



## PRA RANCANGAN PABRIK

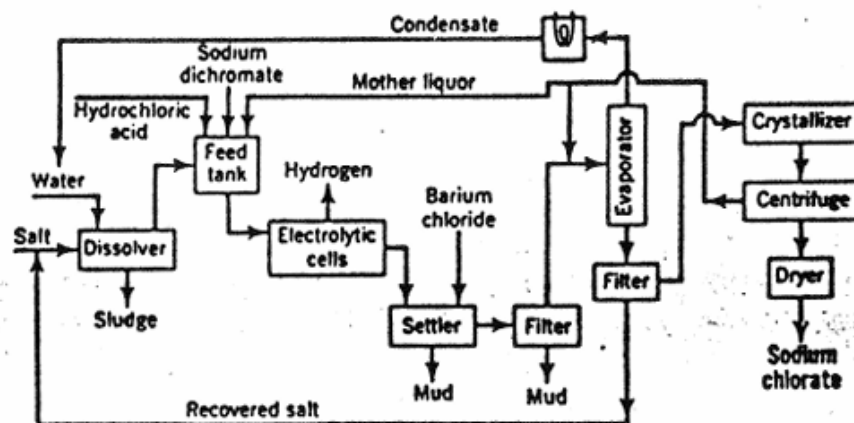
Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses  
Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

### BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### II.1 Macam-Macam Proses

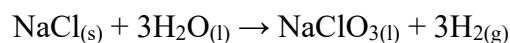
Setelah melalui perkembangan metode sejak pertama kali diproduksi secara komersial pada tahun 1866 di Prancis, pembuatan sodium klorat saat ini telah menjadi proses yang lebih efisien dan terstandarisasi. Salah satu kemajuan penting dalam sejarah produksinya adalah penggunaan sel elektrolisis dengan atau tanpa diafragma, serta penambahan zat tertentu seperti natrium dikromat untuk mencegah korosi. Proses-proses ini dirancang untuk mengoptimalkan hasil produksi sodium klorat yang banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri pulp dan kertas. Secara umum, terdapat dua metode utama yang sering digunakan dalam pembuatan sodium klorat, yaitu melalui penggunaan sel elektrolisis dan klorinasi kaustik soda. Kedua metode ini memiliki prinsip kerja dan keunggulan masing-masing yang diuraikan pada subbab berikutnya.

##### II.1.1 Proses Elektrolisis



Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Elektrolisis (Sumber: Keyes, 1957)

Proses elektrolisis merupakan proses yang melibatkan sodium klorida jenuh dielektrolisis menjadi sodium klorat seperti reaksi berikut:





## PRA RANCANGAN PABRIK

### Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

---

Reaksi elektrolisis adalah proses elektrolisis yang digunakan untuk memproduksi sodium klorat ( $\text{NaClO}_3$ ) dari natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) natrium yang diasamkan melalui reaksi kimia yang terjadi pada suhu  $60-75^\circ\text{C}$ . Umumnya timbul impuritas berupa beberapa lumpur dan garam yang terkumpul di bawah tangki pengadukan, dari pelarut yang harus dibuang secara berkala. Jika garam mengandung persentase garam kalsium dan magnesium yang tinggi, biasanya perlu untuk memurnikan larutan dengan pengendapan, pengendapan, dan penyaringan garam-garam asing. larutan garam jenuh yang telah diklarifikasi dimasukkan ke dalam tangki umpan, yang kemudian dicampur dengan asam klorida encer. Konsentrasi sekitar 0,5% asam biasanya dipertahankan sehingga pH rata-rata larutan air garam di dalam sel sekitar 5,8-7,0. Natrium dikromat sebesar 2-5 g/L ditambahkan untuk menghambat korosi sel yang disebabkan oleh asam hipoklorit yang dibebaskan (dari asam hidroklorida yang ada). Konstruksi dan pengoperasian sel bervariasi dalam instalasi yang berbeda. Umumnya badan sel terbuat dari baja (beberapa dilapisi semen) dan menggunakan katoda baja dan anoda grafit.

Sel-sel tersebut memerlukan daya listrik d-c, yang diperoleh dengan mengubah daya a-c dalam penyearah motor generator. Sebagai ilustrasi, kondisi operasi perkiraan satu pabrik adalah sebagai berikut: Tenaga listrik (a-c) memasuki pabrik pada 34.500 volt dan diturunkan oleh transformator menjadi 4.800 volt. Motor-generator mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah dan memasok daya ke bank-bank panjang sel yang terhubung seri pada 250 volt. Sel-sel dioperasikan terus-menerus dengan memasukkan larutan yang mengandung ion klorida tinggi dan ion klorat rendah ke dalam sistem, sementara bagian yang sama dari cairan yang mengandung ion klorat tinggi dan ion klorida rendah dipompa secara bersamaan. Cairan induk yang disirkulasikan ulang (dari sentrifus) melewati pelarut untuk fortifikasi natrium klorida, sebelum dimasukkan kembali ke dalam sistem sel. Sel dioperasikan pada 2.400 ampere per sel, penurunan tegangan per sel adalah 3,0 hingga 3,5. Kepadatan arus pada anoda dan katoda masing-masing adalah 30 dan 50 ampere per kaki persegi. Efisiensi arus rata-rata sebesar 75 persen diperoleh.



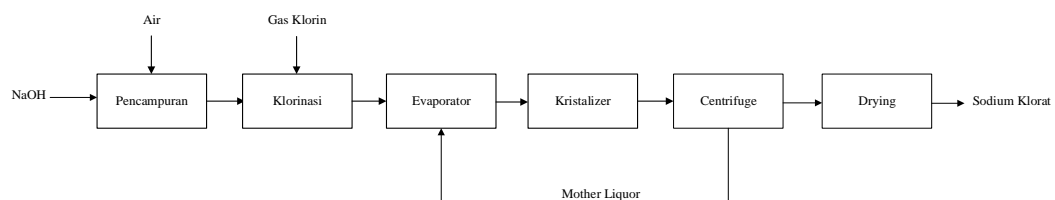
## PRA RANCANGAN PABRIK

### Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

Cairan sel, setelah elektrolisis, dibuang ke pengendap. Dalam operasi batch, umumnya 75 persen garam diubah. Cairan yang mengandung sekitar 50 persen natrium klorat dimasukkan ke dalam evaporator. Di sini, cairan dipekatkan hingga sekitar 47°Be (70 hingga 80 persen natrium klorat) dan disaring saat panas. Filtrat dialirkan ke dalam kristalisator, tempat filtrat didinginkan (30°C) untuk mengendapkan kristal natrium klorat. Produk disentrifugasi dimana mother liquor di recycle kembali menuju ke kristalisator dan kristal kemudian dialirkan menuju ke rotary dryer untuk pengeringan.

Produk kering digiling hingga ukuran mata jaring yang tepat dan disaring untuk menghasilkan kristal natrium klorat, yang kadarnya sekitar 99,5 persen. Meskipun konversi awal natrium klorida menjadi klorat berkisar antara 50 hingga 75 persen, hasil keseluruhan (berdasarkan garam yang ditambahkan) adalah sekitar 95 persen. Efisiensi arus rata-rata 75 hingga 85 persen, tergantung pada pabrik masing-masing. Natrium klorat dapat diperoleh kembali dari cairan sel dengan metode lain selain proses konsentrasi yang dijelaskan sebelumnya (Keyes, 1957).

#### II.1.2 Proses Klorinasi Soda Kaustik



Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Klorinasi Soda Kaustik

Larutan NaOH diklorinasi secara tidak langsung dengan reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



Dalam pembuatan sodium klorat, salah satu tahapan penting adalah klorinasi soda kaustik, yang dilakukan dengan cara mengalirkan gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ) ke dalam larutan sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) atau soda kaustik. Proses ini menghasilkan sodium klorat ( $\text{NaClO}_3$ ) sebagai produk utama, bersama dengan sodium klorida ( $\text{NaCl}$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Dalam reaksi ini, tiga molekul klorin bereaksi dengan enam molekul



## PRA RANCANGAN PABRIK

### Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

NaOH, menghasilkan sodium klorat, garam biasa (sodium klorida), dan air. Proses ini dilakukan pada suhu sekitar 60-80°C dengan pH sekitar 6-7 untuk memastikan reaksi berjalan efisien. Setelah proses klorinasi, produk sodium klorat akan dimurnikan melalui langkah-langkah lanjutan untuk memastikan kemurnian yang tinggi sebelum dipasarkan. Proses ini sudah tidak digunakan karena dinilai tidak ekonomis, hanya untuk kapasitas kecil dan tidak berkembang (Mc Ketta, 1983)

## II.2 Seleksi Proses

Proses pembuatan sodium klorat dalam hal ini dapat diproduksi dengan 2 proses berbeda, yaitu klorinasi soda kaustik dan elektrolisis huron. Berikut tabel perbandingan proses terbaik yang digunakan untuk memproduksi sodium klorat:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Klorat

Jenis Proses	Klorinasi Soda Kaustik	Elektrolisis
Suhu Proses	50-80°C	60-75°C
Bahan Baku	Gas klorin dan larutan NaOH	Garam NaCl dan air
Produk Samping	Sodium klorida dan air	Gas hidrogen
Katalis	Membutuhkan penambahan katalis	Tidak membutuhkan penambahan katalis
Yield	70%	95%

## II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan sodium klorat terbagi menjadi 3 proses utama, yaitu :

1. Proses Pembuatan Larutan Garam
2. Elektrolisis Sodium Klorat
3. Pengkristalan Sodium Klorat

Berikut adalah uraian dari tiap proses pembuatan sodium klorat :



## PRA RANCANGAN PABRIK

Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses  
Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

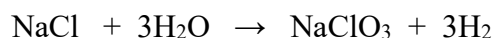
---

### 1) Pembuatan Larutan Garam

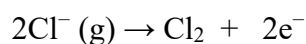
Bahan baku awal garam industri dengan konsentrasi 97% dimasukkan ke dalam tangki pencampuran-1 (M-140) kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 ATM dengan bantuan *Screw Conveyor* (J-111) dan *Bucket Elevator* (J-112) untuk dilakukan pelarutan dengan ditambahkan air proses agar menjadi produk berupa larutan garam. Larutan garam kemudian dipompa (L-141) menuju ke *Clarifier* (H-150) untuk dilakukan pengendapan impuritas dengan koagulan BaCl<sub>2</sub> kemudian overflow dialirkan menuju ke bak penampung overflow. Kemudian overflow dialirkan menuju ke Feed Tank (M-160) untuk dilakukan pengkondisian pH larutan dengan ditambahkan asam klorida (F-120) agar pH larutan garam 6,8. Kemudian juga dilakukan penambahan Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (F-130) yang telah dilarutkan (M-170) sebagai penghambat korosi pada elektrolizer dan menstabilkan pH larutan garam. Setelah dilakukan pengkondisian pada feed tank, larutan garam dialirkan menuju ke Elektrolizer (R-210) dengan dinaikkan suhunya terlebih dahulu dengan menggunakan heater (E-162) menjadi 75 °C. Larutan garam yang telah dikondisikan dengan optimal kemudian dipompa (L-151) menuju ke Elektrolizer (R-210).

### 2) Elektrolisis Sodium Klorat

Pada *electrolyzer* terjadi reaksi utama menurut Kirk-Othmer, 496 yakni sebagai berikut:



- a. **Pada Anoda**, terjadi oksidasi dimana natrium klorida terurai menjadi klorin gas (Cl<sub>2</sub>) dan ion hidrogen (H<sup>+</sup>):



Oksidasi

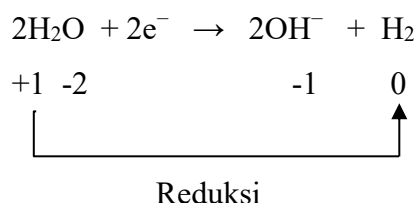


## PRA RANCANGAN PABRIK

Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses  
Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

---

- b. **Pada Katoda**, terjadi reduksi dimana air terurai menjadi natrium hidroksida (NaOH) dan gas hidrogen (H<sub>2</sub>):



Hasil dari Electrolyzer yaitu sodium klorat kemudian dipompa (L-212) menuju Cooler (E-215) untuk diturunkan suhunya dari 75°C ke 30°C menuju ke Rotary Drum Vacuum Filter (H-220). Cake ditampung pada bak penampung cake (F-221). Filtrat dialirkan menuju ke heater (E-223) untuk dinaikkan suhunya menjadi 80°C lalu dialirkan menuju ke Evaporator (V-310) untuk meningkatkan konsentrasinya dari 29% menjadi 75%. Air yang teruapkan menuju ke *Steam Jet Ejector* (G-312), lalu dikondensasikan dengan *Barometric Condensor* (E-313), dan kemudian ditampung pada bak penampung kondensat (F-314)

### 3) Pengkristalan Sodium Klorat

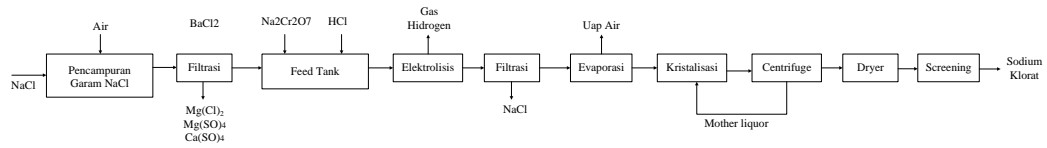
Produk dari evaporator dipompa (L-311) menuju *Crystallizer* (S-320) untuk proses kristalisasi pendinginan dari suhu 94°C menjadi suhu 30°C. Kemudian kristal yang diperoleh dipisahkan dari mother liquornya menggunakan *Centrifuge* (H-330). Mother liquor dikembalikan *Crystallizer* (S-320) dengan pompa (L-331). Kristal sodium klorat yang terbentuk dialirkan dengan *Screw Conveyor* (J-332) menuju ke *Rotary Dryer* (B-340) untuk dikeringkan dengan suhu 46°C dengan bantuan udara kering. Lalu diturunkan suhunya menjadi suhu 30°C dengan *Cooling Conveyor* (J-345) menuju ke *Ball Mill* (C-350) untuk diseragamkan ukurannya 80 *Mesh*. Kemudian sodium klorat ditampung di silo penyimpanan (F-360) dan dilanjutkan proses pengemasan pada gudang pengemasan (F-370).



## PRA RANCANGAN PABRIK

### Sodium Klorat Dari Sodium Klorida Dan Air Dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

#### II.4 Blok Diagram Alir



Gambar II. 3 Diagram Alir Pembuatan Sodium Klorat dengan Proses Elektrolisis

