



# Analisis Perhitungan Asam Klorida (HCl) Sebagai Pengontrol pH pada Air Cooling Tower pada Pabrik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

**Hernowo Widodo**

Universitas Bhayangkara Jakarta  
Raya, Indonesia

**Rino Dwiatmaja**

Universitas Bhayangkara  
Jakarta Raya, Indonesia

---

**Corresponding author:**

Hernowo Widodo, Universitas  
Bhayangkara Jakarta Raya,  
Indonesia.  
hernowo.widodo@dsn.ubharajaya.  
ac.id

---

**Article Info :**

**Article history:**

Received: November 3, 2022  
Revised: November 10, 2022  
Accepted: November 29, 2022  
Published: November 30, 2022

---

**Keywords:**

Keywords 1; *Cooling tower*  
Keywords 2; *Hydrochloric acid*  
Keywords 3; *Calculation analysis*

---

**Kata Kunci:**

Kata Kunci 1; Menara pendingin  
Kata Kunci 2; *Asam klorida*  
Kata Kunci 3; Analisis perhitungan

---

**Abstract**

*The Garbage Power Plant (PLTSa) has a water cycle in which heat transfer occurs in the cooling tower. This study looked for the pH level of the hot ratio using samples from hydrochloric acid (HCl) tanks and cooling tower (CT) output water samples. The results obtained by several comparisons of testing and analysis were obtained by 3.6 Liters of adding hydrochloric acid (HCl) to the tank so that the heat transfer that runs on the cooling tower has a pH level of 7. If the pH level is already 7 the possibility for acids or bases to be small and can preventing and maintaining heat transfer flows.process.*

---

**Abstrak**

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) terdapat siklus air yang pada menara pendingin terjadi perpindahan panas. Studi ini mencari kadar pH perbandingan panas menggunakan sampel dari tangki asam klorida (HCl) dan sampel air output cooling tower (CT). Hasil yang didapat dengan beberapa perbandingan pengujian dan analisis didapatkan sebesar 3.6 Liter penambahan asam klorida (HCl) pada tangki agar perpindahan panas yang berjalan pada cooling tower memiliki kadar pH 7. Jika kadar pH sudah 7 kemungkinan untuk asam atau basa menjadi kecil dan dapat mencegah serta merawat aliran perpindahan panasnya.

---

## Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) merupakan bagian dari program pengelolaan sampah secara thermal yang dibangun oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bekerjasama dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, bertujuan untuk pengembangan inovasi serta penggunaan pengelolaan sampah untuk menghasilkan tenaga listrik. Dimana pada tahun 2020 lalu diketahui bahwa PLTSa ini sudah mengurangi 9.800 ton sampah dan merubahnya menjadi energi listrik sebesar 783 Mili Watt per hour, sehingga dengan adanya PLTSa maka dapat mengurangi padatnya sampah pada daerah Jakarta dan mampu merubahnya menjadi energi listrik.

PLTSa menggunakan bahan bakar sampah untuk operasinya, secara garis besar siklus PLTSa Bantargebang dibagi menjadi beberapa siklus utama antara lain : siklus bahan bakar, siklus air dan siklus uap. Pada siklus air secara

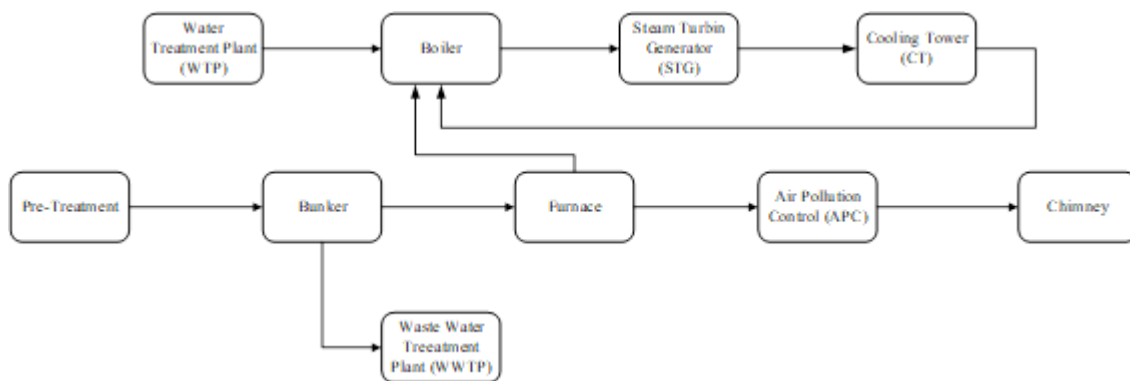
umum proses produksi menggunakan steam untuk mengoperasikannya dari air pengisi yang di produksi dari boiler pada steam drum kemudian mengarah ke menara pendingin untuk digunakan kembali.

Air pendingin dan menara pendingin merupakan komponen sistem peralatan yang sangat penting dan dibutuhkan dalam setiap industri. Mengingat sering dipakainya menara cooling tower di area produksi PLTSa menyebabkan terjadinya perubahan kadar pH pada air yang diambil seiring berjalannya waktu penggunaan pada tangki maupun dari menara cooling tower itu sendiri. Kadar pH pada area produksi yang berubah akan menyebabkan beberapa permasalahan seperti apabila pH bergeser terlalu asam maka menyebabkan korosi dimana logam mulai terurai jika ini terjadi maka pada jangka panjang harus dilakukan penggantian secara berkala dan menyebabkan boros namun, apabila pH bergeser terlalu basa maka menyebabkan kerak dimana terjadinya penumpukan material solid pada bagian dalam saluran air jika ini terjadi maka pada jangka panjang akan menjadi endapan dan menyebabkan siklus air terhambat atau proses produksi akan mengalami berkurangnya efektifitas dikarenakan mengurangi kinerja mesin dan karyawan pabrik harus bekerja sangat ekstra serta sangat merugikan perusahaan.

Agar masalah yang terjadi di PLTSa dapat berkurang, maka dari pembahasan ini akan direncanakan untuk menganalisa dan menghitung sistem yang telah disiapkan. Perhitungan atau analisa pH tersebut menggunakan beberapa rumus dan percobaan yang dilakukan pada menara cooling tower itu sendiri.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Merah Putih di Bantargebang resmi dioperasikan pada tanggal 25 Maret 2019, Pilot Project PLTSa Merah Putih merupakan kerjasama Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi (BPPT) dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. PLTSa Merah Putih dibangun dengan kapasitas pengolahan sampah mencapai 100 ton per hari, dan dapat menghasilkan bonus listrik sebanyak 700 kilowatt hour. Pilot Project PLTSa Merah Putih ditujukan sebagai percontohan nasional, khususnya solusi mengatasi timbunan sampah di kota besar. PLTSa termasuk dalam Proyek Strategis Nasional (PSN), sesuai dengan Perpres No.58/2017 Tentang Proyek Infrastruktur Strategis Nasional, tentang percepatan pembangunan instalasi pengolah sampah menjadi energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan. Pilot Project PLTSa Merah Putih menggunakan teknologi insenerasi jenis reciprocating grate, teknologi yang digunakan sudah banyak untuk aplikasi dan pengembangan Waste To Energy (Wte) di dunia. Teknologi ini didukung dengan alat pengendali polusi. Pembangunan Pilot Project berlangsung selama satu tahun, dimulai pada tanggal 21 Maret 2018 sampai hari peresmian pada tanggal 25 Maret 2019. (BPPT, 2019).

PLTSa Bantargebang menggunakan teknologi proses termal yang dapat memusnahkan sampah secara cepat, signifikan dan ramah lingkungan. Pabrik tersebut didesain untuk beroperasi secara terus-menerus selama 24 jam/hari dan 250-300 hari/tahun, menggunakan bahan bakar sampah dengan kapasitas 100 ton/hari dan menghasilkan listrik sebesar 700 kW yang akan digunakan untuk pengoperasian internal unit. Pabrik ini akan digunakan menjadi sarana riset dan percontohan untuk penanganan sampah kota-kota besar.



Gambar 1 Diagram alir proses PLTSa

PLTSa ini terdiri dari 4 peralatan utama dan beberapa peralatan pendukung seperti terlihat pada Gambar 1, yaitu penanganan bahan bakar, sampah tahap ini dilakukan di dalam bunker sampah, terbuat dari concrete yang merupakan suatu ruangan untuk menyimpan sampah dengan desain tertutup dan kedap udara, supaya bau yang dihasilkan oleh sampah tidak keluar ke masyarakat sekitar PLTSa. Bunker dapat menampung sampah sebanyak 500 ton untuk penyimpanan sampah sebelum diumpankan ke dalam insinerator selama lima hari. Bunker dilengkapi dengan Grab Crane yang diletakkan diatas bunker, yang digunakan untuk memasukkan sampah ke dalam tungku pembakaran melalui hopper. Grab crane juga berfungsi untuk mengangkat sampah dari satu sisi ke sisi lain di dalam bunker dengan tujuan memindahkan sampah berdasarkan hari sampah masuk ke dalam bunker (prinsip first in first out). Disamping itu juga digunakan untuk mengaduk – aduk sampah dengan tujuan supaya sampah lebih homogen dan kadar air lebih rendah. Sampah dengan kadar air lebih rendah akan mempunyai kalori

yang lebih tinggi sehingga lebih mudah diproses dan dibakar di dalam insinerator. Grab crane juga dilengkapi dengan magnet pemisah yang digunakan untuk memisahkan logam yang masih tercampur di dalam sampah. Pada dasar bunker dilengkapi dengan saluran untuk mengalirkan air lindi yang ada di dalam sampah ke dalam tempat penampungan air lindi, yang selanjutnya dipompakan untuk diolah dalam alat pengolah air lindi. Pembakaran / Insinerasi Sampah dan Boiler, sampah dari bunker dimasukkan ke dalam tungku bakar / furnace (waste incinerator) menggunakan Grab Crane melalui Hopper yang dilengkapi dengan Pusher untuk mendorong sampah ke dalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar terdapat reciprocating grate yang berfungsi sebagai lantai pembakaran bergerak, yang terdiri dari 3 zona, yaitu zona pengeringan, zona pembakaran, dan zona pasca pembakaran. Grate dipasang dengan kemiringan 14 derajat. Pergerakan dan kecepatan masing - masing zona dari Grate dirancang dengan kecepatan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dan jenis sampah yang dibakar. Grate menggunakan bahan khusus yang tahan panas yang dapat tahan sampai suhu 1200°C. Sampah yang masuk ke dalam insinerator akan membentuk lapisan (bed) di atas grate, di mana dihembuskan udara pembakaran primer melalui lubang - lubang kecil yang ada di bawah grate oleh primary air fan. Udara primer yang dihembuskan harus mencukupi untuk kebutuhan pendinginan grate dan proses pembakaran.

Sebelum masuk ke bawah grate, udara primer dipanaskan di dalam air pre-heater dengan bantuan steam bertekanan 10 bar. Penggunaan udara primer yang telah dipanaskan dapat membantu mempercepat pengeringan sampah di atas grate, terutama untuk sampah dengan tingkat kelembaban tinggi. Pada titik ini, sampah dibakar dalam keadaan sub-stoikiometri, di mana oksigen yang disuplai sekitar 30% hingga 80% dari jumlah yang dibutuhkan untuk proses pembakaran sempurna. Gas yang dihasilkan dari pembakaran sampah menggunakan udara primer tersebut akan mengalir ke atas di dalam ruang pembakaran, di mana kemudian akan disemprotkan udara sekunder ke dalam ruang bakar melalui nozzle tekanan tinggi yang dipasang pada dinding ruang bakar. Penyemprotan udara sekunder dimaksudkan untuk menyempurnakan proses pembakaran. Penyemprotan dilakukan pada bagian dinding tungku bakar yang menyempit, supaya terjadi turbulensi sehingga proses pencampuran udara sekunder dan gas hasil pembakaran lebih sempurna. Sama dengan udara primer, udara sekunder yang digunakan merupakan udara yang diambil dari dalam bunker sampah dan telah dipanaskan di dalam air pre-heater dengan bantuan steam bertekanan 10 Bar. Jumlah udara yang dihembuskan dibuat berlebih untuk menjamin kesempurnaan pembakaran. Ruang bakar didesain untuk tahan pada suhu ideal pembakaran, yaitu sekitar 850°C dan dilengkapi dengan water wall. Selain itu, desain ruang bakar juga harus mengakomodasi waktu tinggal yang dibutuhkan oleh gas hasil pembakaran. Pengaturan suhu dan waktu tinggal di dalam ruang bakar tersebut bertujuan agar seluruh senyawa organik berbahaya yang terdapat di dalam sampah maupun gas hasil pembakaran, seperti dioksin dan furan, dapat dimusnahkan. Gas yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah dengan panas sekitar 850°C, digunakan untuk memanaskan air di dalam boiler membentuk uap air / steam menjadi steam jenuh dan didalam superheater membentuk steam lewat jenuh (superheated steam) pada tekanan 40 Bar dan suhu sekitar 390°C. Boiler dilengkapi dengan Economizer yang merupakan tempat di mana gas hasil pembakaran yang masih panas yang keluar dari boiler dimanfaatkan untuk memanaskan air umpan boiler hingga mencapai suhu mendekati titik didih air umpan.

Pembangkitan Listrik dalam Steam Turbin Generator (STG), Uap yang keluar dari superheater dialirkan menuju turbin generator uap. Uap akan menggerakkan baling - baling turbin yang kemudian akan mengubah energi kinetik yang timbul oleh pergerakan turbin menjadi energi listrik. Turbin yang digunakan berjenis turbin multistage full-condensing, yang umumnya digunakan untuk pembangkit listrik skala besar. Pilot project PLTSA ini menggunakan jenis turbin ini, supaya dapat menjadi percontohan yang sama bagi PLTSA skala besar. Uap superheated yang masuk ke dalam turbin akan keluar dalam kondisi terkondensasi sebagian, pada umumnya 90% uap akan terkondensasi. Uap yang telah terkondensasi diumpankan kembali ke dalam boiler. Sebelum diumpankan kembali ke dalam boiler, air akan dimasukkan ke dalam deaerator dengan tujuan menghilangkan oksigen dan gas - gas terlarut lainnya yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan yang digunakan. Air umpan boiler yang berasal dari proses kondensasi steam di dalam turbin umumnya tidak bisa dikembalikan seluruhnya, sehingga ditambahkan make up umpan air lunak untuk memenuhi kapasitas yang ditentukan. Peralatan Pendukung, Pengolahan Air Limbah Air limbah yang keluar dari unit Pilot Project PLTSA terdiri atas air lindi, air limbah blowdown dan air limbah domestik. Air limbah domestik berasal dari perkantoran, air sisa cucian peralatan, grey water dan black water. Pengolahan limbah air lindi dalam Waste Water Treatment Plant (WWTP), akan dilakukan terpisah dari air limbah lainnya karena jenis limbah air lindi mempunyai standar baku mutu keluar ke lingkungan yang berbeda dengan jenis air limbah lainnya (KLHK, 2016). Pengelolaan Abu Proses operasi PLTSA juga akan menghasilkan limbah padat berupa abu yaitu bottom ash dan fly ash. Bottom ash merupakan limbah padat yang keluar dari sistim pembakaran dan keluar dari bagian bawah tungku pembakaran. Sedangkan fly ash keluar dari bagian bawah beberapa peralatan seperti boiler, superheater, economizer, quencher dan bag filter. Bottom ash dan fly ash akan dikelola sesuai persyaratan yang ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Sistem Instrumentasi dan Kontrol Unit PLTSA juga akan dilengkapi dengan sistim instrumentasi dan control menggunakan otomatisasi Process Control System (PCS) atau Distributed Control System (DCS). Seluruh

aliran proses pada PLTSa ini dimonitor secara otomatis langsung dari control room dan juga dimonitor secara manual dari lapangan. Penggunaan otomatisasi instrumentasi akan mempermudah teknis pelaksanaan operasi proses unit PLTSa ini dan menjamin kinerja yang lebih terkontrol dengan baik.

Utilitas adalah suatu keperluan yang menunjang atau memenuhi kebutuhan pokok suatu proses produksi, seperti kebutuhan air, kebutuhan listrik, dan lain-lain. Untuk beberapa unit yang terdapat pada PLTSa Bantargebang diantaranya adalah:

- **Penyediaan Air Bersih**

Kebutuhan air bersih pada PLTSa Bantargebang untuk keperluan sanitasi dan air proses diperoleh dari air tanah yang didapat dan dikelola oleh sistem WTP (Water Treatment Plant) yang ada di PLTSa. Dimana air tanah di pompa dari dalam kemudian diendapkan lalu dilakukan beberapa kali penyaringan diantaranya dengan mixbed, reverse osmosis (RO), dan juga dilakukan pelembutan dengan softener yang kemudian di simpan pada tangki raw untuk digunakan pada berbagai keperluan alat, namun untuk air yang digunakan pada proses pembakaran di simpan pada tangki demin.

- **Penyediaan Kebutuhan Listrik**

Secara keseluruhan, kebutuhan listrik PLTSa pada saat operasional menggunakan listrik yang dihasilkan oleh Steam Turbin Generator. Untuk kebutuhan emergency dan start up PLTSa menggunakan diesel generator dan juga listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

- **Pengelolaan Limbah**

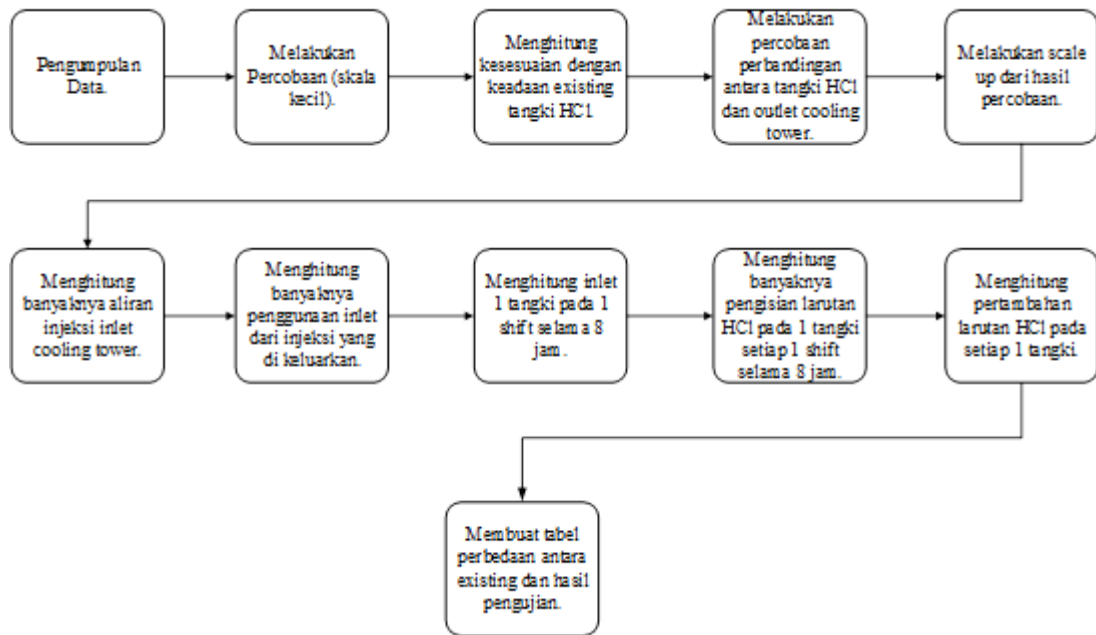
Limbah cair dari PLTSa Bantargebang dikelola pada bagian WWTP (Waste Water Treatment Plant) yang mana dilakukan berbagai macam metode seperti pengendapan, koagulasi, perkembangbiakan mikroorganisme dan oksidator untuk akhirnya dapat dibuang dengan aman ke lingkungan.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kadar pH yang berjalan pada cooling tower dapat sesuai dengan standar peralatan (pH 7), dan memberikan rekomendasi terhadap perusahaan untuk optimalisasi fungsi chemical HCl dalam cooling tower

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa percobaan/eksperimen dengan pengambilan data yang dilakukan adalah pengamatan langsung dan pengambilan data primer dari lapangan. Sehingga diperoleh suatu gambaran proses dan analisa terhadap objek penelitian, dalam hal ini Asam klorida yang digunakan sebagai pengontrol pH pada air cooling tower pada pabrik pembangkit listrik tenaga sampah di Bantar Gebang Bekasi.

Metodologi diagram alir dari percobaan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar. 2, mulai dari pengumpulan data, percobaan skala kecil, menghitung kesesuaian dengan keadaan awal HCl, percobaan perbandingan, scale up percobaan, perhitungan banyaknya aliran injeksi cooling tower, dan seterusnya hingga dapat ditentukan jumlah penambahan larutan HCl untuk setiap tanki.

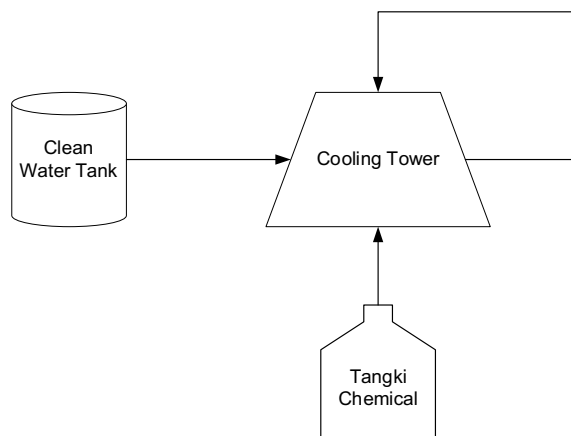


Gambar 2. Diagram alir tahapan kerja pengujian.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Proses Produksi

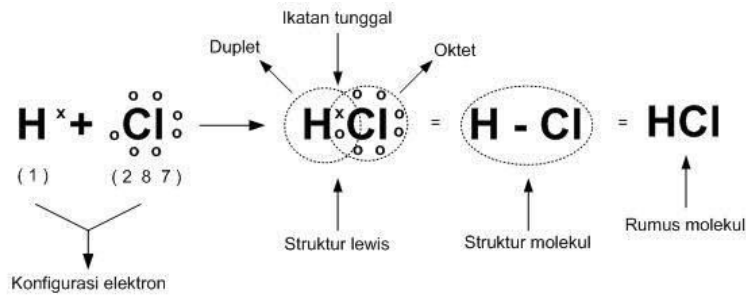
Proses produksi dapat dilihat pada Gambar 3, mula-mula input berasal dari tangki clean water tank yang mensuplai air ke cooling tower, kemudian cooling tower mengeluarkan air tersebut untuk kebutuhan proses pendinginan pada beberapa alat unit yang digunakan pada pabrik PLTSA itu sendiri seperti pendinginan hydraulic pusher pada waste hopper, pendinginan pada kondensor, dan lain-lain. Kemudian air yang dikeluarkan tersebut akan terus mengalir dan masuk kembali ke cooling tower untuk didinginkan dan dikeluarkan lagi dan seterusnya. Disamping dari terusnya masuk dan keluar air ini dimasukkan juga tangki chemical yang terdiri dari berbagai bahan kimia seperti asam klorida (HCl) yang menjaga keadaan pada cooling tower dan pengatur pH, natrium hipoklorit (NaOCl) yang menjaga saluran air agar tidak timbul bahan padat yang dapat memampatkan air, dan antiscalant untuk mencegah penskalaan atau kerak pada cooling tower itu sendiri yang mana bahan kimia ini masuk dengan takaran tertentu yang telah dianjurkan setiap masing-masing operasional shift dan telah sesuai jadwal untuk di isi ulang ketika habis.



Gambar 3. Proses Produksi Pada Cooling Tower PLTSA Bantargebang.

#### Asam Klorida

Asam klorida merupakan bahan kimia yang digunakan pada salah satu tangki chemical yang masuk ke cooling tower, tujuan dari penambahan asam klorida ini adalah untuk membuat cooling tower lebih tahan lama digunakan dan mengatur pH pada air yang mengalir dalam cooling tower agar tidak terlalu basa, Gambar 4. Berbagai persentase asam klorida dengan molaritas dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Struktur Asam Klorida (HCl).

Tabel 1. Berbagai Persentase Asam Klorida Dengan Molaritas.

Konsentrasi			Massa jenis	Molaritas	pH	Viskositas	Kapasitas kalor jenis	Tekanan uap	Titik didih	Titik leleh
kg HCl/kg	kg HCl/m <sup>3</sup>	Baumé	kg/l	mol/dm <sup>3</sup>		mPa·s	kJ/(kg·K)	Pa	°C	°C
10%	104,80	6,6	1,048	2,87	-0,5	1,16	3,47	0,527	103	-18
20%	219,60	13	1,098	6,02	-0,8	1,37	2,99	27,3	108	-59
30%	344,70	19	1,149	9,45	-1,0	1,70	2,60	1.410	90	-52
32%	370,88	20	1,159	10,17	-1,0	1,80	2,55	3.130	84	-43
34%	397,46	21	1,169	10,90	-1,0	1,90	2,50	6.733	71	-36
36%	424,44	22	1,179	11,64	-1,1	1,99	2,46	14.100	61	-30
38%	451,82	23	1,189	12,39	-1,1	2,10	2,43	28.000	48	-26

Suhu dan tekanan referensi untuk tabel di atas adalah 20 °C dan 1 atm (101,325 kPa).  
 Nilai tekanan uap diambil dari *International Critical Tables* dan merujuk pada total tekanan uap larutan.

Pada eksperimen asam-basa, dibutuhkan alat bantu atau media pembelajaran yang dikenal dengan larutan atau kertas indikator. Indikator asam-basa dapat dibuat dari bahan alami dengan mengekstrak bagian dari tanaman. Beberapa tanaman seperti ubi ungu, dan bunga kangkung telah digunakan sebagai indikator alami. Semua sumber tersebut memiliki karakteristik warna yang memberikan perubahan warna pada lingkungan pH yang berbeda, bahkan dapat dijadikan dasar penentuan pH suatu larutan (Sukemi dkk, 2017).

Konsepsi mengenai kekuatan asam-basa tergantung pada jumlah H<sup>+</sup> atau OH<sup>-</sup> dalam molekul di mana semakin banyak jumlah hidrogen atau hidroksida maka kekuatan asam-basa suatu molekul akan semakin besar. Selain itu, asam-basa kuat memiliki nilai pH lebih besar daripada asam-basa lemah yang mungkin berasal dari korelasi skala pH dengan kekuatan asam-basa yaitu semakin besar kekuatan asam-basa, maka semakin tinggi nilai pH-nya (Ultay dan Muammer, 2016).

Perlu diingat bahwa persamaan pOH = -log [OH<sup>-</sup>] atau pH = -log [H<sup>+</sup>] hanyalah sebuah definisi yang dirancang untuk memberikan kenyamanan dalam mencari pH suatu larutan asam-basa. Logaritma negatif memberi angka positif untuk pH yang sebaliknya akan negatif karena nilai [H<sup>+</sup>] yang kecil. pH yang diukur dari suatu larutan biasanya tidak sama dengan yang dihitung dari persamaan tersebut karena konsentrasi ion H<sup>+</sup> dalam molaritas tidak secara numerik sama dengan nilai aktivitasnya (Chang, 2003).

Di laboratorium, pH meter biasanya digunakan untuk menentukan pH larutan. Meskipun banyak pH meter yang memiliki skala ditandai dengan nilai dari 1 hingga 14, nilai pH sebenarnya bisa kurang dari 1 dan lebih besar dari 14. Contoh penggunaan pH meter yaitu mengukur pH beberapa cairan tubuh yang sangat bervariasi, tergantung pada lokasi dan fungsinya. Berdasarkan hasil pengukuran, didapat bahwa pH asam lambung yang memfasilitasi pencernaan itu rendah (keasaman tinggi) sedangkan pH darah yang lebih tinggi karena digunakan untuk pengangkutan oksigen. (Chang, 2003).

Untuk melakukan beberapa uji yang akan di laksanakan di PLTSa Bantargebang pertama dengan mencari data-data yang bersumber dari logsheet dan data operasional PLTSa. Data-data yang didapatkan yaitu:

1. Waktu operasional = 8 Jam/1 Shift , 24 Jam/3 Shift/Hari
2. pH outlet cooling tower = 9 (Sumber: Logsheets operasional pada bulan Februari 2022)
3. Flow rate inlet cooling tower = 68000 Liter/Hari (Sumber: Logsheets operasional pada bulan November 2021)
4. Volume tangki HCl = 300 Liter
5. Dosing HCl = 2,1 Liter
6. Dosing air RO = 298 Liter
7. Konsumsi tangki chemical HCl = 8 jam/Hari = "24 Jam" /"8 Jam" = 3 kali pengisian/Hari

- 8. Pengisian volume tangki HCl total dalam sehari kerja = 300 Liter x 3 Shift = 900 Liter
- 9. Konsentrasi HCl = 32%, 10,17 Molaritas

Berat jenis (Densitas Relatif) = (Massa zat) ÷ (Massa air dengan volume sama) = 1,159/1ml. Jika 1ml mengandung 1,159g HCl, maka 1000 ml (1L) mengandung (1,159 × 1000) = 1159g HCl murni 100%. Jika larutan HCl 100% mengandung 1159g, maka larutan HCl 32% mengandung (32 × 1159) ÷ (100) = 370,9g/L. Namun 1M HCl = 36,5g/L, maka 370,9g/L = (370,9 × 1) ÷ (36,5) = 10,17M.

Dari data, di dapat bahwa pH operasional PLTSa sebesar 9. Hal itu tidak sesuai dengan baku mutu peralatan yang mengharuskan standar pH sekitar 7. Untuk itu, pada penelitian ini saya akan melakukan beberapa pengujian dari data yang didapat dengan cara melakukan percobaan pada skala kecil dengan langkah sebagai berikut:

- Melakukan penambahan HCl 32% sebanyak 2mL pada suatu wadah berkapasitas 300mL.
- Melakukan penambahan air RO sebanyak 298mL pada wadah yang sama.
- Lakukan pengadukan selama beberapa detik.
- Masukkan atau celupkan kertas pH / lakmus, kemudian amati dan catat warna pH didapat.

Pada langkah ini didapat pH tangki HCl = 1.

Dengan didapatnya pH inlet tangki HCl, maka selanjutnya adalah mencoba menyamakan pH dengan rumus pengenceran untuk dapat kesesuaian dengan keadaan existing tangki HCl dengan melakukan perhitungan pada skala kecil, yaitu dengan langkah sebagai berikut:

Diketahui:

- Molaritas HCl 32%= 10,17 mol/dm<sup>3</sup>
- Volume HCl = 2 liter , 2 mL
- Volume air RO = 298 liter , 298 mL

Ditanya:

M2 molaritas untuk air RO dan pH

Jawab:

- $V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$
- $V_{HCl} \times M_{HCl} = V_{AirRO} \times M_{AirRO}$
- $2 \times 10,17 = 298 \times M_2$
- $M_2 = 2 \times "10,17" / "298" = 0,068$
- $pH = -\log [H^+]$
- $pH = -\log 0,068 = 1,167$

Dari perhitungan tersebut ternyata didapat kesamaan antara perhitungan pH tangki existing HCl dengan percobaan pH. Maka selanjutnya dari kelengkapan data tersebut, untuk mendapatkan kadar asam-basa yang sesuai dengan standar peralatan yang mana sebelumnya terdapat pada operasional PLTSa sebesar sembilan, maka dilakukan percobaan untuk membuat pH outlet dapat berubah menjadi tujuh. Percobaan ini dibuat dengan cara melakukan perbandingan antara air tangki HCl dengan air outlet cooling tower dengan membuat empat sampel yang setiap masing-masing sampel bertotal 300mL agar setiap sampel mengikuti keadaan pada tangki existing PLTSa, sampel tersebut dibentuk dalam bentuk tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan percobaan tangki HCl dan outlet cooling Tower

Air tangki HCl (HCl + air RO)	Air outlet cooling tower (Air di dalam cooling tower)
50mL	250mL
250mL	50mL
120mL	180mL
180mL	120mL

Untuk langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan air cooling tower pada wadah.
2. Menambahkan air tangki HCl pada wadah.
3. Melakukan pengadukan selama beberapa detik.
4. Masukkan atau mencelupkan kertas pH / lakmus pada wadah.
5. Amati dan catat perubahan warna pada kertas pH / lakmus yang terjadi.

Berikut ini merupakan hasil bukti pH pada masing-masing perbandingan yang telah dilakukan.

1. Perbandingan air tangki HCl 50mL dengan air outlet cooling tower 250mL (Gambar 5) menghasilkan pH = 9



Gambar 5. Perbandingan 50 dan 250.

2. Perbandingan air tangki HCl 250mL dengan air outlet cooling tower 50mL menghasilkan pH = 1 (Gambar 6)



Gambar 6. Perbandingan 250 dan 50.

3. Perbandingan air tangki HCl 120mL dengan air outlet cooling tower 1800mL menghasilkan pH = 8 (Gambar 7)



Gambar 7. Perbandingan 120 dan 180.

4. Perbandingan air tangki HCl 180mL dengan air outlet cooling tower 120mL menghasilkan pH = 7 (Gambar 8).



Gambar 8. Perbandingan 180 dan 120.

Setelah diperoleh berbagai pH dari perbandingan yang dilakukan. Maka selanjutnya adalah mengambil salah satu sampel dari berbagai perbandingan untuk dilakukan pengukuran ke keadaan ukuran tangki sebenarnya pada PLTSA dengan cara scale up yang mana bertujuan agar terjadi kesesuaian antara hasil penelitian yang dilakukan dalam skala kecil dengan keadaan skala sebenarnya pada PLTSA. Sampel yang diambil merupakan sampel yang sesuai dengan standar peralatan yaitu yang setara pH sama dengan tujuh. Maka dengan demikian dipilih dan dapat diambil pada perbandingan 180 dan 120 yang menghasilkan pH = 7.

Untuk langkah-langkah melakukan scale up adalah sebagai berikut:

Menaikkan perbandingan skala kecil sebelumnya menjadi skala yang sesuai dengan kondisi existing yaitu liter.

- 180 mili Liter  $\Rightarrow$  180 Liter air tangki HCl.
- 120 mili Liter  $\Rightarrow$  120 Liter air outlet cooling tower.

Dari perbandingan yang diambil tersebut dihitung dengan dengan rumus sebagai berikut:

- Air tangki HCl × "Flow rate" / "Air outlet cooling tower"
- Untuk mengetahui banyaknya aliran injeksi inlet cooling tower.

Diketahui:

Flow rate inlet = 68000 Liter

Air tangki HCl = 180 Liter

Air outlet cooling tower = 120 Liter =  $180 \times \frac{68000}{120} = 102000$  Liter.

Dari hasil tersebut dihitung kembali dengan rumus sebagai berikut:

Total inlet × "Total chemical HCl + Air RO dalam 1 hari" / "Total isi tangki 1 hari per 3 shift"

Untuk mengetahui banyaknya penggunaan inlet dari injeksi yang dikeluarkan.

Diketahui:

Total outlet = 102000 Liter

Total chemical HCl dalam 1 hari = HCl = 2 Liter

Satu hari digunakan sebanyak tiga kali = 3. Maka  $2 \times 3 = 6$  Liter

Total isi tangki 1 hari / 3 shift = satu tangki bervolume 300 digunakan oleh tiga shift dalam satu hari =  $300 \times 3 = 900$  Liter

=  $102000 \times \frac{6}{900} = 680$  Liter.

Dari hasil tersebut dihitung kembali dengan rumus sebagai berikut:

"Hasil" / "3 Shift"

Untuk mendapatkan inlet 1 tangki yang selama operasional akan habis setiap 1 shift selama 8 jam.

Diketahui:

Hasil = 680 Liter

3 Shift

=  $\frac{680}{3} = 226.6$  Liter

Dari hasil tersebut dihitung kembali dengan rumus sebagai berikut:

"Total jumlah chemical HCl + Air RO" / "Total isi Air RO+HCl pada 1 tangki" × Hasil HCl 1 shift

Untuk mendapatkan banyaknya pengisian HCl pada 1 tangki setiap 1 shift atau setiap 8 jam operasional.

Diketahui:

Total chemical HCl = 2 Liter

Total isi Air RO + HCl 1 tangki = Air RO (298) + HCl (2) = 300

Hasil HCl selama 1 shift = 226.6 Liter

=  $\frac{2}{300} \times 226.6 = 1.5$  Liter

Setelah didapat hasil perhitungan pengisian 1 tangki HCl diatas, ternyata setiap harinya pada satu shift atau setiap delapan jam, cooling tower pada PLTSA Bantargebang membutuhkan penambahan dosing HCl sebesar 1,5 Liter/tangki dari dosing HCl existing sebesar 2,1 Liter/tangki.

Dari hasil tersebut dilakukan penambahan dengan dosing existing HCl yang didapat dari data. Untuk mendapatkan total pertambahan HCl pada 1 tangki. Dengan cara sebagai berikut: Diketahui:

Dosing existing HCl dari data = 2.1 Liter

Dosing HCl dari hasil = 1.5 Liter

=  $2.1 + 1.5 = 3.6$  Liter

Dari hasil tersebut didapatkan banyaknya penambahan HCl pada tangki untuk merubah pH outlet menjadi sesuai dengan standar peralatan (pH = 7) adalah dengan menambahkan 3.6 Liter larutan HCl pada 1 tangki setiap 1 shift atau setiap 8 jam waktu habis tangki.

Dengan begitu didapat perbedaan antara existing dengan pengujian yang telah dilakukan. Perbedaan tersebut dibuat bentuk tabel dibawah.

Tabel 3. Perbedaan antara existing dengan pengujian.

Existing	Pengujian
Tangki HCl 300 Liter	Tangki HCl 300 Liter
HCl = 2 Liter	HCl = 3.6 Liter
Air RO = 298 Liter	Air RO = 296.4 Liter
pH = 9	pH = 7

### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar. 2014. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah. <http://makassargreen.blogspot.co.id/2014/03/pembangkit-listrik-tenaga-sampah.html>.
- Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi. (2019). BPPT Hadirkan Inovasi PLTSa Merah Putih Bantargebang, Solusi Atasi Timbunan Sampah di Kota Besar. Jakarta: Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi. Diambil dari BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI - BPPT Hadirkan Inovasi PLTSa Merah Putih Bantargebang, Solusi Atasi Timbunan Sampah di Kota Besar. <http://sainsedutainment.blogspot.com/2011/10/pembangkit-listrik-tenaga-sampah-pltsa.html>.
- Nasution, D.M. 2011. Pengertian Menara Pendingin. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22673/4/Chapter%20II.pdf>.
- Mathie, Alton J. 1988. Chemical Treatment For Cooling Water. Fairmont Press.
- Qasim, Syed R. 1985. Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation. New York: CBS College Publishing.