

Optimalisasi Acid Cleaning Pada Cell Generator Chlorination Plant Dengan Menggunakan Acuan Tegangan

Ammar Asof

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : ammar_asof@yahoo.co.id

Nurmiati Pasra

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : nurmi.pasra@gmail.com

Gilang Yuri Wibowo

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstrak

Sea water contains a lot of marine life. If the growth is not inhibited marine life, it can be attached to the installation path (biofouling). Later, as a result of this biofouling will reduce the efficiency of installations through which sea water tersebut and will add to the cost of production units. Chemical liquid sodium hypochlorite (NaOCl) produced by chlorination plant breeding serves as a barrier to marine organisms. This fluid is produced in the chlorine generator cell through a process of electrolysis of seawater. In fact, electrolysis of sea water also produce side reactions. Namely the deposition of minerals such as magnesium (Mg) and calcium (Ca). As a result, the cell voltage chlorine generator will increase in the use of the same current. Therefore, it is necessary that the process of cleaning acid cell kembalibersih chlorine generator. Reference implementation of the process of cleaning acid that is based on the operating time and based on the voltage. Commissioning of the data, has been conducted several times a dry acid process based on the operating time of 250 H / $\pm$ 10 days. But the acid cleaning process is inefficient and ineffective. Therefore, the new reference is made in the implementation process of cleaning acid, wherein the voltage value menjadi acuannya. Several advantages, including the total cost of implementing the dry acid in cycle 1 (one) month more efficient, improve the efficiency and effectiveness of cleaning acid and time flexibility in the implementation process of cleaning acid.

Keywords: Biofouling, NaOCl, Cell generator chlorine, cleaning Acid, Running Hours.

1. PENDAHULUAN

Pada proses elektrolisis air laut dalam *cell generator chlorine*, selain memproduksi cairan *Sodium Hypochlorite*, juga menghasilkan reaksi sampingan. Reaksi sampingan ini berupa endapan-endapan mineral seperti Magnesium (Mg) dan Calcium (Ca). Endapan mineral ini mengakibatkan naiknya tegangan *cell generator chlorine* pada pemakaian arus yang sama. Untuk menghindari kerusakan pada *cell generator chlorine* akibat naiknya tegangan, arus yang digunakan untuk memproduksi cairan *sodium hypochlorite* harus diturunkan. Hal ini berakibat pada menurunnya konsentrasi cairan *sodium hypochlorite* sehingga injeksi *chlorine* menjadi tidak optimal. Oleh karenanya, perlu dilakukan

proses *acid cleaning* agar *cell generator Chlorine* kembali bersih.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Chlorination Plant

Chlorination Plant adalah suatu unit/peralatan yang berfungsi untuk memproduksi cairan kimia berupa NaOCl (*sodium hypochlorite*). Proses produksi cairan kimia ini dilakukan dengan metode elektrolisa air laut. Cairan NaOCl akan memabukan atau bersifat desinfektan pada koloni biota laut. Injeksi diperlukan agar koloni biota laut tersebut tidak menempel dan mengendap pada permukaan benda yang dilaluinya atau disebut juga *biofouling*.

a. Proses Pembentukan Endapan

Terjadinya pembentukan *scale* pada *cell* generator *chlorine* melalui beberapa proses reaksi kimia.

b. Proses Kenaikan Tegangan

Performance *Chlorination Plant*, lama-lama akan mengalami penurunan. Bahwa penurunan ini akibat adanya produk sampingan berupa endapan Ca dan Mg dalam senyawa Carbonat (CO_3). Efek dari endapan mineral tersebut adalah naiknya tegangan antar *cell* generator dan panasnya terminal elektroda *cell* generator. Fenomena ini bisa dijelaskan menggunakan persamaan berikut:

$$V = I \cdot R$$

$$P = I^2 \cdot R$$

Dimana:

V = Tegangan terminal elektrodacell generator (Volt)

P = Daya (watt)

I = Arus DC (ampere)

R = Hambatan / resistance (Ohm)

Adanya pengendapan mineral dalam *cell* generator, akan meningkatkan *resistance* dari elektroda (anoda/katoda) *cell* generator. Naiknya R akan diikuti pula dengan naiknya tegangan dan daya. Hal ini dikarenakan hubungan antara R dengan V dan R dengan P berbanding lurus.

Daya adalah daya rugi-rugi material berupa panas yang dipancarkan oleh material tersebut. Semakin tinggi nilai P maka semakin tinggi pula *loss* yang dialami oleh material tersebut dalam bentuk panas. Oleh karena itu, dalam setiap perakitan (*assembly*) suatu perangkat, daya harus bisa diminimalisir serendah mungkin. Untuk kasus *chlorination plant*, karena arus yang digunakan nilainya sama untuk setiap waktu, maka yang berperan dalam meningkatnya daya adalah hambatan, dimana nilainya akan semakin meningkat seiring dengan semakin banyaknya endapan mineral Ca dan Mg.

2.2. Acid Cleaning

Acid Cleaning adalah metode pembersihan *cell* generator *chlorination Plant* dengan menggunakan cairan HCl.

a. Tujuan Proses Acid Cleaning

Tujuan dilakukannya proses *Acid Cleaning* adalah untuk menghilangkan Pengendapan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH}_2)$), pengendapan calcium carbonate (CaCO_3), pengendapan mangan oksida (MgO_2) dan ferit oksida (Fe_2O_3) pada *cell* generator *Chlorination Plant*.

b. Reaksi Acid Cleaning

Dalam kasus-kasus dimana bentuk kalsium karbonat yang menempel pada *cell* generator *Chlorination Plant* tersebut dapat secara periodik dihilangkan dengan mensirkulasikan larutan HCl pada *cell* – *cell* generator *Chlorination Plant*. Sehingga kalsium karbonat dan magnesium karbonat akan terkonversi menjadi garam terlarut.

3. METODE PENELITIAN

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang mana data tersebut didapat dari hasil proses *Acid Cleaning* yang telah dilakukan. Langkah awal dengan melakukan pengkajian terhadap data tersebut, lalu melakukan perhitungan yang sesuai dengan apa yang akan kita teliti, seperti biaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses *acid cleaning*.

3.1. Teknik Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data untuk melakukan beberapa cara yang bertujuan untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan masalah yang dibahas adalah studi literatur dan wawancara.

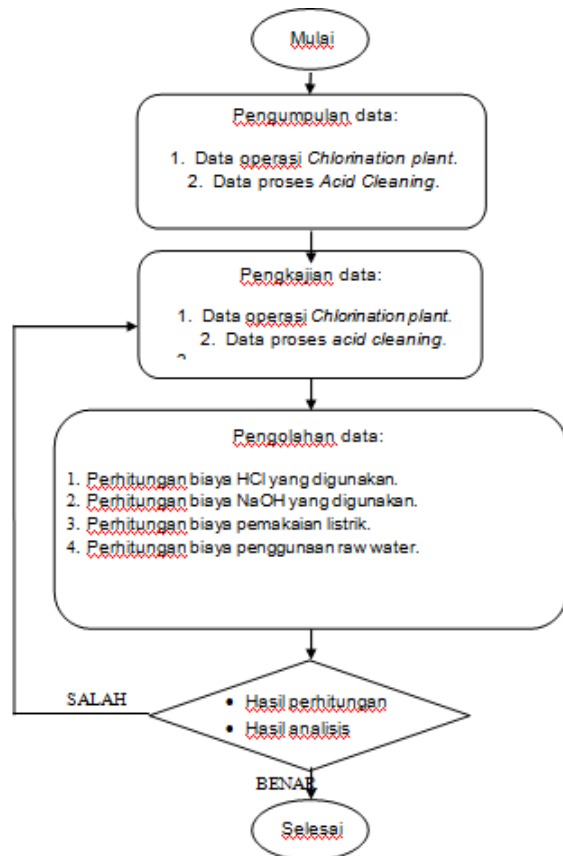
3.2. Kerangka Pemecahan Masalah

Dalam kerangka pemecahan masalah penulis menjelaskan tahap yang harus dilakukan untuk memecahkan suatu masalah yang timbul dalam proses penelitian seperti pada gambar 1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Biaya Produksi Pelaksanaan Acid Cleaning

Perhitungan biaya produksi pelaksanaan *Acid Cleaning* dilakukan untuk satu kali proses *Acid Cleaning*. Yang meliputi biaya HCl, Biaya NaOH, Biaya pemakaian listrik, dan Biaya Raw Water.



Gambar 1. Flow Chart Pemecahan Masalah

a. Perhitungan Biaya HCl

Setiap kali pelaksanaan proses *acid cleaning* dibutuhkan 25 liter HCl.

Harga HCl = Rp. 1.800,- per liter

Maka biaya total pemakaian HCl adalah:

$$\text{Rp. } 1.800 \times 25 = \text{Rp. } 45.000,-$$

b. Perhitungan Biaya NaOH

Setiap kali pelaksanaan proses *acid cleaning* dibutuhkan 10 liter NaOH.

Harga NaOH = Rp. 2.200,- per liter

Maka biaya total pemakaian NaOH adalah:

$$\text{Rp. } 2.200 \times 10 = \text{Rp. } 22.000,-$$

c. Perhitungan Biaya Pemakaian Listrik

Harga listrik 1 kWh = Rp. 640,- (sesuai data Renda niaga)

1). Data HCl pump = 0,75 kW,

Flow : 10 m³/h

Total biaya listrik per jam untuk pompa :

$$\text{HCl} = 0,75 \text{ kW} \times \text{Rp. } 640.000/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 480.000/\text{h}$$

Beroperasi selama 2,5 jam :

$$= \text{Rp. } 480.000/\text{h} \times 2,5 \text{ h} = \text{Rp. } 1.200.000,-$$

2). Data NaOH pump = 0,1875 kW

Flow : 0,1 m³/h

Total biaya listrik per jam untuk pompa

$$\text{NaOH} = 0,1875 \text{ kW} \times \text{Rp. } 640.000/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 120.000/\text{h}$$

Beroperasi selama 30 menit :

$$\text{Rp. } 120.000/\text{h} \times \frac{1}{2} \text{ h} = \text{Rp. } 60.000,-$$

4.2. Perhitungan Biaya Pemakaian Raw Water

Total biaya Raw water, dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu, biaya raw water untuk pengenceran dengan HCl dan biaya raw water untuk pembilasan cell generator chlorine. Berikut penjabarannya :

a. Biaya raw water untuk pengencer HCl

Setiap kali pelaksanaan proses *acid cleaning* dibutuhkan Raw water sebanyak 275 liter untuk dicampur dengan HCl, sesuai standar yang ditentukan oleh laboratorium. Harga produksi Raw water adalah Rp 77/ liter (Rp. 77.000,-/m³). Hal ini sesuai dengan data dari Renda niaga : 275 liter x Rp. 77/ liter = Rp. 21.175,-

b. Biaya Raw water untuk pembilasan cell generator chlorine

1). Pipa 1,5 inch

Pipa 1,5 inch adalah pipa line raw water dari shut off valve hingga sebelum pipa inlet utama:

$$1,5 \text{ inch} = 3,81 \text{ cm}$$

$$= 0,0381 \text{ m}$$

$$\text{Total panjangnya} = 601 \text{ cm}$$

$$= 6,01 \text{ m}$$

$$\text{Vol.}_1 = \text{L alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times 6,01$$

$$= \frac{1}{4} \times 22/7 \times (0,0381)^2 \times 6,01$$

$$= 0,00685 \text{ m}^3$$

2). Pipa 4 inch

Pipa 4 inch adalah pipa line raw water dari inlet utama hingga sebelum header cell generator chlorine.

$$4 \text{ inch} = 10,16 \text{ cm}$$

$$= 0,1016 \text{ m}$$

$$\text{Total panjangnya} = 360 \text{ cm} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Vol.}_2 = \text{L alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times 3,6$$

$$= \frac{1}{4} \times 22/7 \times (0,1016)^2 \times 3,6 = 0,029 \text{ m}^3$$

3). Pipa 3 inch

Pipa 3 inch adalah *line water raw* menuju *headercell* generator *chlorine* dengan jumlah totalnya ada 6 buah.

$$3 \text{ inch} = 7,62 \text{ cm} \\ = 0,0762 \text{ m}$$

Total panjangnya :

$$120 \text{ cm} \times 6 = 720 \text{ cm} \\ = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Vol.}_3 = L \text{ alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times 7,2$$

$$= \frac{1}{4} \times 22/7 \times (0,0762)^2 \times 7,2$$

$$= 0,032 \text{ m}^3$$

4). Pipa 3 inch

Line raw water pipa vertikal menuju *venting / drain headercell* generator *chlorine* ada 2 buah.

Total panjangnya adalah:

$$175 \text{ cm} \times 2 = 350 \text{ cm} \\ = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Vol.} = L \text{ alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times 3,5$$

$$= \frac{1}{4} \times 22/7 \times (0,0762)^2 \times 3,5$$

$$= 0,0159 \text{ m}^3$$

5). Pipa 8 inch

Pipa 8 inch adalah *modul cell* generator *chlorine* ada 9 buah

$$8 \text{ inch} = 20,32 \text{ cm} \\ = 0,2032 \text{ m}$$

Total panjangnya adalah:

$$82 \text{ cm} \times 9 = 738 \text{ cm} \\ = 7,38 \text{ m}$$

$$\text{Vol.}_5 = L \text{ alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times 7,38$$

$$= \frac{1}{4} \times 22/7 \times (0,2032)^2 \times 7,38$$

$$= 0,2394 \text{ m}^3$$

Dengan asumsi lama waktu terpenuhinya semua pipa-pipa dengan *raw water*, hingga keluar air pada *drainase* adalah 1 menit.

Maka Vol. Total =

$$\text{vol.}_1 + \text{vol.}_2 + \text{vol.}_3 + \text{vol.}_4 + \text{vol.}_5$$

$$= 0,00685 + 0,029 + 0,032 + 0,0159 + 0,2394$$

$$= 0,32315 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Total volume selama 30 menit :

$$= 0,32315 \times 30 = 9,6945 \text{ m}^3$$

Jadi total harga *raw water* yang digunakan untuk pembilasan *cell* generator *chlorine* selama 30 menit (sampai *cell chlorine* netral : pH 7- 8) dalam proses *acid cleaning* adalah :

$$9,6945 \text{ m}^3 \times \text{Rp.}77.000 = \text{Rp.} 746.476,-$$

Dari perhitungan diatas, total biaya untuk satu kali pelaksanaan *acid cleaning* adalah :

$$1. \text{ 25 liter HCl} = \text{Rp.} 45.000,-$$

$$2. \text{ 10 liter NaOH} = \text{Rp.} 22.000,-$$

$$3. \text{ Harga listrik untuk sulai pompa HCl selama 2,5 jam} = \text{Rp.} 1.200.000,-$$

$$4. \text{ Harga listrik untuk suplai pompa NaOH selama 30 menit} = \text{Rp.} 60.000,-$$

$$5. \text{ Harga raw water 25 liter untuk pengenceran HCl} = \text{Rp.} 21.175,-$$

$$6. \text{ Harga raw water untuk selama 30 flushing menit} = \text{Rp.} 746.476,-$$

Jadi total biaya seluruhnya :

$$\text{Rp.} 45.000 + \text{Rp.} 22.000 + \text{Rp.} 1.200.000 + \text{Rp.} 60.000 + \text{Rp.} 21.175 + \text{Rp.} 746.476 = \text{Rp.} 2.094.651,-$$

4.3. Analisis proses Acid Cleaning berdasarkan acuan Running hours dan acuan tegangan

Tabel 1 Data Efektivitas Injeksi Chlorine

Data Performance Test Chlorination Blok 5					
No	Parameter	Satuan	Arus (Ampere)	Hasil Uji	Komisioning
1	DC Voltage	Volt	800	80.01	80.01
2		Volt	900	82.01	82.98
3		Volt	1000	85.05	85.02
4		Volt	1100	87.01	87.75
5		Volt	1200	89.01	89.76
6		Volt	1300	91.08	91.01
7		Volt	1400	94.05	94.01
8		Volt	1500	101.55	101.01
9		Volt	1600	104.51	104.56
1	Concentration	Ppm	800	727.65	615.01
2		Ppm	900	1,004.27	1,000.17
3		Ppm	1000	1,005.86	985.25
4		Ppm	1100	1,011.75	1,009.08
5		Ppm	1200	1,552.14	1,082.75
6		Ppm	1300	1,171.50	1,095.01
7		Ppm	1400	1,260.25	1,150.10
8		Ppm	1500	1,356.62	1,195.09
9		Ppm	1600	1,552.14	1,210.12
1	Produksi	kgCl ₂ /h	800	26.74	26.78
2		kgCl ₂ /h	900	29.97	30.35
3		kgCl ₂ /h	1000	29.25	30.15
4		kgCl ₂ /h	1100	30.67	30.85
5		kgCl ₂ /h	1200	31.41	31.45
6		kgCl ₂ /h	1300	31.81	31.91
7		kgCl ₂ /h	1400	32.46	32.45
8		kgCl ₂ /h	1500	33.41	33.46
9		kgCl ₂ /h	1600	34.96	35.35

Tabel 2.Data Acid Cleaningdengan acuanTegangan

No	Tanggal	Volt	Arus (Ampere)	Flow (m ³ /h)
1	09/12/2014	90	900	29.4
2	10/12/2014	81	900	29.1
3	11/12/2014	81	900	29.4
4	12/12/2014	81	900	29.2
5	13/12/2014	82	900	29.9
6	12/12/2014	82	900	29.7
7	13/12/2014	82	900	29.9
8	14/12/2014	82	900	29.8
9	15/12/2014	83	900	29.5
10	16/12/2014	83	900	28.9
11	17/12/2014	83	900	28.8
12	18/12/2014	84	900	28.8
13	19/12/2014	84	900	28.9
14	20/12/2014	84	900	28.9
15	21/12/2014	84	900	29.1
16	22/12/2014	84	900	28.7
17	23/12/2014	85	900	28.8
18	24/12/2014	85	900	28.7
19	25/12/2014	85	900	28.8
20	26/12/2014	86	900	28.8
21	27/12/2014	86	900	28.9
22	28/12/2014	86	900	28.9
23	29/12/2014	86	900	28.7
24	30/12/2014	87	900	28.7
25	31/12/2014	87	900	28.8
26	01/01/2015	87	900	28.7
27	02/01/2015	88	900	28.8
28	03/01/2015	88	900	28.8
29	04/01/2015	89	900	28.8
30	05/01/2015	89	900	28.9
31	06/01/2015	90	900	29.5

→ Pelaksanaan proses acid cleaning dengan acuan kenaikan tegangan

→ Rencana pelaksanaan proses acid cleaning dengan acuan kenaikan tegangan

Keterangan: Warna hijau adalah proses acid cleaning dengan acuan kenaikan tegangan

Dari data dan hasil perhitungan di atas bahwa proses Acid Cleaning menunjukkan bahwa efektifitas injeksi chlorination plant yang optimal dengan arus 900 A dan tegangan 82 Volt sesuai dengan saat komisioning.

Pelaksanaan acid cleaning berdasarkan acuan run hours dinilai kurang efektif, dikarenakan dalam sebulan sudah dilakukan 3 kali proses acid cleaning jika dibandingkan dengan acid cleaning dengan acuan tegangan dalam sebulan hanya dilakukan 1 kali proses acid cleaning yang tentunya biaya yang dikeluarkan lebih hemat.

Berdasarkan running hours membuat waktu pelaksanaan acid cleaning menjadi tidak fleksibel. Hal ini dikarenakan permissive agar dilaksanakan acid cleaning belum release (dibolehkan). Oleh karena itu, tindakan pertama

yang harus dilakukan oleh operator hanya sebatas menurunkan arus agar tegangan antar cell generator turun sehingga cell tidak terbakar. Akan tetapi, penurunan arus berakibat tidak tercukupinya konsentrasi NaOCl yang diproduksi sehingga injeksi cairan chlorine menjadi tidak optimal dan kemungkinan terjadinya biofouling pun semakin tinggi.

Tabel 3.Data Acid CleaningdenganacuanRunning Hours

No	Tanggal	Volt	Arus (Ampere)	Flow (m ³ /h)
1	07/01/2015	83	900	29.7
2	08/01/2015	80	900	29.1
3	09/01/2015	81	900	29.4
4	10/01/2015	81	900	29.2
5	11/01/2015	82	900	29.9
6	12/01/2015	82	900	29.7
7	13/01/2015	83	900	28.8
8	14/01/2015	83	900	29.2
9	15/01/2015	83	900	29.1
10	16/01/2015	83	900	28.7
11	17/01/2015	84	900	28.8
12	18/01/2015	84	900	29.4
13	19/01/2015	81	900	28.9
14	20/01/2015	82	900	29.9
15	21/01/2015	82	900	29.5
16	22/01/2015	82	900	29.7
17	23/01/2015	83	900	29.1
18	24/01/2015	83	900	28.8
19	25/01/2015	83	900	29.2
20	26/01/2015	83	900	28.8
21	27/01/2015	84	900	28.9
22	28/01/2015	84	900	28.9
23	29/01/2015	85	900	28.7

→ Proses acid cleaning dengan acuan running hours (250 h)

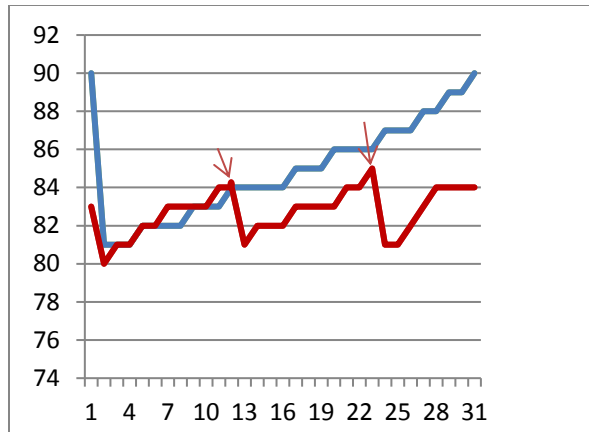
→ Proses acid cleaning dengan acuan running hours (250 h)

→ Proses acid cleaning dengan acuan running hours (250 h)

Keterangan :Warna merah adalah proses acid cleaning dengan acuan running hours (250 h)

Tabel 4. Perbandingan Proses Acid Cleaning Antara Acuan Run Hours dan Acuan Tegangan

	Run Hours (250 jam)	Tegangan
Biaya dalam Sebulan	Rp. 6.283.953,-	Rp. 2.094.651,-
Proses Dalam Sebulan	3 Kali	1 Kali



Gambar 2. Trend perbandingan acuan *Acid Cleaning* berdasarkan *Running Hours* dengan Tegangan

Oleh karena itu, jika kondisi abnormal seperti diatas terjadi lagi, pelaksanaan *acid cleaning* harus mengacu pada naiknya tegangan. Hal ini perlu dilakukan karena selain mengamankan unit *chlorination plant* (menghindari terbakarnya *cell generator*) juga mengoptimalkan injeksi cairan *chlorine* pada instalasi-instalasi yang dilalui air laut. Sehingga mencegah kemungkinan terjadinya *biofouling*, terutama pada area kondensor dan *RO plant*.

Kesimpulan

1. *Acid Cleaning* adalah proses pembersihan kerak – kerak yang terdapat pada *cell Generator* dengan menggunakan air dicampur dengan larutan HCl.
2. Tegangan yang diharapkan setelah dilakukan proses *Acid Cleaning* sebesar 82 Volt.
3. Pelaksanaan 3x *acid cleaning* dalam 1 bulan untuk acuan *running hours* (250 hours atau ± 10 hari) dibandingkan dengan 1x *acid cleaning* dalam 1 bulan untuk acuan tegangan, mempengaruhi tingkat efisiensi pelaksanaan *acid cleaning*. Pada pelaksanaan proses *acid cleaning* berdasarkan acuan tegangan. Hal ini berarti unit pembangkit dalam 1 bulan menghemat biaya sebesar Rp.4.189.302,- .

Daftar Pustaka

Anonim, *Data Sheet Analisa Residual Chlorine*, Laboratorium UP MuaraTawar

Anonim, *Pengoperasian PLTGU*, PT.PLN (Persero) PUSDIKLAT, Jakarta, 2011

Anonim, *Operation And Maintenance Manual Chlorination System MuaraTawar BLOCK 5*, 2009, Switzerland.