



**DESAIN SPESIFIKASI *CRYSTALLIZER* TIPE
SWENSON-WALKER PADA PABRIK NATRIUM NITRAT
(NaNO_3) PROSES SINTESIS KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia**

Oleh

Farida Dian Arianti NIM.5213415028

**TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Farida Dian Arianti
NIM : 5213415028
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Desain Spesifikasi *Crystallizer* Tipe *Swenson-Walker*
Pada Pabrik Natrium Nitrat (NaNO_3) Proses Sintesis
Kapasitas 40.000 Ton/Tahun

Skripsi ini telah disetujui untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 12 Agustus 2019

Pembimbing



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 198711112015041003

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Desain Spesifikasi *Crystallizer* Tipe *Swenson-Walker* Pada Pabrik Natrium Nitrat (NaNO_3) Proses Sintesis Kapasitas 40.000 Ton/Tahun**” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 12 Agustus 2019.

Oleh:

Nama : Farida Dian Arianti
NIM : 5213415028
Program Studi : Teknik Kimia

Panitia

Ketua

Sekretaris



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji 2

Penguji I

Pembimbing



Bayu Triwibowo, S.T., M.T.
NIP. 198811222014041001



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198711112015041003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001


PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Tugas Penelitian ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister dan/atau doctor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pegarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik ataupun sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Farida Dian Arianti

NIM. 5213415028

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Real knowledge, like everything else of value, is not to be obtained easily. It must be worked for, studied for, thought for, and, more than all, must be prayed for.

Ilmu yang sejati, seperti barang berharga lainnya, tidak bisa diperoleh dengan mudah. Ia harus diusahakan, dipelajari, dipikirkan, dan lebih dari itu, harus selalu disertai doa.

PERSEMBAHAN

1. Perkembangan ilmu dan pengetahuan teknologi Bangsa dan Negara Indonesia.
2. Bapak, Ibu, Kakak, Adik dan seluruh keluarga tercinta.
3. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2015.
5. Almameter Universitas Negeri Semarang.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “Desain Spesifikasi *Crystallizer* Tipe *Swenson-Walker* Pada Pabrik Natrium Nitrat (NaNO_3) Proses Sintesis Kapasitas 40.000 Ton/Tahun. Dalam penyusunan skripsi ini penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Megawati, S.T., M.T., dan Bayu Triwibowo, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
5. Kedua Orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
6. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2015 serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, guna menjadikan Skripsi ini lebih baik.

Semarang, 12 Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

Dian, Farida. 2019. “Desain Spesifikasi Crystallizer Tipe Swenson-Walker Pada Pabrik Natrium Nitrat (NaNO_3) Proses Sintesis Kapasitas 40.000 Ton/Tahun”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.

Perkembangan industri merupakan salah satu pilar ekonomi dan memberikan peran yang cukup besar kepada pemerintah untuk mendorong kemajuan industri nasional secara terencana. Pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami kenaikan yang sangat pesat, salah satunya dibidang industri kimia. Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini yaitu natrium nitrat. Natrium nitrat memiliki rumus kimia (NaNO_3), yang merupakan bahan kimia *intermediate*. Kebutuhan NaNO_3 di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan natrium nitrat dalam kurun waktu tahun 2010-2017 mengalami kenaikan dari 6.209-11.043 ton/tahun. Salah satu proses utama pada pembuatan NaNO_3 yaitu melalui tahap kristalisasi. Proses kristalisasi suatu *solution* merupakan proses yang penting dalam suatu industri, karena banyaknya ragam bahan yang diperlukan untuk merubah suatu solution dari larutan multikomponen sehingga didapatkan kristal murni. Kristalisasi merupakan salah satu metode yang praktis untuk mendapatkan bahan kimia murni sehingga memenuhi syarat untuk dipasarkan. Untuk menciptakan suatu produk kristal murni, diperlukan perlakuan berupa perancangan dan kecocokan pemilihan jenis kristalizer terhadap solution yang akan dikristalkan sesuai dengan kebutuhan produksi suatu pabrik. Jenis kristalizer yang sesuai digunakan dalam pembuatan kristal NaNO_3 yaitu jenis *Swenson-Walker Crystalizer*. Hasil perancangan kristalizer yaitu menggunakan bahan konstruksi *Stainles Steel SA-240* tipe 316 dengan kapasitas 143,223 ft^3/jam , didapatkan dimensi perancangan kristalizer sebagai berikut, tinggi 0,6604 m, lebar 0,6096 m, panjang 3,0478 m, diameter 0,6046 m dan jenis pengaduk yang digunakan adalah *spiral agitator*, dengan kecepatan pengadukan sebesar 20 rpm.

Kata Kunci : *Sodium Nitrat, Kristalisasi, Kristalizer, Swenson-Walker*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Natrium Nitrat.....	6
2.2 Kristalisasi	8
2.3 Metode Proses Kristalisasi.....	10
2.4 Crystallizer.....	12
2.5 Swenson-Walker Crystallizer	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu Dan Pelaksanaan	15

3.2 Alat Dan Bahan.....	15
3.3 Prosedur Kerja	15
3.4 Diagram Alir Penelitian	16
BAB 4 PEMBAHASAN.....	17
4.1 Pertimbangan Penentuan Jenis Kristalizer	17
4.2 Penentuan Bahan Konstruksi Kristalizer	17
4.3 Perhitungan Dimensi Dalam Perancangan Kristalizer Swenson-Walker Crystallizer Dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun	18
BAB 5 PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia Berdasarkan Nilai Impor	1
Tabel 2.1 Klasifikasi Kristalizer	12
Tabel 4.1 Neraca Massa Kristalizer (K-01)	19
Tabel 4.2 Data Masing-Masing Komponen	20
Tabel 4.3 Diameter Pipa Masukan Umpan Kristalizer	26
Tabel 4.4 Neraca Massa Output Kristalizer	27
Tabel 4.5 Neraca Massa Kristalizer Masuk Mixer	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Swenson-Wlaker Crystallizer.....	14
Gmbar 3.1 Diagram alir Perancangan Kristalizer	16

BAB I

LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri merupakan salah satu pilar ekonomi dan memberikan peran yang cukup besar kepada pemerintah untuk mendorong kemajuan industri nasional secara terencana. Pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami kenaikan yang sangat pesat, salah satunya dibidang industri kimia. Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini yaitu natrium nitrat. Natrium nitrat memiliki rumus kimia (NaNO_3), yang merupakan bahan kimia *intermediate*. Kebutuhan NaNO_3 di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya. Data kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia berdasarkan nilai impor ditunjukkan pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia Berdasarkan Nilai Impor

No	Tahun ke-n	Kapasitas (ton)
1	1 (2010)	6209,147
2	2 (2011)	7161,591
3	3 (2012)	7986,723
4	4 (2013)	7460,585
5	5 (2014)	8081,978
6	6 (2015)	8521,005
7	7 (2016)	8425,686
8	8 (2017)	11043,11

(Badan Pusat Statistik, 2018)

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan natrium nitrat dalam kurun waktu tahun 2010-2017 mengalami kenaikan dari 6.209-11.043 ton/tahun/ Peluang kebutuhan pabrik natrium nitrat di Kawasan Asia didapatkan sekitar 28.844,96932 ton/tahun. Sedangkan peluang kebutuhan natrium nitrat di Indonesia sekitar 9.627,273603 ton/tahun. Total peluang kapasitas produksi adalah 38.472,242923 ton, oleh karena itu pabrik natrium nitrat yang akan didirikan yaitu sekitar 40.000 ton/tahun. Natrium Nitrat merupakan kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Pada proses pembuatan natrium nitrat dari NaOH dan HNO₃ membutuhkan bebrapa alat utama yakni mixer, reaktor, evaporator, kristalizer, dan centrifuge. Kristalizer merupakan salah satu alat penting dalam proses pemurnian kristal dari magma yang terbentuk dari campuran *Mother Liquor* (NaOH, H₂O, NaNO₃, dan Na₂CO₃).

Proses yang terjadi dalam kristalizer yaitu proses kristalisasi. Kristalisasi menjadi salah satu proses yang dipelajari dalam bidang ilmu alam dan juga mempunyai penerapan penting, karena sifat dari berbagai macam bentuk padat dan material bergantung terhadap struktur kristal mereka masing-masing (A Mersmann. 2001). Selain itu, kristalisasi dapat diartikan peristiwa pembentukan partikel-partikel zat padat dalam suatu fase homogen (McCabe dkk, 1991). Kristalisasi dari larutan dapat terjadi jika padatan terlarut dalam keadaan berlebih (diluar kesetimbangan) , maka sistem akan mencapai kesetimbangan dengan cara mengkristal padatan terlarut (Dewi, Devina 2013).

Kristalisasi dikategorikan sebagai salah satu proses pemisahan yang efisien, serta memegang peranan yang sangat penting dalam industri kimia. Hal ini mengingat

kurang lebih 70% dari produk-produk kimia dihasilkan dalam bentuk padatan/kristal. Keuntungan yang didapatkan dari produk dalam bentuk padatan antara lain biaya transportasi murah, padatan lebih tahan terhadap kerusakan akibat terjadinya dekomposisi dan bentuk padatan lebih mudah dalam pengepakan dan penyimpanan (Unitas, 2003). Untuk menciptakan suatu produk kristal murni, diperlukan perlakuan berupa perancangan dan kecocokan pemilihan jenis kristalizer terhadap *solution* yang akan dikristalkan sesuai dengan kebutuhan produksi suatu pabrik. Jenis kristalizer yang sesuai digunakan dalam pembuatan kristal NaNO_3 yaitu jenis *Swenson-Walker Crystalizer*. Oleh karena itu skripsi ini dibuat untuk mempelajari lebih lanjut mengenai perancangan kristalizer.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Natrium Nitrat yang semakin tinggi, namun belum ada pabrik Natrium Nitrat yang berdiri di Indonesia sehingga dalam pemenuhannya masih melakukan impor dari luar negeri
2. Kristalizer merupakan alat penting dalam pembuatan kristal Natrium Nitrat
3. *Swenson-Walker* merupakan tipe kristalizer yang memiliki harga murah, efisien dan merupakan alat yang umum digunakan dalam pembuatan kristal garam.

1.3 Pembatasan Masalah

Perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam , meliputi :

1. Natrium Nitrat merupakan produk yang akan dikristalkan/ dipisahkan dari campuran *mother liquor* dan produknya
2. Kristalizer adalah alat yang akan dirancang dalam penelitian ini
3. *Swenson-Walker* adalah kristalizer yang digunakan dalam perancangan ini.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan tipe Kristalizer yang digunakan ?
2. Bagaimana proses perancangan kristalizer untuk mengkristalkan natrium nitrat ?
3. Bagaimana hasil perancangan kristalizer tipe *Swenson Walker* ?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan tipe Kristalizer yang digunakan
2. Mengetahui proses perancangan kristalizer untuk mengkristalkan natrium nitrat
3. Mengetahui hasil perancangan kristalizer tipe *Swenson Walker*

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi :

1. Bagi lingkungan dan masyarakat

Memberikan wawasan dalam perancangan alat kristalizer untuk mengkristalkan produk

2. Bagi IPTEK

Memberikan informasi bahwa kristalizer tipe *Swenson-Walker* merupakan tipe kristalizer yang efisien, murah, serta cocok digunakan untuk mengkristalkan garam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Natrium Nitrat

Natrium Nitrat merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul NaNO_3 , yang termasuk kedalam bahan kimia inorganik. Natrium Nitrat termasuk bahan kimia intermediete berupa kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Diantaranya memiliki sifat mudah larut dalam air, gliserol, dan alkohol. Mempunyai titik lebur pada temperatur $308\text{ }^\circ\text{C}$, dan tidak termasuk bahan mudah meledak (Kirk et al., 1995). Natrium Nitrat ialah tipe garam yang telah digunakan sebagai komposisi bahan peledak dan bahan bakar padat roket, kaca, dan pelapis enamel. Senyawa ini juga disebut *Caliche*, *Saltpeter* dan Soda Niter. Chili masih memiliki cadangan terbesar *caliche*, dengan pertambangan aktif di tempat-tempat seperti Pedro de Valdivia, Maria Elena dan Pampa Blanca. Natrium nitrat, kalium nitrat, natrium sulfat dan iodin seluruhnya diperoleh dari pemrosesan *caliche*.

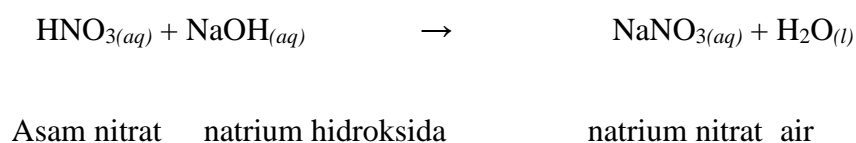
Natrium nitrat dapat dimurnikan dari garam alami dimana kandungan garam alami tersebut meliputi *Natrium Chloride* (NaCl), *Natrium Sulfate* (NaSO_3), *Potassium Chloride* (KCl), *Potassium Nitrate* (KNO_3), *Magnesium Chloride* (MgCl), dan garam lainnya. Natrium nitrat ditemukan secara luas di Chile, South America. Produksi natrium nitrat dimulai pada tahun 1990, 85% bahan baku disuplai dari garam alam. Natrium nitrat digunakan sebagai pupuk dan beberapa industrial proses. Pada tahun 1990, dunia memproduksi pupuk nitrogen dan

digunakan untuk pupuk tanaman di berbagai kondisi tanah. Produksi maksimum dari natrium nitrat pada tahun 1930 mencapai 3.000.000 ton/tahun. Nitrogen dapat diperoleh dari sintesis ammonium seperti *ammonium nitrate*, ammonium phosphate, dan *ammonium sulfate*. Asam nitrat menunjukkan hasil yang lebih baik terhadap pertumbuhan tanaman dibandingkan ammonium nitrate. Sehingga untuk optimalisasi produk, bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan pupuk dapat diganti dengan menggunakan asam nitrat. Asam nitrat dapat digunakan sebagai bahan peledak, plastik, pewarna serta dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan natrium nitrat.

Pada pertengahan tahun 1990, natrium nitrat digunakan diberbagai industri pembuatan pupuk dan bahan peledak . Selain itu, natrium nitrat memiliki sifat antimikrobia sehingga digunakan sebagai pengawet makanan. Senyawa ini ditemukan secara alami dalam sayuran hijau berdaun. Selain itu, senyawa ini berpotensi kesehatan dalam menambah oksigen pada darah, selain efek sampingnya pada kesehatan khususnya bila terdapat dalam dosis tinggi.(Kirk et al., 1995).

Natrium Nitrat dapat dibuat dengan mereaksikan asam nitrat dengan natrium hidroksida pada fase cair.

Reaksi antara HNO_3 dan NaOH dapat dituliskan sebagai berikut :





Asam nitrat natrium karbonat natrium nitrat air

Natrium nitrat memiliki titik didih sebesar 380°C dan akan meledak pada suhu 1000°C (Kirk et al., 1995).

2.2 Kristalisasi

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen dan merupakan salah satu proses pemurnian dengan hasil produk berupa padatan. Proses ini menjadi salah satu proses yang penting dalam dunia industri karena menghasilkan produk kristal padat dengan kemurnian tinggi, serta mudah dalam penyimpanan serta transportasi produk. Salah satu sifat penting kristal yang perlu diperhatikan adalah ukuran kristal individual dan keseragaman ukurannya. (Mc Cabe et al,1985). Kristalisasi dilakukan didasarkan pada prinsip kelarutannya , yakni suatu senyawa akan cenderung lebih cepat larut didalam cairan dingin. Ketika senyawa berada pada kondisi panas serta keadaanya jenuh kemudian dibiarkan mendingin, maka zat terlarut tidak akan larut dalam pelarut dan akan membentuk kristal dengan senyawa murni (Anonim, 2015).

Dalam proses terbentuknya kristal , dimulai dengan proses nuleasi (*Nucleation*) dan pertumbuhan kristal (*crystal growth*). Proses nukleasi dan pertumbuhan kristal terjadi pada keadaan yang sangat jenuh. Kejenuhan ini dapat diperoleh dengan mengubah suhu, menghilangkan pelarut, atau dengan agen pendamping reaksi untuk menambah berat kristal (*drowing-out agent*).

Selanjutnya material akan mencapai titik kesetimbangan melalui nukleasi dan pertumbuhan nuklei.

Sementara itu, *crystal growth*, merupakan pertumbuhan selanjutnya dari inti yang berhasil mencapai ukuran cluster dari kristal. Nukleasi dan pertumbuhan kristal akan terus menerus terjadi secara bersamaan saat keadaan jenuh masih terjadi. Keseimbangan kristalisasi tercapai jika larutan induk (mother liquor) dalam keadaan jenuh (Perry, 1999). Distribusi ukuran kristal dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan inti kristal dan kecepatan pembesaran kristal. Driving Force untuk kedua proses itu adalah supersaturasi, yaitu selisih antara konsentrasi solut dalam larutan setiap saat di atas konsentrasi jenuhnya (Foust dkk., 1980). Cara memperoleh supersaturasi yaitu dengan cara menguapkan sebagian solven atau dengan pendingin, atau dengan membentuk solut baru dengan reaksi kimia, yaitu pada proses-proses dengan reaksi kimia diikuti kristalisasi dalam tempat yang sama (Badger dan Banchemo, 1957).

Pada saat larutan mengalami proses pendinginan, pelarut tidak dapat lagi menahan semua molekul zat terlarut, dan mereka mulai meninggalkan larutan dan membentuk suatu kristal padat. Selama proses pendinginan, setiap molekul zat terlarut pada saat mengalami penumbuhan kristal akan diam pada permukaan kristal. Apabila geometri molekul sesuai dengan kristal, maka akan lebih mungkin tetap berada dalam kristal daripada kembali dalam larutan. Larutan yang dingin kemudian disaring untuk mengisolasi kristal

murni dan kristal tersebut dibilas dengan pelarut dingin (McKetta, John J. 2003).

2.3 Metode Proses Kristalisasi

Industri yang menggunakan teknologi kristalisasi dapat beroperasi secara kontinyu atau batch. Sistem kontinyu terjadi pada proses produksi dengan kapasitas yang besar. Sistem kontinyu lebih menguntungkan dalam industri karena dapat mempersingkat waktu proses, sehingga menekan biaya operasi. Klasifikasi sistem kristalisasi dibagi menjadi 2, yaitu secara Kontinyu dan *Batch*.

1. *Continuously Operated Crystallizers*

Kelebihan dari proses kristalisasi secara kontinyu yaitu *residence time* yang kecil, ditunjukkan dengan persamaan $t = V_{\text{sus}}/V_R$ dimana V_{sus} adalah volume suspensi dan V_R adalah *volumetric flow of product suspension* dari kristal yang terbentuk. Sehingga ketika V_R / kristal yang terbentuk semakin banyak, maka waktu tinggal yang diperlukan semakin singkat (Crystallization Technology Handbook, 2001).

Metode ini berjalan pada kondisi *steady state* dimana laju alir massa masuk dan keluar tidak mengalami perubahan (Bakhsh, Anis 2013).

2. *Crystallization in Batch Process*

Batch Crystallization berjalan stabil, dimana tidak ada aliran massa yang masuk atau keluar. Properti fluida dalam material akan bervariasi setiap waktu (*Unsteady-State*), atau mengalami perubahan massa, panas serta akumulasi didalamnya. *Crystallization* dengan metode ini jarang digunakan dalam kapasitas besar, karena memerlukan waktu operasi

yang lama dan biaya operasi yang tinggi. Keuntungan dengan menggunakan metode *Batch* adalah dapat memproduksi ukuran kristal yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil, menghasilkan kristal yang lebih murni, serta lebih fleksibel untuk memproduksi produk dalam kapasitas kecil (Bakhsh, Anis 2013).

3. *Crystallization by Cooling*

Kristalisasi dengan proses pendinginan terjadi ketika kelarutan pelarut sangat tinggi atau terjadi kenaikan kelarutan pada *solution* seiring dengan naiknya *temperature*, misalkan yang terjadi pada proses pembentukan NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NaClO_3 dan KNO_3 . Contoh sederhana dari proses ini dimana terjadi penguapan suatu *solution* pada temperatur tinggi sehingga kelarutan *solution* tersebut akan naik (larutan dibawah titik saturasi/titik jenuhnya) sebelum menjadi kristal. Larutan umpan ini akan didinginkan dengan menggunakan *jacket* atau *cooler* didalam *crystallizer* sampai kondisi *supersaturated* dan kristal akan terbentuk (Bakhsh, Anis 2013).

4. *Crystallization by Evaporation*

Kristalisasi dengan penguapan terjadi dimana kelarutan zat terlarut memiliki kondisi yang tidak teratur, terjadi kenaikan yang tidak konstan atau bahkan terjadi penurunan suhu yang sulit dikondisikan. Larutan umpan yang masuk dengan kondisi tidak jenuh kemudian larutan umpan dipanaskan ke titik didih larutan sehingga solven/ pelarut akan menguap. Larutan dipanaskan dengan menggunakan *jacket external*, atau dengan

pemanas *coil* yang dipasang didalam *crystallizer* sebagai media penukar panas (Mersmann, 2001; Wantha, 2006; GEA Messo, 2011).

5. *Crystallization Under Vacuum*

Metode ini terjadi penguapan dan pendinginan larutan secara bersamaan dengan mengurangi suhu dan tekanan, yang dilengkapi dengan kompresor *jet steam*. Ketika terjadi penguapan, larutan akan kehilangan energi yang dibutuhkan untuk menguapkan pelarut yang menyebabkan larutan menjadi dingin dan jenuh kemudian berubah menjadi kristal (Mersmann, 2001).

2.4 *Crystallizer*

Kristalizer dioperasikan untuk mengkristalkan material dari pelarutnya, yang biasa diaplikasikan dalam dunia industri seperti industri gula, garam. Makanan, bahan kimia, dan farmasi. Klasifikasi kristalizer secara umum ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Kristalizer

Basis	Tipe	Tipe Crystallizer
Proses Operasi	<i>Batch Crystallizer</i>	<i>Stir-tank Crystallizer</i>
	<i>Continuous Crystallizer</i>	<i>Swenson-Walker, FC dan DTB Crystallizer</i>
Proses dalam Kondisi Supersaturasi	Pendingin	<i>Vaccum Crystallizer</i>
	Evaporator adiabatik dan pendingin	<i>Crystal Crystallizers, Draft-Tube Crystallizers</i>
	Evaporasi	

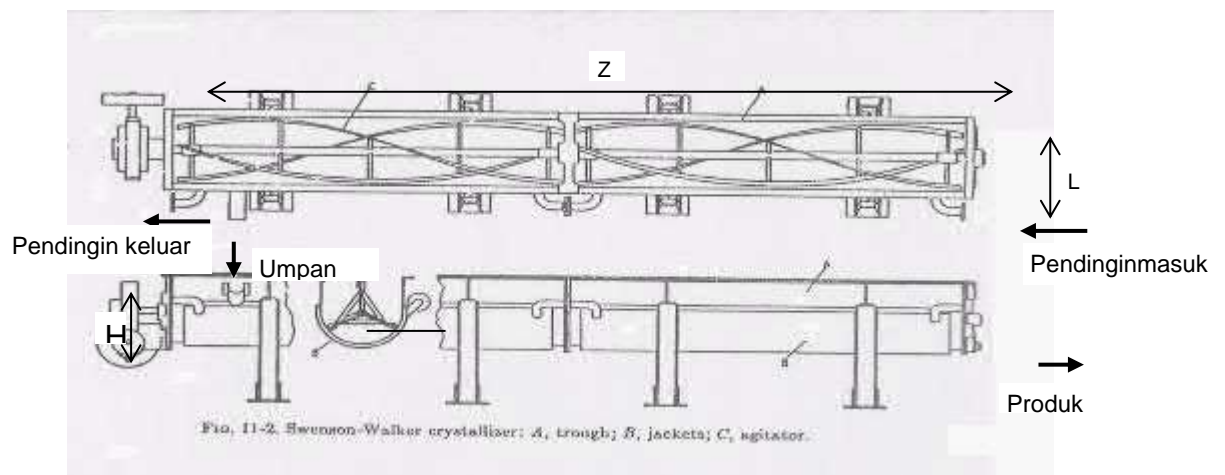
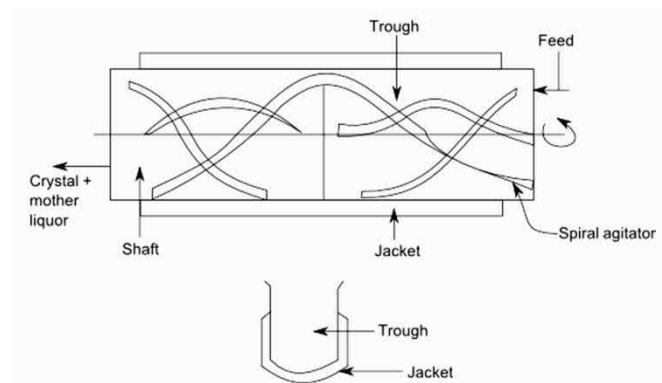
(Geankoplis, 2007)

Continous Crystallizer biasa digunakan dalam industri kimia karena kondisi operasi yang efisien sehingga menekan kebutuhan energi serta menghasilkan kualitas produk yang seragam (Wohlk and Hofmann, 1987). Beberapa tipe umum *Continous Crystllizer* antara lain ,*Forced Circulation (FC)* , *Draft-tube-Baffle (DTB)*, dan *Fluidized Suspension (FS)*.

2.5 Swenson-Walker Crystallizer

Salah satu tipe *continous* kristalizer (dengan pendinginan) yang digunakan di United State adalah tipe *Swenson-Walker Crystallizer*. Tipe ini terdiri dari *semicylindrical bottom*, dan dilengkapi dengan jacket pendingin diluar silinder. *Swenson-Walker* dilengkapi dengan agitator yang memiliki putaran kurang lebih 7rpm, serta panjang 10 ft. Larutan panas umpan akan masuk pada lubang input dan air pendingin akan masuk dalam jacket dengan arah aliran *counter-current*. Untuk mengatur ukuran kristal, dapat dilakukan dengan penambahan jumlah air pendingin pada bagian teetentu. Fungsi dari agitator bukan hanya untuk pengaduk , namun juga sebagai alat transportasi kristal, selain itu bertujuan untuk mengurangi akumulasi kristal pada permukaan pendingin. Kristal yang terbentuk akan dicuci atau dikontakkan kembali dengan *mother liquor* (larutan induk) , *mother liquor* akan diproses kembali dan kristal basah akan diproses dalam *centrifuge* . Bentuk dari *Swenson-Walker* ditunjukkan pada gambar

2.2



Gambar 2.2 Swenson-Walker Crystallizer

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, Robert S, Newton Robert D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- ASME Guidelines for Water Quality in Modern Industrial Water Tube for Reliable Continuous Operation. 1994. <http://waterracorp.com>. Diakses pada 20 Mei 2019.
- ASME Water Quality Standard for Cooling water, Cold water, Hot water, Makeup water (JRA GL02-1994). 1994. <http://www.mech.co.jp/> Diakses pada 20 Mei 2019.
- Australian/New Zealand Standard. 2008. *Interior and Workplace Lighting*. ISBN 0733787185.
- Badan Pusat Statistik, <https://www.bps.go.id> Diakses pada 10 November 2018.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Banten, <https://banten.bps.go.id> Diakses pada tanggal 10 November 2018.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Sistem Manajemen Lingkungan Persyaratan dengan Panduan Penggunaan (ISO 14001:2015)*.
- Badger, W. L dan J. T. Bachero., 1995. *Introduction to Chemical Engineering*. Mc Graw hill.
- Bank Indonesia. 2019. Informasi Kurs Mata Uang. www.bi.go.id. Diakses pada 20 Juni 2019.
- Booth, G. (2000). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol.23. https://doi.org/10.1002/14356007.a17_009
- Brown, George G. 1950. *Unit Operation*. CBS Publisher. New Delhi.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- CN103041612A., 2012. *Method For Controlling Sodium Nitrate Quality in Vacuum Cooling Crystallization Technology*.
- CN101343072A., 2008. *Method For Preparing Sodium Nitrate With Soda Niter*.
- Coulson, J.M dan J.F. Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. New York.
- Economic Indicator. *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*.

www.chemengonline.com/pci. Diakses pada 20 Juni 2019.

Future Markets Insights, <https://www.futuremarketinsights.com/reports/sodium-nitrate-market>. Diakses pada 30 Oktober 2018.

Gandy D., 2007. *Carbon Steel Handbook*. Electric Power Research Institute. California.

Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc. USA.

Hamdiyati, Y., 2004. Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II.

Hayuning, T. I, dan Sudarmaji., 2015. Pengelolaan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. Inka (Persero) Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 8 No. 1 Januari 2015. Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Surabaya.

Issue, E. (2014). *Guidance for Transporting Nitric Acid in Tanks 1998*.

Kementerian Perdagangan (2018), <http://www.kemenperin.go.id/> Diakses pada 05 November 2018.

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, <http://www.kemenperin.go.id/> Diakses pada 13 November 2018.

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia., 2015. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2025*. Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian. Jakarta.

Keputusan Gubernur Banten Nomor 561/Kep.442-Huk/2017 Tentang Penetapan Upah Minimum Kabupaten/Kota di Provinsi Banten Tahun 2018. Serang.

Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 561/Kep.1065-Yanbangsos/2017 Tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2018. Bandung.

Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Tokyo.

Kirk, R. E., Kroschwitz, J. I., dan Othmer, D. F. (1995). *Encyclopedia Of Chemical Technology*. New York : John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1096/fj.09-153924>

Koiranen, T., Woldemariam, M., dan Salminen, A. (2017). *Chemical Engineering & Process Technology Reactor Performance and Design Concept in Additively Manufactured Milli-Scale Reactors*, 8(5). <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000363>.

Leonard, A., Hante, T., 1950. *USPatent 2535990 Production of Sodium Nitrate*.

- Levenspiel, O. (1998). *Fluid-Particle Reactions: Kinetics. Chemical Reaction Engineering*. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(80\)80132-1](https://doi.org/10.1016/0009-2509(80)80132-1).
- Linyi Luguang Chemical Co., Ltd, Tiongkok, www.lu-guang.com. Diakses pada 05 November 2018.
- Matche, *Equipment Cost*. <http://matche.com>. Diakses pada 20 Juni 2019.
- Material Property Data, <http://www.matweb.com>. Diakses pada 12 Februari 2019.
- McCabe, W. L., J. C. Smith, P. Harriott. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th ed.* Singapore: McGraw-Hill Book.co
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua dan Pemandian Umum.
- Miller, W. S. (1953). June 23, 1953 U.S.Patent 2,643,180. *Method of Production Sodium Nitrate* Filed Nov. 2, 1950.
- Minton E. Paul., 1986. *Handbook of Evaporation Technology*. Noyes Publications. United States.
- Mullin, J. W., 2001. *Cristallization 4th ed.* Butterworth, Heinemann.
- Nasir M, dan Edy Purwo Saputro., 2015. Manajemen Pengelolaan Limbah Industri. *Jurnal Manajemen dan Bisnis*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Occidental Petroleum Corporation, <http://www.oxy.com/> Diakses pada 20 November 2018.
- Patnaik, P. (2003). *Handbook of Inorganic Chemicals. Eboook*. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.571>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Peraturan Walikota Cilegon Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Rencana Kerja Pembangunan Daerah Tahun 2016.
- Peters, Max. S, Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Peters, M. S. *et al.* 2004. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Perry, Robert H, Green, Don W. 1997. *Perry's Chemical Engineers', 7th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.

- PT. Asahimas Chemical, <https://www.asc.co.id/> Diakses pada 10 November 2018.
- PT. Kawasan Industri Kujang Cikampek (KIKC), <http://www.kikc.co.id/> Diakses pada 9 November 2018.
- PT. Krakatau Industrial Estate Cilegon, <http://kiec.co.id/> Diakses pada 10 November 2018.
- PT. Multi Nitrotama Kimia, <http://mnk.co.id/> Diakses pada 09 November 2018.
- PT. Pupuk Kujang. 1998. *Dokumen Unit Utility*.Cikampek.
- PT. Sulfindo Adi Usaha, http://www.sulfindo.com/contact_us.php. Diakses pada 10 November 2018.
- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of corrosion. New York* (Vol. 9). [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(00\)83445-5](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(00)83445-5).
- Severn, W.H., Degler, H.E., Milles, J.C., 1964. *Steam, Air, and Gas Power*. Modern Asia Edition, John Wiley and Sons Inc. New York.
- Shreve, Randolph N, George T. Austin. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries 5th ed.*, McGraw-Hill, Michigan University.
- Sigma-Aldirch, <http://www.sigmaaldrich.com>. Diakses pada 20 Desember 2018.
- Sinnott, R. K. 1983. *Chemical Engineering Design*. Chennai: Laserword Private Limited.
- Smith, J.M, Van Ness, H.C, Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Standar Pangan. *Standar Internasional ISO-9001:2015 Sistem Manajemen Mutu-Persyaratan*. <http://standarpangan.pom.go.id>. Diakses pada 25 Mei 2019.
- Theories, A. R. (1887). *General Chemistry/Properties and Theories of Acids and Bases*, 1–9.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass Transfer Operations 3rd ed.* New York: Mc Graw Hill Book Co.
- UN Data a World of Information, <http://data.un.org/> Diakses pada 10 November 2018.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 1992 Tentang Jaminan Tenaga Kerja. 1992.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 Tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat. 1999.

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas. 2007.
- Ulrich, G D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- White, Frank M. 2009. *Fluid Mechanics, 4th ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Xiangfan Tianjiu Chemical Co., Ltd, Tiongkok, <http://www.lu-guang.com/> Diakses pada 05 November 2018.
- YingFengYuan Industrial Group, Tiongkok, <http://www.yingfengyuan.com/> Diakses pada 05 November 2018.