

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERUBAHAN ARUS & TEGANGAN PADA NILAI OUTPUT KLOORIN DARI HYPOCHLORINATOR (KF PLATFORM, BLOK KAKAP, LAUT CINA SELATAN)

Diajukan untuk memenuhi syarat guna menyelesaikan program Strata Satu (S1)



Oleh:

Nama : AZHAR FALANI

NIM : 0140312- 005

Peminatan Teknik Tenaga Listrik

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Mercu Buana

Jakarta

2007

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana, pada jurusan teknik Elektro, Universitas Mercu Buana. Judul Tugas Akhir:

PENGARUH PERUBAHAN ARUS & TEGANGAN PADA NILAI OUTPUT KLOORIN DARI HYPOCHLORINATOR (KF PLATFORM, BLOK KAKAP, LAUT CINA SELATAN)

Nama : **Azhar Falani**
NIM : **0140312 – 005**
Peminatan : **Teknik Tenaga Listrik**

Telah Disetujui dan Diterima Oleh :

Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

Ir. Badaruddin

Ir. Yudhi Gunardi, MT.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Budi Yanto Husodo, MSc.

ABSTRAK

Mengingat semakin besarnya ketergantungan manusia akan sumber daya alam seiring dengan meningkatnya angka pertumbuhan umat manusia, maka diperlukan hal-hal baru yang dapat menekan biaya operasional pada suatu industri, dalam hal ini industri minyak dan gas bumi. Selain itu, industri ini juga punya keterkaitan yang erat dengan lingkungan sekitarnya sehingga peralatan yang berhubungan dengan hal tersebut perlu ditinjau keandalan, mutu dan efisiensi kerja alat.

Anjungan minyak dan gas lepas pantai tidak bisa lepas dari peran air laut sebagai sarana penunjang produksi walaupun di sisi lain, air laut juga membawa masalah yang perlu penanganan khusus. Oleh karena itulah, Hypoklorinator diperlukan di setiap anjungan lepas pantai. Karena itu, dalam tugas akhir ini, penulis membahas mengenai bagian utama dari sistem kelistrikan pada Hipoklorinator yaitu sel generator, kontrol panel, power suplai, transformator dan diagram listrik dalam kaitannya dengan proses elektrolisa air laut dimana pada pembahasan dititik beratkan pada efektifitas kerja dari Hipoklorinator.

Disamping itu juga, dipaparkan analisa dari klorin yang dihasilkan dari proses elektrolisa air laut. Pembahasan dari analisa klorin ini selain dalam lingkup kimia lingkungan juga prosedur operasi standard dari alat agar dapat bekerja optimal dan terutama beroperasi dengan tingkat keamanan yang tinggi baik bagi operator maupun untuk peralatan. Berdasarkan hasil percobaan, didapat bahwa kadar klorin yang di hasilkan sangat dipengaruhi tinggi rendahnya arus dan tegangan pada hypoklorinator dan besar flow rate dari air laut.

ABSTRACT

Considering the increasing of human dependency on natural resources, as the rapid increasing of human population, therefore; we need something new that can reduce the operation cost of an industry, in this case is oil and gas industry. Besides, this kind of industry has strong relation to its environment; therefore any equipment/devices which are related to above matter should be reviewed for its validity, quality and work efficiency.

Although sea water brings several problems and needs special care; it goes without saying that an oil and gas platform cannot be separated from the role of sea water as its supporting role for the production. Therefore, a hypochlorinator is needed at every platform. Hence, the writer elaborated on main part of electrical system of hypochlorinator, i.e. generator cell, panel control, power supply, transformer, and electrical diagram in relation to sea water electrolysis process. This paper focused on the hypochlorinator work performance.

Furthermore, this paper also elaborated chlorine analysis that is produced from sea water electrolysis process. The discussion and elaboration on the chlorine analysis emphasized on both environment chemistry and standard operation procedure of the hypochlorinator in order to reach optimum performance especially for high safety operation for both operator and equipment. Base on the observation, I conclude that the amount of chlorine produce is influenced by the increase or decrease value of current and voltage and also the flow rate of sea water.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | i |
| LEMBAR PERNYATAAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GRAFIK..... | x |
| ABSTRAK..... | xi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Pokok Permasalahan..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penulisan..... | 2 |
| 1.4 Pembatasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Metode Penulisan | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Tegangan, arus dan daya pada rangkaian 3 phasa..... | 5 |
| 2.2 Teori Elektrolisa air laut..... | 11 |
| 2.3 Efek dari klorin..... | 12 |
| 2.4 Definisi alat Hipoklorinator..... | 13 |
| 2.4.1 Fungsi dari system..... | 13 |
| 2.4.2 Komponen system..... | 14 |
| 2.5 Peralatan listrik penunjang..... | 16 |
| 2.5.1 Transformator..... | 16 |
| 2.5.2 Power Supply..... | 18 |
| 2.5.3 Temeperatur Switch..... | 18 |
| 2.5.4 Flow Switch..... | 18 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 2.5.5 Relay..... | 18 |
| 2.5.6 Dioda..... | 19 |
| 2.5.7 Transistor..... | 19 |
| 2.6 Pengukuran Produksi Klorin..... | 19 |

BAB III PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 3.1 Deskripsi kerja alat..... | 21 |
| 3.2 Troubleshooting kelistrikan..... | 23 |
| 3.3 Sistem proteksi alat..... | 24 |
| 3.3.1 Flow Switch..... | 24 |
| 3.4 Material penunjang pada alat..... | 26 |
| 3.5 Power Supply..... | 27 |
| 3.5.1 Deskripsi..... | 27 |
| 3.5.2 Operasi..... | 27 |
| 3.6 Kontrol Panel..... | 29 |
| 3.6.1 Deskripsi..... | 29 |
| 3.7 Start Up dan Prosedur Operasi Standard (SOP)..... | 33 |
| 3.7.1 Pemeriksaan Umum..... | 34 |
| 3.7.2 Pemeriksaan Semua Hubungan kelistrikan..... | 35 |
| 3.7.3 Prosedur Start Normal..... | 35 |
| 3.7.4 Operasi Otomatis..... | 37 |
| 3.7.5 Alarm..... | 37 |
| 3.7.6 Operasi Heater..... | 38 |

BAB IV ANALISA HASIL OBSERVASI DAN PEMBAHASAN

| | |
|-------------------------------|----|
| 4.1 Data hasil percobaan..... | 39 |
| 4.2 Pembahasan..... | 41 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 49 |
| 5.2 Saran – saran..... | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 51 |
| DAFTAR LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Tegangan 3 phasa (netral)..... | 5 |
| Gambar 2.2 Tegangan Line – line..... | 6 |
| Gambar 2.3 Hubungan beban hubung Y..... | 7 |
| Gambar 2.4 Arus pada beban hubung Y..... | 8 |
| Gambar 2.5 Hubungan arus dan tegangan hubung Δ | 9 |
| Gambar 2.6 Transformasi dari sel bipolar yang datar ke sel bipolar yang Konsentris (Tabung)..... | 12 |
| Gambar 2.7 Rangkaian dasar hipoklorit generator..... | 15 |
| Gambar 3.1 Susunan sel generator pada unit Hipoklorinator..... | 22 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Keterangan gambar hipoklorit generator..... | 16 |
| Tabel 3.1 Material penunjang pada alat..... | 26 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi umum untuk power supply..... | 28 |
| Tabel 4.1 Data Hasil percobaan tanggal 12 Januari 2007..... | 43 |
| Tabel 4.2 Data Hasil percobaan tanggal 16 Januari 2007..... | 45 |

DAFTAR GRAFIK

| | |
|--|----|
| Grafik 4.1 Hubungan debit air, amper DC dan jumlah klorin..... | 40 |
| Grafik 4.2 Hubungan Klorin dengan arus pada tanggal 16 Januari 2007..... | 46 |
| Grafik 4.3 Hubungan Klorin dengan Tegangan pada tanggal 16 Januari 2007... | 46 |
| Grafik 4.4 Hubungan Klorin dengan Tegangan pada tanggal 12 Januari 2007... | 47 |
| Grafik 4.5 Hubungan Klorin dengan Arus pada tanggal 12 Januari 2007..... | 47 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, sumber daya alam menjadi topik yang hangat untuk umat manusia dikarenakan jumlahnya yang diperkirakan semakin menipis, biaya operasional yang melonjak tinggi, serta meningkatnya permintaan dunia akan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui ini, seiring dengan perkembangan angka pertumbuhan manusia yang pesat.

Oleh sebab itu, segala hal yang mampu mengurangi biaya operasional suatu industri, sangat dibutuhkan. Disamping itu, pendayagunaan alam untuk menunjang hasil yang optimal juga harus tetap di perhatikan. Jangan sampai alam membawa masalah yang tidak dapat kita cari solusinya.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, setiap industri/pabrik mempunyai keterkaitan erat dengan lingkungan sekitarnya, baik sebagai sarana penunjang produksi maupun sebagai sarana pengolahan sisa produksi (limbah). Demikian juga dengan anjungan minyak lepas pantai yang tak bisa lepas dari peran air laut (Salt water). Dengan segala fungsinya sebagai penunjang produksi, air laut di satu sisi juga membawa masalah pada sarana – sarana di anjungan lepas pantai (Offshore). Oleh karena itu, sebuah HIPOKLORINATOR sangat diperlukan pada setiap anjungan lepas pantai.

Klorin terkenal sebagai unsur pengontrol polusi yang efektif. Seperti halnya di industri – industri pengolahan air, limbah, purifikasi air minum, kolam renang dan sebagainya. Akan tetapi, selain membantu, klorin juga membawa akibat

– akibat yang kurang menguntungkan bagi manusia dan peralatan/sistem yang bekerja.

1.2 Pokok Permasalahan

Dengan melihat semakin pesatnya industri minyak dan gas bumi, maka hal itu akan semakin menuntut kehandalan sistem penanganan air laut sebagai penunjang proses produksi dimana diharapkan dapat menekan biaya operasional dan menjaga umur peralatan agar optimal.

Sebagai jalan keluar, maka Hipoklorinator yang ada pada suatu anjungan harus dapat bekerja dengan baik dan dengan mengetahui sistem perawatan yang benar serta pengoperasian dan pengontrolan alat yang baik, maka diharapkan produk dari alat (Klorin) dapat mencapai hasil seperti yang diharapkan serta tetap mengutamakan tingkat keselamatan yang tinggi, baik pada peralatan maupun pada manusianya (Operator). Dengan memahami dengan baik pemecahan masalah kelistrikan pada alat, prinsip kerja serta standar prosedur operasi yang benar, maka kita secara langsung dapat menjaga peralatan dari kerusakan dan meningkatkan efisiensi kerja alat ke tingkat yang sesuai dengan harapan.

1.3 Tujuan Penulisan

Dengan penulisan tugas akhir ini, diharapkan kita akan lebih mengenal suatu sarana penunjang anjungan minyak lepas pantai yang erat kaitannya dengan teknik tenaga listrik yaitu HIPOKLORINATOR, dan juga berhubungan dengan kimia industri terutama industri minyak bumi.

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a) Memberikan gambaran secara deskriptif mengenai HIPOKLORINATOR sebagai penunjang fasilitas produksi anjungan minyak lepas pantai dengan pengolahan air laut (Salt Water) agar tidak merusak peralatan.
- b) Menganalisa kinerja HIPOKLORINATOR agar optimal dan sesuai dengan kebutuhan setempat/tepat guna
- c) Memberikan solusi untuk mengatasi problematika yang ditimbulkan HIPOKLORINATOR.

Dengan adanya pemaparan alat ini disertai data dari lapangan, maka akan kita ketahui parameter – parameter yang ideal dan saling terkait guna mengoptimalkan fungsi dari alat tersebut dan dimasa yang akan datang, biaya – biaya yang ditimbulkan oleh dampak negatif alat ini dapat di minimalkan.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi pembahasan pada diagram kelistrikan alat, sistem proteksi alat serta observasi pada input dan output alat untuk mendapatkan hasil yang efektif sesuai kebutuhan. Sebagai teori tambahan, akan di paparkan sebagian dasar dari kimia industri yang berhubungan dengan Klorin.

1.5 Metode Penulisan

Dalam melaksanakan penulisan, penulis menggunakan metode sebagai berikut:

- a. Mempelajari berbagai literature yang terkait seperti buku-buku, majalah dan brosur-brosur.

- b. Mengumpulkan data tentang Hipoklorinator dan permasalahannya seperti penelitian lapangan, data komisioning, internet dan informasi dari pihak terkait.
- c. Melakukan perhitungan tentang besar produk klorin dalam kaitannya dengan besar arus dan tegangan yang digunakan dalam proses elektrolisa air laut.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang di tulis dalam beberapa bab. Bab 2 memberikan penjelasan tentang pengetahuan umum akan proses elektrolisa pada air laut, efek klorin serta tinjauan umum pada alat Hipoklorinator.

Pada bab 3, memberikan penjelasan secara deskriptif tentang kerja alat, kontrol panel, spesifikasi alat, permasalahan yang sering terjadi serta langkah-langkah dalam penyelesaian masalah tersebut.

Sedangkan bab 4, berisi perhitungan produksi klorin dalam kaitannya dengan besar arus dan tegangan yang digunakan alat disertai dengan data dan grafik hasil percobaan yang di bandingkan dengan data pada awal pemasangan alat ini.

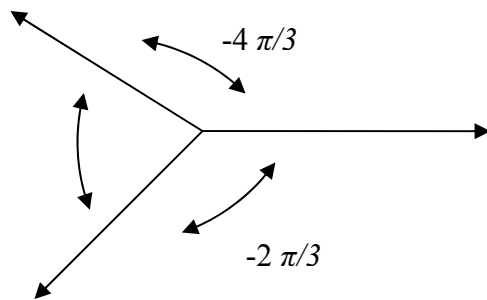
Bab 5 memuat kesimpulan dari tugas akhir ini serta saran-saran yang diperlukan dari penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Tegangan, arus dan daya pada rangkaian 3 phasa

Dalam bab ini juga akan kita bahas hubungan antara tegangan dan arus pada rangkaian tiga phasa. Karena hal ini merupakan dasar dari prinsip kerja alat hipoklorinator dimana naik turunnya arus dan tegangan sangat berpengaruh pada besar kecilnya kadar klorin yang dihasilkan.

Power suplai untuk power konverter kebanyakan berasal dari sumber AC tiga phase ^[1]. Sebuah sumber tiga phase yang seimbang terdiri dari tiga tegangan pada frekuensi utama yang diperlihatkan pada rumus :



Gambar 2.1 Tegangan 3 Phasa (Netral)

$$V_{an} = V_{max} \sin \omega t; \quad V_a = V e^{j0} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V_{bn} = V_{max} \sin (\omega t - 2\pi/3); \quad V_b = V e^{-j 2\pi/3} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$V_{cn} = V_{max} \sin (\omega t - 4\pi/3); \quad V_c = V e^{-j 4\pi/3} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana V_{an}, V_{bn}, V_{cn} adalah besar tegangan masing-masing titik dengan netral.

Tegangan – tegangan ini mempunyai titik netral yang secara umum diasumsikan pada potensial pentanahan. Tapi asumsi ini tidak penting, titik netral bisa ada bisa juga tidak, tegangan line ke line (L – L) adalah:

$$V_{ab} = V_{an} - V_{bn} = \sqrt{3} V_{max} \sin \{\omega t + \pi/6\} = \sqrt{3} V e^{j\pi/6} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$V_{bc} = V_{bn} - V_{cn} = \sqrt{3} V_{max} \sin \{\omega t + \pi/2\} = \sqrt{3} V e^{-j\pi/2} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V_{ca} = V_{cn} - V_{an} = \sqrt{3} V_{max} \sin \{\omega t + 7\pi/6\} = \sqrt{3} V e^{-j7\pi/6} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} masing – masing adalah tegangan antar line (L – L)

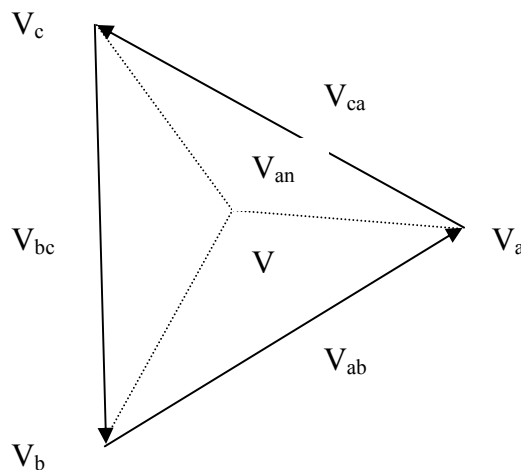
Untuk rangkaian 3 phasa pada rangkaian DC, maka rumus yang digunakan adalah^[2]:

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana: V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)



Gambar 2.2 Tegangan Line - line

Perlu dilihat juga bahwa tegangan line – line phasor terpisah 30° dari tegangan phase. Jika sebuah beban tiga phase yang seimbang dihubungkan pada sumber tiga phase, maka arus pada rangkaian beban dapat dilihat pada rumus:

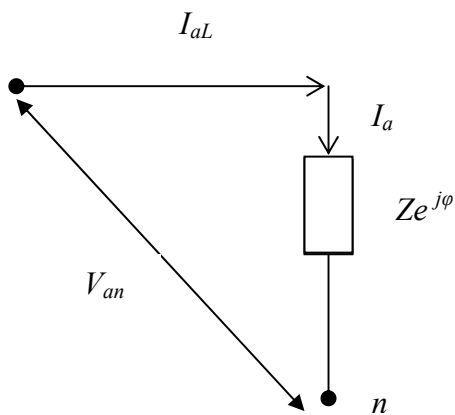
$$I_a = V_{an} / Ze^{j\varphi} = |V/Z| e^{-j\varphi} = Ie^{-j\varphi} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$I_b = V_{bn} / Ze^{j\varphi} = |V/Z| e^{-j2\pi/3 - j\varphi} = Ie^{-2\pi/3 - j\varphi} \dots\dots\dots (2.9)$$

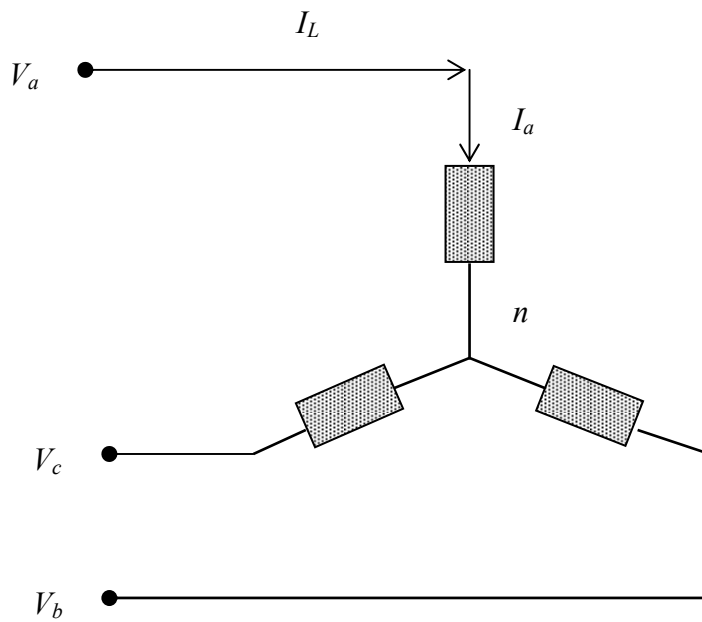
$$I_c = V_{cn} / Ze^{j\varphi} = |V/Z| e^{-j4\pi/3 - j\varphi} = Ie^{-4\pi/3 - j\varphi} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana I_a, I_b, I_c masing – masing adalah besar Arus pada rangkaian 3 phasa

Untuk beban yang terhubung Y:



Gambar 2.3 Hubungan beban hubung Y



Gambar 2.4 Arus pada beban hubung Y

$$I_{ab} = V_{ab} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} V e^{j\pi/6} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} |V/Z| e^{j\pi/6-j\varphi} = \sqrt{3} I e^{j\pi/6-j\varphi} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$I_{bc} = V_{bc} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} V e^{-j\pi/2} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} |V/Z| e^{-j\pi/2-j\varphi} = \sqrt{3} I e^{-j\pi/2-j\varphi} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$I_{ca} = V_{ca} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} V e^{-j7\pi/6} / Ze^{j\varphi} = \sqrt{3} |V/Z| e^{-j7\pi/6-j\varphi} = \sqrt{3} I e^{-j7\pi/6-j\varphi} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} masing – masing adalah besar Arus pada hubung Y

Untuk beban yang terhubung Δ :

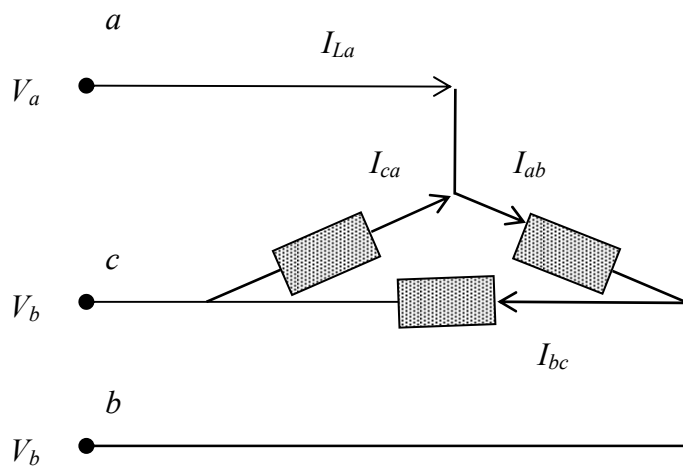
Perlu diingat bahwa untuk rangkaian yang terhubung Y, arus dari line sama dengan arus phase dan tegangan line – line adalah $\sqrt{3}$ kali tegangan phase.

Untuk rangkaian terhubung Δ , tegangan line – line sama dengan tegangan phase beban sementara itu arus line adalah $\sqrt{3}$ kali arus phase.

Daya rata – rata pada rangkaian 3 phase adalah:

$$P = 3VI \cos \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana P adalah besar daya rata-rata pada rangkaian 3 phasa



Gambar 2.5 Hubungan arus dan tegangan hubung Δ

Untuk lebih lengkapnya, mengenai rumus untuk daya 3 phasa ini akan di lihat pada bab ini, karena rumus ini yang akan banyak berhubungan dengan alat Hypoklorinator. Dimana kita juga dapat mengetahui besar arus per phasa yang di lewatkan pada rangkaian kontrol hypoklorinator.

$$P \text{ 3 phasa} = 3 \times P \text{ 1 phasa}$$

$$P \text{ 1 phasa} = V_{L-N} \times I_{L-N} \times \cos \varphi$$

$$V_{L-N} = V_{L-L} / \sqrt{3}$$

$$\text{Maka : } P \text{ 1 phasa} = \frac{V_{L-L} \times I_{L-N} \times \cos \varphi}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana: P = Besar daya 3 Phasa

V_{L-L} = Tegangan L - L

I_{L-N} = Arus L - N

$\cos \varphi$ = Konstanta

Jika rumus tadi di substitusikan, maka akan di dapat:

$$P \text{ 3 phasa} = 3 \times \frac{V_{L-L} \times I_{L-N} \times \cos \varphi}{\sqrt{3}}$$

$$P \text{ 3 phasa} = \frac{\sqrt{3} \times \sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos \varphi}{\sqrt{3}} \times I_{L-N}$$

$$P \text{ 3 phasa} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos \varphi \times I_{L-N}$$

$$I_{L-N} = \frac{P \text{ 3 phasa}}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos \varphi} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana I_{L-N} adalah besar arus pada rangkaian 3 phasa

2.2 Teori Elektrolisa air laut

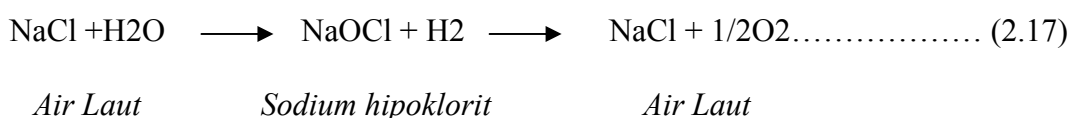
Ketika arus dilewatkan ke sebuah elektrolit, maka elektrolit ini dibagi ke dalam bagian-bagian elemen. 1 gram elektrolit dilepaskan untuk setiap arus yang lewat. Dalam perihal klorin, 35.5 gram dilepaskan untuk 96,500 ampere setiap detik untuk setiap arus. Hal ini menghasilkan 1 pound klorin untuk 343 ampere jam setiap arusnya^[3].

Dalam sel-sel HIPOKLORINATOR, 174 ampere dilewatkan melalui air laut beberapa kali. Hal ini membutuhkan 343 ampere jam untuk menghasilkan 1 pound klorin. 1 pound HIPOKLORINATOR ini dapat menghasilkan 1.16 pounds klorin per jam dikarenakan melewati 4 jalur arus.

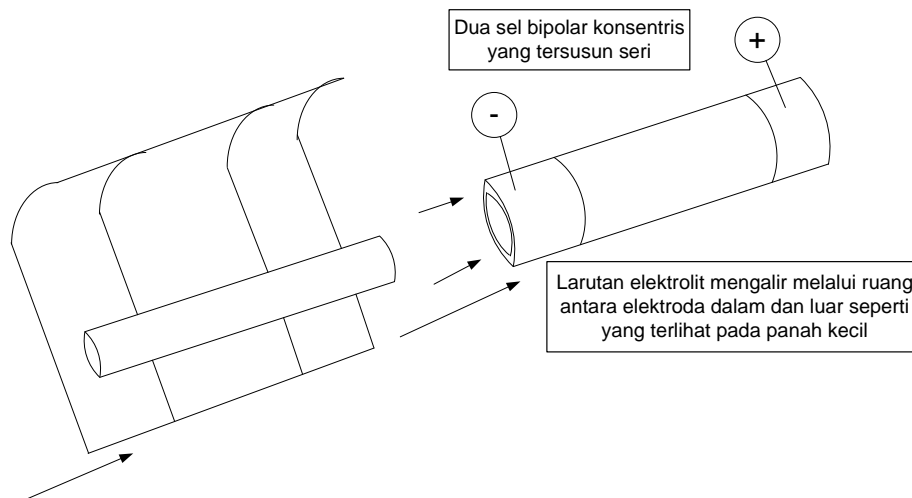
Titanium sebagai bahan anoda disesuaikan dengan tipe operasi ini. Bahan ini secara elektrik dan kimia tidak bereaksi pada tegangan positif 9 Volt atau kurang karena adanya lapisan oksidasi yang tak dapat ditembus.

Unsur klorin dihasilkan pada anoda bersamaan dengan ion katoda yang bereaksi untuk memberikan Sodium hypochlorit (NaOCl) yang merupakan campuran yang stabil dari klorin. Meskipun campuran ini dapat disimpan, akan tetapi tidak dapat bereaksi dalam konsentrasi yang rendah karena di perlukan volume yang besar. Klorin dalam bentuk ini sama efektifnya dengan elemen klorin yang digunakan untuk pengontrolan bakteri dan tumbuhan-tumbuhan laut tanpa masalah dari penanganan dan penyimpanan dari larutan klorin^[3].

Bentuk reaksi utama dari proses klorinasi air laut adalah^{[4][8]}:



Dibawah ini adalah gambaran dari arah alir air laut pada generator sel^[5]:



Gambar 2.6 Transformasi dari sel bipolar yang datar ke sel bipolar yang konsentris (Tabung)

2.3 Efek dari Klorin

Klorin dikenal sebagai toksikan. Akan tetapi jumlah yang diperlukan untuk secara efektif mencegah masalah atau membunuh bakteri kurang begitu diketahui. Sudah ditunjukkan bahwa 1 PPM klorinasi yang berkesinambungan dapat mencegah semua masalah dari tumbuhan/hewan laut. Konsentrasi yang lebih tinggi sampai dengan 10 ppm dapat melumpuhkan semua kotoran dalam waktu yang singkat. Akan tetapi hanya 1.0 ppm dosis konstan yang diperlukan setelah itu untuk menjaga proses operasinya.

Dengan menggunakan klorinasi yang konstan dalam sistem air laut, dapat dibuktikan bahwa residu keluaran klorin dapat membunuh semua organisme dan tumbuhan laut yang berbahaya.

Penggunaan takaran klorin sebesar 5-10 mg/Lt selama 15-60 menit dapat membunuh semua hewan laut dan pertumbuhan tumbuhan laut kecuali beberapa hewan yang dapat menutup cangkang mereka seperti kerang-kerangan. Hewan ini dapat bertahan dalam periode yang lama dan dapat dikontrol lebih efektif dengan

klorinasi yang konstan. Intinya, konstan klorinasi adalah rahasia dalam keamanan dan keefisienan pengontrolan masalah dan bakteri.

2.4 Definisi alat HIPOKLORINATOR

CHLOROPAC adalah produk dari Electrocatalytic, Inc. untuk generator elektrolisis sodium hipoklorit yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolisa dari air garam.

CHLOROPAC adalah suatu sistem dimana larutan/campuran sodium hypochlorit pada konsentrasi yang rendah bisa dihasilkan untuk keperluan klorin yang tertentu. Pada konsentrasi yang rendah, produksi klorine telah terbukti lebih efektif daripada klorin pada konsentrasi yang tinggi dan banyak.

CHLOROPAC juga menyediakan suatu sistem keluaran klorin “on demand” yang mengatasi persyaratan penyimpanan dan bahaya dari akumulasi larutan klorin.

2.4.1 Fungsi dari sistem

Sistem CHLOROPAC pada dasarnya terdiri dari 2 bagian, sel generator dan power supply. Sel generator terbuat dari bahan yang inert dari polyvinyl chloride, campuran kaca polyester dan dengan bagian permukaan sel-nya dari Platinum. Power supply mengubah Tegangan tinggi AC ke tegangan DC yang rendah dengan arus yang tinggi yang dilewatkan melalui Sel-selnya.

Jumlah dari klorin yang dikeluarkan diatur oleh arus yang melewati sel dan dapat diatur dari 10% dari nilai maksimum sampai nilai maksimum output.

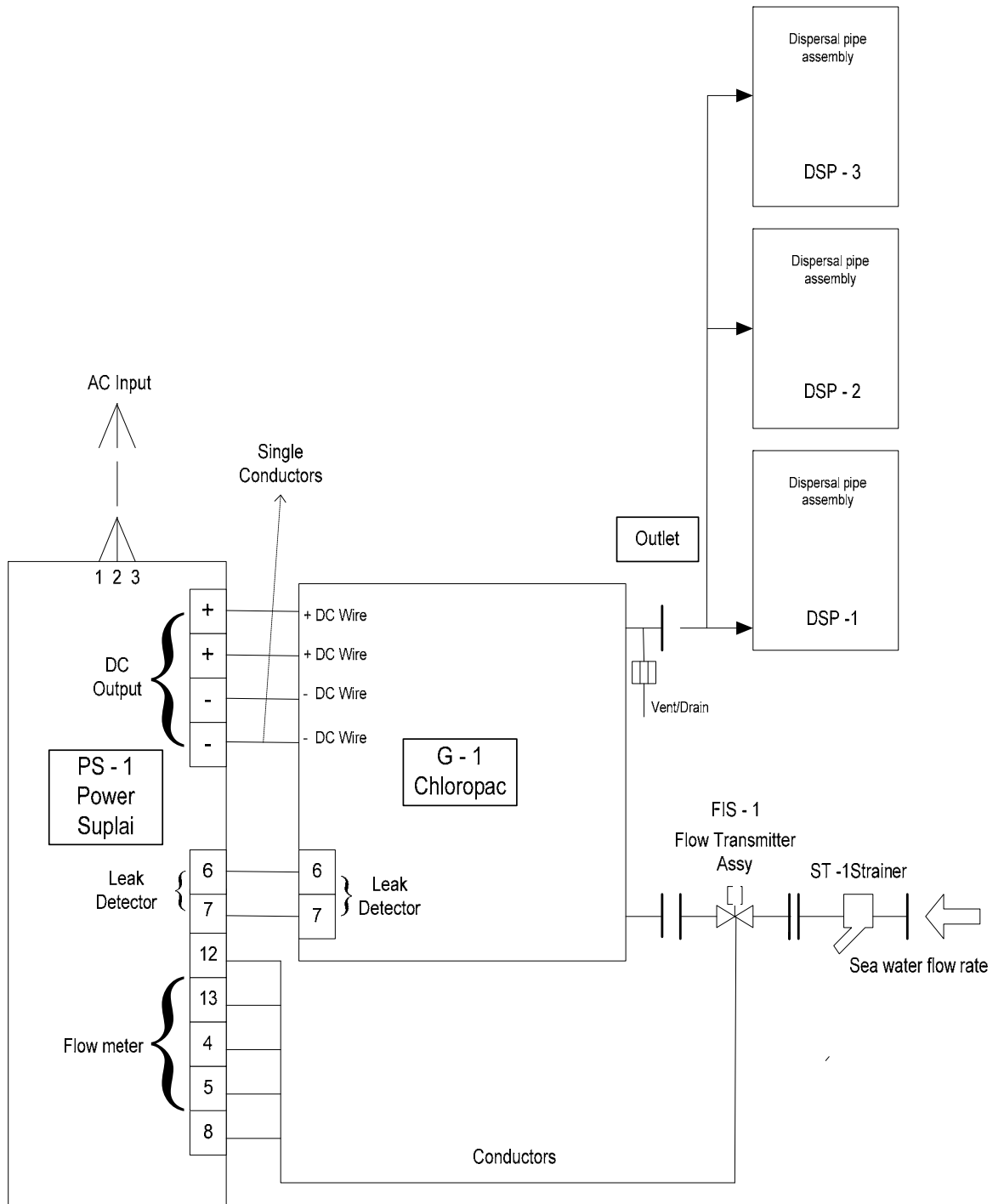
Sel-sel ini di desain untuk bekerja pada tekanan 20 psi – 100 psi dan dapat dikeluarkan ke tekanan atmosfer atau lewat pompa “booster” ke sistem dengan tekanan yang lebih tinggi^[3].

2.4.2 Komponen Sistem

- A. Power Supply. Terdiri dari sebuah penyearah gelombang penuh dengan reaktor jenuh untuk kontrol output. Alat ini normalnya memerlukan 480 V, 60 Hz, 3 phase input dan mengeluarkan output DC pada arus yang cukup sesuai desain dari keluaran klorin. (Parameter input dapat di suplai sesuai dengan kebutuhan oleh spesifikasi dari pemakai/pembeli)

- B. Generator. Terdiri dari sebuah group sel-sel yang setiap sel punya kemampuan untuk keluaran 1 (0.45 kg/hr) pound /hour. Seluruh air laut melewati setiap sel-sel dan bertemu dua set permukaan penghasil listrik di setiap sel sebelum air laut itu dikeluarkan. Sel-sel tersebut mempunyai kabel sehingga masukan dan keluarannya punya tenaga potensial yang sama. Sel-sel itu diatur secara horizontal. Pengaturan – pengaturan yang lain disesuaikan dengan ruang yang tersedia.

- C. Pemasangan inlet dan outlet. Terdiri dari peralatan-peralatan sensing dan perangkat keras lain yang terkait untuk menggabungkan sistem dengan perpipaan yang sudah ada.



Gambar 2.7 Rangkaian dasar Hipoklorit generator

Tabel 2.1 Keterangan Gambar

| Simbol | Jumlah | Deskripsi |
|---------------|---------------|--------------------------------------|
| PS-1 | 1 | Switching power suplay |
| G-1 | 1 | Generator hypochlorite |
| FIS-1 | 1 | Flow transmitter, flange 1 1/2“ CPVC |
| ST-1 | 1 | Strainer, flange 1 1/2” CPVC |
| DSP-1 | 1 | Pipa unit pembagian, Titanium |
| DSP-2 | 1 | Pipa unit pembagian, Titanium |
| DSP-3 | 1 | Pipa unit pembagian, Titanium |

2.5 Peralatan Listrik Penunjang

2.5.1 Transformator

Beberapa persyaratan umum dari trafo pada rangkaian elektronik yaitu:

1. Mempunyai isolasi untuk rangkaian listrik tegangan rendah, tinggi seperti antara rangkaian control, rangkaian power dan rangkaian sensor.
2. Dapat menyesuaikan tegangan keluaran dari converter dengan yang diperlukan oleh beban dengan menggunakan keuntungan dari perbandingan lilitan. Umumnya peralatan untuk rating tegangan dan tegangan sumber AC yang tetap menggunakan transistor.
3. Penggunaan trafo dengan frekuensi tinggi dapat mengurangi ukuran keseluruhan dari konverter.

Hubungan dari trafo yaitu :

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2 \text{ dan } N_1 I_1 = N_2 I_2, \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

V : Tegangan

N : Jumlah lilitan

I : Arus

Dibawah ini dapat kita liha hubungan antara tegangan output dan lilitan^{[6][7]}

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (2.19)$$

Naik turunnya nilai N_1 akan mempengaruhi nilai V_2 (tegangan output trafo)

1 adalah bagian primer sedangkan 2 adalah bagian sekunder dari trafo

Rumus perbandingan tegangan, arus dan jumlah lilitan pada trafo ini sangat erat kaitannya dengan besar kecilnya klorin yang dihasilkan pada Hypoklorinator. Karena dengan mengatur besar arus dan tegangan pada panel, sesuai dengan kadar klorin yang kita perlukan pada kegiatan operasional, maka sesungguhnya, kita mengatur tegangan dan arus keluaran pada trafo dimana secara elektronik, hal itu bekerja karena adanya saturabel reaktor yang mempengaruhi lilitan primer pada trafo.

Dari rumus terlihat bahwa dengan merubah/mempengaruhi salah satu faktor pembanding (N) maka akan berubah juga tegangan dan arus keluaran dari sisi sekunder trafo.

2.5.2 Power suplai

Power suplai yang digunakan disini akan di bahas lebih detail pada bab 3 yaitu bab pembahasan.

2.5.3 Temperatur Switch

Alat ini adalah saklar yang akan bekerja seiring dengan naik turunnya temperature. Ada banyak range dan aplikasinya, tetapi semuanya tetap mempunyai NO, NC ataupun kedua buah jenis kontak itu.

2.5.4 Flow Switch

Alat ini adalah saklar yang bekerja berdasarkan naik turunnya debit aliran yang berhubungan dengan set point. Dalam hal ini, yang di menjadi media adalah debit aliran air laut. Prinsip kerjanya adalah pengukuran perbedaan antara dua tekanan pada bagian khusus dari saklar. Dalam hal ini, saklar bekerja karena adanya perubahan dari perbedaan tekanan yang diukur.

2.5.5 Relay

Relay adalah saklar yang beroperasi secara magnetic dan digunakan pada rangkaian kontrol konvensional dan sangat memegang peranan dalam memanipulasi kerja beban seperti motor dan beban lainnya. Relay juga memudahkan hubungan kontrol yang memerlukan banyak rangkaian terinterkoneksi.

2.5.6 Dioda

Sebuah dioda adalah peralatan semikonduktor dengan dua terminal yang bekerja ideal seperti rangkaian tertutup untuk aliran arus pada ujung yang satu dan rangkaian terbuka pada ujung yang berlawanan. Terminal yang satu terhubung pada material tipe N yang disebut *katoda* dan yang lain pada material tipe P yang disebut *anoda*. Dioda bekerja seperti sebuah saklar. Kondisi ON atau OFF nya ditentukan oleh tegangan yang melewati alat ini. Kondisi ini dikenal dengan nama *bias*.

2.5.7 Transistor

Transistor adalah peralatan semikonduktor yang mempunyai tiga terminal yang dapat digunakan sebagai saklar ataupun tahanan variable. Penamaan pada transistor yaitu P-N-P dan N-P-N transistor. Setiap ujung kaki dari transistor mempunyai nama yaitu *kolektor*, *emitter* dan *base*.

2.6 Pengukuran Produksi Klorin

Klorin merupakan zat kimia yang relatif mudah bereaksi. Begitu larut dalam air dengan jumlah yang cukup akan merusak sebagian besar kuman penyebab penyakit. Ketika organisme rusak, maka klorin juga akan habis bereaksi. Jika klorin yang ditambahkan cukup, maka setelah semua organisme rusak akan terdapat sisa klorin dalam air yang disebut sebagai klorin bebas^[9].

Jika kita memeriksa air dan menemukan masih terdapat klorin bebas yang tersisa, hal itu membuktikan bahwa sebagian besar organisme dalam air yang berbahaya telah tersingkirkan, pengukuran ini disebut *Residu Klorin*.

Pemeriksaan yang tersering adalah uji indikator dpd (dietil parafenilen diamin) dengan menggunakan komparator. Jumlah klorin dapat ditentukan sesuai dengan kepekatan warna hasil tes dengan komparator.

BAB III

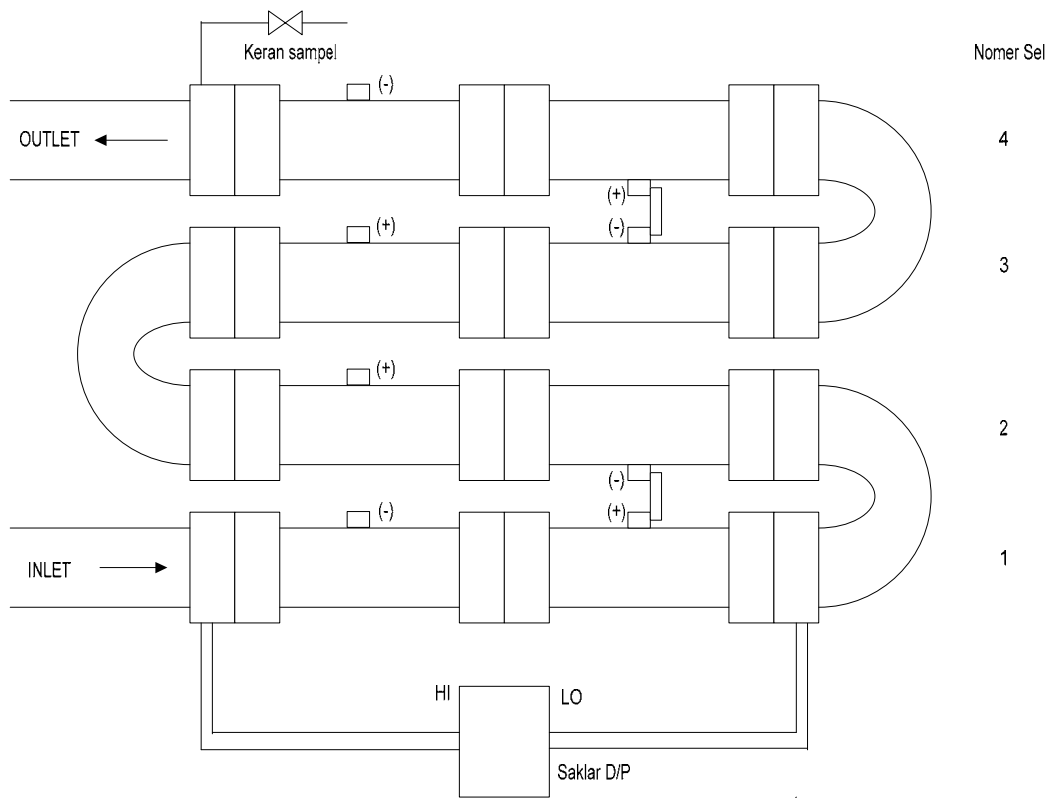
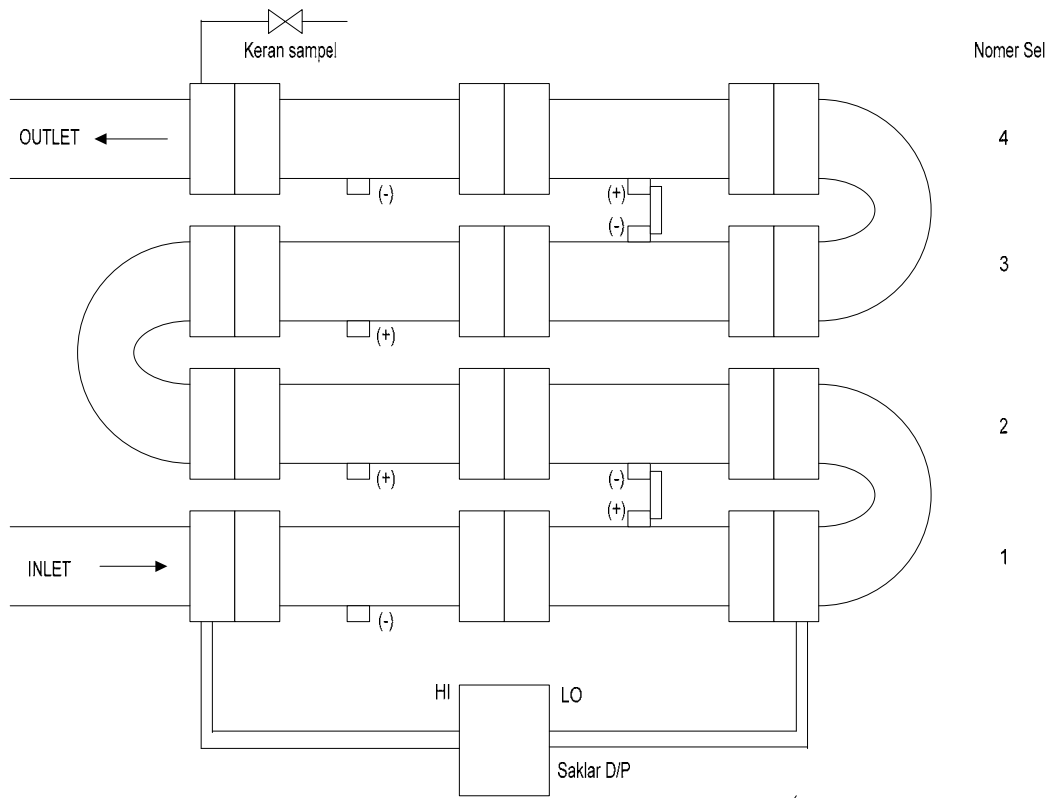
PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Kerja alat

Sistem alat ini terdiri dari 3 bagian komponen utama yaitu power suplai, kontrol panel dan generator. Power suplai mengubah AC ke DC dan generator menggunakan arus DC untuk menghasilkan Sodium Hipochlorit. Jumlah arus yang melewati generator sel akan menentukan jumlah keluaran klorin yang dihasilkan dari sistem

Unsur Klorin dihasilkan pada anoda bersamaan dengan ion katoda yang bereaksi untuk memberikan Sodium hypochlorite (NaOCl) yang merupakan campuran yang stabil dari klorin. Jumlah klorin yang dikeluarkan diatur oleh arus yang melewati sel dan dapat diatur mulai 10% dari nilai minimum sampai nilai maksimum output. Sel-sel ini didesain untuk bekerja pada tekanan 20 psig – 100 psig dan dapat dikeluarkan ke tekanan atmosfer atau dipompa ke sistem dengan tekanan yang lebih tinggi.

Susunan sel generator ini bekerja bergantian dimana jika rangkaian 1 bekerja, maka rangkaian 2 pada posisi stand by. Hal ini diperlukan untuk keperluan perawatan atau penyelesaian masalah untuk meminimalkan downtime peralatan sehingga tidak mengganggu stabilitas proses. Untuk lebih jelasnya, gambaran dari susunan generator sel yang ada pada unit hipoklorinator, dapat kita lihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Susunan sel generator pada unit Hipoklorinator

3.2 Troubleshooting Kelistrikan

Dalam mengatasi masalah kelistrikan, yang terbaik adalah dengan menggunakan diagram listrik yang ada pada lampiran skripsi ini. Seperti terlihat pada diagram, arus masukan AC 3 phase (3ϕ) yaitu L1, L2 dan L3 terhubung ke Sirkuit breaker utama. 3 saturabel reactor (SR1, SR2 dan SR3) yang terhubung dengan 3 jalur arus dari sirkuit breaker melalui kontaktor dan terhubung ke trafo step down utama (T1) pada lilitan primer yang terhubung delta. Lilitan sekunder dari trafo terhubung dengan group rectifier. Setiap rectifier dari rangkaian itu, masing-masing terhubung ke kumparan primer dari trafo yang terpisah. Keluaran arus DC dari rektifier terhubung ke arus keluaran DC dari sirkuit breaker. Keluaran dari sirkuit breaker di hubungkan ke koneksi positif pada generator sel.

Sebuah trafo step down tambahan (T3) digunakan untuk power pada rangkaian sistem control. 20V dan 16V sebagai suplai power untuk Controller DC/rangkaian amplifier sementara itu 120VAC memberikan power untuk kontaktor dan relay control.

Sistem ini menggunakan sebuah kontroler lokal manual yang dapat di atur (P/N 74900) yang dirancang untuk menghasilkan sebuah output linier dari nol ke output keluaran yang maksimum. Keluaran tegangan 16 VAC didapat dari trafo step down ke pin 4 dan 5 dari soket koneksi kontroler. Keluaran tegangan 20 VDC di alirkan ke transistor kontrol (Terminal terdapat dekat heat sink) melalui 15 ampere fuse dan juga ke kontroler 74900 (Pin nomer 1) melalui 1 ampere fuse.

Sinyal keluaran dari kontroler didapat dari pin nomer 8 dari soket koneksi dan dikirimkan ke kontrol / rangkaian transistor. Sinyal keluaran ini akan berubah-ubah sesuai dengan penyetelan manual. Keluaran dari kontrol/transistor didapat dari terminal di atas heat sink dan sinyal ini melewati kumparan kontrol dari tiga

saturabel reactor (SR1, SR2 dan SR3) pada setiap jalur ke transformator (T1). Sinyal tegangan rendah yang berubah-ubah ini melewati saturabel reaktor secara efektif mengontrol keluaran dari transformator (T1). Dengan sedikit atau tidak ada sinyal yang melewati saturabel reactor (SR1, SR2 dan SR3) hanya sebuah keluaran yang kecil yang ada pada transformator sekunder. Sebagaimana sinyal control meningkat, induktansi dari saturabel reactor menurun dan terdapat tegangan pada transformator primer. Untuk itu, keluaran arus DC dari rectifier secara efektif berubah-ubah sesuai dengan penyetelan manual. Arus DC keluaran ini kemudian digunakan pada sel-sel dari generator dan mempengaruhi produksi dari klorin sesuai dengan jumlah arus yang digunakan. Sebuah loop yang konstan, arus yang konstan sesuai dengan mode operasi diatur dan dikontrol oleh rangkaian kontrol 74900.

Jika diperlukan untuk mengganti dioda output atau transistor kontrol, rangkaian heat sink dapat dipindahkan. Pertama lepaskan 9 kabel kecil yang masuk ke blok terminal. Harus di ingat dan hati-hati agar penomeran pada kabel tidak hilang/lepas.

3.3 Sistem proteksi alat

3.3.1. Flow switch

Flow switch (Saklar aliran) berfungsi untuk memutuskan hubungan listrik kontaktor AC jika aliran air yang melewati sel generator berhenti atau berkurang sampai kira-kira 20 USGPM ($4.56 \text{ m}^3/\text{hr}$). Rutin cek untuk saklar ini sebaiknya di lakukan per minggu dan di catat hasilnya pada log book.

Untuk memeriksa saklar ini, Tutuplah keran inlet (upstream) dan perhatikan indikator flow status pada panel. Jika flow switch beroperasi dengan baik, indikator

normal flow akan padam dan indikator merah (low flow) akan hidup. Jika keran tadi di buka lagi, maka indikator normal flow akan menyala kembali.

Jika indikator normal flow gagal merespon, maka selain lampunya yang kemungkinan mati, kemungkinan lain adalah flow switch kemungkinan tersumbat/kotor sehingga harus di bongkar dan di bersihkan.

Saklar ini adalah tipe dari saklar yang bekerja berdasarkan perbedaan tekanan, dengan sisi yang tekanan tinggi terhubung pada saluran inlet dan sisi yang tekanan rendah terhubung pada keluaran dari sel generator.

Saklar ini mempunyai diaphragma yang sensitif yang akan berkarat jika terkontaminasi dengan larutan pada generator. Untuk menghindari hal ini, setiap tube yang terhubung ke saklar mempunyai kolom untuk minyak yang diwarnai untuk kemudahan observasi dan biasanya digunakan minyak yang punya viskositas yang rendah (encer).

Setelan dari saklar ini dapat dirubah sesuai kebutuhan , akan tetapi setelan standard dari pabrik akan menunjukkan aliran yang rendah (low flow) pada 18 – 20 GPM.

Jika saklar gagal bekerja dengan benar, maka dibawah ini adalah beberapa kemungkinan yang dapat terjadi :

- a. Aliran yang tidak mencukupi dari setting point
- b. Hubungan tubing ke saklar tersumbat. Lepaskan tubing dan pastikan tidak ada benda/kotoran yang menyumbat
- c. Kehabisan minyak (seal oil). Minyak harus diisi sampai levelnya terlihat.
- d. Bagian dalam dari saklar berkarat karena kehabisan minyak

- e. Set point berubah. Set point dapat dirubah sendiri dengan obeng. Jika saklar diganti, cek dahulu set point sebelum mengoperasikan unit.

Aliran rendahnya harus bernilai 18 – 20 GPM.

3.4 Material penunjang pada alat

Karena selalu berhubungan dengan medan yang rawan akan karat (Korosi), maka beberapa bagian vital pada alat ini terbuat dari material yang tahan karat.

Material tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Material penunjang pada alat

| Komponen sistem | Material | Spesifikasi |
|-----------------------------|-----------------|--|
| Generating sel | Titanium | ASTM B-338-GR2 |
| Lapisan Sel | Platinum | EI ALLOY No 63545-S PROCESS TO S-53901 |
| Sel centering spider | Titanium | ASTM B-265-GR2 |
| Spacer sel | CPVC | ASTM D-1784-223447B |
| “O” ring | Teflon | ASTM D-3294 |
| Perpipaan dan keran | CPVC | ASTM D-1784-23447B |
| Floater indikator aliran | Niobium | ASTM B-392 |
| Encloser power suplai | Baja | ASTM A-37 & A-527 |
| Frame Modular | Baja | ASTM A-36 |
| Bagian baja yang di cat | | Elcat Spec PP-05-885 |
| Piranti keras yang anti air | Baja stainless | AISI-316 |

3.5 Power suplai

3.5.1 Deskripsi

Power suplai ini terdiri dari sebuah NEMA 4, dengan enclosure yang berisi minyak, sebuah transformer step down utama, penyearah silicon, transistor control dan transformer control stepdown.

Bagian power suplai terdiri dari saturabel reactor, dihubung seri dengan kumparan primer trafo step down. Sistem 3 phase juga mencakup trafo inter phase. Sebuah rangkaian penyearah gelombang penuh ada pada kumparan sekunder dari trafo. Arus DC yang di alirkan oleh penyearah yaitu yang melewati sel dari sirkuit breaker beban.

Power suplai berdiri pada skid dengan kotak control dan generator. Besaran-besaran yang diperlukan yaitu input AC 480 V, 3 phase, 60 Hz, 36 KVA.

3.5.2 Operasi

Ada 3 saturabel reaktor yang terpasang pada enklosur. Setiap reaktor dihubungkan seri dengan trafo step down primer hubung delta yang terpasang pada bagian bawah unit.

Trafo sekunder dan trafo interphase di hubungkan pada 3 phase rangkaian penyearah silikon. Saturabel reaktor akan menghasilkan arus. Jika tegangan kontrol di atur untuk menghasilkan 50 Ampere dengan semua sel terhubung. Faktor ini adalah alasan untuk penyetelan batas arus pada kotak kontrol. Jika suplai melewati lebih dari 400 Amper ketika tegangan kontrol penuh sebesar 12 V melewati kumparan kontrol, breaker beban akan trip karena arus melebihi rating dari breaker.

Sebuah trafo tambahan memberikan suplai stepdown 480 V untuk rangkaian kontrol dan peralatan tambahan standard lainnya yang memerlukan tegangan AC

120 V. Trafo ini juga memberikan tenaga ke rangkaian kontroler dari saturabel reaktor.

Rangkaian penyearah merubah arus tinggi tegangan rendah AC yang keluar dari trafo stepdown utama menjadi arus yang tinggi, keluaran tegangan DC yang rendah diperlukan oleh sel-sel generator.

Sebuah power suplai menyediakan semua komponen yang diperlukan untuk merubah tegangan tinggi, arus AC yang rendah menjadi tegangan rendah dan arus DC yang tinggi untuk sebuah sistem generator.

Tabel 3.2 Spesifikasi umum untuk power suplai

| | |
|--------------------------------------|--|
| Tipe | : DC Power suplai unit |
| AC Input (Line) | : 480 VAC, 3 phase, 60 Hz |
| DC Output Current | : 400 Amps, penyetelan skala penuh |
| Tegangan | : 70 VDC |
| Arus pengaturan | : $\pm 1\%$ |
| Efisiensi | : $\pm 90\%$ pada keluaran maksimum |
| Temperatur | : 50°C, desain ambient temperature |
| Power factor | : 0.89 pada output DC maksimum |
| Range kontrol | : 40 – 400 Ampere |
| Kontrol auto | : 4 – 20 mADC sinyal input akan menghasilkan 10% - 100% perubahan pada arus keluaran |
| Dimensi | : 1016 x 815 x 1359 (belum termasuk peralatan pressure relief) |
| Jumlah oli pendingin yang Diperlukan | : ± 120 US gallons |

3.6 Kontrol panel

3.6.1 Deskripsi

Sebuah kotak kontrol terpasang pada skid dan terdapat kontrol operasi untuk power suplai. Kontrol ini terdiri dari, sebuah AC input sirkuit breaker, DC output sirkuit breaker, kontaktor AC, sebuah kontroler P/N 54400, voltmeter, ammeter, relay kontrol dan lampu pilot.

3.6.2 Komponen utama

- a. AC input sirkuit breaker, tipe FAL, rating 60 Amp 480V, 3 kutub dengan trip koil.
- b. DC output sirkuit breaker, tipe KAL, rating 225 Amp 250VDC, 2 kutub dengan saklar bantu
- c. Kontaktor AC, tipe EG-80 dengan kontak Bantu.
- d. Lampu indikator
 1. Lampu ON untuk lokal power (LT-1) memberi indikasi bahwa power ke rangkaian kontrol sudah menyala (Putih)
 2. Lampu low flow (LT-6) memberi indikasi bahwa aliran air yang melewati Generator tidak cukup/tidak normal (Merah)
 3. Lampu normal flow (LT-5) memberi indikasi aliran air yang melewati Generator ada pada jumlah yang normal
 4. Lampu sistem alarm (LT-7) memberi indikasi sebuah alarm sistem unit (merah)
 5. Lampu heater on (LT-2) memberi indikasi bahwa heater anti kondensasi Internal. Pemanas seharusnya bekerja jika sistem shut down (Putih)
 6. Lampu DC arus lebih (LT-3) memberi indikasi bahwa output DC sirkuit Breaker CB2 telah trip karena arus lebih (Merah)
 7. Lampu DC tegangan lebih (LT-4) memberi indikasi bahwa tegangan

Keluaran yang melewati sel generator telah mencapai $74 \text{ VDC} \pm 2 \text{ VDC}$,
Sebuah nilai yang berlebihan (Merah)

e. Saklar selektor/pushbutton

1. Saklar selektor system (SS-2) adalah OFF/Reset-ON posisi yang digunakan untuk mengisolasi 120VAC tenaga rangkaian control dan mereset alarm tegangan lebih DC
2. Saklar selector untuk arus (SS-1) digunakan untuk memilih apakah keluaran arus DC akan dikontrol secara lokal, potensiometer manual atau remote, sinyal otomatis 4 – 20 mADC.
3. Kontrol arus manual (RH-1), potensiometer 10K yang mengatur arus secara manual dengan penyetelan.
4. Pushbutton START untuk hypoklorinator (PB-2), hijau, memberi tenaga pada unit dan membuat kontaktor AC menutup
5. Pushbutton STOP untuk hypoklorinator (PB-1), merah, membuat kontaktor AC trip/terbuka yang membuat unit berhenti bekerja.
6. Pushbutton untuk mereset alarm (PB-3), hitam, mereset lampu alarm selama kontak alarm sudah kembali ke posisi normal.

f. Kontroler P/N 54400

Kontroler ini sama dengan kontroler P/N 51900, tetapi kontroler ini terletak di pint depan panel. Kontroler ini di desain untuk penggunaan dengan power suplai dengan saturabel reaktor sebagai elemen control tenaga yang utama. Kontroler ini memberikan sinyal tegangan keluaran yang disearahkan dan di aplikasikan pada kumparan

control dari saturabel reaktor pada power suplai untuk mengatur tegangan keluaran dan arus yang menuju ke generator.

Sinyal kontrol input

Sinyal kontrol input ke kontroler bias tegangan atau arus tipe control industri yang sudah dalam bentuk standard 0.5 – 2.5 Volts atau 2 – 10 miliamper. Menaikkan tegangan atau arus dapat menghasilkan kenaikan keluaran.

Impedansi input atau tahanan dari kontroler adalah 250 ohms yang memberikan karakteristik yang diperlukan untuk operasi dasar 0.5 – 10 miliamper. Untuk operasi pada range arus atau tegangan yang lebih tinggi, terminal input dari kontroler harus diberi resistor yang sesuai untuk menambah range operasi dasar. Untuk contoh, sebuah resistor 250 ohm ditambahkan (shunt) dengan terminal input akan menambah range arus menjadi 4 – 20 miliamper, sementara 250 ohm dengan hubung seri dengan terminal input positif, akan menambah range tegangan input menjadi 1- 5 Volt.

Penyetelan lapangan

Kontroler sudah di setel sesuai dengan penyetelan pabrik untuk kondisi operasi normal dan sinyal input (0.5 – 2.5 volt atau 2 – 10 miliamper untuk output 0 – full). Penyetelan lapangan untuk modifikasi atau mereset range ini dapat dilakukan sesuai dengan prosedur berikut. Peralatan yang diperlukan untuk menyetel atau mereset panel control yaitu :

1. Suplai tegangan DC yang dapat disetel melebihi range dari 0 – 3.5 Volt DC dengan pengukuran menggunakan metode yang tepat seperti multimeter digital atau multimeter yang akurat.
2. Voltmeter atau multimeter yang mempunyai sensitifitas yang tinggi (100,000 ohm/volt atau lebih) seperti model triplatt 630 NS.

Batas arus

Fungsi dari batas arus memerlukan operasi dari power suplai yang lengkap sejak dari sinyal input. Untuk menyetel batas arus pada sistem yang lengkap pada mode manual dari operasi adalah:

1. Posisikan saklar selector “Auto/Man” ke posisi manual
2. Setel “Manual” kontrol berlawanan arah dengan jarum jam
3. Setel “Batas Arus” kontrol berlawanan arah dengan jarum jam
4. Nyalakan breaker arus sistem utama
5. Nyalakan semua breaker arus beban, pastikan bahwa aliran air yang cukup telah tersedia
6. Putar kontrol “Manual” searah jarum jam, perhatikan bahwa arus output system masih terbatas pada level yang rendah karena adanya control batas arus.
7. Dengan kontrol “Manual” searah jarum jam, putar kontrol pembatas arus searah jarum jam dengan perlahan. Hentikan putaran ketika level arus maksimum yang diinginkan sudah tercapai
8. Kunci control pembatas arus

9. Pembatas arus sekarang akan berfungsi untuk keduanya yaitu operasi manual dan otomatis.

Harap diperhatikan bahwa control pembatas arus dapat digunakan untuk memberikan arus operasi yang konstan dari sistem dengan mengoperasikan system pada kontrol lokal searah jarum jam dan menggunakan kontrol pembatas arus untuk menyetel arus pada saat operasi.

3.7 Start Up dan Prosedur Operasi Standard (SOP)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan diteliti kembali selama proses start up awal dan pengecekan.

1. Sangat penting bahwa jika setiap point selama akan start up atau pengecekan dimulai, ada lampu alarm yang menyala, kondisi alarm tersebut harus di periksa kembali dan di selesaikan permasalahannya (di reset) sebelum memulai proses/tahap yang lebih lanjut.
2. Jangan melakukan bypass dari alarm apapun atau sistem – sistem yang saling terkait yang dibangun pada unit ini.
3. Jika sirkuit breaker trip/terbuka selama proses start up dan pengecekan, periksa bahwa potensiometer pembatas arus pada unit control telah di turunkan (berlawanan arah jarum jam). Periksa jika ada hubung singkat atau system pengkabelan yang salah.

Sistem hypoklorit generator dari CHLOROPAC terdiri dari 3 komponen: 10 sel generator, sebuah power suplai berpendingin minyak dan sistem kontrol panel. Mereka semua terpasang pada sebuah skid yang berdiri sendiri.

Semua barang yang terdaftar di bawah ini adalah pipa dan kabel yang ada di dalam skid itu sendiri dan tegambar pada gambar referensi.

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| A1-67577 | Pengaturan sistem Chloropac |
| A1-75042 | Diagram pengawatan yang ada pada skid |
| A2-75044 | Unit panel sistem kontrol |
| A1-75040 Sht.1-2 | Diagram skematik sistem kontrol |
| A1-58632 | Unit penyearah trafo |
| A1-59378 | Unit generator 1x10MKI |

3.7.1 Pemeriksaan Umum

Unit hypoklorit generator di desain untuk beroperasi sendiri pada mode manual maupun otomatis. Unit ini tidak rumit untuk di operasikan, tapi seperti peralatan tipe yang lainnya, pengoperasian yang tidak hati-hati dan kurang teliti makan akan membawa dampak kerusakan atau mengurangi umur dari unit ini. Maka dari itu, sangat penting untuk mengikuti prosedur-prosedur di bawah ini dengan seksama setiap waktu.

Perlu diingat juga, jangan mengisi unit dari power suplai dengan minyak sampai seluruh unit sudah diperiksa kembali bahwa sudah tidak ada masalah pada sistem.

Pemeriksaan semua hubungan kelistrikan.

Hubungan baut listrik di setel pada ketahanan 20 psi dan perangkat keras umum yang lain pada 10 psi

Prosedur start normal

A. Periksa posisi dari komponen-komponen di bawah ini yang terletak pada permukaan dari sistem kontrol panel

- | | |
|--|----------|
| 1. Sirkuit breaker utama (CB1) | OFF |
| 2. Sirkuit breaker DC (CB2) | OFF |
| 3. Semua lampu indicator (LT1 – LT7) | OFF |
| 4. Saklar selektor sistem kontrol | OFF |
| 5. Saklar mode control arus (SS1) | Lokal |
| 6. Potensiometer control arus manual (RH-1) | Full CCW |
| 7. Putar potensiometer pembatas arus pada Kontroler 54400 penuh berlawanan arah jarum jam | |

B. Dengan sirkuit breaker CB1 pada posisi OFF, periksa tegangan yang ada pada jalur di samping sirkuit breaker (480 VAC, 3 phasa)

C. Nyalakan sirkuit breaker AC (CB1)

Lampu ON heater akan menyala selama temperatur sekitar di dalam unit tetap di bawah 32°C.

D. Tempatkan saklar selector SS-2 pada posisi ON

1. Lampu ON kontrol power (LT-1) seharusnya sudah menyala
2. Lampu arus lebih DC (LT-3) menyala ON

- 3. Lampu tegangan lebih DC (LT-4) OFF
- 4. Lampu aliran rendah (LT-6) ON
- 5. Lampu aliran normal (LT-5) OFF
- 6. Lampu alarm unit (LT-7) ON

E. Tekan tombol reset (PB-3) untuk mematikan lampu alarm unit

F. Masukkan aliran air laut dengan membuka keran ke skid unit.

- 1. Lampu normal flow ON
- 2. Lampu low flow (LT-6) setelah menekan OFF

Tombol reset PB-3

G. Nyalakan (tutup) sirkuit breaker output DC CB2

- 1. Arus bocor (± 40 ADC) terbaca pada ammeter
- 2. Pembacaan tegangan rendah terlihat pada voltmeter VM
- 3. lampu arus lebih DC (LT-3) OFF
- 4. lampu alarm unit (LT-7) setelah menekan tombol OFF

reset PB-3

Tekan tombol START PB-2 untuk menutup kontaktor AC.

Penekanan pada tombol STOP PB-1 akan mematikan unit.

H. Putar potensiometer kontrol arus, RH-1 searah jarum jam

Perhatian : Seharusnya tidak ada perubahan yang terbaca pada ammeter.

I. Putar dengan pelan-pelan potensiometer pembatas arus yang terletak pada kontroler 54400 searah jarum jam untuk mendapatkan pembacaan 400 amper pada ammeter DC. Pembacaan voltmeter seharusnya berada diantara 50 – 70 VDC tergantung pada konduktivitas air laut tersebut.

J. Sistem kloropac ini sekarang beroperasi pada produksi sodium hypoklorit yang maksimal. Untuk mengontrol jumlah dari NaOCL yang di hasilkan

secara manual, control arus RH-1 harus di gunakan untuk mengalirkan arus DC ke sel-sel elektrolitik.

3.7.4. Operasi otomatis

Prosedur di atas akan berbeda ketika saklar selector untuk mode control arus ditempatkan pada posisi REMOTE. Sinyal otomatis 4-20 mADC yang sudah ada, sekarang mengatur arus DC dari 40 – 400 amper. Span dan NOL dari pengaturan potensiometer terletak pada kontroler 54400

3.7.5. Alarm

Kondisi – kondisi alarm di bawah ini akan memutuskan kontaktor AC dan mematikan unit hypoklorinator :

1. Debit aliran air laut rendah, di deteksi melewati saklar alir FSL-1133
2. Tegangan lebih DC, 74VDC \pm 2V
3. Arus lebih DC

Ketika sebuah alarm muncul, lampu alarm individu akan menyala (ON) dan lampu alarm unit yang berwarna merah juga akan menyala (LT-7).

Ketika masalah dari beberapa alarm telah di atasi, tekan tombol reset PB-3.

Lampu alarm LT-7 tidak akan mati tanpa di reset.

3.7.6. Operasi Heater

Heater anti kondensasi dari unit control panel (125W) hanya beroperasi ketika kontaktor AC pada posisi terbuka (unit rusak/dalam perbaikan). Termostat akan mengatur on/off dari heater dan lampu ON heater (LT-2) menandakan heater menyala

BAB IV

ANALISA HASIL OBSERVASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil percobaan

Pada awal pemasangannya (KF Platform, Kakap field), rangkaian dari hipoklorinator ini sudah di tes/di uji dan berikut adalah hasil dari pengetesan klorin.

200Amperes/18 Volts DC, pada debit aliran 6.36 M3/Hr

Test No 1 : 155 ppm

Test No 2 : 160 ppm

Rata-rata: 157.5 ppm, produksi = $157.5 \times 6.36 \times 10^{-3} = 1.0 \text{ Kg/Hr} = 2.2 \text{ Lb/Hr}$

300Amperes/20.0 Volts DC, pada debit aliran 6.36M3/Hr

Test No 1 : 230 ppm

Test No 2 : 240 ppm

Rata-rata: 235 ppm, produksi = $235 \times 6.36 \times 10^{-3} = 1.49 \text{ Kg/Hr} = 3.28 \text{ Lb/Hr}$

400Amperes/22.0Volts DC, pada debit aliran 6.36M3/Hr

Test No 1 = 310 ppm

Test No 2 = 315 ppm

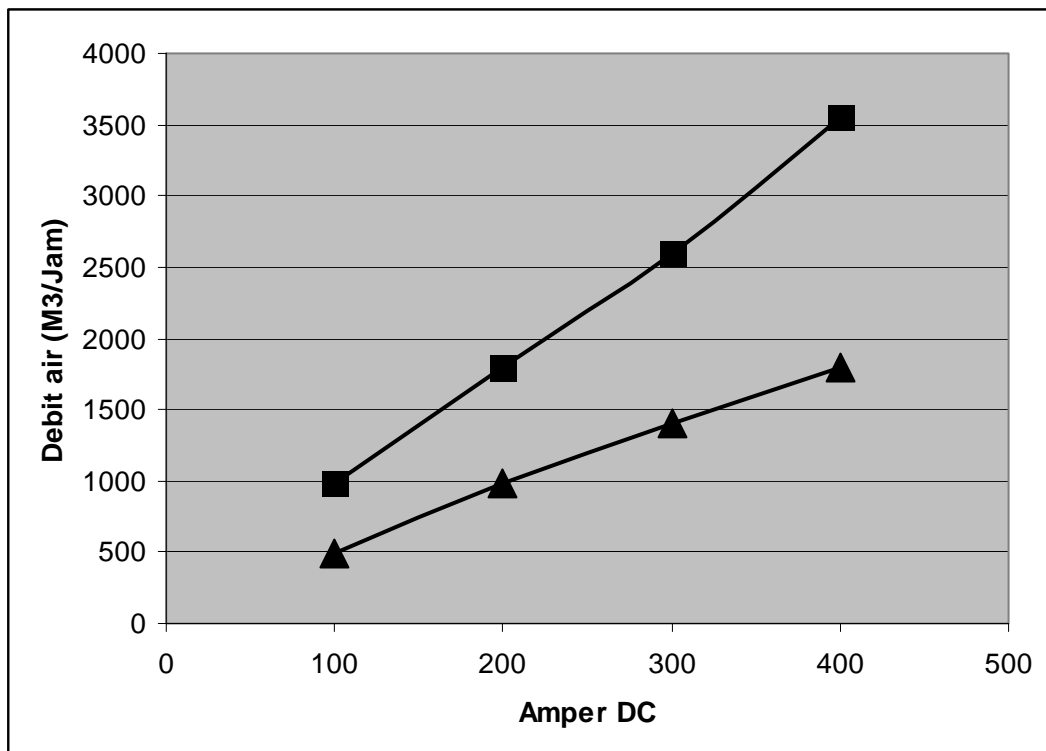
Rata-rata: 312.5 ppm, produksi = $312.5 \times 6.36 \times 10^{-3} = 1.99 \text{ Kg/Hr} = 4.38 \text{ Lb/Hr}$

Dari hasil percobaan juga di dapat bahwa output maksimal untuk 4 sel generator yaitu : 400 Amper/28 Volt DC dan aliran normalnya berkisar 25 – 30 GPM.

Dari data diatas dapat di simpulkan bahwa semakin besar arus yang dikeluarkan hypoklorinator, maka akan semakin besar juga ppm klorin yang dihasilkan.



Untuk data yang lengkap dan grafik, dapat kita lihat pada bab ini.

Di bawah adalah grafik perbandingan antara debit air yang akan di olah untuk menghasilkan klorin dengan amper DC yang di perlukan untuk menghasilkan PPM Klorin yang diinginkan yang di dapat dari hasil percobaan pada awal pemasangan alat hipoklorinator (29 Juni 1993).



Grafik 4.1 Hubungan debit air, Amper DC dan jumlah klorin

Keterangan Grafik:

-  : 0.5 PPM Klorin
-  : 1.0 PPM Klorin

4.2 Pembahasan

Arus nominal yang diperlukan pada alat hypoklorinator dapat di hitung sesuai dengan persamaan 2.16.

$$I_n = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos \varphi}$$

$$I_n = \frac{36 \times 1000}{\sqrt{3} \times 480 \times 0.8}$$

$$I_n = 54.12 \text{ A}$$

Pada pengetesan awal dari Hypoklorinator, dapat dilihat bahwa dengan menaikkan tegangan maka arus juga akan naik, dapat dilihat dari nilai di bawah ini:

1. 200Amperes/18 Volts DC, pada debit aliran 6.36 M3/Hr
2. 300Amperes/20.0 Volts DC, pada debit aliran 6.36M3/Hr
3. 400Amperes/22.0Volts DC, pada debit aliran 6.36M3/Hr

Perbedaan nilai tegangan dan arus dikontrol secara manual dan besarnya tegangan keluaran dari trafo, sesuai dengan persamaan 2.2 (Bab 2)

Disini terlihat bahwa nilai $V = I \times R$, dan nilai R besarnya variabel.

Dengan naiknya tegangan dan arus, maka Klorin yang dihasilkan akan berubah juga. Hal ini terjadi karena besar kecilnya tegangan yang di alirkan ke

bagian Katoda dan Anoda dari sel – sel generator sehingga akan besar juga daya untuk memisahkan ion Na^+ dan Cl^- dimana jumlah ion Cl^- yang dipakai sebagai Klorin dijaga dengan nilai 0.2 ppm – 0.5 ppm dan dianggap optimal untuk operasional.

Pada data percobaan selanjutnya, akan didapat beberapa nilai tegangan, arus dan Klorin pada Hypoklorinator yang diambil pada saat sekarang oleh penyusun.

Berikut adalah data – data yang nilainya tetap pada saat nilai tegangan dan arus mengalami perubahan:

1. Tingkat keasaman dari air laut (Ph) : 7
2. Tekanan inlet air laut ke Hypoklorinator : 52 psi
3. Tekanan air laut dari pompa pendingin : 66 psi

Pompa pendingin (Cooling pump) adalah peralatan yang mendapat suplai klorin pada suction pompa (Tipe Submersible pump), sedangkan klorin diukur pada discharge pompa yang sudah bercampur dengan air laut sesuai rate pompa.

Pada saat ini, Cooling pump adalah satu-satunya peralatan di KF platform yang menggunakan suplai klorin dikarenakan air laut dari cooling pump di distribusikan ke bagian – bagian pendingin untuk proses gas dan pendingin lube oil dari Kompresor gas. Bagian pendingin ini (Cooler) terdiri dari tube – tube yang banyak, jarak antar tube yang sangat rapat dan sangat rentan akan buntu, karat dan penyumbatan yang berakibat fatal pada gas proses. Sebelumnya klorin juga di suplai ke Pompa untuk kebutuhan semua air laut yang tidak berhubungan dengan gas proses (Service pump).

Namun pada saat sekarang, Service pump mengalami perbaikan, demikian juga dengan penghasil air minum (RO ~ Reverse Osmosis Water Maker) sehingga belum ada suplai klorin ke service pump.

Setelah penjelasan singkat di atas, maka akan kita lihat data hasil percobaan Klorin pada air laut keluaran dari cooling pump.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan tanggal 12 Januari 2007

| No | Waktu | Flow rate (GPM) | Arus DC (Ampere) | Tegangan DC (Volt) | Klorin (ppm) | Klorin overboard (ppm) |
|----|-------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|------------------------|
| 1 | 7:30 | 7 | 20 | 17 | 0 | 0 |
| 2 | 8:00 | 7 | 40 | 18 | 0.1 | 0 |
| 3 | 8:15 | 7 | 50 | 18.5 | 0.3 | 0 |
| 4 | 8:30 | 7 | 60 | 19 | 0.4 | 0 |
| 5 | 11:00 | 8 | 60 | 19 | 0.6 | 0.3 |
| 6 | 13:30 | 8 | 60 | 19 | 0.7 | 0.4 |
| 7 | 14:00 | 8 | 80 | 19.5 | 0.7 | 0.3 |
| 8 | 15:00 | 8 | 80 | 19.5 | 0.8 | 0.5 |
| 9 | 16:30 | 8 | 100 | 19.8 | 1 | 0.6 |
| 10 | 17:00 | 8 | 100 | 19.8 | 0.9 | 0.6 |

Keterangan:

1. GPM : Galon Per Menit
2. Flow rate : Jumlah klorin yang disalurkan ke suction pompa
3. Overboard: Klorin yang diukur setelah air laut dari cooling pump melewati semua proses pendingin pada kompresor dan gas proses. Dengan kata lain, klorin sisa yang tidak bereaksi dan dibuang ke laut lepas.

Dari tabel dapat di analisa bahwa sinyal keluaran dari kontroler (pin nomer 8 soket koneksi) yang dikirim ke rangkaian transistor berubah-ubah sesuai dengan penyetelan manual. Sinyal ini melewati saturabel reaktor dan mengontrol keluaran dari transformator (T1). Arus DC ini yang kemudian di gunakan pada sel generator untuk mempengaruhi produksi klorin sesuai jumlah arus yang digunakan.

Dari data di atas dapat terlihat bahwa hasil pengukuran klorin tidak selalu linier, kenaikan arus dan tegangan dengan interval yang sama, belum tentu menaikkan jumlah klorin dengan nilai yang sama pula. Dalam hal ini banyak hal yang mempengaruhi yaitu faktor alam dan faktor kemampuan alat.

Ada beberapa permasalahan bagi penulis dalam mengambil data untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang di harapkan, diantaranya yaitu:

1. Hypoklorinator tidak dapat di setel untuk mencapai arus yang lebih besar dari 100 ampere.
2. Bagian – bagian pada generator sel sudah kotor dan banyak menghasilkan skaling/penggaraman.

Beberapa kesimpulan dari permasalahan tersebut adalah:

1. Kerja dari SR (Saturable Reactor) yang sudah tidak optimum, tidak diganti karena dengan performa sekarang, sudah mencukupi batas untuk operasional.
2. Kontroler masih bekerja dengan baik, karena pengaturan arus dan tegangan masih dapat dilakukan dengan baik.
3. Perlu diadakan Preventive Maintenance (PM) dan pembersihan dengan scale remover atau acid untuk membersihkan generator sel.

Untuk mendapatkan analisa yang lebih akurat dan mendekati dengan yang di harapkan, maka penulis kembali mengadakan percobaan di hari yang berbeda dengan keadaan alam yang berbeda pula dan mengambil waktu setelah diadakan kegiatan Preventive Maintenance (PM) yang diadakan setiap 6 bulan sekali.

Berikut ini akan kita lihat tabel percobaan pada waktu yang berbeda setelah pekerjaan PM.

Tabel 4.2 Data hasil percobaan tanggal 16 januari 2007

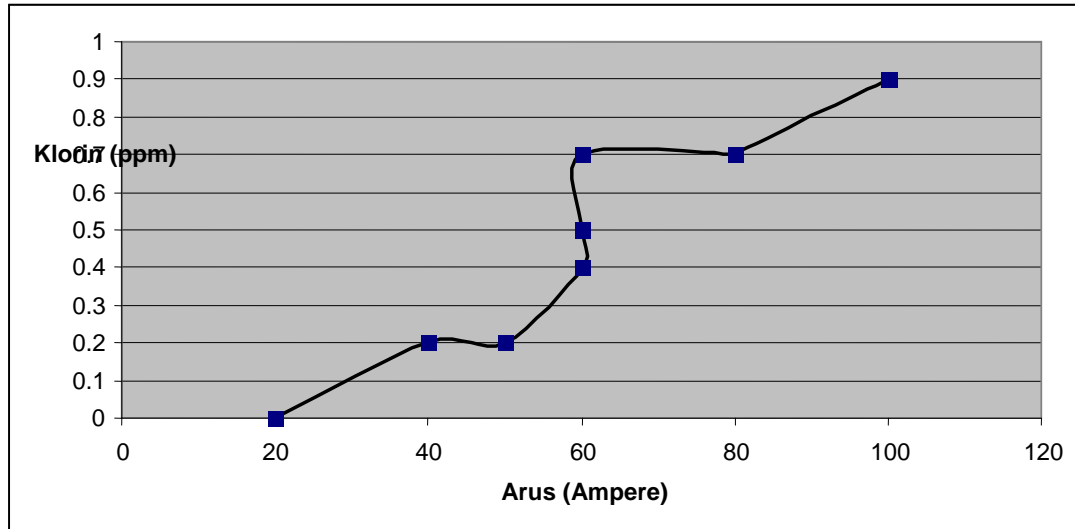
| No | Waktu | Flow rate (GPM) | Arus DC (Ampere) | Tegangan DC (Volt) | Klorin (ppm) | Klorin overboard (ppm) |
|----|-------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|------------------------|
| 1 | 15:30 | 8 | 20 | 17 | 0 | 0 |
| 2 | 15:55 | 8 | 40 | 18 | 0.2 | 0 |
| 3 | 16:45 | 8 | 50 | 18.5 | 0.2 | 0 |
| 4 | 18:00 | 8 | 60 | 19 | 0.4 | 0 |
| 5 | 18:25 | 8 | 60 | 19 | 0.5 | 0.2 |
| 6 | 19:00 | 8 | 60 | 19 | 0.7 | 0 |
| 7 | 19:30 | 8 | 80 | 19.5 | 0.7 | 0 |
| 8 | 19:55 | 8 | 80 | 19.5 | 0.7 | 0.2 |
| 9 | 20:05 | 8 | 100 | 19.8 | 0.9 | 0.4 |
| 10 | 20:15 | 8 | 100 | 19.8 | 0.9 | 0.4 |

Pada data percobaan kedua, analisa yang didapat tetap sama yaitu, keluaran arus DC yang berubah-ubah sesuai dengan pengaturan manual, mempengaruhi nilai klorin yang dihasilkan. Data yang dianggap optimal yaitu pada percobaan nomer 1 – 4 dengan nilai arus 20 – 60 A dan tegangan 17 – 19 V.

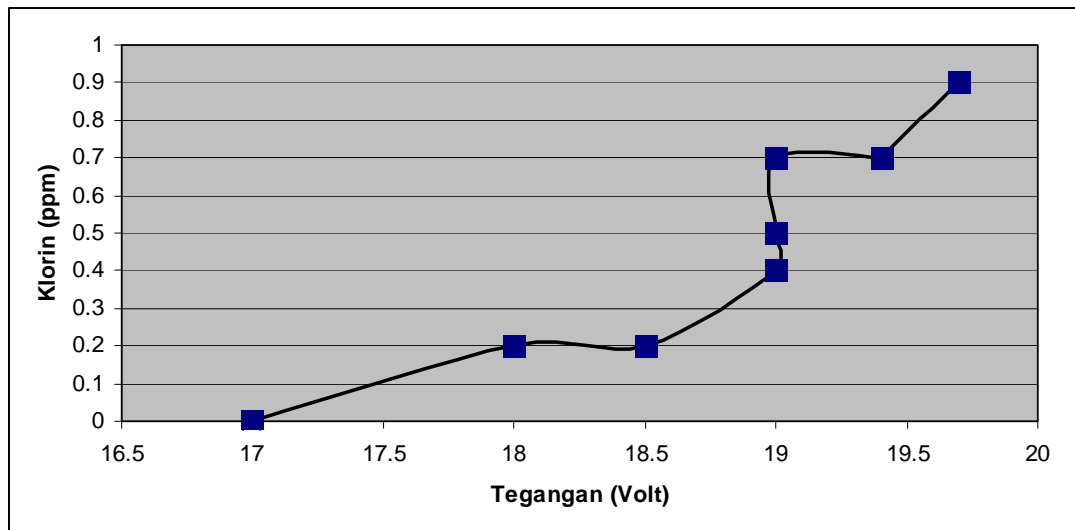
Adapun list pekerjaan yang dilakukan selama PM:

1. Cek tekanan air laut yang masuk ke sistem.
2. Ukur keluaran klorin, cek kebocoran pipa PVC, bersihkan sightglass.
3. Cek DP switch, panel, breaker dan semua indikator pada panel kontrol.
4. Bersihkan bagian – bagian pada generator sel (luar dan dalam).
5. Cek semua safety device apakah bekerja sesuai dengan parameter yang normal sesuai seting.
6. Cek keadaan air laut, ukur tingkat keasaman.
7. Bersihkan semua bagian dari sistem hypoklorinator.

Untuk memudahkan pembacaan hasil percobaan, maka penulis akan menampilkan grafik dari tabel percobaan 4.1 dan percobaan 4.2

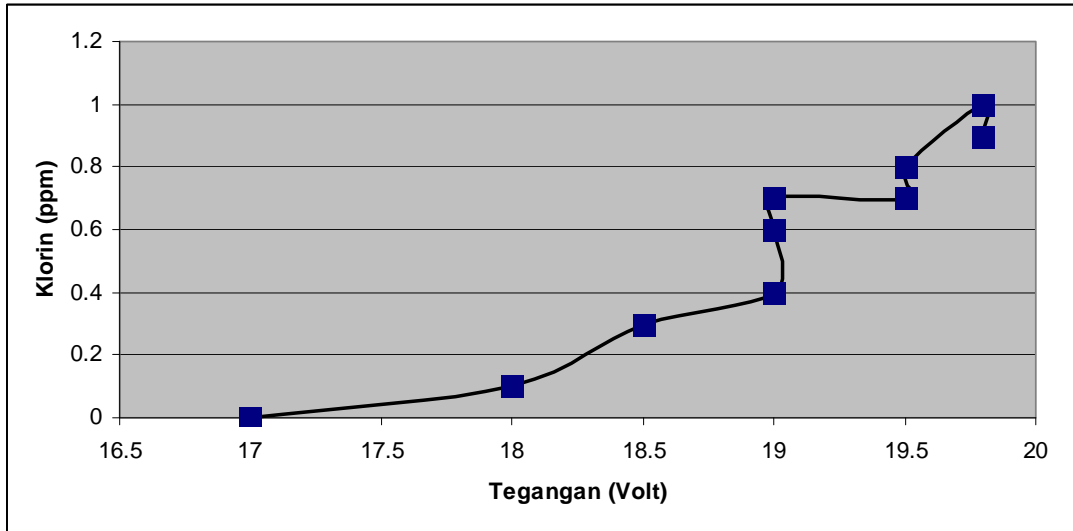


Grafik 4.2 Hubungan Klorin dengan Arus pada tanggal 16 Januari 2007

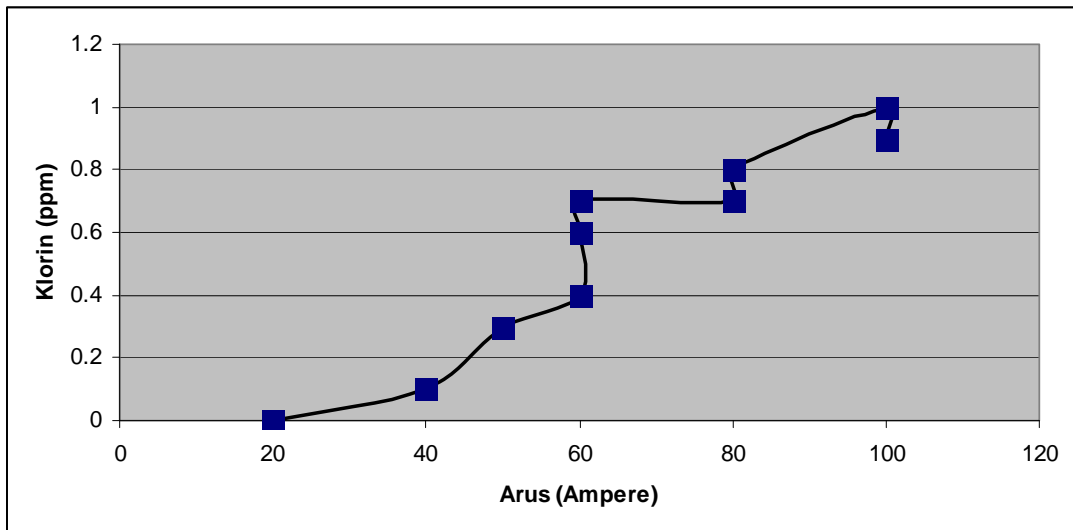


Grafik 4.3 Hubungan Klorin dengan Tegangan pada tanggal 16 Januari 2007

Berikut grafik dari data percobaan pada tabel 4.1



Grafik 4.4 Hubungan Klorin dengan Tegangan pada tanggal 12 Januari 2007



Grafik 4.5 Hubungan Klorin dengan Arus pada tanggal 12 Januari 2007

Dari berbagai percobaan di atas, dapat kita lihat pengaruh kenaikan arus dan tegangan pada hypoklorinator sangat berperan pada naik turunnya nilai klorin selain daripada jumlah flow rate yang juga dapat diatur untuk masuk ke pompa pendingin (Cooling Pump).

Nilai R (Tahanan) pada alat tidak linier, yaitu variabel sebagai contoh jika kita ambil salah satu data pada tanggal 12 Januari 2007, yaitu data pertama.

Nilai I : 20 Ampere, V : 17 Volt, maka jika kita hubungkan dengan persamaan 2.2, rumus besar tegangan $V = I \times R$, maka di dapat : $17 = 20 \times R$,
Nilai $R = 17 \text{ Volt} / 20 \text{ Amp} = 0.85 \text{ Ohm}$.

Sementara itu, pada data kedua tanggal 12 Januari 2007,

I : 40 Amp

V : 18 Volt

$R = 18 \text{ Volt} / 40 \text{ Amp} = 0.45 \text{ Ohm}$

Demikian hasil percobaan dari penulis, dari berbagai data dan hasil percobaan pada bab ini, kita akan dapat menarik beberapa kesimpulan dan saran – saran yang di harapkan dapat berguna bagi semua pihak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari pembahasan bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Banyak faktor yang mempengaruhi naik turunnya nilai klorin diantaranya yaitu : tinggi rendahnya tegangan alat, jumlah air laut (Flow rate), Ph air laut, kondisi generator sel dan jumlah mikroorganisme yang terikut pada air laut tersebut.
- b. Nilai klorin yang efektif adalah 0.2 ppm – 0.5 ppm, dimana dalam batas ini, klorin dapat membunuh organisme laut yang merugikan dalam jumlah kecil tapi tidak berlebihan sehingga membahayakan manusia, peralatan atau biota laut yang lainnya.
- c. Kadar Klorin yang di gunakan diatur pada panel kontrol hypoklorinator dimana tegangan dan arus sangat berpengaruh untuk menghasilkan klorin dari generator sel.
- d. Jumlah Klorin harus terus di monitor lewat sampel indikator karena jika ada perubahan debit aliran dari pompa suplai, maka akan mempengaruhi kadar klorin.
- e. Kemampuan dari hypoklorinator akan menurun seiring dengan usia dan tergantung bagaimana metode perawatan yang di terapkan pada alat tersebut.

5.2 SARAN – SARAN

Saran – saran dari penyusun setelah observasi data hasil percobaan adalah :

- a. Perlu di tambah titik pengecekan hasil klorin karena adanya penurunan nilai klorin setiap melewati peralatan, hal ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas kerja dari klorin tersebut.
- b. Mengingat pentingnya Klorin, di usahakan suplai yang terus-menerus dengan meminimalkan downtime (Hilangnya waktu kerja) hypoklorinator, segera memperbaiki jika ada kebocoran unit dan jangan menutup suplai klorin untuk peralatan yang memakainya dalam waktu lama.
- c. Menitik beratkan perawatan pada pembersihan bagian dalam dari generator sel dengan cairan acid karena sering terjadi penggaraman (Pengkristalan) dan menghambat laju produksi klorin (Scaling).
- d. Mengganti spare parts dari alat sesuai rekomendasi dari pabrik dan jangan merubah spesifikasi yang ada karena dapat mengorbankan daya tahan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulasno, Ir. 2001. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Ed 2. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- [2] Zam, Efvy Zamidra. 2002. *Mudah Menguasai Elektronika*. Surabaya: Indah
- [3] Electrocatalytic.Inc, 1988, Manual Book: Specification for Inspection and Testing
- [4] Chang, Raymond. 2005. *Kimia Dasar, Konsep – konsep inti*. Ed 3. Jilid 2. Jakarta: Erlangga
- [5] CHLOROPAC: The Most Advanced Electrochlorination System Available. Diambil dari www.USFilter.com
- [6] Richardson, Donald V & Arthur J.Caisse, Jr.1997. *Rotating Electric Machinery and Transformer Technology*. Ed 4.London: Prentice Hall
- [7] Robertson, John B. 2005. *Keterampilan Teknik Listrik*. Yrama Widya
- [8] Sukardjo, Prof. Dr. 2002. *Kimia Fisika*. Ed Baru. Rineka Cipta
- [9] Reed, R.A.2004. *Guidelines for drinking water quality: Pengukuran Residu Klorin*. Diambil dari www.whosea.org