

**Analisis Kuantitatif Air *Boiler* di PT. SISIRAU Aceh Tamiang**Surry Alviani<sup>1</sup>, Yulida Amri<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Program Studi Kimia Fakultas Teknik Universitas Samudra  
Jl. Meurandeh, Langsa Aceh 24416, Indonesia\* Corresponding author: [yulidaamri@unsam.ac.id](mailto:yulidaamri@unsam.ac.id)**ABSTRAK**

Analisis kuantitatif air *boiler* yang meliputi pH, TDS, klorida dan alkalinitas telah dilakukan. Pengujian pH dan TDS dilakukan dengan menggunakan indikator universal dan TDS meter. Penentuan kadar klorida dilakukan dengan metode titrasi argentometri menggunakan indikator kalium kromat ( $K_2CrO_4$ ). Alkalinitas yang diuji meliputi p-alkalinitas dan m-alkalinitas menggunakan metode titrasi asam basa. Hasil analisis diperoleh nilai pH, TDS, klorida, p-alkalinitas dan m-alkalinitas berturut-turut 10.5-10.9, 450-800 ppm, 40-115 ppm, 150-350 ppm, 250- 450 ppm. Hasil tersebut sesuai dengan standar mutu air *boiler* yang telah ditetapkan di PMKS PT. SISIRAU.

Kata kunci : air boiler, pH, TDS, klorida, alkalinitas

**PENDAHULUAN**

PMKS PT. Sisirau merupakan salah satu badan usaha swasta yang bergerak dalam bidang usaha pengolahan minyak kelapa sawit (CPO) atau lebih dikenal dengan minyak kelapa sawit. Setiap pabrik memiliki sistem *turbin* sebagai pembangkit tenaga listrik, perebusan buah di *sterilizer* dan pemanasan *crude oil*, air, *kernel* minyak di *strage tank* di lingkungan pabrik yang sering di sebut dengan *boiler* [1].

*Boiler* adalah suatu bejana yang berisi air dimana secara terus menerus air itu diuapkan dan membentuk *steam* dari pemanasan yang berasal dari dapur api. *Steam* adalah uap yang digunakan untuk pembangkit tenaga dan keperluan proses di pabrik kelapa sawit sebagai penggerak utama sistem *turbin*. Karena pentingnya *boiler* bagi suatu pabrik maka *boiler* memerlukan perawatan agar terhindar dari kerak dan korosi [2].

Untuk menghindari terbentuknya kerak dan korosi pada pipa yang akan menurunkan efisiensi boiler maka diperlukan perawatan yang khusus untuk pengolahan air yang akan di uapkan pada *boiler* yang dikenal dengan air *boiler*. Air *boiler* adalah air yang telah mendapatkan atau mengalami pengolahan secara internal dan eksternal untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan garam dan mineral yang ada dalam air sampai memenuhi persyaratan tertentu [3]. Air *boiler*

diambil setiap 2 jam sebanyak 500 ml dan dianalisa dengan parameter mutu seperti pada Tabel 1. Air *boiler* diambil melalui pipa pemanas pada *boiler* yang sedang dipakai untuk proses pengadaan uap. Sampel diambil pada pipa *spool* dengan membuka kran yang berada pada bagian samping *boiler*.

Tabel 1. Standar mutu air *boiler*

Parameter	Nilai Standar
pH	10,5 – 11,5
Kesadahan Total	<i>Trace</i>
TDS	Max 2100 ppm
M-alkalinitas	Max 800 ppm
P-alkalinitas	< 750 ppm
Silika ( $SiO_2$ )	150 ppm
Klorida ( $Cl^-$ )	<200 ppm
Sulfit ( $SO_3^{2-}$ )	20 – 80 ppm
Fosfat ( $PO_4^{3-}$ )	30 – 70 ppm

Dari parameter diatas harus diuji agar air *boiler* yang digunakan memenuhi syarat. Parameter air *boiler* yang diuji pada saat penelitian ini adalah nilai pH, TDS, klorida dan alkalinitas.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air *boiler*, indikator *fenolftalein*, indikator *metil orange*, indikator  $K_2CrO_4$ , larutan  $AgNO_3$  0,028 M 1000 ml, dan larutan  $H_2SO_4$  0,002 N 1000 ml.

### Metode

#### Penentuan pH

Prosedur analisis penentuan pH yaitu mula-mula dimasukkan air *boiler* ke dalam gelas kimia, lalu di celupkan kertas indikator universal lalu dicatat pH yang didapat.

#### Penentuan TDS

Prosedur analisis penentuan TDS yaitu mula-mula dimasukkan air *boiler* ke dalam gelas kimia, kemudian didiamkan hingga air dingin. Lalu dicelukan TDS meter dan dicatat nilai TDS yang didapat.

#### Penentuan Klorida

Prosedur dalam penentuan klorida yaitu mula-mula dimasukkan 25 ml air *boiler* kedalam Erlenmeyer, selanjutnya ditambahkan 1 ml indikator  $K_2CrO_4$  lalu dititrasi dengan larutan  $AgNO_3$  0,028 M samai larutan berubah warna menjadi merah bata dan dicatat volume  $AgNO_3$  untuk menghitung nilai klorida. Adapun rumus untuk menghitung nilai klorida sebagai berikut

$$ppm Cl^- = \frac{M AgNO_3 \times V AgNO_3 \times Ar Cl^- \times 1000}{ml sampel}$$

#### Penentuan P-Alkalinitas

Prosedur dalam penentuan p-alkalinitas yaitu mula-mula dimasukkan 25 ml air *boiler* ke dalam Erlenmeyer selanjutnya ditambahkan 3 tetes indikator *fenolftalein* dan dititrasi dengan larutan  $H_2SO_4$  untuk menghitung total alkalinitas. adapun rumus untuk menghitung nilai alkalinitas sebagai berikut

$$ppm CaCO_3 = \frac{V H_2SO_4 \times N H_2SO_4 \times BE CaCO_3 \times 1000}{ml sampel}$$

#### Penentuan M-Alkalinitas

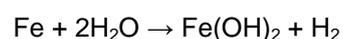
Prosedur dalam penentuan m-alkalinitas yaitu mula-mula dimasukkan 25 ml air *boiler* ke dalam Erlenmeyer selanjutnya ditambahkan 1 ml indikator *metil orange* dan dititrasi dengan larutan  $H_2SO_4$  0,02 N sampai larutan warna menjadi kemerahan dan dicatat volume  $H_2SO_4$  untuk menghitung total alkalinitas sebagai berikut:

$$ppm CaCO_3 = \frac{V H_2SO_4 \times N H_2SO_4 \times BE CaCO_3 \times 1000}{ml sampel}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Air *boiler* adalah air yang telah mendapatkan atau mengalami pengolahan secara internal dan eksternal untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan garam dan mineral yang ada dalam air sampai memenuhi persyaratan tertentu. Perlakuan air jika tidak dilakukan dengan baik maka akan mempercepat terbentuknya kerak pada pipa yang akan menurunkan efisiensi *boiler*. Boiler dapat dikatakan sebagai inti dari salah satu pabrik yaitu sebagai penggerak utama sistem *turbin*[1].

Menurut Hutagaol (2018) kerak pada ketel dapat terjadi karena pengendapan langsung dari zat pengotor pada permukaan perpindahan panas, atau karena pengendapan zat tersuspensi dalam air yang kemudian melekat pada logam dan menjadi keras. Korosi secara sederhana dapat diartikan sebagai perubahan kembali logam menjadi bentuk bijinya. Proses korosi merupakan proses elektro-kimia yang rumit dan kompleks. Di mana korosi dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada permukaan logam. Penyebab utamanya yaitu; pH yang rendah, gas – gas yang terlarut dalam air seperti :  $O_2$ ,  $CO_2$ , garam – garam yang terlarut dan padatan yang tersuspensi dan lain-lain[4]. Kontak antara permukaan dengan air menyebabkan terjadinya reaksi korosi sebagai berikut :



Reaksi di atas pada suatu saat mencapai keadaan kesetimbangan dan korosi tidak akan berlanjut, akan tetapi adanya oksigen yang terlarut dan pH air yang rendah akan mengakibatkan terganggunya kesetimbangan dan reaksi bergeser ke sebelah kanan. Dimana pergeseran korosi menyebabkan berlanjutnya peristiwa korosi pada logam ketel [4].

Pembentukan busa merupakan peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam drum *boiler*. Penyebabnya yaitu adanya kontaminasi oleh zat-zat organik atau zat-zat kimia yang ada dalam air ketel tidak terkontrol dengan baik. Busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap panas dan dapat menyebabkan terbawanya air serta kotoran bersama uap air. Kerugian yang ditimbulkan adalah terjadinya endapan dan korosi pada logam – logam dalam sistem ketel [2].

Kualitas air *boiler* harus selalu diperhatikan, air yang digunakan harus memenuhi standar yang sudah ditetapkan. Ada empat cara untuk mengolah atau memperbaiki mutu air yang akan digunakan pada *boiler* yaitu; pertama penambahan bahan kimia pada air mentah sebelum dimasukkan kedalam *boiler*, kedua melunakkan air mentah dengan mengalirkannya melalui *zeolit base exchanger* [5].

Ketiga penambahan beberapa jenis senyawa kimia kedalam air *boiler* seperti natrium fosfat yang mampu menyebabkan garam kalsiumnya larut, mengendapkan dan ditimbang kemudian dibuang, keempat melakukan dekonsentrasi atau *blow down* dari boiler pada waktu terjadinya pemanasan, dimana tekanan boiler digunakan untuk memaksa air yang mengandung suspensi kotoran keluar dari boiler [5].

### Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH sangat penting untuk dikontrol agar kebocoran pipa tidak terjadi oleh asam dan terbentuk kerak. pH berfungsi untuk menentukan tingkat laju korosi yang terdapat dan berpengaruh terhadap pembentukan kerak dan korosi. Jika pH naik maka alkalinitas akan naik, dan korosi akan berjalan dengan cepat selain itu juga dapat menimbulkan busa sehingga akan menimbulkan *carry over*. Pada pH rendah akan terbentuk kerak [2].

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pH yang didapat pada percobaan air *boiler* masih

memenuhi standar yaitu kisaran 10,5 – 11,5. Dari hasil percobaan yang didapat artinya yaitu standar pH ada PT.Sisirau masih berada dalam standar mutu yang telah ditetapkan oleh PT.Sisirau.

Tabel 2 Data hasil analisis pH pada air *boiler*

Analisa Ke	pH		
	1	2	3
1	10,9	10,9	10,9
2	10,8	10,9	10,9
3	10,7	10,8	10,8
4	10,6	10,7	10,8
5	10,6	10,6	10,8
6	10,7	10,7	10,6
7	10,5	10,8	10,8
8	10,5	10,9	10,8
9	10,6	10,5	10,5
10	10,5	10,8	10,8

### Total Dissolved Solid (TDS)

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa TDS yang didapat berkisar 450 – 800 ppm masih memenuhi standar maksimum dari TDS yaitu 2000 yang telah ditetapkan di PT. Sisirau. TDS merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan kelayakan dari kualitas air tersebut. TDS (*Total Dissolved Solid*) atau total kandungan unsur mineral dalam air. Pada percobaan TDS. menggunakan prinsip *electrical conductivity* yaitu alat yang dicelupkan ke dalam larutan dan secara otomatis akan keluar hasil kadarnya [2].

Tabel 3 Data hasil analisis TDS pada air *boiler*

Analisa Ke	TDS (ppm)		
	1	2	3
1	749	750	714
2	716	709	704
3	693	710	800
4	564	688	738
5	549	691	753
6	478	609	613
7	506	605	681
8	635	668	657
9	598	584	643
10	598	654	725

## Klorida

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa total klorida yang didapat pada analisa ini kisaran 40–115 ppm dimana nilai ini masih sesuai dengan yang ditetapkan oleh PT. Sisirau dengan kadar maksimum klorida < 200 ppm. Apabila kadar klorida melampaui batas yang ditetapkan maka akan terjadi kerak pada pipa – pipa *boiler*. Klorida harus diperhatikan karena pada *softener* ditambahkan injeksi garam untuk menjegah terjadinya kerak pada *boiler*.

Untuk melihat kadar klorida dalam sampel air *boiler* digunakan metode titrasi argentometri. Prinsip dari titrasi argentometri ini sendiri yaitu reaksi pengendapan yang cepat mencapai kesetimbangan dan diperlukan indikator untuk melihat titik akhir titrasi. Dimana Dimana zat yang hendak ditentukan kadarnya diendapkan oleh larutan baku  $\text{AgNO}_3$  dan menggunakan Indikator  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Ketika ion kromat yang kemerah – merahan telah tampak pada saat berlangsungnya titrasi maka hal ini dianggap sebagai titik ahir titrasi[6]. Menurut Nugroho & purwanto (2013) klorida merupakan ion yang terbentuk dari unsur klor yang mendapatkan satu elektron untuk membentuk suatu anion atau ion yang bermuatan negatif ( $\text{Cl}^-$ ). Dimana tingkat toksinitas klorida tergantung pada gugus senyawanya misalnya Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ).

Tabel 4 Data hasil analisis klorida pada air *boiler*

Analisa Ke	Volume $\text{AgNO}_3$ (ml)	Total Klorida (ppm)
1	2,8	111,19
2	1,8	71,47
3	1,2	47,64
4	2	79,41
5	2,6	103,23
6	2,1	83,38
7	2	79,41
8	1,8	71,47
9	2	79,41
10	2,2	87,35

## Alkalinitas

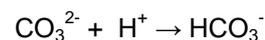
Alkalinitas meruakan kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen.

Alkalinitas juga diartikan sebagai kapasitas penyangga (*buffer capacity*) terhadap perubahan pH perairan. Pembentukan alkalinitas yang utama adalah bikarbonat, karbonat, dan hidroksida [2].

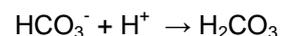
Alkalinitas dihasilkan dari karbondioksida dan air yang dapat melarutkan sedimen batuan karbonat menjadi bikarbonat. Kalsium karbonat bereaksi dengan karbondioksida membentuk kalsium bikarbonat  $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$  yang memiliki daya larut lebih tinggi dibandingkan dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

Alkalinitas dinyatakan sebagai kadar  $\text{CaCO}_3$  dan dapat diukur dengan titrasi volumetri menggunakan larutan standar  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Titrasi dilakukan untuk sampel dengan pH di atas 8,3 dan dilakukan dengan dua kali pengujian yaitu pengujian p-alkalinitas dan m-alkalinitas. P-alkalinitas diukur menggunakan indikator *phenolphthlein* dengan perubahan warna dari merah muda menjadi tidak berwarna saat mencapai titik akhir titrasi (pH 8,3). M-alkalinitas menggunakan indikator *metil orange* dengan perubahan warna dari orange berubah menjadi kemerahan saat mencapai titik akhir titrasi (pH 4,3)

Penyusun alkalinitas terdiri dari ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Alkalinitas dapat ditentukan dengan metode titrasi. Pada titrasi penentuan p-alkalinitas reaksi yang terjadi adalah



Untuk p-alkalinitas terjadi perubahan karbonat menjadi bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) pada pH sekitar 8,3 sehingga perlu dititrasi kembali (menambahkan asam sulfat) untuk penentuan alkalinitas yang berasal dari  $\text{HCO}_3^-$  (m-alkalinitas). Proses titrasi menggunakan indikator *metil orange* dan terjadi perubahan bikarbonat menjadi asam karbonat seperti pada reaksi seperti berikut



Reaksi ini menunjukkan bahwa setiap ion bikarbonat berikatan dengan satu ion hidrogen membentuk asam karbonat seperti pada reaksi di atas [2].

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil analisis p-alkalinitas yaitu berkisaran antara 150-350 ppm

CaCO<sub>3</sub> dimana nilai ini masih memenuhi standar dari nilai yang ditetapkan oleh PMKS PT. Sisirau.

Tabel 5 Data hasil analisis p-alkalinitas pada air boiler

Analisa Ke	Volume H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)			Total P-alkalinitas (ppm)		
	1	2	3	1	2	3
1	6,5	6,5	7,2	260	260	288
2	7,5	7	8	300	280	320
3	6	6,5	8,2	240	260	328
4	5,5	7	7,5	220	280	300
5	5,5	6,8	7,6	220	272	304
6	5,5	6,5	6,5	220	260	260
7	5,7	5,9	6	228	236	240
8	5,5	7	6,5	220	280	260
9	6,7	5,5	5,5	268	220	220
10	4,7	6	6,8	188	240	272

Pada Tabel 6 juga dapat dilihat nilai analisa dari m-alkalinitas yaitu berkisaran antara 250 – 450 ppm CaCO<sub>3</sub> dimana nilai ini juga masih memenuhi standar yang ditetapkan di PMKS PT. Sisirau Aceh Tamiang.

Tabel 6 Data hasil analisis m-alkalinitas pada air boiler

Analisa Ke	Volume H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)			Total M-alkalinitas (ppm)		
	1	2	3	1	2	3
1	8,2	8,2	8,3	328	328	332
2	9,6	8,3	9	384	332	360
3	7,5	7,7	9,9	300	308	396
4	7,8	8	8,5	312	320	340
5	6,5	7,7	8,6	260	308	344
6	7	7,5	7,9	280	300	316
7	8	8,5	8	320	340	320
8	7,9	9,4	9	316	376	360
9	8,5	10,5	8,5	340	420	340
10	9	7,2	8,2	360	288	328

Apabila kadar total alkalinitas melampaui batas yang ditetapkan maka akan mudah terbentuknya kerak atau pengendapan.

## KESIMPULAN

Standar kualitas air boiler pada PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan dimana kadar pH yaitu 10,5-10,9, TDS kisaran 450-800 ppm, klorida kisaran 40-115 ppm, p-alkalinitas kisaran 150-350 ppm, dan m-alkalinitas kisaran 250-450 ppm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang atas dukungannya dalam penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen pembimbing atas dikusinya yang bermanfaat. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat..

## REFERENSI

- [1] Rahmandani, B. 2018. "Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Kebocoran Pada Boiler Kapasitas 57 Ton/Jam 34 Bar". Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ ". 5 (2), hal (21-23).
- [2] Hutagaol, P. 2018. Analisa pH Dan Alkalinitas Pada Air Umpan Boiler dari Pabrik Kelapa Sawit Ajamu, Air Batu dan Pabatu Yang Analisa di PT. Perkebunan Nusantara IV Medan. Universitas Sumatra Utara : Tugas Akhir Tidak Diterbitkan.
- [3] *Standar Operating Procedure (SOP) PMKS PT.Sisirau Aceh Tamiang 2004*
- [4] Pravitasari, Y., Mariana B, M., Novitasari M,M. 2017. "Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung". PRISMA FISIKA ". V(01) hal (09-12).
- [5] Lenny, S. 2018. Analisa Kadar Alkalinitas Pada Air Ketel Uap Dengan Menggunakan Metode Titration Asam Basa Di PT. Perkebunan Nusantara V Kebun Adolina. Universitas Sumatra Utara :Tugas Akhir Tidak Diterbitkan.
- [6] Renata, Y. 2017. Anallisa Kadar Klorida dan Kesadahan Total Pada Air Minum Isi Ulang Dengan Metode Titrimetri. Universitas Sumatra Utara : Tugas Akhir Tidak Diterbitkan.
- [7] Nugroho, W., dan Purwoto, S. 2013. "Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif". Jurnal Teknik WAKTU. " 11 (1) hal (18-20).