis asam sebesar 215,77 kkal/100g. Kandungan energi ini mencakup karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat dalam gula cair. Perbedaan pada kandungan energi kedua gula cair karena kadar protein, kadar lemak dan kadar karbohidrat yang berbeda pula.

## KESIMPULAN

Rendemen gula cair hasil hidrolisis pati jagung manis secara enzimatis lebih besar dibandingkan dengan rendemen gula cair hasil hidrolisis pati jagung manis secara asam. Rendemen gula cair hasil hidrolisis secara enzimatis tertinggi sebesar 91,73 % pada volume enzim 42  $\mu\text{L}$ , sedangkan rendemen gula cair hasil hidrolisis secara asam sebesar 78,55 % pada konsentrasi HCl 1,0 N. Gula cair hasil

hidrolisis secara enzimatis memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan gula cair hasil hidrolisis secara asam dilihat dari parameter kadar air, kadar abu, kadar gula pereduksi dan kandungan energinya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arnata, I.W., B.H. Admadi, dan E. Pardede. 2013. *Produksi Gula Cair dari Pati Ubi Jalar Melalui Proses Likuifikasi dan Sakarifikasi Secara Enzimatis*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Udayana. Bali.
- Badan Standardisasi Nasional. 1992. *SNI 01-2891-1992 Cara Uji Makanan dan Minuman*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1992. *SNI 01-2978-1992 Sirup Glukosa*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. *SNI 01-3727-1995 Tepung Jagung*. Jakarta.
- Buckle, K.A. 1987. *Ilmu Pangan*. UI Press. Jakarta.
- Devita, C. 2013. *Perbandingan Metode Analisis Menggunakan Enzim Amilase dan Asam dalam Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar Ungu*. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Semarang.
- Fitriana. 2016. *Variasi Konsentrasi Asam klorida dan Lama Hidrolisis Pati Jagung Manis (Zea mays L.) dalam Pembuatan Gula Cair*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Bangsa. Bogor
- Koswara, S. 2009. *Ubi Jalar dan Hasil Olahannya (Teori dan Praktek)*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Koswara, S. 2013. *Pengolahan Ubi Jalar*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan dan Seafast Center IPB. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Laelasari, H. 2016. *Hidrolisis Pati Ubi Jalar Putih Menjadi Gula Cair Secara Asam*. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Nusa Bangsa.
- Mahmudatussadah, A. dan E. Mulyana. 2013. *Optimasi Produksi Gula Cair dari Pati dan Bubur Ubi Jalar Cilembu Secara Enzimatis dengan Teknik Direct Continous Saccharification*. Penelitian. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mahmudatussadah, A. 2014. *Komposisi Kimia Ubi Jalar (Ipomoea batatas L.) Cilembu pada Berbagai Waktu Simpan sebagai Bahan Baku Gula Cair*. Artikel PANGAN Vol. 23 (1): 53-64.
- Nugraha, R.A. 2016. <http://swasembada.net/2016/03/18/tahun-2016-produksi-gula-menurun-tahun-2017-import-menggila/>. Tahun 2016 Produksi Gula Menurun Tahun 2017 Impor Menggila. Diakses tanggal 13 September 2016.
- Nugraha, R.A. 2016. <http://swasembada.net/2016/05/11/2016-tahun-berat-bagi-industri-gula-nasional/>. 2016. Tahun Berat Bagi Industri Gula Nasional. Diakses tanggal 13 September 2016.
- Rachmawati, A. dan Yuniarta. 2015. *Hidrolisis Pati Jahe Emprit dengan Enzim Alfa Amilase*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol 3 (3): 1252-1262.
- Richana, N., P. Lestari, N. Chilmijati, dan S. Widowati. 1999. *Karakterisasi Bahan Berpati (Tapioka, Garut, dan Sagu) dan Pemanfaatannya Menjadi Glukosa Cair*. Prosiding. PATPI.
- Richana, N. 2006. *Gula Singkong Dapat Diproduksi Di Pedesaan*. Warta Penelitian dan Pengembangan

Pertanian. Balai Besar Penelitian Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.

Richana, N. dan Suarni. 2008. *Teknologi Pengolahan Jagung*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Besar Penelitian Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.

Risnoyatiningsih, S. 2011. Hidrolisis Pati Ubi Jalar Kuning Menjadi Glukosa Secara Enzimatis. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 5 (2): 417-424.

Triyono, A. 2007. Peningkatan Fungsional Pati dari Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*) dengan Enzim  $\alpha$ -Amilase (*Bacillus subtilis*) sebagai Bahan Substitusi Pengolahan Pangan. *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 13 (1): 60-66.

Triyono, A. 2009. *Komposisi Gula Glukosa dari Hasil Hidrolisis Pati Ubi Jalar (Ipomea batatas, L) dalam Upaya Pemanfaatan Pati Umbi-umbian*. Balai Besar Pengembangan Teknologi TepatGuna-LIPI, Subang.

Utiahman, G. 2014. *Karakteristik Kimia dan Organoleptik Nugget Ikan Layang (Decapterus sp.) yang Disubstitusi dengan Tepung Ubi jalar Putih (Ipomea batatas L.)*. Thesis. Universitas Negeri Gorontalo.

# KUALITAS AIR SUMUR MASYARAKAT DI SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH (TPAS) RAWA KUCING KOTA TANGERANG

Wahyuni\*, Supriyono Eko Wardoyo, dan Ridha Arizal

Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa  
Jl. K.H. Sholeh Iskandar, Cimanggu, Tanah Sareal-Bogor 16166  
\*e-mail: why.yuni01@gmail.com

## ABSTRACT

### *The Quality of Well Water around Final Garbage Dump (FGD) Rawa Kucing, Tangerang, Indonesia*

*FGD Rawa Kucing is located at Sultan Iskandar Muda Street, Kedaung Wetan, Neglasari, Tangerang, Banten, Indonesia. It serves 1000 tons of garbage per day from 13 districts in Tangerang. The volume of garbage in Kota Tangerang increases from 1,212,264 m<sup>3</sup> in 2008 to 4,590,724 m<sup>3</sup> in 2012. Well water is the main source of water for people around the FGD Rawa Kucing. They use well water for bath, wash, and toilet (BWT) and other needs. Garbage decomposition which makes pollution around FGD Rawa Kucing can occur in air, water, and soil. Waste occurs in water and soil caused by leachate. Leachate can easily spread through rainwater runoff and it absorbs to the ground and polluting it including well water around it. Contaminated well water can decrease the quality of water physically, chemically, and microbiologically. Groundwater samples taken from residents' well water around FGD Rawa Kucing and they were represented by three groups which have distance 100 m - 3 km from FGD. Each group consisted of three samples which were taken from well water having depths between 8-18 m. The examination of the quality of well water should be made in accordance with the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No.416/MENKE /PER/IX/1990 on the Conditions and Control of the Quality of Clean Water and Quality Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/ on Requirements and Quality Control of Drinking Water. The quality of well water around FGD Rawa Kucing showed that there were the decreased quality water after testing with several parameter tests. There were six examination parameters which concentrate on exceeding the required quality standards that of TDS (1600-1764 mg/L), Nitrates (10.5-37.8 mg/L), Ammonia (3.50-66.21 mg/L), Iron (1.054-7.063 mg/L), Manganese (1.085-10.130 mg/L), and Total Coliform (80-130 colonies/100 mL).*

*Keywords : Well water, leachate, TPAS, pollution, water quality*

## ABSTRAK

TPAS Rawa Kucing berada di Jalan Sultan Iskandar Muda Kelurahan Kedaung Wetan, Kecamatan Neglasari, Kota Tangerang, Banten dan mengangkut 1000 ton sampah/hari dari 13 kecamatan. Volume sampah di Kota Tangerang terus meningkat dari tahun 2008 sebesar 1.212.264 m<sup>3</sup> sampai pada tahun 2012 telah mencapai 4.590.724 m<sup>3</sup>. Air sumur merupakan sumber air utama bagi masyarakat sekitar TPAS, karena hampir semua kebutuhan air dipenuhi dari air sumur yaitu untuk Mandi Cuci Kakus (MCK) dan kebutuhan lainnya. Pencemaran akibat dekomposisi sampah dapat terjadi di udara, dapat pula terjadi pada air dan tanah yang disebabkan oleh adanya rembesan air lindi. Lindi tersebut mudah disebarkan melalui limpasan air hujan dan meresap mencemari air tanah termasuk air sumur yang ada di sekitarnya. Air sumur yang terkontaminasi lindi berakibat terjadinya penurunan kualitas air secara fisik, kimia, dan mikrobiologi. Air tanah sampel yang diambil berasal dari sumur penduduk yang berada di sekitar TPAS Rawa Kucing diwakili oleh 3 pengelompokan dengan jarak 100 m – 3 km dari TPAS. Setiap kelompok terdiri dari 3 sumur pompa dengan kedalaman sumur antara 8 – 18 m. Pemeriksaan kualitas air sumur dilakukan mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air minum. Kualitas air sumur masyarakat di sekitar TPAS Rawa Kucing mengalami penurunan setelah dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter. Ada 6 parameter pemeriksaan yang mempunyai konsentrasi melebihi baku mutu yang dipersyaratkan yaitu TDS (1600-1764 mg/L), Nitrat (10,5-37,8 mg/L), Amonia (3,50-66,21 mg/L), Besi (1,054-7,063 mg/L), Mangan (1,085-10,130 mg/L), dan Total *Coliform* (80-130 koloni/100 mL).

Kata kunci : Air sumur, air lindi, TPAS, pencemaran, kualitas air

## PENDAHULUAN

Penggunaan air tanah dengan sarana sumur bor dilakukan oleh penduduk di sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS). Air sumur merupakan sumber air utama bagi masyarakat sekitar TPAS, karena hampir semua kebutuhan air dipenuhi dari air sumur yaitu untuk Mandi Cuci Kakus (MCK) dan kebutuhan lainnya. TPAS merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/ pengangkutan, pengolahan dan pembuangan (Nur, 2015).

Sampah yang terbuka lebih dari 24 jam, mulai terjadi perombakan oleh mikroba, menghasilkan bahan-bahan organik berupa padatan terlarut bersifat toksik yang disebut lindi (*leachate*). Lindi tersebut mudah disebarkan melalui limpasan air hujan dan meresap mencemari air tanah termasuk air sumur yang ada di sekitarnya.

TPAS Rawa Kucing berdiri sejak tahun 1992 dan berada di Jalan Sultan Iskandar Muda, Kelurahan Kedaung Wetan, Kecamatan Neglasari Kota Tangerang, Banten, Indonesia dengan luas sekitar 34,8 hektar. Setiap hari, TPAS Rawa Kucing menerima puluhan truk sampah yang dikirim dari 13 kecamatan yang ada di kota Tangerang. Setiap armada truk mengangkut 3 ton sampah, dari 136 armada yang terdiri dari 126 truk dan 10 mobil kijang, mampu mengangkut rata-rata 1000 ton sampah setiap harinya. Volume sampah di Kota Tangerang terus meningkat dari tahun 2008 sebesar 1.212.264 m<sup>3</sup> sampai pada tahun 2012 telah mencapai 4.590.724 m<sup>3</sup> (Pahlefi, 2014).

Parameter kualitas air sumur yang diukur adalah parameter fisika (suhu dan Total padatan terlarut/TDS), parameter kimia (pH, ammonia, nitrat, nitrit, besi, mangan, tembaga, seng), dan parameter mikrobiologi (*Coliform*). Uji kualitas air ini mengacu pada Permenkes Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990, tanggal 3 September 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tanggal 19 April 2010 nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat-

syarat dan Pengawasan Kualitas Air minum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi air sumur masyarakat sekitar TPAS Rawa Kucing untuk dibandingkan standart mutu sebagai air bersih dan air mium.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sampel air sumur penduduk dekat TPAS Rawa Kucing, air destilasi, larutan buffer pH 4, 7 dan 9, larutan standar TDS 1382 mg/L, larutan standar NO<sub>3</sub> 1000 mg/L dan reagen NitraVer 5 *Nitrate*, larutan standar NO<sub>2</sub> 1000 mg/L dan reagen NitriVer 2 *Nitrite*, larutan standar NH<sub>3</sub> 1000 mg/L, reagen Ammonia *Salicylate* dan Ammonia *Cyanurate*. Untuk pengujian parameter logam (Fe, Mn, Cu dan Zn) adalah air destilasi, asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) pekat, larutan standar Fe, Mn, Cu, Zn 1000 mg/L dan gas asetilene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>). Untuk analisa *coliform* diperlukan bahan air destilasi, media *Lactose Broth* (LB) dan *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah termometer air raksa, pHmeter Mettler Toledo, TDS meter/*Conductivitymeter* Agilent Technologies 3200C, Spektrofotometer Uv/Vis HACH DR 5000, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Perkin Elmer, Lampu hollow katoda Fe, Mn, Zn, Cu, kertas saring 0,45 mikron, Bunsen, *Biosafety Cabinet* Biobase, Neraca Analitik Mettler Toledo dan peralatan gelas lainnya.

### Metode

Penelitian dilakukan di kawasan TPAS Rawa Kucing, Tangerang. Air tanah yang diambil berasal dari sumur penduduk yang berada di sekitar TPAS Rawa Kucing kelurahan Kedaung Wetan, Kota Tangerang. Sampel air tanah yang di ambil diwakili oleh 3 pengelompokkan dengan jarak 100 m – 3 km dari TPAS. Setiap kelompok terdiri dari 3 sumur pompa dengan kedalaman sumur antara 8 – 18 m.

Kelompok pertama adalah sumur penduduk yang digali sebelum pembuatan TPAS, kelompok kedua adalah sumur penduduk yang digali sesudah pembuatan TPAS dan kelompok yang ketiga adalah sumur penduduk dengan jarak kurang lebih 3 kilometer dari TPAS (yang tidak terpengaruh limbah TPAS) sebagai kontrol (Tabel 1).

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 (dua) kali disetiap titik sampel dengan menggunakan botol sampling ukuran 1000 mL (untuk parameter fisika dan kimia) dan 250 mL (untuk parameter mikrobiologi). Waktu pengambilan sampel adalah pada pagi hari pukul 5.00-7.00 dan pada waktu siang hari pukul 11.00 – 13.00.

Tabel 1. Lokasi Titik Pengambilan Sampel

| Kelompok Pengambilan | Titik Pengambilan | Alamat               | Jarak dari TPAS | Kedalaman Sumur (m) |
|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| 1                    | 1A                | Ked. Wetan 05/04     | 100 m           | 10                  |
|                      | 1B                | Ked. Baru 02/02      | 200 m           | 8                   |
|                      | 1C                | Ked. Baru 02/02      | 300 m           | 8                   |
| 2                    | 2A                | Ked. Wetan 07/03     | 300 m           | 8                   |
|                      | 2B                | Ked. Wetan 07/03     | 300 m           | 8                   |
|                      | 2C                | Ked. Wetan 07/03     | 300 m           | 8                   |
| 3                    | 3A                | Komp. Sitanala 03/09 | 3 km            | 9                   |
|                      | 3B                | Komp. PU pengairan   | 3 km            | 15                  |
|                      | 3C                | Komp. PU pengairan   | 3 km            | 18                  |

Keterangan :

Kelompok 1 = Sebelum pembuatan TPAS

Kelompok 2 = Sesudah pembuatan TPAS

Kelompok 3 = Kontrol

Tabel 2. Koordinat dan Kedalaman Lokasi Sampel

| Kelompok Pengambilan | Titik Pengambilan | Koordinat     |                | Ketinggian (mdpl) |
|----------------------|-------------------|---------------|----------------|-------------------|
|                      |                   | Garis Lintang | Garis Bujur    |                   |
| 1                    | 1A                | S 06° 08.131' | E 106° 37.003' | 36                |
|                      | 1B                | S 06° 08.128' | E 106° 36.964' | 36                |
|                      | 1C                | S 06° 08.044' | E 106° 37.006' | 36                |
| 2                    | 2A                | S 06° 07.906' | E 106° 37.217' | 35                |
|                      | 2B                | S 06° 07.955' | E 106° 37.254' | 35                |
|                      | 2C                | S 06° 07.956' | E 106° 37.251' | 34                |
| 3                    | 3A                | S 06° 09.443' | E 106° 38.198' | 40                |
|                      | 3B                | S 06° 09.669' | E 106° 37.638' | 38                |
|                      | 3C                | S 06° 09.667' | E 106° 37.642' | 38                |

Parameter yang langsung diukur di lapangan adalah pH dan temperatur. Sampel yang dibawa ke laboratorium diperiksa parameter kimia (ammonia, nitrat, nitrit, tembaga, seng, mangan dan besi) dan mikrobiologi (total coliform) dengan dilakukan prosedur pengawetan sampel terlebih dahulu untuk pemeriksaan parameter kimia.

Metode analisis yang digunakan untuk pemeriksaan TDS adalah dengan TDS meter; Analisis ammonia, nitrat dan nitrit dilakukan dengan metode spektrofotometri; total *coliform* dihitung dengan pembiakan tabung ganda (MPN); dan logam berat (Fe, Mn, Cu dan Zn) ditentukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

#### **Penentuan Suhu Berdasarkan SNI 06.6989.23-2005**

Contoh uji diukur suhunya dengan cara memasukkan termometer air raksa ke dalam contoh uji dan diamkan 2 -5 menit sampai sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil. Pembacaan skala dilakukan dengan cara melihat angka pada alat tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air. Skala yang terbaca t°C.

#### **Penentuan pH berdasarkan SNI 06.6989.11-2004**

Sebelum menganalisis contoh dilakukan kalibrasi pHmeter dengan menggunakan larutan buffer pH 4, 7 dan 9. Selanjutnya adalah memasukkan elektroda pH ke dalam gelas piala 250 mL yang berisi sampel, diukur pHnya dan dicatat.

#### **Penentuan Total Padatan Terlarut (TDS) sesuai TDS meter *Handbook***

Langkah pertama yang dilakukan yaitu kalibrasi TDS meter dengan menggunakan larutan standar 1382 mg/L. Selanjutnya dilakukan analisa contoh uji dengan memasukkan elektroda ke dalam gelas piala 250 mL yang berisi sampel, lalu diukur TDSnya dan dicatat.

#### **Penentuan Nitrat Sesuai Metode Reduksi Cadmium**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara memasukkan 10 mL sampel air kedalam botol kemudian di tambahkan

reagen *NitraVer 5 Nitrate*, dikocok selama 1 menit dan diinkubasi selama 5 menit. Contoh uji kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 500 nm. Botol blanko dimasukkan dan bacaan pada alat diset pada angka nol. Setelah itu, botol blanko digantikan larutan sampel, dibaca konsentrasi nitrat dalam mg/L dan di catat.

#### **Penentuan Nitrit Sesuai Metode Diazotisasi**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara memasukkan 10 mL sampel air ke dalam botol kemudian ditambahkan reagen *NitriVer 3 Nitrite*, dikocok lalu dinkubasi selama 20 menit, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 507 nm. Botol blanko dimasukkan dan bacaan pada alat diset pada angka nol. Setelah itu, botol blanko digantikan larutan sampel, dibaca konsentrasi nitrit dalam mg/L dan di catat.

#### **Penentuan ammonia sesuai metode *salicylate***

Pengujian contoh dilakukan dengan cara memasukkan 5 mL sampel air kedalam botol kemudian di tambahkan reagen *Ammonia Salicylate*, dikocok dan diinkubasi selama 3 menit, lalu ditambahkan lagi reagen *Ammonia Cyanurate*, dikocok dan inkubasi 15 menit, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 655 nm. Botol blanko dimasukkan dan bacaan pada alat diset pada angka nol. Setelah itu, botol blanko digantikan larutan sampel, kemudian konsentrasi sampel dibaca dalam mg/L dan dicatat.

#### **Penentuan besi (Fe) SNI.6989.4-2009**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara dilakukan penyaringan sampel dengan kertas saring 0,45 mikron lalu dilakukan pengawetan dengan asam nitrat pekat. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 248,3 nm, dicatat konsentrasi dalam mg/L.

**Penentuan mangan (Mn) SNI.6989.5-2009**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara dilakukan penyaringan sampel dengan kertas saring 0,45 mikron lalu dilakukan pengawetan dengan asam nitrat pekat. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 279,5 nm, dicatat konsentrasi dalam mg/L.

**Penentuan seng (Zn) sesuai SNI.6989.7-2009**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara dilakukan penyaringan sampel dengan kertas saring 0,45 mikron lalu dilakukan pengawetan dengan asam nitrat pekat. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 213,9 nm, dicatat konsentrasi dalam mg/L.

**Penentuan tembaga (Cu) SNI.6989.6-2009**

Pengujian contoh dilakukan dengan cara dilakukan penyaringan sampel dengan kertas saring 0,45 mikron lalu dilakukan pengawetan dengan asam nitrat pekat. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 324,7 nm, dicatat konsentrasi dalam mg/L.

**Penentuan coliform dengan metode MPN (Most Probably Number) SNI9308-1:2010****a. Tes Pendugaan (Presumptive Test)**

Lima tabung masing-masing berisi *Lactose Broth* (LB) *Double Strenght* sebanyak 10 mL (tabung 1a s/d 5a). Lima tabung yang masing-masing berisi 5 mL *Lactose Broth* (LB) *Single Strenght* (tabung 1b s/d 10b). Masing-masing 10 mL contoh uji diinokulasikan ke dalam tabung 1a s/d 5a; masing-masing 1 mL contoh uji ke dalam tabung 1b-5b dan masing-masing 0,1 mL contoh uji ke dalam tabung 6b-10b dengan menggunakan pipet steril. Masing-masing tabung dikocok perlahan agar sampel air merata menyebar ke seluruh bagian media, lalu inkubasi pada suhu 37 °C selama 2x24 jam, dan diamati masing-masing tabung untuk melihat ada atau

tidaknya gas. Tes pendugaan yang positif ditandai dengan terbentuknya gas, tetapi hal ini belum memastikan adanya *Colifecal* di dalam air karena lactose broth dapat juga di fermentasikan oleh bakteri lain, selain *Colifecal*. Oleh sebab itu, tes pendugaan yang positif dilanjutkan dengan tes penegasan (*Comfirmative test*).

**b. Tes Penegasan (Comfirmative Test)**

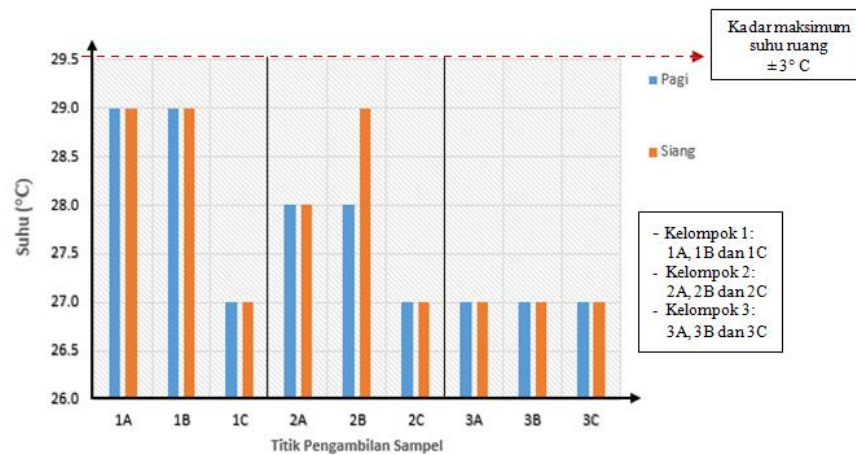
Dari setiap tabung pendugaan yang positif, pindahkan 1–2 ose ke dalam tabung penegasan yang berisi 10 mL BGLB kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 2x24 jam (untuk memastikan adanya *E.coli*). Pembacaan dilakukan dengan melihat jumlah tabung BGLB yang menunjukkan positif gas pada tabung urhamnya atau positif ber gas pada masing-masing tabung.

c. Langkah terakhir adalah menginterpretasikan hasil catatan jumlah tabung penegasan (tabung BGLB) yang menunjukkan positif gas. Angka yang diperoleh dicocokkan dengan tabel MPN Formula Thomas untuk mendapatkan indeks MPN per mL sampel air.

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Suhu**

Metode pengukuran suhu dilakukan secara *insitu* atau dilakukan di lokasi pengambilan sampel. Data pengukuran suhu dari 3 kelompok pengambilan sampel bisa dilihat dari Gambar 1.

Berdasarkan Permenkes No. 416 Tahun 1990 tentang baku mutu dan kriteria pemeriksaan air bersih, suhu merupakan salah satu parameter fisik kualitas air yang memiliki nilai baku mutu deviasi 3°C dari suhu alamiahnya. Perbedaan suhu disebabkan karena pengaruh angin, kondisi kelembapan lingkungan sekitar, dan faktor cuaca (Komala *et al.*, 2008).



Gambar 1. Grafik Hubungan Suhu dengan Titik Pengambilan Sampel

Suhu dalam air tidak berpengaruh langsung terhadap kualitas air apabila air tersebut dikonsumsi ataupun digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun tinggi dan rendahnya suhu akan berpengaruh terhadap reaksi kimiawi terhadap material yang terkandung di dalam air tersebut seperti logam besi maupun mangan. Nilai suhu dalam air yang terlalu tinggi di atas suhu lingkungan sekitar dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran kualitas air tersebut.

### Total padatan terlarut (TDS)

Total padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya (Soemirat, 2009 dalam Fajarini, 2014). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 memberikan batas maksimum untuk TDS adalah 1500 mg/L. Data hubungan konsentrasi TDS dengan titik pengambilan sampel bisa dilihat dari Gambar 2.

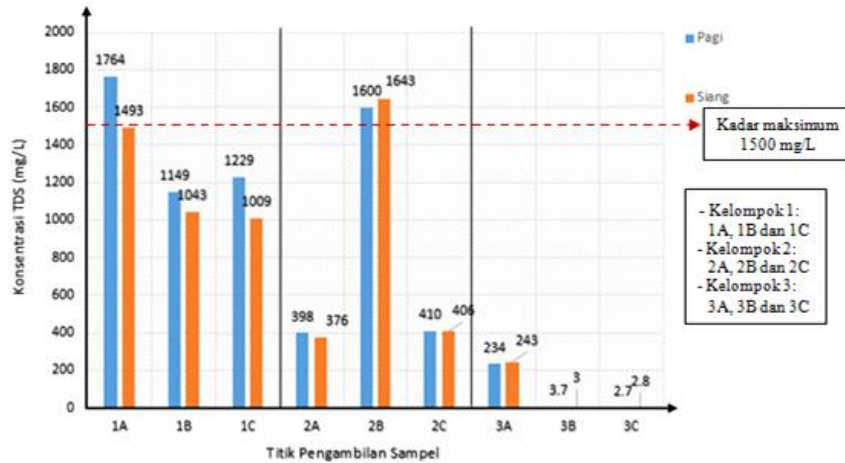
Berdasarkan penelitian, sampel air tanah dari kelompok satu memiliki nilai TDS tertinggi, yaitu 1764 mg/L, kemudian titik 2B dari kelompok kedua juga memiliki nilai TDS melebihi kadar maksimum yang dipersyaratkan yaitu 1600-1643 mg/L.

Konsentrasi TDS di sumur penduduk yang di gali sebelum pembuatan TPAS maupun sesudah pembuatan TPAS dengan rentang jarak yang hampir sama dari TPAS yaitu antara 100-300 m, masih cenderung tinggi walaupun rata-rata masih di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan. Penurunan konsentrasi TDS yang signifikan terjadi pada sampel yang diambil dengan jarak 3 km dari TPAS.

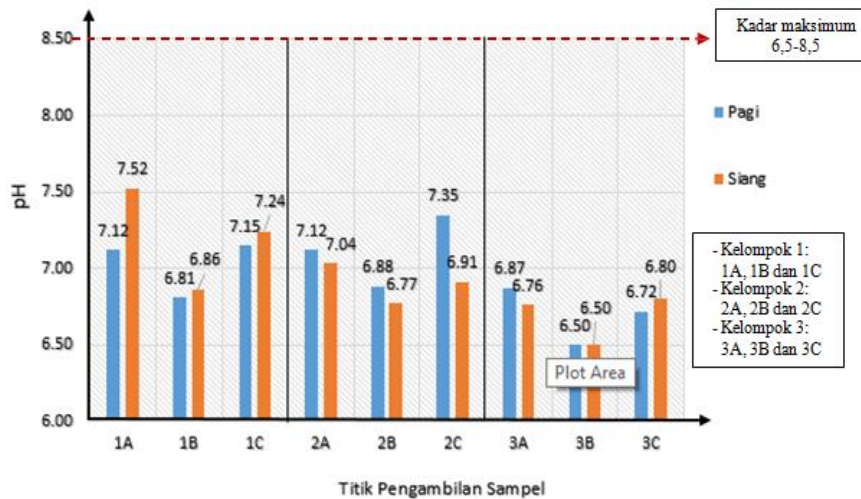
Konsentrasi TDS yang tinggi pada air tanah penduduk sekitar TPAS disebabkan oleh tingginya akumulasi hasil dekomposisi sampah organik dan anorganik yang ditimbun di TPA sampah Rawa Kucing. Hasil dekomposisi sampah ini yang menghasilkan air lindi dan bersama limpahan air hujan masuk/merembes ke sumur penduduk sekitar TPAS. Penyebab lain mungkin karena air buangan yang berasal dari air buangan rumah tangga dan industri yang mengandung molekul sabun, detergen dan surfaktan yang larut dalam air.

### pH

Secara umum, air tanah mempunyai pH 6,5-8. Air dengan pH tinggi (basa) mengakibatkan daya bunuh klor terhadap mikroba berkurang, dan sebaliknya air dengan pH rendah cenderung meningkatkan korosi dan meningkatkan kelarutan logam (Soemirat, 2009 dalam Fajarini, 2014).



Gambar 2. Grafik Hubungan TDS dengan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai pH dengan Titik Pengambilan Sampel

Secara keseluruhan, nilai pH air tanah penduduk sekitar TPA Rawa Kucing masih berada dalam rentang pH netral yaitu 6,5-7,5. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 memberikan batas maksimum untuk parameter pH adalah 6,5-8,5. Berdasarkan keterangan tersebut, sampel sumur air tanah berada dalam batas yang diperbolehkan untuk air bersih, walaupun pada beberapa sampel terjadi penurunan/kenaikan pH antara sampel yang diambil pagi dan siang hari (Gambar 3). Nilai pH yang cenderung rendah pada siang hari dipengaruhi reaksi fotosintesa pada tanaman, yaitu reaksi yang menyerap CO<sub>2</sub> dan menghasilkan oksigen. Hal ini

menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam air tanah. Konsentrasi CO<sub>2</sub> ini berpengaruh terhadap tingkat keasaman karena berikatan dengan air membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang membuat air bersifat asam. Air yang berikatan dengan CO<sub>2</sub> akan masuk ke dalam sumur bersama dengan rembesan air lindi atau limpasan air hujan dan menyebabkan pH air sumur menjadi semakin rendah atau cenderung asam.

**Nitrat (NO<sub>3</sub>)**

Senyawa nitrit dapat dengan mudah dioksidasi menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling banyak ditemukan di dalam air bawah tanah atau air

permukaan. Kadar nitrat secara alamiah biasanya rendah, namun kadar nitrat dapat menjadi tinggi sekali pada air tanah dengan bersumber dari kegiatan manusia seperti pembuangan limbah domestik, pelindihan TPAS dan penggunaan pupuk yang berlebihan (Alaerts, 1987). Grafik hubungan konsentrasi nitrat dengan titik pengambilan sampel bisa dilihat Gambar 4.

Konsentrasi nitrat di daerah penelitian berkisar antara 1,1 mg/L hingga 37,8 mg/L. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 memberikan batas maksimum yang diperbolehkan untuk nitrat adalah 10 mg/L.

Sampel sumur air tanah pada daerah sebelum pembuatan TPAS memiliki konsentrasi nitrat melebihi kadar maksimum dari yang dipersyaratkan untuk air bersih. Sedangkan pada daerah sesudah pembuatan TPAS konsentrasi nitrat lebih kecil daripada daerah sebelumnya. Konsentrasi nitrat yang berada di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan diperoleh dari sampel air tanah yang berasal dari daerah dengan jarak kurang lebih 3 km dari TPAS.

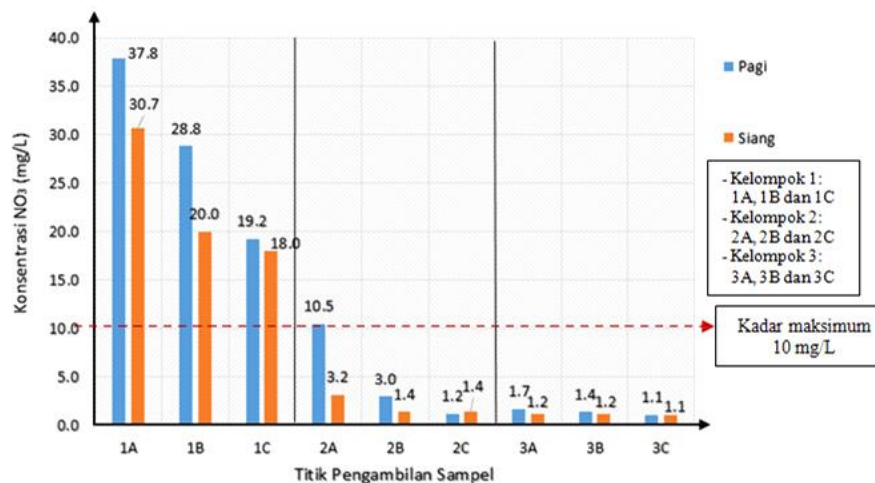
Konsentrasi nitrat yang tinggi pada air ini disebabkan oleh proses oksidasi secara sempurna pada senyawa nitrogen dari dalam sampah yang banyak mengandung

bahan organik. Hal ini juga mungkin dipengaruhi oleh sifat nitrat yang sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Sudaryanto & Suherman, 2008).

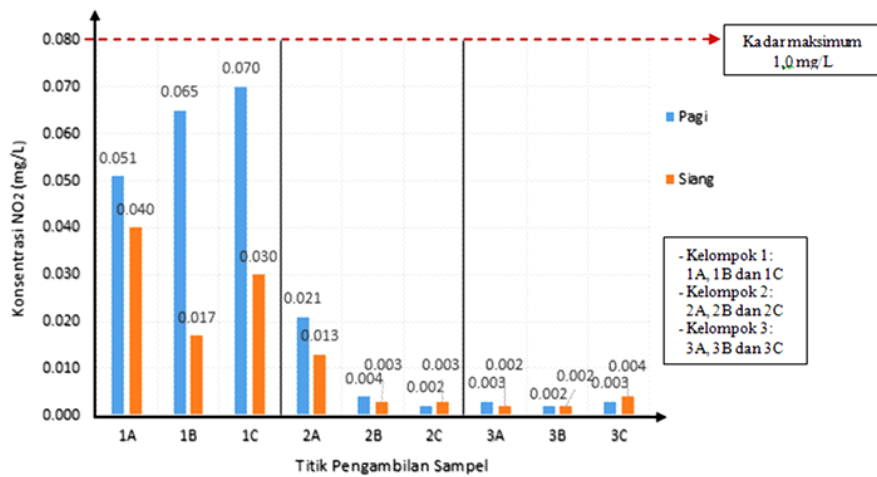
### Nitrit ( $\text{NO}_2$ )

Nitrit merupakan bentuk nitrogen yang teroksidasi dengan tingkat oksidasi +3. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan biasanya merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amonia dan nitrat, yang dapat terjadi pada instalasi pengolahan air buangan, dalam air sungai dan sistem drainase (Alaerts, 1987).

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk nitrit 1,0 mg/L. Secara umum, konsentrasi nitrit pada sampel hasil penelitian masih berada pada konsentrasi di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat (Alaerts, 1987). Konsentrasi nitrit lebih tinggi pada sampel air sumur penduduk sebelum pembuatan TPAS, hal ini dikarenakan konsentrasi nitrat dan ammonia yang tinggi pada sampel yang sama (Gambar 5).



Gambar 4. Grafik Hubungan Konsentrasi Nitrat dengan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 5. Grafik Hubungan Konsentrasi Nitrit dengan Titik Pengambilan Sampel

**Ammonia (NH<sub>3</sub>-N)**

Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja, juga dari oksidasi zat organik (H<sub>a</sub>O<sub>b</sub>C<sub>c</sub>N<sub>d</sub>) secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri dan penduduk (Alaerts, 1987). Grafik hubungan konsentrasi ammonia dengan titik pengambilan sampel dapat dilihat dari Gambar 6.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 memberikan batas maksimum untuk amoniak 1,5 mg/L. Berdasarkan Gambar 6, sampel sumur air tanah di kelompok 1 dan 2 memiliki konsentrasi ammonia melebihi kadar maksimum yang dipersyaratkan yaitu antara 3,5-66,21 mg/L.

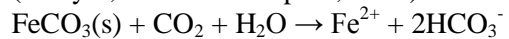
Konsentrasi amonia yang tinggi ini mungkin disebabkan jarak sumur dari kedua kelompok yang dekat dengan TPAS (0-300 m). Air sumur tercemar oleh rembesan air dari hasil pembusukan sampah disekitarnya. Pada sumur penduduk di kelompok 3 memiliki konsentrasi ammonia di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan, hal ini disebabkan jarak sumur ± 3 km dari TPAS sehingga pengaruh air lindi terhadap air sumur sudah tidak ada.

Sumber utama amonia adalah adanya bahan organik hasil penguraian

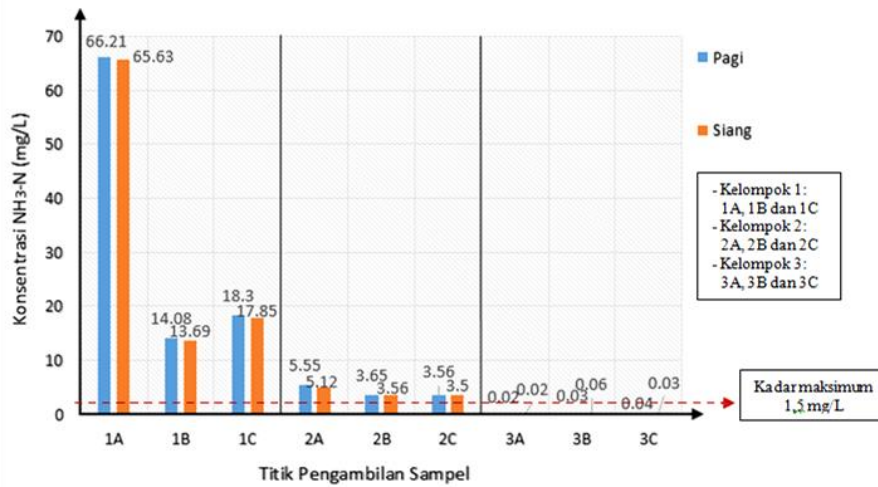
sampah oleh bakteri yang tidak dapat teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat sehingga bersama-sama air hujan senyawa amonia akan terangkut dan meresap ke dalam air tanah dangkal. Selama proses penguraian mikrobiologis, zat organis tersebut melepaskan nitrogen sebagai amoniak (NH<sub>3</sub>) atau senyawa yang lebih rumit mirip amoniak (yaitu amin R-NH<sub>2</sub>, RR'-NH dan sebagainya) (Alaerts, 1987).

**Besi (Fe)**

Besi terkandung dalam tanah, sedimen, dan air bersih dalam bentuk tidak terlarut yaitu ferric oksida dan sulfida (*pyrite*). Di dalam air besi hadir dalam dua bentuk, yakni besi *ferrous* dengan sifat mudah larut dan besi *ferric* dengan sifat sukar larut. Dikarenakan air bersih biasanya mengandung sejumlah CO<sub>2</sub>, maka ferrous karbonat yang terlarut dalam air bersih dapat diakibatkan karena reaksi sebagai berikut (Sawyer, 2003 dan Adipura, 2015):



Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk besi 1,0 mg/L. Grafik hubungan konsentrasi besi dengan titik pengambilan sampel bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi Ammonia dengan Titik Pengambilan Sampel

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi besi pada sampel air sumur sebelum pembuatan TPA dan sesudah pembuatan TPA dengan rentang jarak yang hampir sama (100-300 m) dari TPA melebihi kadar maksimum yang dipersyaratkan. Konsentrasi besi yang memenuhi persyaratan air bersih terjadi pada sampel yang diambil dengan jarak  $\pm$  3 km dari TPA.

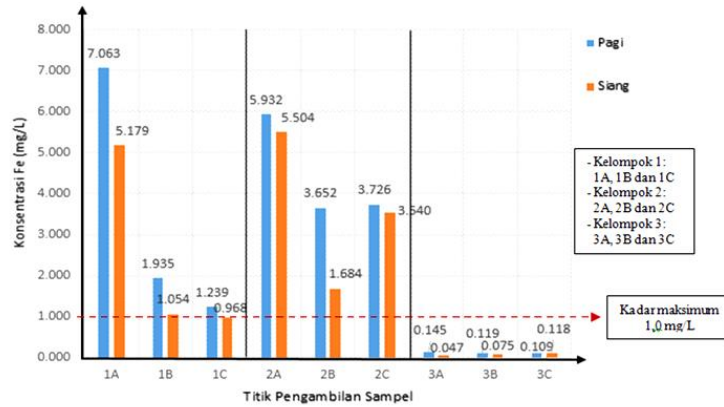
Beberapa penyebab tingginya konsentrasi besi pada air sumur karena pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi dalam air tanah Fe dapat jauh lebih tinggi. Pada air yang tidak mengandung oksigen (anaerob) seperti air tanah, ion *ferric* ( $Fe^{3+}$ ) akan berubah menjadi besi *ferrous* ( $Fe^{2+}$ ) yang larut dalam air (Alaerts, 1987). Hal ini yang menyebabkan konsentrasi besi yang tinggi pada air sumur penduduk sekitar TPA.

### Mangan (Mn)

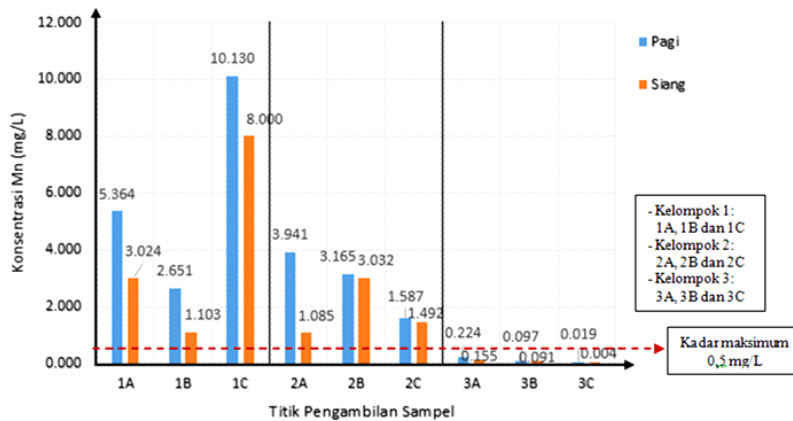
Sumber mangan di lingkungan akibat aktivitas manusia adalah limpasan air

limbah dari WWTP (*Waste Water Treatment Plan*), pengolahan lumpur, proses penambangan, emisi dari logam, produksi besi, pembakaran bahan bakar fosil dan juga emisi dari pembakaran zat aditif untuk bahan bakar (Erlina, 2012). Kondisi kimiawi lingkungan dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk mangan 0,5 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat konsentrasi mangan yang tinggi pada sampel air sumur penduduk sebelum pembuatan TPAS dan sesudah pembuatan TPAS sehingga melebihi kadar maksimum yang dipersyaratkan. Konsentrasi mangan yang sesuai dengan persyaratan air bersih diperoleh pada sampel air sumur dengan jarak 3 km dari TPAS. Hal ini terjadi karena mangan dalam kondisi aerob tipikal berbentuk  $Mn(IV)O_2$  yang sangat tidak larut, tapi dalam kondisi anaerob mangan akan menurunkan tingkatannya menjadi Mn (II) dengan sifat mudah larut (Gambar 8).



Gambar 7. Grafik Hubungan Konsentrasi Besi dengan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 8. Grafik Hubungan Konsentrasi Mangan dengan Titik Pengambilan Sampel

Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi mangan dalam air bersih antara lain kandungan oksigen dalam air (DO), pH, reaksi oksidasi dalam air dan mikroorganisme. Sebagian besar mikroorganisme membutuhkan oksigen dalam proses respirasinya (aerob) dan memecah material organik. Namun pada saat ketersediaan oksigen terbatas atau sedikit, beberapa bakteri dapat menggunakan alternatif lainnya seperti memanfaatkan nitrat, sulfat dan karbondioksida untuk melakukan respirasi (anaerob). Beberapa faktor yang mempengaruhi kehadiran mikroorganisme dalam air bersih antara lain ketersediaan nutrisi, pH, kandungan garam, suhu dan permeabilitas dari akuifer (Erlina, 2012). Kondisi bakteri anaerob yang bisa memanfaatkan nitrat yang tinggi dari air sumur dekat TPAS inilah yang

memungkinkan terbentuknya Mn (II) yang larut dalam air.

**Seng (Zn)**

Seng adalah salah satu logam berat yang paling mudah bergerak pada air tanah. Ion seng mudah terserap ke dalam sedimen dan tanah. Kadar seng dalam air sangat dipengaruhi oleh bentuk senyawanya.

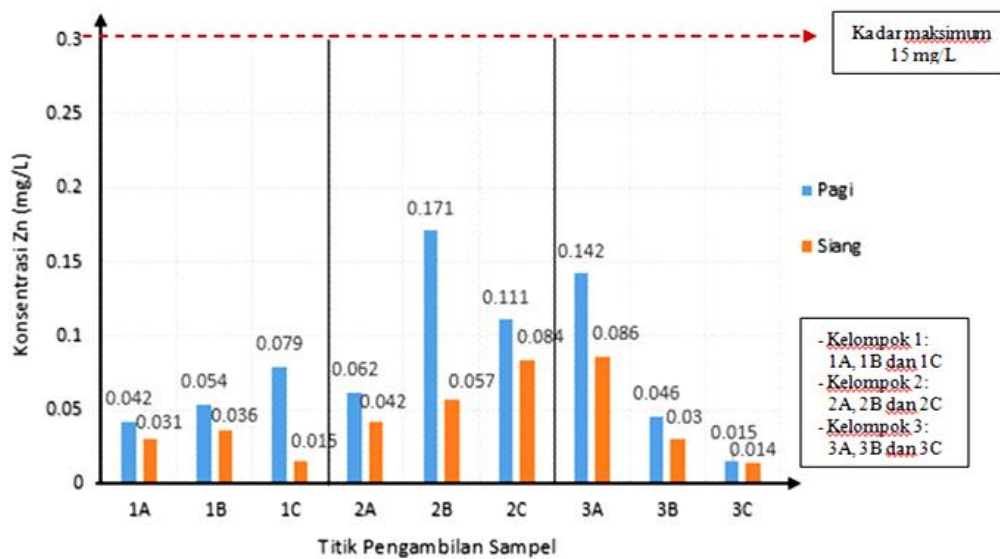
Berdasarkan Gambar 9, konsentrasi Zn pada air sumur penduduk di sekitar TPAS Rawa Kucing berada di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk seng 15 mg/L. Adsorpsi dari seng meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah. Pada pH 6-12 seng membentuk ZnCO<sub>3</sub> dan Zn(OH)<sub>2</sub> yang dapat mengontrol tingkat kelarutan seng serta akan

terbentuk seng kembali dalam ion bebas. (Vogel, 1985).

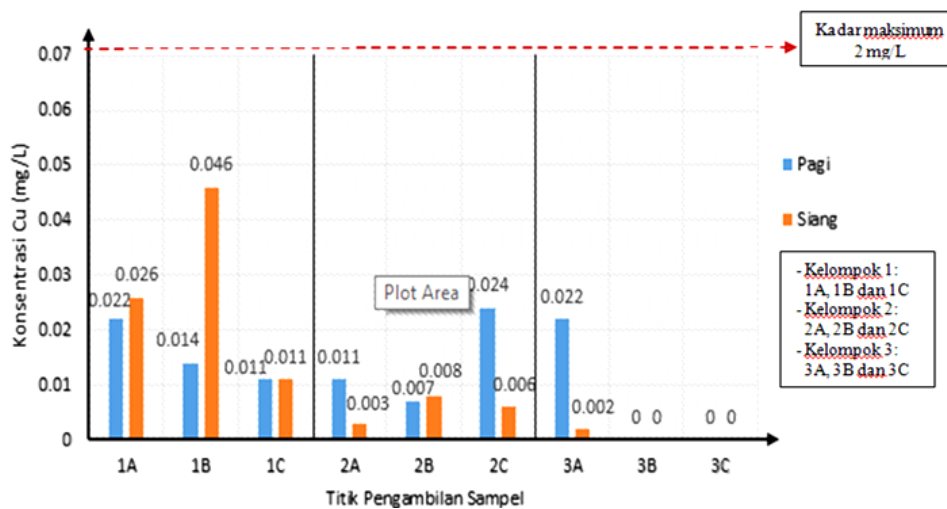
**Tembaga (Cu)**

Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas (Palar, 1994). Cu banyak terdapat dalam air, tanah, dan udara baik dalam bentuk ion maupun persenyawaan. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk Cu 2,0 mg/L.

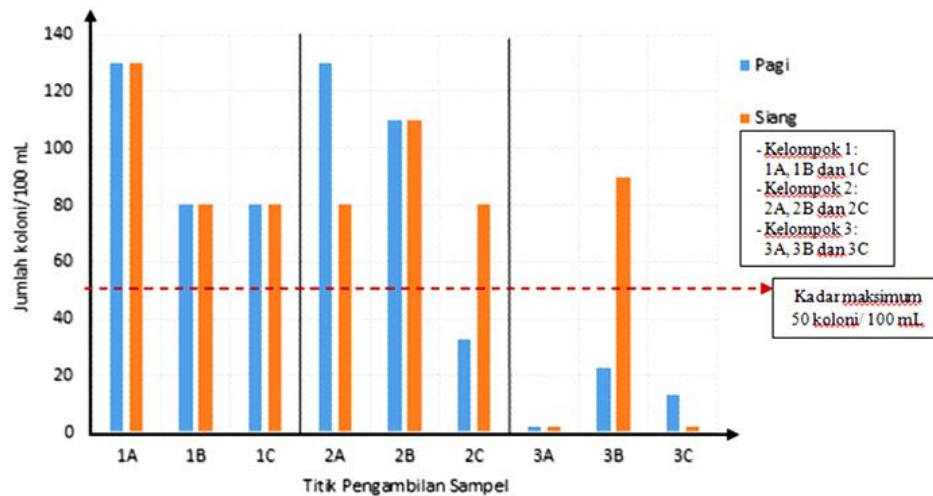
Berdasarkan Gambar 10, Air sumur masyarakat sekitar TPAS mengandung konsentrasi logam berat tembaga (Cu) di bawah kadar maksimum yang dipersyaratkan. Konsentrasi tembaga yang tidak terdeteksi pada beberapa air sumur diperkirakan karena tembaga dapat membentuk endapan  $Cu(OH)_2$  pada pH 6-8 (Vogel, 1985). Konsentrasi tembaga pada air tanah dipengaruhi oleh garam-garam tembaga, misalnya; tembaga karbonat ( $CuCO_3$ ), tembaga hidroksida  $Cu(OH)_2$ , dan tembaga sulfida ( $CuS$ ) bersifat tidak mudah larut dalam air (Effendi, 2003).



Gambar 9. Grafik Hubungan Konsentrasi Seng dengan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 10. Grafik Hubungan Konsentrasi Tembaga dengan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 11. Grafik hubungan Jumlah Bakteri dengan titik pengambilan sampel

**Total Coliform**

Bakteri golongan *coliform* merupakan parameter mikrobiologi terpenting bagi kualitas air bersih. Keberadaan bakteri ini menunjukkan tingkat *hygiene* yang rendah yang membahayakan kesehatan (Budiarti *et al*, 2013).

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air memberikan batas maksimum untuk *coliform* total adalah 50 MPN/100 mL. Pada Gambar 11, air sumur di kelompok 1 dan 2 kandungan total *coliform* yang tinggi. Kondisi ini mengindikasikan pada lokasi pengamatan lebih banyak sampah yang bersumber dari sisa-sisa tumbuhan, sisa-sisa makanan, dan bangkai-bangkai hewan, merupakan substrat utama tumbuhnya bakteri *coliform*. Bakteri ini bersama dengan air hujan dapat secara langsung atau meresap masuk ke lapisan tanah atas, dan akhirnya masuk dan terakumulasi dalam air sumur.

Sumber pencemar mikrobiologis dari sistem pembuangan sampah dapat meresap ke dalam air tanah secara vertikal maupun horizontal. Bouwer dan Chaney dalam Wuryadi (1981) menemukan bahwa bakteri dapat bergerak sejauh 830 meter dari sumber kontaminan.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan :

1. Kualitas air sumur masyarakat di sekitar TPAS Rawa Kucing mengalami penurunan setelah dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter.
2. Ada 6 parameter pemeriksaan yang mempunyai konsentrasi melebihi baku mutu yang dipersyaratkan yaitu TDS (1600-1764 mg/L), Nitrat (10,5-37,8 mg/L), Amonia (3,50-66,21 mg/L), Besi (1,054-7,063 mg/L), Mangan (1,085-10,130 mg/L), dan Total *Coliform* (80-130 koloni/100 mL).
3. Sumur penduduk yang berjarak 0-300 paling dekat dengan TPAS Rawa Kucing memiliki kandungan zat pencemar paling banyak dan zat pencemar ini berkurang sampai dengan jarak terjauh yaitu  $\geq 3$  km.
4. Pada lokasi pengambilan air sumur yang digali sebelum pembuatan TPAS Rawa Kucing dan sesudah pembuatan TPAS tidak terdapat perbedaan signifikan. Hal ini karena jarak lokasi tidak berbeda jauh yaitu sekitar 100-300 m dan pengaruh rembesan air lindi dari TPAS ke sumur penduduk masih ada.
5. Pada titik pengambilan air sumur dengan jarak 3 km dari TPAS Rawa Kucing, konsentrasi pengukuran semua parameter bisa memenuhi persyaratan air bersih. Hal ini menandakan bahwa rembesan air

**KESIMPULAN**

lindi dari TPAS tidak ada pengaruh sama sekali terhadap air sumur tersebut.

6. Adanya aliran sungai Cisadane di sebelah timur TPAS Rawa Kucing diduga menyebabkan sebagian air lindi mengalir ke sungai tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Arsadi, 2007. Optimalisasi Sumber Daya Air di wilayah Pesisir : Studi kasus: Pantai Utara Kabupaten Karawang, Jawa Barat. LIPI Press. Jakarta. *Kumpulan Jurnal Sumber Daya Air dan Lingkungan, Potensi, Degradasi dan Masa Depan*.
- Budiarti, A., Rupmini dan H. R. Soenoko, 2013. Kajian Kualitas Air Sumur Sebagai Sumber Air Minum Di Kelurahan Gubug, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan. Fakultas Farmasi, Universitas Wahid Hasyim. Semarang. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik Volume 10 No 1 Juni 2013*.
- Chapman, D., 2000. *Water Quality Assesment*. E & FN Spon. London.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. UI Press. Jakarta
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Erlina, A., 2012. *Pengaruh Keberadaan TPA Cipayung Depok terhadap Kualitas Sumber Air Bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya (Dengan Parameter Besi dan Mangan)*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.
- Fajarini, S., 2014. *Analisa Kualitas Air Tanah Masyarakat di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di kelurahan Sumur Batu, Bantar Gebang Bekasi Tahun 2013*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Freeze, A. R., J.A. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, EnglewoodCliffs, NJ.
- Ginting, P., 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Cetakan pertama. Bandung.
- Nur, F., 2015. Analisis Kualitas Air Tanah di Sekitar TPA Tamangapa dengan Parameter Biologi. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan teknik Sipil, Universitas Hasanuddin. Makasar. *Jurnal Repository Unhas*.
- Palar, H., 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pahlefi, R., 2014. *Estimasi Nilai Eksternalitas dari Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (Studi Kasus TPA Rawa Kucing Kota Tangerang)*. Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan. Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sudaryanto & Suherman, 2008. Degradasi Kualitas Airtanah berdasarkan Kandungan Nitrat di Cekungan Air tanah Jakarta. Jakarta. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No.2 (2008)*.
- Vogel, 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semi Mikro*. Terjemahan Setiono dan Pudjaatmaka. PT Kalman Media Pusaka. Jakarta.
- Wuryadi. 1981. *Kualitas Air Sumur Gali DIY Bagian Selatan dan Kemungkinan Pengaruh Lingkungan*

*Pemukiman.* Fakultas Pascasarjana  
IPB. Bogor.

Permenkes Nomor 416/Menkes/Per/  
IX/1990, Tanggal 3 September 1990  
tentang Syarat-syarat dan  
Pengawasan Kualitas Air Bersih.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik  
Indonesia Nomor 492/MENKES/  
PER/IV/2010 tanggal 19 April 2010  
tentang Syarat-syarat dan  
Pengawasan Kualitas Air Minum.

# PENETAPAN NILAI KALORI DALAM BATUBARA DENGAN KALORIMETER PARR 6200

Finda Pratiwi Istomo<sup>1)\*</sup>, Ameylia Tristiasti<sup>2)</sup>

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

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

<sup>2)</sup> Laboratorium Batubara QARD Indocement Tunggal Prakarsa, Jalan Mayor Oking, Citeureup, Kabupaten Bogor

\* e-mail: pratiwifinda31@gmail.com

## ABSTRACT

### *Determining Calory Value of Coal With Calorimeter Parr 6200*

*Coal is a source of energy utilized by the process of making cement. This type of coal determines the quality and calorific value of the coal. Determination of calorific value on coal is done by using calorimeter. Coal types studied were A and B coal mixture with ratio 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50. The results showed that the mixture of A and B coal with a ratio of 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50 can be used for combustion in the manufacture of cement in the furnace because it has a calorific value above 6000 in accordance with the standards of the cement factory. Water content affects the calorific value of coal, the higher of moisture content, the lower the heating value.*

*Keywords: Coal, Calorimeter, Heat value*

## ABSTRAK

Batubara merupakan sumber energi yang dimanfaatkan oleh proses pembuatan semen. Jenis batubara menentukan kualitas dan nilai kalor dari batubara tersebut. Penentuan nilai kalor pada batu bara dilakukan dengan menggunakan kalorimeter. Jenis batubara yang diteliti yaitu Campuran batubara A dan B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran batubara A dan B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 dapat digunakan untuk pembakaran dalam pembuatan semen di tanur bakar karena memiliki nilai kalori diatas 6000 sesuai dengan standar perusahaan pabrik semen. Kadar air mempengaruhi nilai kalori batubara, yaitu semakin tinggi kadar air semakin rendah nilai kalor.

Kata Kunci: Batu Bara, Kalorimeter, nilai kalor

## PENDAHULUAN

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Batu bara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, terutama dari sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*Carboniferus Period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 290 juta sampai 360 juta tahun yang lalu. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil (Billah, 2010).

Batubara adalah salah satu sumber energi yang penting bagi dunia. Batubara banyak memainkan peran selama berabad-abad, tidak hanya membangkitkan listrik

namun juga merupakan bahan bakar utama bagi kegiatan-kegiatan industri seperti industri semen (Rendy *et al.*, 2014). Batubara yang digunakan sebagai bahan bakar diharapkan memiliki nilai kalor yang tinggi untuk mendapatkan efisiensi pembakaran (Lutfy *et al.*, 2013)

Indonesia termasuk negara dengan sumber tambang batu bara terbesar di dunia. Cadangannya diperkirakan 36,3 milyar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batu bara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Widagdo, 2004).

Salah satu pemanfaatan batubara adalah digunakan sebagai bahan bakar di

industri-industri, khususnya industri semen. Dalam industri pembuatan semen batubara digunakan sebagai bahan bakar dalam kiln untuk membentuk klinker yang merupakan bahan dasar semen. Secara umum, kegiatan pabrik semen terdiri atas tiga tahap, yaitu penambangan bahan baku, proses produksi semen dan proses pemasaran. Proses produksi secara khusus terdiri dari 4 tahap yaitu penggilingan bahan baku, pembakaran bahan semen, penggilingan akhir dan pengantongan semen. Kegiatan pembakaran dalam proses produksi merupakan proses inti, karena sebagian besar energi diperlukan dalam proses ini (Yakub, 2006).

Jenis batubara menentukan kualitas dan nilai kalor dari batubara tersebut. Nilai kalor dapat di analisis salah satunya dengan menggunakan alat kalorimeter. Kalorimeter adalah suatu metode yang mempelajari jumlah panas/kalor berdasarkan perubahan temperatur. Kalorimeter bom adalah suatu alat yang digunakan untuk menentukan panas yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar dan oksigen pada volume tetap. Jenis batubara yang digunakan tergantung dari nilai kalori yang dipakai dalam industri semen tersebut. Dalam Industri khususnya dalam industri semen nilai kalori yang diperbolehkan umumnya mengikuti aturan dari pabrik tersebut (Yakub, 2006).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu Sampel batubara A, sampel B, sampel batubara campuran A dan B, larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,07 N, indikator Merah Metil 0,02 %, air suling. Peralatan yang digunakan yaitu Neraca digital Sartorius, sudip, wadah sampel, kalorimeter bom Parr 6200, *Vessel*, buret, labu semprot, cawan petri, oven Fisher  $105^\circ\text{C}$ , desikator.

### Metode

#### 1. Pencampuran Batubara

Sampel Batubara dianalisis dengan perbandingan A : B 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 kemudian di homogenkan.

#### 2. Penentuan Kadar Air

Suhu oven dinaikkan sampai  $105 - 110^\circ\text{C}$ . Cawan petri kosong yang kering dan bersih ditimbang bersama tutupnya sampai

ketelitian 0,1 mg. Sampel sebanyak  $\pm 1,0000$  gram ditimbang sampai terbentuk lapisan, tutup dan timbang lagi sampai ketelitian 0,1 mg. Cawan petri berisi sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $105^\circ \pm 2$  selama  $\pm 1$  jam. Setelah 1 jam, cawan petri berisi sampel dikeluarkan dari oven dan didinginkan ke dalam desikator. Setelah  $\pm 15$  menit, cawan petri ditimbang.

### 3. Penentuan Nilai Kalori

Kalorimeter BOMB dengan tekanan gas, regulator, volume air pendingin dan aliran listrik dengan kondisi yang baik. Alat dinyalakan dengan menekan tombol hitam yang ada dibelakang alat Aliran gas oksigen dibuka dengan cara memutar *pulp* hitam ke kiri. Alat di stabilkan tunggu sampai 20 menit. Sampel ditimbang seberat  $\pm 1.0000$  gram ke dalam krusibel. Krusibel ditempatkan pada penyangga elektroda dan atur kawat pemantik tersentuh/kontak dengan sampel. *Combustion chamber* dengan *bomb cap* disatukan dengan cara memutar *bomb cap* ke kanan sampai kencang, dipastikan *combustion chamber* dan *bomb cap* sesuai dengan pasangannya. *Vessel* diisi gas oksigen hingga tekanan maksimum 30 atm (tekan tombol *FILL*). *Vessel* dimasukkan ke dalam *bomb bucket* dan isi dengan 2 liter aquadest dari *pipet tank*. Elektroda pada *terminal nut* dimasukan dan pastikan kedua elektroda tersebut terkoneksi dengan *terminal nut*. *Bomb bucket lid* dipastikan tertutup rapat, tombol [*START*] ditekan, kemudian dipilih ID bomb dan dimasukkan berat sampel. Sampai proses analisis selesai dan dicatat hasil analisis. *Bomb bucket* yang berisi *vessel* dikeluarkan dari *bomb jacket*. Gas  $\text{CO}_2$  dibuang dengan cara memutar *knop* yang berada di *bomb cap*. Bagian dalam bomb dibilas dengan air. Semua kawat yang tidak terbakar dari elektroda dibersihkan dan cuci kepala bomb dengan air. Air cucian dititrasi dengan larutan standard  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  menggunakan indikator Merah Metil hingga mencapai titik akhir berwarna Orange-Merah. Catat volume penitar. Tombol *REPORT* ditekan dan dimasukkan nomor contoh. Volume penitar dan Total Sulphur (TS %ad) dimasukkan.

**4. Perhitungan**

4.1 Analisis Kadar Air:

$$\% \text{ Kadar Air} = RM = \frac{A - (C - B)}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Bobot contoh (gram)

B = Bobot Cawan kosong (gram)

C = Bobot Cawan + sampel setelah dikeringkan 105° (gram)

4.2 Analisis Nilai Kalori:

$$CV_{db} = \frac{CV_{adb}}{\frac{(1 - RM)}{100}}$$

Keterangan :

CV<sub>db</sub> = Nilai Kalori dalam *dry basis* (cal/gram)

CV<sub>adb</sub> = Nilai Kalori dalam *air dried basis* (cal/gram)

RM = *Residual Moisture* (Kadar Air) (%)

Gross Calorific Value =

$$\frac{(Ee \times \Delta T) - e1 - e2 - e3}{A}$$

Keterangan :

Ee = Energi Equivalen (cal/°C)

ΔT = perbedan temperatur awal dan akhir (°C)

- e1 = Koreksi asam (cal)
- e2 = Koreksi Fuse (cal)
- e3 = Koreksi sulfur (cal)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Kadar Air Batubara**

Hasil analisis kadar air sampel baltubara A dan B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Peningkatan kadar air akan mengurangi suhu pembakaran maksimum dan meningkatkan waktu yang diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dalam tungku (Yuliah *et al*, 2010). Nilai kadar air dari batubara A dan B tergolong berbeda, dikarenakan kedua batubara tersebut dari jenis yang berbeda. Batubara A memiliki kadar air yang tergolong tinggi, sedangkan untuk B memiliki kadar air yang tergolong rendah. Batubara A ini tergolong jenis sub-bituminus karena memiliki nilai kalor yang rendah dan mengandung banyak air. Batubara B tergolong jenis bituminous karena memiliki nilai kalor yang tinggi serta kandungan airnya yang sedikit. Maka dari itu, dilakukan pencampuran dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 yang hasilnya dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Air Batu Bara A dan B

| No  | A      | B      |
|-----|--------|--------|
|     | RM (%) | RM (%) |
| 1   | 13,14  | 6,53   |
| 2   | 13,17  | 6,39   |
| 3   | 13,05  | 6,11   |
| 4   | 13,02  | 6,26   |
| 5   | 13,10  | 6,27   |
| 6   | 13,29  | 6,32   |
| 7   | 13,22  | 6,48   |
| 8   | 13,17  | 6,71   |
| 9   | 13,26  | 6,55   |
| 10  | 13,18  | 6,30   |
| AVG | 13,16  | 6,39   |
| SD  | 0,09   | 0,18   |

Keterangan :

RM : *Residu Moisture* ( Kadar Air)

Tabel 2. Hasil Analisis Kadar Air Batu Bara Campuran

| Perbandingan campuran antara batubara A:B |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|
| No  | 80:20 | 70:30 | 60:40 | 50:50 |
|   | RM    | RM    | RM    | RM    |
| 1   | 11,82 | 11,16 | 10,50 | 9,84  |
| 2   | 11,81 | 11,14 | 10,46 | 9,78  |
| 3   | 11,66 | 10,97 | 10,27 | 9,58  |
| 4   | 11,67 | 10,99 | 10,32 | 9,64  |
| 5   | 11,73 | 11,05 | 10,37 | 9,69  |
| 6   | 11,90 | 11,20 | 10,50 | 9,81  |
| 7   | 11,87 | 11,20 | 10,52 | 9,85  |
| 8   | 11,89 | 11,23 | 10,59 | 9,94  |
| 9   | 11,92 | 11,25 | 10,58 | 9,91  |
| 10  | 11,80 | 11,12 | 10,43 | 9,74  |
| AVG                                       | 11,81 | 11,13 | 10,45 | 9,78  |
| SD  | 0,09  | 0,10  | 0,11  | 0,12  |

Dari Tabel 2 didapat hasil dari masing-masing perbandingan campuran batubara A dan B tergolong konstan. Gangguan utama kandungan moisture dalam pembakaran ialah terbuangnya sebagian energi untuk menguapkan air tersebut, baik yang terjadi dalam tungku maupun yang terjadi selama penggerusan. Hilangnya energi ini diperkirakan 0,3 MJ/kg air atau 0,12% dari nilai kalori untuk setiap penguapan 1% air. Sebaliknya, adanya sejumlah tertentu air selama pembakaran sangat berguna dalam mengendalikan NO<sub>2</sub> dan pembentukan asap (ASTM, 2016). Berdasarkan standar kualitas yang diperbolehkan di Pabrik Semen, batas maksimal nilai kadar air yang diperbolehkan adalah 12%, sedangkan dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai kadar air dari masing-masing perbandingan tersebut masuk dalam kualitas pabrik semen.

**Analisis Nilai Kalor Batubara**

Nilai kalor dari batubara A dan B tergolong berbeda. Jika pada nilai kadar air

batubara A memiliki kadar air yang tinggi namun memiliki nilai kalor yang rendah di banding batubara B. Begitu juga dengan batubara B memiliki nilai kalor yang tinggi dan kadar air yang tergolong rendah.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4 batubara A : B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 menunjukkan bahwa nilai kalor yang didapat sesuai dengan standar pabrik semen yang telah ditetapkan. Sebagai bahan bakar, batubara dapat dimanfaatkan untuk mengubah air menjadi uap di dalam suatu ketel uap atau boiler PLTU, untuk membakar bahan pembuat klingker di pabrik semen dan sebagai bahan bakar di industri-industri kecil. Pada hakikatnya, semua batubara dapat dibakar, tetapi dalam pemanfaatan sebagai bahan bakar tertentu perlu dipenuhi berbagai persyaratan tertentu pula, misalnya sebagai bahan bakar di PLTU diperlukan batubara yang mempunyai kandungan *ash* yang lebih kecil dari 30 % (Abdul, 2010).

Tabel 3. Hasil Analisis Nilai Kalori Batu Bara A dan B

| No  | A     | B      |
|-----|-------|--------|
|     | HV    | HV     |
| 1   | 5882  | 7106   |
| 2   | 5834  | 7119   |
| 3   | 5842  | 7448   |
| 4   | 5887  | 7357   |
| 5   | 5859  | 7298   |
| 6   | 5805  | 7184   |
| 7   | 5818  | 7068   |
| 8   | 5839  | 7032   |
| 9   | 5812  | 7116   |
| 10  | 5844  | 7205   |
| AVG | 5836  | 7192   |
| SD  | 24,27 | 136,08 |

Tabel 4. Hasil Analisis Nilai Kalori Batu Bara Campuran

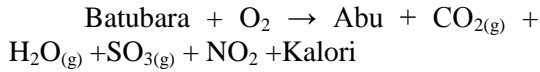
| No  | Perbandingan campuran antara batubara A:B |       |       |       |
|-----|---|-------|-------|-------|
|     | 80:20                                     | 70:30 | 60:40 | 50:50 |
|     | HV  | HV    | HV    | HV    |
| 1   | 6079                                      | 6207  | 6336  | 6464  |
| 2   | 6091                                      | 6220  | 6348  | 6477  |
| 3   | 6163                                      | 6324  | 6484  | 6645  |
| 4   | 6181                                      | 6328  | 6475  | 6622  |
| 5   | 6145                                      | 6291  | 6435  | 6579  |
| 6   | 6081                                      | 6219  | 6357  | 6495  |
| 7   | 6068                                      | 6193  | 6318  | 6443  |
| 8   | 6076                                      | 6194  | 6313  | 6431  |
| 9   | 6073                                      | 6203  | 6334  | 6464  |
| 10  | 6116                                      | 6252  | 6388  | 6525  |
| AVG | 6107                                      | 6243  | 6379  | 6514  |
| SD  | 41,54                                     | 52,71 | 64,15 | 75,87 |

Nilai kalor batubara yang dipergunakan sebagai bahan bakar merupakan komponen utama yang harus dipisahkan. Salah satu komponen yang menentukan harga batubara selain dari nilai kalorinya bisa juga dilihat dari nilai ash, sulphur, HGI, dan partikel halus. Pemilihan batubara dengan nilai kalor yang lebih tinggi akan mengurangi biaya penyediaan fasilitas penerimaan, penanganan, dan penggilingan batubara karena jika nilai batubara sesuai dengan spesifikasi perusahaan tersebut maka pembelian batubara akan berkurang dan juga dapat menghemat biaya produksi juga.

Reaksi dalam kalorimeter bomb berlangsung pada volume dan tekanan tetap. Tekanan yang ada didalam alat sudah diatur tergantung standar dari masing-masing pabrik semen. Dalam hal ini pabrik semen mengacu pada ASTM D5865 yang menggunakan tekanan pada alat bomb sebesar 20-30atm. Kalorimeter bomb merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menentukan nilai suatu kalor batubara. Nilai kalor batubara yang telah dianalisis menunjukkan bahwa campuran batubara A & B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 bisa digunakan

dalam proses pembakaran semen karena memiliki nilai kalor diatas 6000 (ASTM, 2016).

Reaksi yang terjadi dalam wadah bomb :



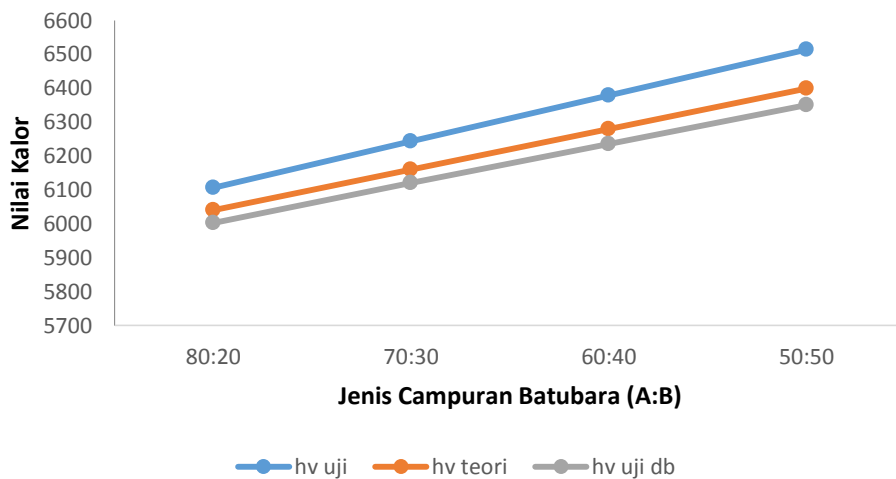
Gangguan utama kandungan *moisture* dalam pembakaran ialah terbuangnya sebagian energi untuk menguapkan air tersebut, baik yang terjadi dalam tungku maupun yang terjadi selama penggerusan. Hilangnya energi ini diperkirakan 0,3 MJ/kg air atau 0,12% dari nilai kalori untuk setiap penguapan 1% air. Sebaliknya, adanya sejumlah tertentu air selama pembakaran sangat berguna dalam mengendalikan NO<sub>2</sub> dan pembentukan asap (ASTM, 2016 ).

Batubara yang digunakan adalah jenis A dan B. Batubara A memiliki nilai kalori yang tergolong rendah, sedangkan untuk batubara B memiliki nilai kalori yang lumayan tinggi. Sehingga akan dihasilkan campuran batubara dengan nilai kalori yang sedang. Pencampuran digunakan sampai perbandingan A : B 50:50, untuk menjaga kadar sulfur yang tinggi, jika kadar sulfur

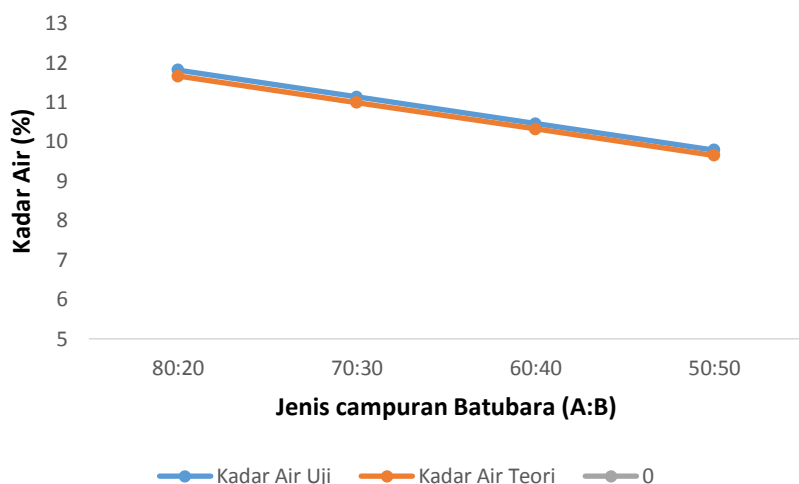
terlalu tinggi akan menyebabkan *coating* pada proses pembakaran semen. Proses *coating* adalah proses pengkerakan yang terjadi didalam kiln dimana pada saat pembuatan semen jika suhu pembakaran semen tidak stabil dapat menyebabkan gas buang yang tinggi. Selain proses *coating* sulfur dengan kadar yang tinggi juga dapat menyebabkan pengkaratan pada dinding kiln.

Penggunaan jenis batubara di dalam plant tergantung atas permintaan dari plant tersebut dan tergantung dari kesanggupan plant mampu atau tidak menerima kandungan dari batubara tersebut. Maka dari itu proses pencampuran batubara dilakukan agar hasil yang didapat bisa mendapatkan hasil yang maksimal.

Selain menetapkan nilai kalori pada berbagai campuran batubara dengan Kalorimeter Bom PARR 6200, dilakukan juga penelitian mengenai hubungan kadar air dengan nilai kalori pada batubara, dan didapatkan grafik seperti pada Gambar 5.



Gambar 1. Nilai kalor campuran batubara A dan B



Gambar 2. Kadar air campuran batubara A dan B

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa semakin rendah kadar air (RM), maka nilai kalori (CV) semakin tinggi. Hal ini terjadi karena pada saat batubara disemprotkan kedalam kiln kandungan air yang ada didalam batubara tersebut menguap untuk mendapatkan kalor dari batubara itu sendiri, sehingga kalor yang dihasilkan menjadi rendah ataupun sebaliknya. Perbandingan perhitungan dengan teori dilakukan untuk memastikan analisis yang sudah dilakukan benar. Kadar air antara teori dan praktik terjadi perbedaan disebabkan batubara pada kondisi halus sangat peka terhadap kelembaban lingkungan, sehingga batubara sangat cepat menyerap air dan melepas air. Oleh karena itu, untuk memastikan analisis yang dilakukan sesuai dengan nilai sebenarnya, maka perlu dilakukan uji monitoring setiap harinya dengan sampel standar batubara. Penyimpanan sampel batubara juga harus diperhatikan karena batubara bersifat higroskopis dan mudah menyerap air dari udara sekitar. Perhitungan dan praktik kita anggap benar dan batubara dianggap sama ketika dihitung dalam kondisi bebas air nilai kalor yang didapat sama ( $< 46$  cal/g nilai repeatability untuk satu lab ASTM D 5685).

## KESIMPULAN

Campuran batubara A dan B dengan perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 bisa digunakan untuk pembakaran dalam pembuatan semen di tanur bakar karena memiliki nilai kalori diatas 6000 sesuai dengan standar perusahaan pabrik semen. Kadar air mempengaruhi nilai kalori batubara, yaitu semakin tinggi kadar air semakin rendah nilai kalor.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Test Method*. 2011. *America Standard D3173-11 Moisture In The Analysis Sampel Of Coal And Coke*. ASTM. America.
- Benitez, J. 1993. *Process Engineering and Design for Air Pollution Control*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Billah, M. 2010. *Kemampuan Batubara dalam Menurunkan Kadar Logam  $Cr^{2+}$  dan  $Fe^{2+}$  dalam Limbah Industri Baja*. Tekhnk Kimia FTI-UPNV. Jawa Timur.
- Day, R. A. Jr. dan A. L. Underwood. 1998. *Analisa Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Direktorat Inventaris Sumber Daya Mineral. 2003. *Pengembangan Basis Data*

*Sumber Daya Mineral Dan Batubara Indonesia.*

- Hadi A, Nugroho W, Z Diana F. 2010. *Analisis Pengaruh Nilai Kalori Dan Heat Rate (Laju Kalor) Batubara Terhadap Efisiensi Termal Pltu-Embalut 2x25 Mw Pt Cahaya Fajar Kaltim.* Universitas Mulawarman. Kalimantan Timur.
- Harjadi W. 1986. *Ilmu Kimia Analitik Dasar.* PT Gramedia. Jakarta.
- Hendrik, R. 2010. *Batubara dan Tambang Batubara.*  
<http://bei5000.com/2011/10/15/batubara-dan-tambang-batu-bara/>
- Indocement. 2018. *Profil Perusahaan.*  
<http://www.indocement.co.id>
- Indocement. 2018. *Seputar semen.*  
<http://www.cement.org/basics/cementindustry.asp>
- Lutfy, A. B, Genta, A., M. Rachmimoellah, dan Romanus, K. T. Nenu. 2013. *Pengeringan Low Rank Coal dengan Menggunakan Metode Pemanasan tanpa Kehadiran Oksigen.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Miller, B. G. 2005. *Coal Energy System.* Elsevier. United States Of America.
- Mustasim, B. 2007. *Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu,* Surabaya.
- Rendy et al, 2014. *Analisis Batubara dalam Penentuan Kualitas Batubara untuk Pembakaran bahan baku semen Di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk, Bandung*
- Speight, J. G. 2005. *Handbook of Coal Analysis.* John Wil and Sons, Inc. New Jersey.
- Stach, E., Duncan Murchison, G. H. Taylor, F. Zierke. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology,* Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Sukandarumidi .2006. *Batubara Dan Pemanfaatannya.* UGM Press. Jogjakarta.
- Syarief, R. dan H. Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan.* Arcan. Jakarta
- Widagdo, S. 2004. *Batu bara : Dilema antara Energi Strategis Nasional atau Komoditi.* <http://turing.freelist.org/archives/geologiugm/01-2005/msg00133html>.
- World Coal Institutte. 2011. *The Coal Resource A Comprehensive Overview Of Coal.* Cambridge House. London
- Yakub, A. 2006. *Pengambilan, Preparasi Dan Pengujian Contoh Batubara.* Laboratorium Batubara. Bandung.
- Yuliah Y, Suryaningsih S, Ulfi K. 2010. *Penentuan Kadar Air Hilang Dan Volatile Matter Pada Bio-Briket Dari Campuran Arang Sekam Padi Dan Batok Kelapa.* Universitas Padjajaran. Bandung.
- Yunita, P. 2000. *Pembuatan Briket Dari Batubara Kualitas Rendah Dengan Proses Non Karbonisasi Dengan Menambahkan MgO dan MgCl2, UPN"Veteran" Jawa Timur*

# UJI SIFAT FISIKA-KIMIA DAN IDENTIFIKASI FENIL ETIL ALKOHOL MINYAK ATSIRI BUNGA MAWAR HASIL EKSTRAKSI PELARUT

Nur Malasari\*, RTM Sutamihardja, Amry Syawaalz  
Program Studi Kimia FMIPA Universitas Nusa Bangsa Bogor  
Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4 Cimanggu Tanah Sareal, Bogor 16166  
\*e-mail : nurmalasari2501@gmail.com

## ABSTRACT

### *Test of Physical and chemical Properties and Identification of Phenyl Ethyl Alcohol of Essential Oil Roses from Solvent Extraction*

The technology of extraction of roses oil currently is developed in small scale industries through distillation. However, this technology has many disadvantages. To overcome these obstacles, it is necessary to do research by using solvent extraction vapor (solvent extraction). This study was conducted to determine the type of solvent and the right ratio of solvent to obtain the highest "concrete" and "absolute" yields on the extraction of roses. The solvents chosen in this study were *n*-hexane, petroleum ether and ethanol with a ratio of 1: 3, 1: 4 and 1: 5 w / v. The 1: 5 w / v *n*-hexane solvent was the right solvent for extracting roses with the highest "concrete" and "absolute" yield levels for the perfume making of 0.85% and 0.07%. The main chemical component of rose essential oil detected by KGSM is phenyl ethyl alcohol with the highest phenyl ethyl alcohol content found in "absolute" of 1: 4 w / v *n*-hexane extraction of 6.53%.

Keywords: Rose Flower, Essential Oil, Ekstraksi pelarut

## ABSTRAK

Teknologi ekstraksi minyak bunga mawar saat ini yang berkembang pada industri skala kecil yaitu penyulingan. Namun, teknologi ini memiliki banyak kelemahan. Untuk mengatasi kendala tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan ekstraksi pelarut mudah menguap (*solvent extraction*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis pelarut dan perbandingan pelarut yang tepat untuk memperoleh rendemen "concrete" dan "absolut" tertinggi pada hasil ekstraksi bunga mawar. Pelarut yang dipilih pada penelitian ini adalah *n*-heksana, petroleum eter dan etanol dengan perbandingan 1:3, 1:4 dan 1:5 b/v. Pelarut *n*-heksana 1:5 b/v adalah pelarut yang tepat untuk mengekstraksi bunga mawar dengan kadar rendemen "concrete" dan "absolut" tertinggi untuk pembuatan parfum sebesar 0,85 % dan 0,07%. Komponen kimia utama minyak atsiri bunga mawar yang terdeteksi oleh KGSM adalah fenil etil alkohol dengan kadar fenil etil alkohol tertinggi terdapat pada "absolut" hasil ekstraksi *n*-heksana 1:4 b/v sebanyak 6,53%.

Kata kunci: Bunga Mawar, Minyak Atsiri, *Solvent Extraction*

## PENDAHULUAN

Mawar merupakan salah satu tanaman hias bunga yang paling terkenal di dunia. Sejak abad ke 17, industri minyak mawar sudah berkembang di negara-negara Persia, Turki, dan Bulgaria. Di Indonesia, mawar dalam jumlah besar biasanya digunakan sebagai tanaman pot, taman, dan bunga potong. Pedagang bunga umumnya menjual bunga mawar per kuntum atau tangkai. Bunga mawar yang dibeli dari petani oleh pedagang pada umumnya menghasilkan rontokan kelopak bunga mawar yang pemanfaatannya belum optimal,

hanya dijual sebagai bunga tabur yang bermanfaat untuk aromaterapi dan ziarah.

Di era modern minyak mawar banyak digunakan untuk industri parfum dan kosmetik, terbukti dalam kandungan parfum wanita sebanyak 98% dan 46% parfum pria, hal ini menyebabkan banyaknya metode untuk mendapatkan minyak mawar (Younis *et al*, 2007). Teknologi ekstraksi minyak bunga mawar saat ini berkembang pada industri skala kecil adalah penyulingan. Namun, teknologi ini banyak kelemahannya, karena minyak atsiri yang banyak mengandung ester mudah terhidrolisis dan menguap pada suhu tinggi. Untuk mengatasi kendala tersebut, maka perlu dilakukan

penelitian dengan menggunakan ekstraksi pelarut menguap (*solvent extraction*) (Amiarsi *et al* , 2006).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kelopak bunga mawar campur yang terdiri dari mawar merah, mawar putih dan mawar merah muda, etanol p.a, *n*-heksana p.a, petroleum eter p.a, CuSO<sub>4</sub>. 5H<sub>2</sub>O, asam sulfat pekat, amoniak pekat, kloroform, HCl 2N, pereaksi Dragendorf, pereaksi Mayer, pereaksi Wagner, pereaksi Liebermann-burchard, asam borat, asam oksalat, aseton, eter, FeCl<sub>3</sub> 1% dan aquademin.

Peralatan yang digunakan adalah wadah penampung tepung, neraca analitik, saringan kassa, kertas saring, *water bath*, pompa vakum, cawan penguapan, *hotplate*, kondensor, botol 100 mL, botol 10 mL, termometer, lemari pendingin Panasonic, Refraktometer Abbe ATAGO 10NAR-IT *Liquid*, sentrifugasi, tabung pemusing, labu didih, piknometer 10 mL, botol vial 5 mL, eksikator, *Rotary Evaporator* IKA 10 Basic, *TLC Scanner UV Camag*, Kromatografi Gas Spektrofotometri Massa (KGSM) *Agilent Technologies* 7890A dan alat-alat gelas lainnya.

### Metode

#### 1. Preparasi Ekstraksi Kelopak Bunga Mawar Campur

Kelopak bunga mawar campur yang terdiri dari mawar merah, mawar merah muda dan mawar putih segar yang dibeli dari pedagang bunga di Pasar Anyar, Bogor. Kelopak bunga mawar dibersihkan dari kotoran dan dari bagian bunga yang tidak diinginkan (putik, daun, dan pengotor). Pada penelitian ini terdiri dua perlakuan yaitu bunga mawar segar dan bunga mawar kering yang dihasilkan dari proses kering anginkan selama tiga hari pada suhu ruang.

- a. Preparasi Bunga Mawar Segar dengan *n*-Heksana (Amiarsi *et al*, 2006)

Sebanyak 250 gram bunga mawar segar ditimbang, kemudian dimasukkan ke

dalam gelas piala 2 L sebanyak 3 kali ulangan. *n*-heksana ditambahkan ke dalam masing-masing gelas piala dengan perbandingan 1:3, 1:4 dan 1:5 (b/v) yaitu 750 mL, 1000 mL, dan 1250 mL. Campuran contoh bunga yang telah ditambahkan pelarut masing-masing diaduk selama 5 menit, agar pelarut terserap merata pada semua contoh. Ketiga gelas piala masing-masing ditutup dengan aluminium foil, kemudian disimpan diruang tertutup pada suhu ruang selama 24 jam

- b. Preparasi Bunga Mawar Segar Dengan Petroleum Eter (Amiarsi *et al*, 2006)

Sebanyak 250 gram bunga mawar segar ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala 2 L sebanyak 3 kali ulangan. Petroleum eter ditambahkan kedalam masing-masing gelas piala dengan perbandingan 1:3, 1:4 dan 1:5 (b/v) yaitu 750 mL, 1000 mL, dan 1250 mL. Campuran contoh bunga yang telah ditambahkan pelarut masing-masing diaduk selama 5 menit, agar pelarut terserap merata pada semua contoh. Ketiga gelas piala masing-masing ditutup dengan aluminium foil, kemudian disimpan diruang tertutup pada suhu ruang selama 24 jam.

- c. Preparasi Bunga Mawar Segar Dengan Etanol (Amiarsi *et al*, 2006)

Sebanyak 100 gram bunga mawar segar dimasukkan ke dalam gelas piala 2 L sebanyak 3 kali ulangan. Etanol ditambahkan ke dalam masing-masing gelas piala dengan perbandingan 1:3, 1:4, 1:5 dan sebagai pembanding 2:3 (b/v) yaitu 300 mL, 400 mL, 500 mL dan 750 mL. Campuran contoh bunga yang telah ditambahkan pelarut masing-masing diaduk selama 5 menit, agar pelarut terserap merata pada semua contoh. Gelas piala masing-masing ditutup dengan aluminium foil, kemudian disimpan tertutup pada suhu ruang selama 24 jam.

- d. Preparasi Bunga Mawar Kering Dengan Pelarut Etanol (Sebagai pembanding) (Amiarsi *et al* , 2006 dan Koksals *et al*, 2015)

Sebanyak 4000 gram kelopak bunga mawar segar dikering anginkan pada suhu

ruang selama tiga hari. Bunga mawar ditimbang sebagai bobot kering yaitu 250 gram dan 500 gram bunga mawar kering dimasukan ke dalam gelas piala 2 L, kemudian ditambahkan pelarut etanol dengan perbandingan 1:3 dan 2:3 (b/v) yaitu 750 mL dan 1500 mL. Campuran contoh bunga yang telah ditambahkan pelarut masing-masing diatur selama 5 menit, agar pelarut terserap merata pada semua contoh. Masing-masing gelas ditutup dengan alufoil, kemudian disimpan tertutup pada suhu ruang selama 24 jam dan ditutup dengan alufoil, kemudian disimpan di ruang tertutup pada suhu ruang selama 24 jam.

## 2. Pembuatan “Concrete” Minyak Bunga Mawar dengan Evaporasi Vakum Menggunakan Rotary Evaporator

a. Pembuatan “Concrete” Minyak Bunga Mawar Segar (Metode Amiarsi *et al*, 2006)

1) Ekstraksi dengan pelarut *n*-heksana

Ekstrak bunga yang dihasilkan pada ekstraksi pelarut *n*-heksana disaring untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang dihasilkan dipekatkan dengan *rotary evaporator* dalam keadaan vakum dengan kecepatan 75 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 10 menit pada suhu 40°C, hingga dihasilkan “concerte”.

2) Ekstraksi dengan pelarut petroleum eter

Ekstrak bunga yang dihasilkan pada ekstraksi pelarut petroleum eter disaring untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang dihasilkan dipekatkan dengan *rotary evaporator* dalam keadaan vakum dengan kecepatan 75 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 10 menit pada suhu 40°C, hingga dihasilkan “concerte”.

3) Ekstraksi dengan pelarut etanol

Ekstrak bunga yang dihasilkan pada ekstraksi pelarut etanol disaring untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang dihasilkan dipekatkan dengan *rotary evaporator* dalam keadaan vakum dengan kecepatan 200 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 40 menit pada suhu 60-70°C, hingga dihasilkan “concerte”.

b. Pembuatan “Concrete” Bunga Mawar Kering (Sebagai Pembanding) (Amiarsi *et al*, 2006)

Ekstrak bunga kering yang dihasilkan pada ekstraksi pelarut etanol disaring untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang dihasilkan dipekatkan dengan *rotary evaporator* dalam keadaan vakum dengan kecepatan 200 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 40 menit pada suhu 60-70°C, hingga dihasilkan “concrete”.

## 3. Pembuatan “Absolut” Minyak Bunga Mawar (Amiarsi *et al*, 2006)

a. “Concrete” Hasil Ekstraksi Pelarut *n*-heksana

“Concrete” yang dihasilkan dari ekstraksi *n*-heksana ditambahkan etanol p.a dengan perbandingan “concrete dan etanol 10:1 (b/v), disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 5 menit, kemudian didinginkan pada suhu 0-10°C selama 24 jam. Kemudian dilakukan penyaringan sampai diperoleh filtrat yang jernih. Filtrat pekatkan pada kondisi vakum dengan *rotary evaporator* dengan kecepatan 75 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 10 menit pada suhu 40°C, hingga dihasilkan “absolut”.

b. “Concrete” Hasil Ekstraksi Petroleum Eter

“Concrete” yang dihasilkan dari ekstraksi petroleum eter ditambahkan etanol p.a dengan perbandingan “concrete dan etanol 10:1 (b/v), disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 5 menit, kemudian didinginkan pada suhu 0-10°C selama 24 jam. Kemudian dilakukan penyaringan sampai diperoleh filtrat yang jernih. Filtrat pekatkan pada kondisi vakum dengan *rotary evaporator* dengan kecepatan 75 rpm , pada tekanan 550 mmHg, selama 10 menit pada suhu 40°C, hingga dihasilkan “absolut”.

c. “Concrete” pelarut etanol

Serbuk  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ditimbang dalam cawan penguapan pada neraca analitik, lalu dipanaskan pada *hotplate* pada suhu 110°C selama 1-3 jam sampai warna garam berwarna putih, lalu dinginkan pada

eksikator. “Concrete” hasil ekstraksi etanol disimpan pada botol.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang sudah dingin di masukan ke masing-masing “concrete”, dengan perbandingan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan “concrete” 1:10 (b/v), lalu didiamkan selama 1 malam. Campuran diamati hingga tidak terjadi lagi perubahan warna. Apabila masih terjadi perubahan warna campuran, diulangi penambahan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dengan perbandingan sama di awal. Apabila sudah stabil, dilakukan penyaringan hingga filtrat jernih. Filtrat yang dihasilkan dipekatkan dengan *rotary evaporator* dalam keadaan vakum dengan kecepatan 200 rpm, pada tekanan 550 mmHg, selama 40 menit pada suhu 60-70°C, hingga dihasilkan “absolut”.

#### 4. Uji Senyawa Fitokimia (Harbone, 2006)

Uji fitokimia dilakukan dalam penelitian secara kualitatif pada “absolut” bunga mawar, senyawa yang diidentifikasi adalah alkaloid, saponin, flavonoid, steroid atau terpenoid dan tanin.

##### a. Alkaloid

Sebanyak 1 mL “absolut” bunga mawar ditambahkan dengan 5 mL kloroform dan 5 mL amoniak dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan disaring. Filtrat yang diperoleh dibagi tiga bagian yang sama, lalu dimasukkan kedalam tabung reaksi, dan tambahkan masing-masing 3 tetes  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 N. Masing-masing tabung dikocok dan didiamkan beberapa menit hingga terbentuk dua fase terpisah. Bagian atas dari masing-masing filtrat diambil dan diuji dengan pereaksi Mayer, Wagner, dan Dragendrof. Adanya alkaloid ditandai terbentuk endapan putih pada pereaksi Mayer, endapan merah pada pereaksi Dragendrof dan endapan cokelat pada pereaksi Wagner.

##### b. Saponin

Sebanyak 1 mL “absolut” bunga mawar dipanaskan dengan 10 mL air dipanangas air. Filtrat dikocok dan didiamkan selama 15 menit, terbentuk busa yang stabil (bertahan lama) menunjukkan adanya saponin.

##### c. Steroid atau Terpenoid

Sebanyak 1 mL “absolut” bunga mawar ditambahkan 3 mL etanol dan ditambahkan 5 mL asam asetat anhidrat dan 10 tetes asam sulfat pekat atau disebut pereaksi Liebermann-Burchard. Perubahan warna dari ungu ke biru atau hijau menunjukkan adanya steroid, jika terbentuknya warna merah kecoklatan pada antar permukaan menunjukkan adanya terpenoid.

##### d. Tanin

Sebanyak 1 ml “absolut” bunga mawar ditambahkan 10 mL aquadest, lalu dipanaskan diatas penangas air, dan disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan beberapa tetes 2-3 tetes  $\text{FeCl}_3$  1%, terbentuk warna hijau, biru tua atau hitam kehijauan menunjukkan adanya tanin.

##### e. Flavonoid (Depkes RI, 1995 dalam Astrina *et al*, 2013)

Sebanyak 1 mL “absolut” bunga mawar diuapkan hingga kering. Residu “absolut” dibasahkan dengan aseton, lalu ditambahkan sedikit serbuk halus asam borat dan serbuk halus asam oksalat, kemudian dipanaskan dengan hati-hati di atas penangas air dan hindari pemanasan berlebihan. Residu yang diperoleh dicampur dengan 10 mL eter. Residu penguapan pada cawan diamati dengan sinar UV dengan panjang gelombang 366 nm menggunakan *TLC Scanner*, larutan berfluorosensi kuning intensif, menunjukkan ada flavonoid.

#### 5. Rendemen “Concrete” dan “Absolut” (SNI 06-3949-1995)

Rendemen adalah perbandingan jumlah kuantitas minyak yang dihasilkan dari hasil ekstraksi tanaman aromatik. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai minyak atsiri yang dihasilkan semakin banyak (Bambang, 2010). Rumus perhitungan rendemen dicantumkan dalam persamaan 1.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa minyak+pelarut}}{\text{massa bunga awal}} \times 100\% \dots (1)$$

## 6. Analisis Sifat Fisika dan Kimia “Concrete” dan “Absolut”

### a. Analisis Warna dan Bau “Concrete” dan “Absolut”

Untuk pengamatan warna, contoh dimasukan kedalam botol vial kemudian contoh diamati warna secara visual. Untuk pengamatan bau, contoh didalam botol vial diuji menggunakan kertas parfum, kertas parfum dimasukan ke larutan minyak atsiri bunga mawar, lalu kertas parfum dicium baunya. (SNI 06-3949-1995)

### b. Analisis Berat jenis

Piknometer diisi dengan minyak sampai melebihi tanda garis, kelebihan minyak dibersihkan dengan kertas saring. Apabila sampel kurang dari 10 mL maka digunakan botol vial 5 mL. Cara yang sama dilakukan terhadap air suling . Suhu contoh diamati pada suhu 20 °C. (SNI 06-3949-1995)

Perhitungan :

Berat jenis = berat minyak (gram) : volume air suling (mL).....(2)

### c. Analisis Indeks Bias

Indeks Bias dapat dibaca pada skala bila garis ini berhimpit dengan titik potong dua garis yang bersilang. Suhu contoh diamati pada suhu 20 °C. (SNI 06-3949-1995)

Perhitungan :

$$n_1 = n_{25} + nk (25 - t)..... (3)$$

Keterangan :

$n_1$  : indek bias pada suhu tertentu ( $t^{\circ}\text{C}$ )

$n_{25}$  : indek bias pada suhu pengerjaan (suhu ruang)

$nk$  : nilai korelasi untuk minyak kenanga sebesar 0,0004

### d. Analisis Senyawa Kimia Minyak Bunga Mawar Dengan Kromatografi Gas Spektrofotometri Massa (KGSM)

Cara analisis contoh minyak atsiri adalah 2 mL “absolut” yang dihasilkan ditera pada labu takar 5 mL menggunakan pelarut sesuai perendaman (ekstraksi sampel bunga mawar dengan *n*-heksana ditambahkan *n*-heksana), disentrifugasi. Dilakukan analisis pada standar parfum bunga mawar sebagai data pembanding.

Kemudian dilakukan analisis interpretasi data yang dibandingkan literatur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Uji Fitokimia

Berdasarkan data hasil uji fitokimia minyak atsiri bunga mawar dengan metode ekstraksi pelarut, hasil ekstraksi yang menunjukkan adanya kandungan saponin, flavonoid, terpenoid dan tanin adalah minyak atsiri hasil ekstraksi bunga mawar dengan etanol sedangkan untuk hasil ekstraksi bunga mawar dengan pelarut *n*-heksana dan petroleum eter tidak menunjukkan adanya kandungan metabolit sekunder. Sebagai pembanding digunakan parfum mawar yang bersifat *natural oil* semi sintetik menunjukkan adanya kandungan metabolit sekunder saponin dan terpenoid.

Hasil positif diperoleh hanya pada minyak atsiri hasil ekstraksi etanol karena saponin adalah senyawa glikosida kompleks yaitu senyawa hasil kondensasi suatu gula dengan suatu senyawa hidroksil organik (pelarut etanol yang mengandung gugus OH), yang apabila dihidrolisis (penambahan air dan pengocokan “absolut”) akan menghasilkan gula (glikon) dan non-gula (aglikon) serta timbul busa. Timbul busa inilah yang menunjukkan adanya saponin (Tukiran *et al*, 2014).

Berdasarkan hasil uji flavonoid untuk “absolut” hasil ekstraksi etanol menunjukkan warna kuning mendekati jingga dalam jumlah banyak hal ini menandakan adanya kandungan senyawa flavonoid. Senyawa kimia yang termasuk flavonoid adalah senyawa warna (pigmen), pada bunga mawar berupa pigmen warna merah yaitu antosianin. Flavonoid merupakan senyawa polifenol, bersifat polar yang larut dalam etanol yang bersifat semipolar (Komala *et al*, 2013).

Berdasarkan hasil uji tanin untuk “absolut” hasil ekstraksi etanol menunjukkan adanya perubahan warna coklat dari larutan  $\text{FeCl}_3$  menjadi coklat kebiruan yang menunjukkan adanya tanin. Menurut Syarifuddin (1994) dalam Tukiran *et al* (2014) perubahan warna terjadi karena terbentuknya  $\text{Fe}^{3+}$  tanin dan  $\text{Fe}^{3+}$  polifenol.

Tabel 1. Data hasil uji fitokimia “absolut” minyak atsiri mawar

| "Absolut" dari Pelarut | Hasil uji fitokimia |         |           |           |       |
|------------------------|---------------------|---------|-----------|-----------|-------|
|                        | Alkaloid            | Saponin | Flavonoid | Terpenoid | Tanin |
| <i>n</i> -heksana      | -                   | -       | -         | -         | -     |
| Petroleum eter         | -                   | -       | -         | -         | -     |
| Etanol                 | -                   | +       | +++       | +         | +     |
| Parfum                 | -                   | +       | -         | ++        | -     |

Keterangan : tanda + : hasil uji positif dengan nilai nilai + : sedikit sekali, ++ : sedikit, +++: cukup, ++++ : banyak dan +++++: sangat banyak.

Berdasarkan data hasil penelitian uji terpenoid pada hasil “absolut” minyak mawar, terbentuk warna biru pada “absolut” hasil ekstraksi etanol dalam jumlah sedikit. Terpenoid yang terdapat pada bunga mawar dapat berupa monoterpen dan sesquiterpen (Naquvi *et al*, 2014).

**B. Rendemen**

Rendemen adalah perbandingan jumlah kuantitas minyak yang dihasilkan dari hasil ekstraksi tanaman aromatik. Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai minyak atsiri yang dihasilkan semakin banyak.

Rendemen tertinggi dihasilkan oleh minyak atsiri hasil ekstraksi *n*-heksana 1:5 b/v rendemen “concrete” dan “absolut” yaitu sebesar 0,85 % dan 0,07%, hal ini disebabkan karena jumlah *n*-heksana mencukupi untuk berpenetrasi ke dalam bahan sehingga minyak dapat dilarutkan secara optimal, dengan demikian bahan akan mudah dilarutkan oleh pelarut (Bambang, 2010).

Rendemen “concrete” dan “absolut” menggunakan pelarut *n*-heksana jumlahnya lebih besar daripada pelarut petroleum eter dan etanol. Menurut Guenther (2006) pelarut *n*-heksana dan petroleum eter sama-sama memiliki polaritas sama dan bersifat selektif dalam melarutkan zat minyak, tidak melarutkan zat lilin dan zat warna namun karena perbedaan titik didih dari kedua pelarut yaitu petroleum eter memiliki range titik didih 30-70 °C yang menyebabkan selama proses ekstraksi banyak pelarut mudah menguap sehingga zat yang diekstraksi tidak sebanyak pelarut *n*-heksana yang memiliki range titik didih 65-70°C.

Pada penelitian ini hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol tidak dapat digunakan sebagai bahan baku parfum meskipun menghasilkan rendemen yang lebih besar daripada hasil ekstraksi pelarut *n*-heksana karena tidak sesuai dengan standar warna minyak bunga mawar yang berwarna jernih kekuningan (Ketaren, 1985).

Tabel 2. Persentase Rendemen “Concrete” dan “Absolut” Minyak Bunga Mawar

| No | Bahan baku   | Pelarut           | Perbandingan (b/v) | Analisis                |                        |
|----|--------------|-------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
|    |              |                   |                    | “Concrete” Rendemen (%) | “Absolut” Rendemen (%) |
| 1  | Mawar segar  | <i>n</i> -heksana | 1:3                | 0,31                    | 0,05                   |
|    |              |                   | 1:4                | 0,63                    | 0,06                   |
|    |              |                   | 1:5                | 0,85                    | 0,07                   |
|    |              | Petroleum eter    | 1:3                | 0,22                    | 0,02                   |
|    |              |                   | 1:4                | 0,35                    | 0,03                   |
|    |              |                   | 1:5                | 0,44                    | 0,04                   |
| 2  | Mawar kering | Etanol            | 1:3                | 0,16                    | 0,02                   |
|    |              |                   | 1:4                | 0,22                    | 0,02                   |
|    |              |                   | 1:5                | 0,3                     | 0,03                   |
|    |              |                   | 2:3                | 0,45                    | 0,39                   |
|    |              |                   | 1:3                | 0,22                    | 0,12                   |
|    |              |                   | 2:3                | 0,26                    | 0,19                   |

Keterangan : data bercetak miring sebagai pembandingan.

## C. Analisis Sifat Fisika dan Kimia Minyak Atsiri

### 1. Analisis Warna dan Bau

#### a. Warna

Secara visual “concrete” dan “absolut” hasil ekstraksi bunga mawar segar menggunakan pelarut *n*-heksana berwarna kuning jernih, “concrete” hasil ekstraksi petroleum eter berwarna kuning jernih pula, sedangkan pada ekstraksi menggunakan pelarut etanol berwarna merah tua. Pada penelitian dengan pelarut etanol “concrete” berwarna merah tua karena sifat dari etanol yang dapat melarutkan zat warna bunga mawar yaitu antosianin (Damayanti dan Fitriana, 2012). Berdasarkan hasil penelitian untuk pembuatan parfum “absolut” yang dihasilkan dari ekstraksi *n*-heksana dan petroleum eter yang dapat dijadikan parfum mawar karena tidak berwarna dan menyerupai parfum mawar yang berwarna jernih kekuningan.

#### b. Bau

Secara organoleptik “concrete” hasil ekstraksi bunga mawar segar menggunakan pelarut *n*-heksana memiliki bau khas mawar dan mengandung sedikit pelarut. Pada “concrete” petroleum eter memiliki bau khas mawar dan juga mengandung sedikit pelarut, sedangkan pada ekstraksi menggunakan pelarut etanol bau khas manis dan sedikit sekali khas mawar. Pada penelitian dengan pelarut etanol “concrete” berbau manis menyerupai tetes tebu (Guenther, 2006). Pada hasil pengamatan bau “absolut” menunjukkan bau yang sama ekstraksi bunga mawar segar menggunakan masing-masing pelarut *n*-heksana dan petroleum eter dengan bau khas mawar yang lebih tajam dan sedikit sekali bau pelarut. Berdasarkan hasil penelitian untuk pembuatan parfum “absolut” yang dihasilkan dari masing-masing ekstraksi *n*-heksana dan petroleum eter yang dapat dijadikan parfum mawar karena tidak berwarna dan menyerupai parfum mawar yang berwarna jernih kekuningan. Menurut Ketaren (1985) “absolut” merupakan minyak kental dengan warna cerah bersifat

larut dalam alkohol berkonsentrasi tinggi dan berguna dalam bidang parfum.

Pada penelitian ini hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol tidak dapat digunakan sebagai bahan baku parfum karena tidak sesuai dengan standar warna minyak mawar yang berwarna jernih kekuningan.

### 2. Analisis Berat Jenis Minyak Mawar Secara Gravimetri

Dari analisis nilai berat jenis “concrete” dan “absolut”, secara garis besar dari masing-masing pelarut nilai berat jenis “concrete” dan “absolut” semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah pelarut, hal ini disebabkan kelarutan minyak mawar meningkat sebagai akibat dari banyaknya komponen berbobot molekul besar ikut terlarut sehingga berat jenis minyak meningkat. .

Jumlah bahan baku mempengaruhi kenaikan berat jenis, sebagai pembandingan analisis nilai berat jenis “concrete” dan “absolut” bunga mawar kering oleh pelarut etanol dari perbandingan 1:3 b/v menjadi 2:3 b/v mengalami kenaikan yaitu nilai berat jenis “concrete” dari 1,0474 menjadi 1,0579 g/mL dan “absolut” dari 0,9987 menjadi 1,0213 g/mL. Menurut Guenther (2006) penambahan pelarut dan jumlah bahan berkorelasi positif terhadap kenaikan berat jenis minyak.

Nilai berat jenis “concrete” dan “absolut” minyak mawar yang diekstrak oleh masing-masing pelarut *n*-heksana dan petroleum eter berada di bawah standar minyak bunga komersial hal ini disebabkan karena sedikitnya komponen minyak yang terekstrak sehingga nilai berat jenis mendekati berat jenis pelarut, berat jenis pelarut *n*-heksana sebesar 0,659 g/mL dan petroleum eter sebesar 0,656 g/mL sedangkan nilai berat jenis “concrete” dan “absolut” minyak mawar yang diekstrak oleh etanol berada di atas standar minyak komersial hal disebabkan oleh sedikit terekstraknya komponen minyak yang terlarut dan masih adanya kandungan air dalam ekstrak, berat jenis air yaitu sebesar 0,998 g/mL.

Tabel 3. Berat jenis “Concrete” dan “Absolut” Minyak Mawar

| No               | Bahan baku   | Pelarut           | Perbandingan (b/v) | Analisis                         |                                 |   |
|------------------|--------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
|                  |              |                   |                    | “Concrete”<br>Berat jenis (g/mL) | “Absolut”<br>Berat jenis (g/mL) |   |
| 1                | Mawar segar  | <i>n</i> -heksana | 1:3                | 0,6938                           | 0,6546                          |   |
|                  |              |                   | 1:4                | 0,7229                           | 0,7023                          |   |
|                  |              |                   | 1:4                | 0,7283                           | 0,7256                          |   |
|                  |              | Petroleum eter    | 1:3                | 0,6947                           | 0,7011                          |   |
|                  |              |                   | 1:4                | 0,6889                           | 0,6968                          |   |
|                  |              |                   | 1:5                | 0,6945                           | 0,7015                          |   |
|                  |              |                   | Etanol             | 1:3                              | 1,0752                          | - |
|                  |              |                   |                    | 1:4                              | 1,0762                          | - |
|                  |              |                   |                    | 1:5                              | 1,0766                          | - |
| 2                | Mawar kering |                   | 2:3                | 1,0423                           | 0,9885                          |   |
|                  |              |                   | 1:3                | 1,0474                           | 0,9987                          |   |
|                  |              |                   | 2:3                | 1,0579                           | 1,0213                          |   |
| Ketaren (1985)   |              |                   |                    | 0,948-0,992                      |                                 |   |
| U.S Pharmacopeia |              |                   |                    | 0,848-0,863                      |                                 |   |
| Vankar (2003)    |              |                   |                    | 0,849-0,865                      |                                 |   |

Keterangan : data bercetak miring sebagai pembanding. Pada penelitian ini berat jenis “absolut” ekstrak etanol 1:3, 1:4 dan 1:5 b/v tidak dilakukan karena jumlah minyak yang dihasilkan kurang dari 5 mL, sampel yang dihasilkan digunakan untuk uji KGSM.

Nilai berat jenis parfum mawar sebagai pembanding sebesar 1,0067 g/mL. Parfum mawar yang digunakan bersifat semi sintetis bukan murni sehingga nilai berat jenis berada diatas standar minyak mawar. Hal ini terjadi karena adanya penambahan zat pewangi bersifat sintetis yang berasal dari alkohol, ester, aldehida, keton yang berbau wangi yang memiliki rantai karbon sehingga mengakibatkan kenaikan nilai berat jenis (Ketaren, 1985).

**3. Analisis Indeks Bias Minyak Mawar**

Nilai indeks bias “concrete” dan “absolut” dari berbagai ekstraksi pelarut yang lebih kecil disebabkan sedikitnya komponen berantai panjang seperti seskuiterpen atau komponen bergugus oksigen ikut tersuling, maka kerapatan medium minyak atsiri akan berkurang sehingga cahaya yang datang akan lebih mudah untuk dibiaskan, nilai indeks juga dipengaruhi salah satunya dengan adanya air dalam kandungan minyak tersebut. Semakin banyak kandungan airnya, maka semakin kecil nilai indeks biasanya. Ini karena sifat dari air yang mudah untuk membiaskan cahaya yang datang (Guenther, 2006).

Pelarut *n*-heksana dan petroleum eter sama-sama pelarut non polar namun pada pelarut petroleum eter lebih banyak mengekstrak hidrokarbon berantai panjang dan berikatan rangkap yang terekstrak dibandingkan pelarut *n*-heksana. Nilai indeks bias “concrete” dan “absolut” terkecil adalah etanol karena indeks bias pelarut etanol terkecil dan diduga masih terkandung air dalam “concrete” dan “absolut” karena sifat etanol yang dapat melarutkan air dari sel bunga. Hal ini juga terbukti, sebagai data pembanding nilai indeks bias “concrete” bunga mawar kering lebih besar dari pada indeks bias “concrete” bunga mawar basah.

**4. Analisis Senyawa Kimia Minyak Bunga Mawar secara KGSM**

Minyak atsiri bunga mawar mengandung komponen penyusun utama yang member aroma spesifik pada “absolut” mawar yang tertinggi adalah sitronellol, geraniol, dan fenil etil alkohol (Moates dan Reynolds dalam Yulianingsih *et al*, 2006). Data hasil penelitian untuk analisis senyawa kimia “absolut” minyak mawar pada masing-masing ekstraksi pelarut *n*-heksana, petroleum eter dan etanol pada bunga mawar

menghasilkan komponen utama yaitu fenil etil alkohol. Menurut Ketaren (1985) Fenil etil alkohol merupakan komponen kimia terbesar pada minyak mawar setelah geraniol (60%) dengan jumlah 35-46%.

Berdasarkan hasil penelitian komponen kimia fenil etil alkohol terbesar terdapat pada “absolut” hasil ekstraksi *n*-heksana 1:4 b/v sebanyak 6,53%. Menurut Guenther (2006) pelarut *n*-heksana dan petroleum eter sama-sama memiliki polaritas sama dan bersifat selektif dalam melarutkan zat minyak, tidak melarutkan zat lilin dan zat warna namun karena perbedaan titik didih dari kedua pelarut yaitu petroleum eter memiliki range titik didih 30-70 °C yang menyebabkan selama proses ekstraksi banyak pelarut mudah menguap sehingga fenil etil alkohol yang diekstraksi tidak sebanyak pelarut *n*-heksana yang memiliki range titik didih 65-70°C.

Pada ekstraksi pelarut *n*-heksana kadar fenil etil alkohol optimum pada perbandingan 1:4 b/v. Hal ini disebabkan jumlah bunga mawar yang diekstraksi pelarut pada volume tersebut optimal dalam penetrasi ke dalam sel bunga untuk melarutkan minyak, apabila pelarut ditambah maka kurang efisien karena

impurities akan ikut terlarut mengakibatkan penurunan jumlah kadar fenil etil alkohol (Bambang, 2010).

Pelarut etanol memiliki kinerja optimal apabila menggunakan bunga kering hal ini dapat dilihat sebagai data perbandingan kadar fenil etil alkohol 1:3 b/v terdeteksi sebesar 16,92 % sedangkan pada ekstraksi bunga segar tidak terdeteksi, Komponen Kimia Bunga Mawar yang Terdeteksi Selain Fenil Etil Alkohol.

(1) Hasil Ekstraksi Bunga Menggunakan Pelarut *n*-heksana dan petroleum eter

Komponen kimia yang dominan pada hasil ekstraksi *n*-heksana pada minyak mawar adalah komponen alifatik hidrokarbon pada waktu retensi diatas 20 menit. Hidrokarbon yang dihasilkan merupakan senyawa non polar yang hanya dapat larut pada pelarut *n*-heksana dan petroleum eter. Menurut Koksai *et al* (2015) Komponen hidrokarbon yang berupa hidrokarbon alifatik terdapat pada minyak mawar sebesar 56% sedangkan menurut Ketaren (1985) komponen hidrokarbon alifatik yang tidak berbau pada minyak mawar sebesar 20%.

Tabel 4. Data Hasil Analisis Indeks Bias “Concrete” dan “Absolut” Minyak Mawar

| No | Bahan baku   | Pelarut           | Perbandingan (b/v) | Analisis                        |                                |
|----|--------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|    |              |                   |                    | “Concrete”<br>Nilai Indeks Bias | “Absolut”<br>Nilai Indeks Bias |
| 1  | Mawar segar  | <i>n</i> -heksana | 1:3                | 1,379                           | 1,383                          |
|    |              |                   | 1:4                | 1,377                           | 1,387                          |
|    |              |                   | 1:5                | 1,384                           | 1,388                          |
|    |              | Petroleum eter    | 1:3                | 1,394                           | 1,401                          |
|    |              |                   | 1:4                | 1,394                           | 1,402                          |
|    |              |                   | 1:5                | 1,376                           | 1,403                          |
|    |              |                   | 1:3                | 1,345                           | -                              |
|    |              | Etanol            | 1:4                | 1,346                           | -                              |
|    |              |                   | 1:5                | 1,347                           | -                              |
|    |              |                   | 2:3                | 1,351                           | 1,361                          |
| 2  | Mawar kering |                   | 1:3                | 1,368                           | 1,376                          |
|    |              |                   | 2:3                | 1,373                           | 1,374                          |
|    |              |                   | Ketaren (1985)     | 1,5046-1,5190                   |                                |
|    |              |                   | U.S Pharmacopeia   | 1,457-1,463                     |                                |
|    |              | Vankar (2003)     | 1,452-1,466        |                                 |                                |

Keterangan : data bercetak miring sebagai pembanding. Indeks bias “absolut” etanol 1:3, 1:4 dan 1:5 b/v tidak dilakukan karena jumlah “absolut” amat sedikit dan digunakan untuk analisis KGSM.

Tabel 5. Kadar (%) Komponen Utama Fenil Etil Alkohol pada “Absolut” Bunga Mawar

| No  | Bahan baku   | Pelarut           | Perbandingan (b/v) | Analisis           |           |
|-----|--------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------|
|     |              |                   |                    | Fenil etil alkohol |           |
|     |              |                   |                    | Waktu retensi      | Kadar (%) |
| 1   | Mawar segar  | <i>n</i> -heksana | 1:3                | 4,832              | 2,03      |
|     |              |                   | 1:4                | 4,803              | 6,53      |
|     |              |                   | 1:5                | 4,817              | 3,42      |
|     |              | Petroleum eter    | 1:3                | -                  | -         |
|     |              |                   | 1:4                | 4,890              | 0,01      |
|     |              |                   | 1:5                | 4,774              | 0,001     |
|     |              | Etanol            | 1:3                | -                  | -         |
|     |              |                   | 1:4                | -                  | -         |
|     |              |                   | 1:4                | -                  | -         |
| 2:3 | 4,847        |                   | 10,33              |                    |           |
| 2   | Mawar kering |                   | 1:3                | 4,890              | 16,72     |
|     |              |                   | 2:3                | 4,846              | 20,00     |

Keterangan : data bercetak miring sebagai pembandingan

Tabel 6. Kadar (%) Komponen Kimia Selain Fenil Etil Alkohol Pada “absolut” Bunga Mawar hasil ekstraksi *n*-heksana

| Nama Senyawa                | Waktu Retensi (Menit) | Kadar Komponen Kimia “Absolut” Hasil Ekstraksi <i>n</i> -heksana (% koreksi maksimum) |         |         |
|-----------------------------|-----------------------|---|---------|---------|
|                             |                       | 1:3 b/v   | 1:4 b/v | 1:5 b/v |
| <i>Cis Isoeugenol</i>       | 9,189                 |   |         | 0,09    |
| <i>Cis Isomethyleugenol</i> | 10,06                 |   | 0,03    |         |
| <i>Farnesane</i>            | 11,28                 |   |         | 0,05    |
| <i>Nonadecane</i>           | 12,035                |   |         | 0,07    |
| <i>Hexahydro Farnesol</i>   | 12,108                |   | 0,11    |         |
| <i>Nonadecane</i>           | 20,546                | 0,34  |         |         |
| <i>Heptadecane</i>          | 20,546                |   |         | 0,13    |
| <i>Eicosane</i>             | 21,983                |   |         | 0,11    |
|                             | 22,463                |   |         | 0,18    |
|                             | 22,477                | 0,25  |         |         |
| <i>Heneicosane</i>          | 23,857                | 0,47  |         |         |
| <i>Hexahydro Farnesol</i>   | 24,264                |   |         | 1,02    |
| <i>Heneicosane</i>          | 24,307                | 12,08   |         |         |
|                             | 24,322                |   | 17,14   |         |
| <i>Docosane</i>             | 26,064                |   |         | 1,07    |
| <i>Heneicosane</i>          | 27,793                | 28,04   |         |         |
| <i>Tricosane</i>            | 27,822                |   | 34,07   |         |
| <i>Tetracosane</i>          | 29,405                | 3,35  |         |         |
| <i>Pentacosane</i>          | 30,872                | 7,19  |         |         |
| <i>Heneicosane</i>          | 31,002                | 46,82   |         |         |
| <i>Hexacosane</i>           | 32,498                | 4,70  |         |         |
|                             | 32,513                |   | 5,79    |         |
| <i>Octacosane</i>           | 33,936                | 20,51   |         |         |
|                             | 36,724                | 49,60   |         |         |
|                             | 39,745                | 22,03   |         |         |

Tabel 7. Kadar (%) Komponen Kimia Selain Fenil Etil Alkohol Pada “Absolut” Bunga Mawar Hasil Ekstraksi Petroleum Eter

| Nama Senyawa       | Waktu Retensi (Menit) | Kadar Komponen Kimia “Absolut” Hasil Ekstraksi Petroleum eter |         |         |
|--------------------|-----------------------|---|---------|---------|
|                    |                       | (% koreksi maksimum)  |         |         |
|                    |                       | 1:3 b/v   | 1:4 b/v | 1:5 b/v |
| <i>Heptadecane</i> | 20,546                | 0,04  |         |         |
| <i>Eicosane</i>    | 22,463                |   | 0,03    |         |
| <i>Heneicosane</i> | 24,322                |   | 1,78    |         |
|                    | 24,336                | 1,83  |         | 2,21    |
|                    | 26,079                |   | 0,15    |         |
| <i>Docosane</i>    | 26,079                |   |         | 0,24    |
| <i>Tricosane</i>   | 27,764                |   | 0,94    |         |
| <i>Tetracosane</i> | 27,793                | 4,14  |         |         |
| <i>Heneicosane</i> | 27,822                |   |         | 5,70    |
| <i>Tetracosane</i> | 29,405                |   | 0,55    | 0,88    |
| <i>Pentacosane</i> | 30,886                |   |         | 1,71    |
|                    | 31,031                |   |         | 9,84    |
| <i>Heneicosane</i> | 31,046                | 6,81  |         |         |
| <i>Octacosane</i>  | 32,498                |   |         | 0,76    |
|                    | 33,965                |   | 3,17    |         |
|                    | 33,979                |   |         | 0,06    |
|                    | 35,374                |   |         | 1,59    |
|                    | 35,739                |   |         | 1,28    |
| <i>Nonacosane</i>  | 36,739                | 0,13  | 8,09    |         |
| <i>Octacosane</i>  | 39,760                | 0,23  | 3,29    | 5,08    |

Tabel 8. Kadar (%) Komponen Kimia Selain Fenil Etil Alkohol Pada “absolut” Bunga Mawar Hasil Ekstraksi Etanol

| Nama Senyawa             | Waktu Retensi (Menit) | Kadar Komponen Kimia “Absolut” Hasil Ekstraksi Etanol |         |         |              |         |         |
|--------------------------|-----------------------|---|---------|---------|--------------|---------|---------|
|                          |                       | (% Koreksi Maksimum)                                  |         |         |              |         |         |
|                          |                       | Mawar Segar   |         |         | Mawar Kering |         |         |
|                          |                       | 1:3 b/v   | 1:4 b/v | 1:5 b/v | 2:3 b/v      | 1:3 b/v | 2:3 b/v |
| <i>Eugenol</i>           | 9,16                  | -   | -       | -       | -            | 1,09    |         |
| <i>Octadecenoic Acid</i> | 25,451                | -   | -       | -       | -            | -       | 1,09    |

Menurut Nedkov *et al.* (2009), profil kromatografi yang menunjukkan adanya unsur *stearoptene* yang signifikan berupa komponen alifatik hidrokarbon yaitu *tetracosane*, *nonadecane*, *heneicosane*, *eicosane*, *hexacosane*, *heneicosane*, *tetracosane*, *pentacosane*, *nonadecane*, *docosane*, *octacosane* dan *docosane*.

Komponen alifatik tersebut berupa cairan padat (lilin) pada minyak mawar yang menghasilkan tidak berbau yang berguna untuk parfum. Hidrokarbon alifatik dengan jumlah atom C ganjil yaitu jumlah atom C17 (*heptadecane*), C19 (*nonadecane*), C21 (*heneicosane*), C23 (*tricosane*), C25

(*pentacosane*) dan C27 (*heptacosane*) adalah komponen utamanya.

Komponen kimia utama mawar lain yang terdeteksi yaitu : *cis* eugenol (0,09%) dan *cis* isometil eugenol (0,03%) yang merupakan *benzenoic compound* dan *hexahydro farnesol* (1,02%) merupakan seskuiterpen ester dan *farnesane* (0,05%) merupakan seskuiterpen alifatik. Selain fenil etil alkohol, senyawa eugenol dan farnesol merupakan komponen kimia utama minyak mawar sebanyak 2% dan 0,5% (Vankar, 2003). Menurut Ketaren (1985), senyawa metil eugenol dan eugenol pada minyak atsiri bunga mawar sebesar 1-2 % dan 1%. Eugenol merupakan senyawa yang memiliki aroma kuat dan hangat (seperti bau cengkeh) sehingga kandungannya kecil pada minyak mawar sedangkan farnesol dan *farnesane* adalah ester seskuiterpen yang memiliki aroma bunga dan rumput (aroma bunga hamomile dan lavender).

#### (1) Hasil Ekstraksi Bunga Menggunakan Pelarut Etanol

Sebagai data pembandingan, pada ekstraksi bunga mawar kering 1:3 b/v,

Berdasarkan hasil penelitian komponen kimia lain selain fenil etil alkohol terdeteksi pada hasil ekstraksi bunga mawar kering, hal ini disebabkan pada bunga mawar kering kadar air yang dimiliki bunga sangat sedikit sehingga etanol yang bersifat larut dalam air dapat menarik senyawa kimia minyak lebih banyak karena tidak terhalangi komponen air dalam sel bunga. "Absolut" hasil ekstraksi pelarut etanol yang berwarna merah (zat warna antosianin) dan berbau manis seperti tetes tebu (adanya gula) yang menyebabkan tidak sesuai dengan standar minyak mawar komersial yang berwarna kuning jernih dan berbau khas mawar menyengat.

### KESIMPULAN

Pelarut *n*-heksana 1:5 b/v adalah pelarut yang tepat untuk mengekstraksi bunga mawar dengan kadar rendemen "concrete" dan "absolut" tertinggi untuk pembuatan parfum sebesar 0,85 % dan 0,07%. Komponen kimia utama minyak

komponen kimia lain yang terdeteksi adalah eugenol 1,09% dan *octadenoic acid* 0,29%. Data hasil pengukuran kadar komponen kimia selain fenil etil alkohol dapat dilihat pada Tabel 8. Eugenol berupa *benzenoic compound* dan *octadenoic acid* berupa ester alifatik. Komponen lain yang terekstrak pada hasil ekstraksi etanol tidak menghasilkan komponen hidrokarbon karena pelarut etanol tidak dapat mengekstrak senyawa hidrokarbon alifatik berantai panjang seperti *octadecane*, *heneicosane*, *icosane* dan lain-lain yang bersifat non polar dan memiliki gugus *hydrofobic*. Eugenol merupakan senyawa yang memiliki aroma kuat dan hangat (seperti bau cengkeh) sehingga kandungannya kecil pada minyak mawar sedangkan *octadenoic acid* adalah ester alifatik berbentuk senyawa lilin yang memiliki aroma lembut. Ekstraksi bunga mawar menggunakan etanol dapat melarutkan senyawa zat warna bunga yaitu antosianin dan senyawa lain lemak, zat lilin, lemak, asam lemak, karbohidrat dan protein karena memiliki kepolaran yang tinggi (Guenther, 2006).

atsiri bunga mawar yang terdeteksi oleh KGSM adalah fenil etil alkohol dengan kadar fenil etil alkohol tertinggi terdapat pada "absolut" hasil ekstraksi *n*-heksana 1:4 b/v sebanyak 6,53%.

Jumlah sampel bunga mawar perlu ditambah untuk meningkatkan jumlah rendemen hasil minyak atsiri mawar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amiarsi, D., Yulianingsih., dan S.D, Sabari. 2006. Pengaruh Jenis dan Perbandingan Pelarut terhadap Hasil Ekstraksi Minyak Atsiri Mawar. *J.Hort.*16 (4):356-359.
- Bambang,. I, T.A. 2010. *Peningkatan Mutu Minyak Nilam dengan Ekstraksi dan Destilasi Pada Berbagai Komposisi Pelarut*. Tesis. Magister Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Damayanti, A dan I. A, Fitriana. 2012. *Pemungutan Minyak Atsiri Mawar*

- (*Rose Oil*) dengan Metode Maserasi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. ISSN 2303-0623.
- Guenther, E. 2006. *Minyak Atsiri* (Terjemahan). Jilid ke -1. S. Ketaren, penerjemah. Penerbit UI-PRESS. Jakarta.
- Harborne, J.B.2006. *Metode Fitokimia*. Terbitan kedua. ITB. Bandung.
- Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta : Balai Pustaka.
- Koksal, N., Saribas, R., Kafkas, E., Aslanca, H. And Sadighazali, S. 2015. *Determination Of Volatile Compounds Of The First Rose Oil And The First Rose Water By HS-SPME/GC/MS Technique<sup>1</sup>*. Department of Horticulture and Department of Biotechnology. Faculty of Agriculture. University of Cukurova. Turkey. (<https://www.researchgate.net/publication/282291543>)
- Komala, O., Rosyanti, R., dan Muztabadihardja. 2013. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Ekstrak Air Kelopak Bunga Rosella Terhadap Bakteri *Streptococcus Pneumoniae*. *Berita biologi* 12(1) April 2013.
- Naquvi, K.J., Ansari, S.H., Ali, M., and Najmi, A.K. 2014. Volatile oil composition of *Rosa damascena* Mill (Rosaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemist*. Department of Pharmacology. Faculty of Pharmacy. Jamia Hamdard, New Delhi, India.
- Nedqov, N., Dobreva, A., Koncheva, N., Bardarov, V., and Velcheva, A. 2009. Bulgarian Rose Oil of White Oil-Bearing Rose. *Bulgarian journal of Agricultural Science*, 15 (No. 4) 2009,318-322 Agricultural Academy.
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. *SNI 06-3949-1995 :Minyak kenanga, Mutu dan cara uji*. Jakarta.
- Tukiran ., Suyatno., dan Hidayati, N. 2014. *Skrining Fitokimia Pada Beberapa Ekstrak Tumbuhan Bugenvil, Bunga Sepatu, dan Daun Ungu*. Prosiding Seminar. Universitas Negeri Surabaya.
- Vankar, S.P. *Adulteration in Rose Oil. Natural product radiance Vol 2(4) July-August 2003*.
- Younis, A., Aslam, M., Ali, A., Riaz, A. And Pervez, M. 2007. *Effect Different Extraction Methods on Yield and Quality of Esssential Oil from Four Rosa Species*.Original Research Paper. University of agriculture, Faisalabad, Pakistan.

## PETUNJUK BAGI CALON PENULIS

1. Umum
  - a) Penulis artikel ilmiah adalah siapa saja yang berlatar belakang, berkecimpung atau berminat dalam bidang Biologi dan kimia
  - b) Tanggung jawab atas isi tulisan yang dimuat tetap berada pada penulis
  - c) Tulisan belum pernah diterbitkan di Jurnal Ilmiah lainnya
2. Penampilan
  - a). Dianjurkan artikel kurang lebih antara 10-13 halaman cetak 1 spasi,
  - b). Artikel dengan format : *font* (huruf) *Times New Roman* (*12 pt-bold* untuk judul utama, *11 pt-bold* untuk sub judul, *9 pt-normal* untuk isi abstrak dan *foot note*, *11 pt-bold* untuk setiap judul bab dan *11 pt-normal* untuk isi tulisan)
  - c). Judul utama dan judul bab semua menggunakan huruf besar (*capital letter*).
3. Gaya Penulisan
  - a) Menerima artikel ilmiah berbahasa Indonesia maupun berbahasa Inggris
  - b). Judul artikel tidak boleh lebih dari 12 kata dalam tulisan berbahasa Indonesia, atau 10 kata tulisan berbahasa Inggris
  - c). Nama-nama penulis tanpa gelar atau jabatan dan kepangkatan yang disandanginya, dengan mencantumkan alamat lembaga tempat kegiatan penelitian, serta alamat korespondensi kalau berbeda dengan lembaga tersebut berikut alamat e-mail kalau ada, langsung di bawah nama penulis
  - d). Artikel harus disertai satu paragraf abstrak berbahasa Indonesia dan bahasa Inggris (berkisar 75-250 kata) lengkap disertai nama pengarang dan judul artikel, abstrak ditutup dengan *keywords* yang terdiri dari 5 kata kunci menyangkut naskah yang ditulis.
  - e). Naskah harus lengkap dengan : Judul, Nama Penulis, Afiliasi, Abstrak, Pendahuluan, Bahan dan Metode ( dalam bahan dan metode penelitian ini dikemukakan bahan-bahan yang digunakan serta prosedur penelitian untuk menguji hipotesis secara empiris), Hasil dan Pembahasan (dalam hal ini dikemukakan hasil penelitian termasuk pengujian hipotesis serta dibahas mengapa hal itu terjadi dengan membandingkan antara hasil faktual dengan teori yang ada), Kesimpulan dan saran (dalam hal ini dikemukakan intisari hasil penelitian serta saran yang dapat dikemukakan baik secara praktis maupun guna laksana) dan Daftar Pustaka (meliputi : nama pengarang, tahun penerbitan, judul buku/jurnal lengkap, Nama publikasi/penerbit, nomor publikasi, dan halaman (untuk jurnal), Daftar pustaka disusun berurut berdasarkan abjad sesuai dengan nama belakang pengarang.
4. Substansi (Isi artikel)
  - a). Artikel berupa :

Laporan hasil penelitian ilmiah (antara lain: survey, studi kasus, percobaan/eksperimen) atau hasil kajian teoritis yang ditujukan untuk memajukan teori yang ada atau mengadaptasi teori pada suatu keadaan setempat, dan atau hasil penelaahan teori dengan tujuan mengulas dan menyintesis teori-teori yang ada
  - b). Seyogyanya ada ketuntasan penggarapan (tidak hanya mengulang penelitian sejenis sebelumnya, tidak memermutasikan metodologi dan obyek, tidak memecah suatu satu persoalan penelitian dalam serangkaian tulisan).
  - c). Tidak menerima artikel yang hanya bersifat ulasan (review).
  - d). Tidak ada plagiarisme antara lain adalah menyalin hasil kerja orang lain tanpa menuliskan sumber, termasuk karya yang dipublikasikan dan karya mahasiswa, kalau terbukti ada maka artikel akan ditolak dan penulis akan dimasukkan pada *black list* kami
  - e) Seyogyanya jangan terlalu sering pengarang mengacu pada diri sendiri (*self citation*)
  - f). Seyogyanya sumber acuan primer (artikel dalam berkala ilmiah, disertasi, tesis, dokumen paten, karya-karya ilmiah klasik orisinal) tidak kurang dari 40%
  - g). Seyogyanya pengacuan pada karya ilmiah 10 th terakhir tidak kurang dari 5%.

## 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 7 No. 2, Tahun 2017. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Dr. Rudhy Gustiano, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar, Bogor
2. Prof. Dr. RTM Sutamiharja., M.Ag (Chem)
3. Dr. Padmono, Universitas Nusa Bangsa, Bogor
4. Drs. Agus Taufik, M.Si., Akademi Kimia Analis (AKA), Bogor
5. Prof. Dr. Supriyono Eko Wardoyo., Universitas Nusa Bangsa, Bogor
6. Djadjat Tisnadjaya, Drs., M.Tech, LIPI, Bogor
7. Dr. Ridha Arizal, M.Sc., Universitas Nusa Bangsa, Bogor