



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang Prabumulih KM 32 Palembang Kab. Ogan Ilir 30662 Telepon (0711) 580739,
Faximile (0711) 580741 Pos El. ftunsri@unsri.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 0478/UN9.FT/TU.ST/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan ini memberikan tugas kepada Saudara-saudara yang namanya tersebut dalam Lampiran Surat Tugas ini sebagai Pembimbing Tugas Akhir untuk Mahasiswa Angkatan 2016 pada :

Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Kimia Kampus Indralaya
Semester : Ganjil Tahun Ajaran 2019/2020

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya dengan penuh tanggung jawab.

Dikeluarkan di : Indralaya
Pada Tanggal : 24 September 2019

Dekan,

Prof. Ir. Subriyeh Nasir, MS., Ph.D.
NIP. 196009091987031004



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang Prabumulih KM 32 Palembang Kab. Ogan Ilir 30662 Telepon (0711) 580739,
Faximile (0711) 580741 Pos El. ftunsri@unsri.ac.id

Lampiran : Surat Tugas Dekan Fakultas Teknik Unsri
Nomor : 0478/UN9.FT/TU.ST/2019
Tanggal : 24 September 2019

NAMA - NAMA DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
MAHASISWA JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNSRI KAMPUS INDRALAYA ANGKATAN 2016
PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AJARAN 2019/2020

NO	NAMA	NIM	DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
1	Mufaddhol Siregar Dwi Luthfi Ainun Ilmi	03031181621003 03031281621051	Ir. Hj. Farida Ali, DEA
2	Christianty Darmawilly Iteh	03031281621036 03031281621040	Novia, ST, MT, Ph.D
3	Medias Indah Monica Sari Adhe Muhammad Rainadi	03031181621018 03031281621046	Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT
4	Indah Median Chandra Muhammad Nopriyansyah	03031181621027 03031281621035	Hj. Tuty Emilia A., ST, MT, Ph.D
5	Siti Sarah Hendri Prasetyo	03031181621115 03031281621041	Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, MT
6	Iqne Zakiah Rohani Marchelin	03031281621052 03031281621053	Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, Ph.D
7	Marisa Anggraini Maria Margaretha Baringbing	03031181621006 03031181621025	Lia Cundari, ST, MT
8	Nova Wahyuni Intan Retri Utari	03031181621020 03031181621120	Hj. Tuty Emilia A., ST, MT, Ph.D
9	Kevin adrian Wijaya Nike Putri Anggelina	03031181621026 03031281621050	Selpiana, ST, MT
10	Yuminten Melda Elbenia Doloksaribu	03031181621033 03031181621116	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
11	Badria Dania Ellen	03031181621117 03031181621121	Prahady S., ST, MT
12	M. Harun Tengku Rezky Yolanda	03031281621110 03031181621024	Elda Melwita, ST, MT, Ph.D
13	Annisia Dwi Rosalina Yuda Daffa Derlyansza	03031281621113 03031181621009	Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
14	Muhammad Johan Fajria Septia Sukma	03031181621109 03031281621123	Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni B., M.Eng
15	Mita Agustina Epa Aprilia	03031181621015 03031181621030	Hj. Asyeni Miftahul Jannah, ST, M.Si



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang Prabumulih KM 32 PalembangKab. Ogan Ilir 30662 Telepon (0711) 580739,
Faximile (0711) 580741 Pos El. ftunsri@unsri.ac.id

16	Tri Meliasari Sri Mawarni	03031181621031 03031181621034	Ir. Pamilia Coniwanti, MT
17	R. M. Yusuf Agustria Al Azhar	03031181621013 03031281621122	Dr. Tuti Indah Sari, ST, MT
18	Aura Nabilla Sri Rahayu	03031181621014 03031281621119	Budi Santoso, ST, MT
19	Muhammad Rifqi Tirtasakti Nugroho	03031281621039 03031381621087	Dr. David Bahrin, ST, MT
20	Chelsi Muhammad Nugroho	03031181621114 03031282621049	Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
21	M. Rian Samudin Rahma Eti Jayanti	03031181621001 03031181621011	Dr. Ir. Hj. Susila Arita R., DEA
22	Rudi Yusuf Jean Adiz Radewa	03031281621111 03031281621043	Dr. Hj. Leily Nurul K., ST, MT
23	Heryanto Linda Santia	03031281621048 03031281621032	Selpiana, ST, MT
24	Nurhasanah Yulianti Nadia Ayu Putri	03031181621022 03031181621028	Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M.Sc
25	Dimas A Nugroho	03031181621017	Novia, ST, MT, Ph.D
26	Dwi Setiawan Heber carlos Simaremare	03031181621112 03031181621010	Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng

Dekan,

Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D.
NIP. 19600901987031004

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLORIN
KAPASITAS 30.000 TON / TAHUN**

**Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya**



Christanty

NIM. 03031281621036

Darmawilly Iteh

NIM. 03031281621040

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLORIN

KAPASITAS 30.000 TON / TAHUN

SKRIPSI

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana**

Oleh

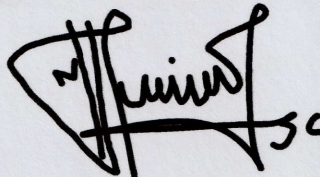
Christanty

NIM. 03031281621036

Darmawilly Iteh

NIM. 03031281621040

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

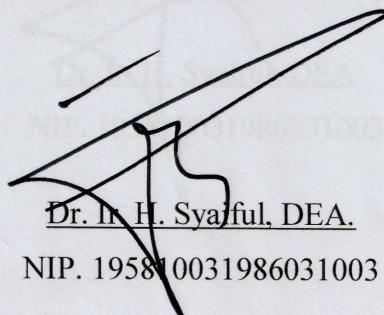


Novia, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197311052000032003

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA.

NIP. 195810031986031003

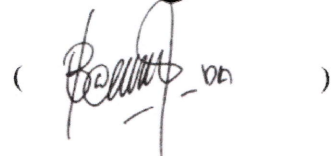
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin Kapasitas 30.000 Ton / Tahun" telah dipertahankan oleh Christanty dan Darmawilly Iteh di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 September 2020.


Palembang, September 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.
NIP. 196009091987031004
3. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.
NIP. 1671046701900003



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

Christanty	03031281621036
Darmawilly Iteh	03031281621040

Judul:

“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLOORIN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN”

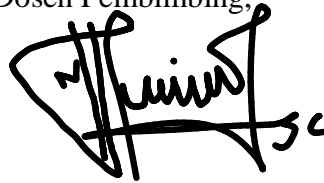
Mahasiswa tersebut telah melakukan perbaikan yang diberikan Dosen Penguji dalam sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 September 2020.

Tim Penguji,

1. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.
3. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

Indralaya, September 2020

Dosen Pembimbing,



Novia, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197311052000032003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Christanty

NIM : 03031281621036

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin
Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Darmawilly Iteh** didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2020



Christanty

NIM. 03031281621036



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Darmawilly Iteh
NIM : 03031281621040
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin
Kapasitas 30.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Christanty** didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2020



Darmawilly Iteh

NIM. 03031281621040



ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KLORIN

KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2020

Christanty dan Darmawilly Iteh;

Dibimbing oleh Novia, S.T., M.T., Ph.D

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan klorin berkapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2025 di Kawasan Industri Cilegon, Kecamatan Citangkil, Cilegon, Banten yang diperkirakan memiliki luas area 5 Ha. Proses pembuatan klorin mengacu pada paten US 2019/0292049 A1, dimana proses yang digunakan adalah oksidasi hidrogen klorida pada reaktor *Multitubular Fixed Bed Reactor* menggunakan katalis $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ pada temperatur 350°C dan tekanan 3 atm. Bahan baku yang digunakan adalah hidrogen klorida dan oksigen dari udara.

Pabrik yang akan didirikan ini merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, dengan total karyawan 125 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik klorin ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi, yaitu:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US \$ 51.706.363,098
- *Total Production Cost (TPC)* = US \$ 43.638.332,029
- Total Penjualan per Tahun (SP) = US \$ 70.235.518,700
- *Annual Cash Flow (ACF)* = US \$ 25.041.972,571
- *Pay Out Time (POT)* = 1,8569 tahun
- *Rate of Return on Investment (ROR)* = 41,1511 %
- *Discounted Cash Flow (DCF)* = 60,1995 %
- *Break Even Point (BEP)* = 31,2854 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci : Hidrogen Klorida, Klorin, Oksidasi, *Multitubular Fixed Bed Reactor*, Analisa Ekonomi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Klorin Kapasitas 30.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat akhir untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada kami.
2. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA., selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Novia, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2016 beserta semua pihak yang turut serta dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca.

Indralaya, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Klorin	3
1.3.1. Metode Reaksi Menggunakan Mangan Klorida	3
1.3.2. Metode Oksidasi Gas Hidrogen Klorida	3
1.3.3. Metode Elektrolisis Natrium Klorida.....	4
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	4
BAB II PERENCANAAN PABRIK	10
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	10
2.2. Penentuan Kapasitas Produksi.....	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku	12
2.4. Pemilihan Proses	12
2.5. Uraian Proses	13
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK	16
3.1. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	16
3.2. Tata Letak Pabrik	18
3.3. Perkiraan Luas Area Pabrik.....	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	22
4.1. Neraca Massa.....	22

4.2. Neraca Panas	25
BAB V UTILITAS	29
5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	29
5.2. Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	30
5.3. Unit Pengadaan Air	30
5.4. Unit Pengadaan Tenaga Listrik	33
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar	36
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	38
6.1. <i>Absorber-01 (AB-01)</i>	38
6.2. <i>Chiller-01 (CH-01)</i>	39
6.3. <i>Heater-01 (H-01)</i>	40
6.4. <i>Heater-02 (H-02)</i>	41
6.5. <i>Heat Exchanger-01 (HE-01)</i>	42
6.6. <i>Heat Exchanger-02 (HE-02)</i>	43
6.7. Kompresor-01 (K-01)	44
6.8. Kompresor-02 (K-02)	45
6.9. Kompresor-03 (K-03)	46
6.10. <i>Knock Out Drum-01 (KOD-01)</i>	47
6.11. <i>Partial Condenser-01 (PC-01)</i>	48
6.12. Pompa-01 (P-01).....	49
6.13. Pompa-02 (P-02).....	50
6.14. Pompa-03 (P-03).....	51
6.15. Pompa-04 (P-04).....	52
6.16. Reaktor-01 (R-01).....	53
6.17. <i>Stripper-01 (ST-01)</i>	54
6.18. Tangki-01 (T-01).....	55
6.19. Tangki -02 (T-02).....	56
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN.....	57
7.1. Bentuk Perusahaan	57
7.2. Struktur dan Manajemen Organisasi Perusahaan	57

7.3. Tugas dan Wewenang	59
7.4. Sistem Kerja Karyawan.....	62
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan	63
BAB VIII ANALISA EKONOMI	69
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	70
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	71
8.3. Total Modal Akhir	73
8.4. Laju Pengembalian Modal	75
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP)	76
BAB 9 KESIMPULAN	79
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Impor Klorin Negara ASEAN	11
Tabel 3.1. Rincian Area Pabrik	19
Tabel 5.1. Rincian Kebutuhan <i>Steam</i> 370°C	29
Tabel 5.2. Rincian Kebutuhan <i>Refrigerant</i>	30
Tabel 5.3. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	33
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan	33
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Listrik Pabrik Klorin.....	35
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Bahan Bakar	37
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal <i>Shift</i>	63
Tabel 7.2. Rincian <i>Direct Operating Labor</i>	65
Tabel 7.3. Perincian Jumlah Karyawan	66
Tabel 8.1. <i>Selling Price</i>	70
Tabel 8.2. Angsuran Pengembalian Modal	72
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Kebutuhan Klorin Negara ASEAN 2013-2018.....	11
Gambar 2.2. Diagram Alir Proses Pabrik Pembuatan Klorin	15
Gambar 3.1. Denah Lokasi Rencana Pendirian Pabrik Klorin	16
Gambar 3.2. Perencanaan Tata Letak Pabrik Klorin.....	20
Gambar 3.3. Tata Letak Area Pabrik Klorin.....	21
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	68
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP)	76

DAFTAR NOTASI

1. **ABSORBER DAN STRIPPER**

A	: Luas penampang <i>tower</i> , m^2
a_p	: <i>Specific surface packing</i> , m^2/m^3
BM	: Berat molekul, kg/kmol
C	: <i>Liquid molar density</i> , kmol/ m^3
Cc	: Ketebalan korosi yang diperbolehkan, in/tahun
C_D	: Konstanta empiris <i>packing</i> , <i>dimensionless</i>
C_f	: Faktor karakteristik <i>packing</i> , <i>dimensionless</i>
D_G	: Difusifitas gas, m^2/s
D_L	: Difusifitas <i>liquid</i> , m^2/s
ds	: <i>Spherical diameter</i> , m
D_T	: Diameter <i>tower</i> , m
E_j	: Efisiensi pengelasan, <i>dimensionless</i>
F_G	: Koefisien perpindahan massa gas, kmol/ $m^2 \cdot s$
F_L	: Koefisien perpindahan massa <i>liquid</i> , kmol/ $m^2 \cdot s$
G	: Laju alir gas masuk, kg/jam
G'	: Laju alir gas keluar kolom, kg/jam
H	: Tinggi <i>head packing</i> , m : <i>Holdup correction factor</i> , <i>dimensionless</i>
H_{AB}	: Tinggi <i>absorber</i> , m
H_{tG}	: Tinggi <i>transfer unit</i> fase gas, m
H_{tL}	: Tinggi <i>transfer unit</i> fase <i>liquid</i> , m
H_{toG}	: Tinggi <i>transfer unit</i> total, m
L	: Laju alir <i>liquid</i> masuk, kg/jam
L'	: Laju alir <i>liquid</i> keluar kolom, kg/jam
m	: Konstanta empiris <i>packing</i> , <i>dimensionless</i>
n	: Konstanta empiris <i>packing</i> , <i>dimensionless</i>
N_{toG}	: Jumlah <i>transfer unit</i> total untuk fase gas, <i>dimensionless</i>
OD	: Outside <i>diameter</i> , m

P	: Tekanan operasi, atm
p	: Konstanta empiris <i>packing</i> , <i>dimensionless</i>
ΔP	: <i>Pressure drop</i> , atm
r_i	: Jari-jari kolom, m
S	: <i>Working stress</i> yang diizinkan, psi
Sc_G	: Bilangan Schmidt untuk gas, <i>dimensionless</i>
Sc_L	: Bilangan Schmidt untuk <i>liquid</i> , <i>dimensionless</i>
T	: Temperatur operasi, K
t	: Tebal dinding <i>absorber/stripper</i> , m
Z	: Tinggi <i>packing</i> , m
β	: Konstanta <i>empirical</i> untuk <i>velocity flooding</i> , <i>dimensionless</i>
ε	: <i>Void fraction</i> , <i>dimensionless</i>
σ	: Tegangan permukaan, dyne/cm
μ_G	: Viskositas gas, kg/m.s
μ_L	: Viskositas <i>liquid</i> , kg/m.s
ρ_G	: Densitas gas, kg/m ³
ρ_L	: Densitas <i>liquid</i> , kg/m ³
ϕ_L	: <i>Liquid holdup</i> , m ² /m ³

2. **CHILLER, HEAT EXCHANGER, HEATER, PARTIAL CONDENSER**

A	: Area perpindahan panas, ft ²
a_α, a_p	: Luas aliran pada <i>annulus, inner pipe</i> , ft ²
a_s, a_t	: Luas aliran pada <i>shell and tube</i> , ft ²
a''	: <i>External surface</i> per lin, ft ² /lin ft
B	: <i>Baffle spacing</i> , in
C	: <i>Clearence</i> antar <i>tube</i> , in
C_p	: <i>Heat capacity</i> , kJ/kmol.K
D	: Diameter dalam <i>tube</i> , in
D_e	: Diameter ekuivalen, in
D_B	: Diameter <i>bundle</i> , in
D_s	: Diameter <i>shell</i> , in
f	: Faktor friksi, ft ² /in ²

G_a	: Laju alir massa fluida pada <i>annulus</i> , lb/jam.ft ²
G_p	: Laju alir massa fluida pada <i>inner pipe</i> , lb/jam.ft ²
G_s	: Laju alir massa fluida pada <i>shell</i> , lb/jam.ft ²
g	: Percepatan gravitasi, ft/s ²
h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft ² .°F
h_1, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida dalam dan luar <i>tube</i>
ID	: <i>Inside diameter</i> , ft
j_H	: Faktor perpindahan panas, <i>dimensionless</i>
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr.ft ² .°F
L	: Panjang tube pipa, ft
LMTD	: <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> , °F
N	: Jumlah <i>baffle</i>
N_t	: Jumlah <i>tube</i>
OD	: <i>Outside diameter</i> , ft
P_T	: <i>Tube pitch</i> , in
ΔP_T	: <i>Return drop shell</i> , psi
ΔP_S	: Perbedaan tekanan pada <i>shell</i> , psi
ΔP_t	: Perbedaan tekanan pada <i>tube</i> , psi
Q	: Beban panas <i>heat exchanger</i> , Btu/hr
R_d	: <i>Dirt factor</i> , hr.ft ² .°F/Btu
Re	: Bilangan Reynold, <i>dimensionless</i>
s	: <i>Specific gravity</i> , <i>dimensionless</i>
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> , °F
t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> , °F
T_c	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_D	: <i>Clean overall coefficient, Design overall coefficient</i> , Btu.hr.ft ² .°F
W	: Laju alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Laju alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas, Cp

3. KOMPRESOR

C_p	: <i>Heat capacity</i> , kJ/kmol.K
k	: Konstanta kompresi
n	: Jumlah <i>stage</i> kompresi
P_w	: <i>Power</i> kompresor, hp
P_{in}	: Tekanan masuk, atm
P_{out}	: Tekanan keluar, atm
T_{in}	: Temperatur masuk kompresor, °C
T_2	: Temperatur keluar kompresor, °C
Q	: Kapasitas kompresor, ft ³ /menit
R_c	: Rasio kompresi, <i>dimensionless</i>
V	: Laju alir volumetrik, ft ³ /menit
W	: Laju alir massa, kg/jam
η	: Efisiensi kompresor
ρ	: Densitas, kg/m ³

4. KNOCK OUT DRUM

A	: Luas penampang dalam <i>vessel</i> , m ²
A_{min}	: Luas permukaan minimum <i>vessel</i> , m ²
C_c	: Ketebalan korosi yang diperbolehkan, in/tahun
D_{min}	: Diameter minimum <i>vessel</i> , m
D	: Diameter <i>vessel</i> , m
E_j	: Efisiensi pengelasan, <i>dimensionless</i>
h_{Liq}	: Tinggi liquid dalam <i>vessel</i> , m
h_{tot}	: Tinggi <i>vessel</i> , m
h_{pad}	: Tebal <i>mesh pad</i> , ft
k	: <i>Design velocity factor</i> , <i>dimensionless</i>
L_h	: Panjang <i>vessel</i> , m
P	: Tekanan operasi, atm
Q_L	: <i>Liquid volumetric flowrate</i> , m ³ /jam
Q_V	: <i>Vapour volumetric flowrate</i> , m ³ /jam
r_i	: Jari-jari kolom, m

S	: <i>Working stress</i> yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, K
t	: Tebal dinding <i>vessel</i> , m
$U_{v \max}$: Kecepatan uap maksimum, m/s
V_h	: Volume <i>vessel</i> , m ³
W_L	: <i>Liquid mass flowrate</i> , kg/jam
W_V	: <i>Vapour mass flowrate</i> , kg/jam
μ	: Viskositas, cP
ρ_L	: Densitas <i>liquid</i> , kg/m ³
ρ_V	: Densitas <i>vapour</i> , kg/m ³

5. POMPA

a''	: <i>Flow cross sectional area</i> , ft ²
BHP	: <i>Brake Horse Power</i> , HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: <i>Fanning friction factor</i> : Faktor keamanan
g_c	: <i>Gravitational conversion factor</i> , ft lbf/lbf s ²
H_{fdis}	: Total friksi <i>discharge</i> , ft.lbf/lbm
H_{fsuc}	: Total friksi <i>suction</i> , ft.lbf/lbm
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft.lbf/lbm
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft.lbf/lbm
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft.lbf/lbm
H_{ff}	: Friksi karena <i>fitting</i> dan <i>valve</i> , ft.lbf/lbm
H_{dis}, H_{suc}	: <i>Head discharge, suction</i> , ft.lbf/lbm
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
K_c, K_e	: <i>Contraction, expansion contraction</i> , ft
L	: Panjang pipa, ft
L_s	: Panjang ekuivalen pipa, ft
MHP	: <i>Motor Horse Power</i> , HP
m_s	: Laju alir massa, kg/jam
NPS	: <i>Nominal Pipe Size</i> , in

NPSH	: <i>Net Positive Suction Head</i> , ft.lbf/lbm
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
ΔP	: <i>Differential pressure</i> , psi
P_{uap}	: Tekanan uap, mmHg
P_x	: Tekanan di titik tertentu pompa, atm
Qf	: Kapasitas pompa, gal/menit
Re	: Bilangan Reynold, <i>dimensionless</i>
T	: Temperatur operasi, K
V_d	: <i>Discharge velocity</i> , ft/s
V_s	: <i>Suction velocity</i> , ft/s
W_s	: <i>Total head</i> pompa, ft.lbf/lbm
ε	: <i>Equivalent roughness</i> , ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³

6. REAKTOR

A_S	: <i>Shell cross sectional area</i> , m ²
A_{TCS}	: <i>Tube cross sectional area</i> , m ²
A_T	: <i>Total tube cross sectional area</i> , m ²
a''	: <i>Flow area</i> pipa, m ²
B_{CH}	: <i>Baffle cut height</i> , m
BM	: Berat molekul, kg/kmol
C_c	: Ketebalan korosi yang diperbolehkan, in/tahun
C_p	: <i>Heat capacity</i> , J/kg.°C
C_{xO}	: Konsentrasi mula-mula spesies X, kmol/m ³
C_x	: Konsentrasi spesies X, kmol/m ³
$-dP/dL$: <i>Pressure drop across tube</i> , Pa/m
D_S	: Diameter shell, m
D_b	: Diameter <i>bundle</i> , m
D_{sb}	: Diameter clearance, m
d_p	: Diameter katalis, m

E	: Energi aktivasi, kJ/kmol
E _j	: Efisiensi pengelasan, <i>dimensionless</i>
F _b	: Faktor koreksi <i>bypass</i> , <i>dimensionless</i>
F _L	: Faktor koreksi <i>leakage</i> , <i>dimensionless</i>
F _n	: Faktor koreksi <i>tube row</i> , <i>dimensionless</i>
F _w	: Faktor koreksi <i>window</i> , <i>dimensionless</i>
F _{XO}	: Laju alir molar mula-mula spesies X, kmol/jam
G	: <i>Superficial mass velocity</i> , kg/(m ² .s)
G _s	: <i>Shell side mass velocity</i> , kg/(m ² .s)
g _c	: <i>Gravitational conversion factor</i> , kg.m/N.s ²
ΔH _{298 X}	: Energi pembentukan senyawa X saat 298 K, kJ/kmol
H _{BBT}	: <i>Height between baffle tips</i> , m
H _e	: Tinggi <i>ellipsoidal head</i> , m
H _R	: Tinggi reaktor, m
h _i	: Koefisien perpindahan panas <i>tube</i> , W/m ² .°C
h _{oc}	: Koefisien perpindahan panas ideal <i>shell</i> , W/m ² .°C
h _s	: Koefisien perpindahan panas aktual <i>shell</i> , W/m ² .°C
ID _s	: Diameter dalam <i>shell</i> , m
IPS	: <i>Iron Pipe Size</i> , in
j _f	: Faktor friksi, <i>dimensionless</i>
j _H	: Faktor perpindahan panas, <i>dimensionless</i>
k	: Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol s
	: Konduktivitas termal, W/m.°C
K	: Konstanta Boltzmann = 1,3806 x 10 ⁻²⁶ kJ/K
K _{eq}	: Konstanta kesetimbangan, <i>dimensionless</i>
L	: Tinggi reaktor, m
L _b	: Sudu <i>baffle</i> , m
L _T	: Panjang <i>tube</i> , m
M _A	: Berat molekul A, kg/kmol
M _B	: Berat molekul B, kg/kmol
N	: Bilangan Avogadro = 6,203 . 10 ²³ molekul/mol

N_b	: Jumlah <i>baffle</i>
N_u	: Bilangan Nusselt, <i>dimensionless</i>
N_T	: Jumlah <i>tube</i>
OD	: Diameter luar reaktor, m
ΔP_c	: <i>Crossflow Zone Pressure Drop</i> , atm
ΔP_e	: <i>End Zone Pressure Drop</i> , atm
ΔP_s	: <i>Pressure drop shell</i> , atm
ΔP_T	: <i>Pressure drop tube</i> , atm
ΔP_w	: <i>Window Zone Pressure Drop</i> , atm
P	: Tekanan operasi, bar
P_r	: Bilangan Prandtl, <i>dimensionless</i>
P_T	: <i>Tube pitch</i> , m
P'_T	: <i>Vertical tube pitch</i> , m
Q_f	: <i>Volumetric flowrate</i> , m ³ /jam
r_i	: Jari-jari reaktor, m
$-r_A$: Laju reaksi, m ³ .jam/kmol
R	: Konstanta umum gas = 8,314 kJ/kmol.K
R_e	: Bilangan Reynold, <i>dimensionless</i>
S	: <i>Working stress</i> yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, m
T	: Temperatur operasi, K
V_k	: Volume katalis, m ³
V_R	: Volume reaktor, m ³
V_T	: Volume <i>tube</i> , m ³
v_T	: Kecepatan aliran dalam <i>tube</i> , m/s
W	: Laju alir massa, kg/jam
W_k	: Massa katalis, kg
X	: Konversi
σ_A	: Diameter molekul A, m
σ_B	: Diameter molekul B, m
μ	: Viskositas, N.s/m ²

ρ_{camp} : Densitas campuran gas, kg/m^3
 ρ_k : Densitas katalis, kg/m^3
 ϕ : Porositas katalis

7. TANGKI

C_c : Ketebalan korosi yang diperbolehkan, in/tahun
 D_T : Diameter tangki, m
 E_j : Efisiensi pengelasan, *dimensionless*
 H_h : Tinggi *ellipsoidal head*, m
 H_s : Tinggi silinder tangki, m
 H_t : Tinggi total tangki, m
 OD : Diameter luar reaktor, m
 P : Tekanan operasi, atm
 r_i : Jari-jari tangki, m
 S : *Working stress* yang diizinkan, psi
 T : Temperatur operasi, K
 t : Tebal dinding tangki, m
 V_h : Volume *ellipsoidal head*, m^3
 V_s : Volume silinder tangki, m^3
 V_T : Volume tangki, m^3
 W : Laju alir massa, kg/jam
 ρ : Densitas, kg/m^3

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. NERACA MASSA	84
LAMPIRAN 2. NERACA PANAS	100
LAMPIRAN 3. SPESIFIKASI PERALATAN	135
LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN EKONOMI	263
LAMPIRAN 5. TUGAS KHUSUS	273

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di dunia yang semakin pesat secara langsung mempengaruhi arus produksi barang ataupun jasa dalam berbagai sektor, salah satu sektor yang dimaksud adalah pada industri kimia. Industri kimia merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam industri, karena bahan-bahan kimia dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti kesehatan, lingkungan, dan bahkan dalam industri kimia itu sendiri. Setiap industri memerlukan bahan baku dalam proses pembuatannya, Apabila kebutuhan dari bahan baku dalam suatu industri tidak tersedia di daerah tersebut, maka dapat dipenuhi dengan melakukan impor. Namun, impor yang dilakukan terus menerus dapat berpotensi membebani tingkat pengeluaran ekonomi dari suatu negara tersebut, mengingat potensi peningkatan setiap tahunnya. Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan impor adalah dengan memproduksi bahan tersebut secara mandiri melalui pembangunan pabrik.

Salah satu bahan kimia yang memiliki banyak kegunaan dalam berbagai sektor adalah senyawa klorin. Klorin dan senyawa turunannya dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan sebagai desinfektan, bahan pemutih (*bleach*), sebagai bahan pestisida, dan bahan baku untuk memproduksi turunan dari senyawa klorin lainnya. Senyawa turunan klorin yang paling sering dimanfaatkan adalah polimer poli-vinil klorida atau PVC sebagai bahan utama dalam pembuatan pipa (Hasan, 2006).

Proses produksi dari klorin pada umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan proses elektrolisis atau disebut sebagai proses klor-alkali, selain itu proses produksi klorin dapat dilakukan dengan menggunakan proses oksidasi hidrogen klorida dengan oksigen. Salah satu pabrik yang memproduksi klorin adalah PT. Asahimas Chemical, pabrik ini memproduksi klorin dalam bentuk gas sebagai produk samping dari proses klor-alkali. Klorin dapat dimanfaatkan sebagai bahan intermediet untuk proses selanjutnya, yaitu pembuatan etilen diklorida lalu diolah menjadi monomer vinil klorida (Saputra, 2015). PT. Asahimas Chemical merupakan satu-satunya pabrik produsen klorin di Indonesia, sebagai produk

samping dari proses klor-alkali. Akan tetapi, klorin yang dihasilkan langsung dimanfaatkan untuk proses lebih lanjut, yaitu untuk pembuatan EDC dan PVC. Oleh karena itu, perencanaan pendirian pabrik klorin di Indonesia perlu dipertimbangkan. Pertimbangan ini didasarkan atas meningkatnya impor klorin setiap tahunnya, sehingga pembangunan pabrik ini dapat mengurangi impor komoditi tersebut.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Klorin pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ahli farmasi yang berasal dari Swedia, Carl Wilhem Scheele pada tahun 1774. Gas klorin tersebut terbentuk dari reaksi antara larutan asam klorida dengan kepingan logam mangan oksida, gas yang dihasilkan memiliki warna kuning kehijauan (Hasan, 2006). Proses ini kemudian dikomersialisasikan dengan perkembangan lebih lanjut dan dinamakan proses Weldon, proses ini dilakukan dengan kondisi temperatur sebesar 100-110 °C. Reaksi dalam proses ini terjadi dalam dua tahap, yaitu pembentukan mangan tetraklorida, lalu terdekomposisi menjadi mangan diklorida dan klorin.

Proses komersialisasi produksi klorin kemudian mengalami perkembangan setelah salah satu ahli kimia di Inggris, Henry Deacon pada tahun 1870 menemukan proses produksi dengan cara mengoksidasikan gas hidrogen klorida dengan udara melalui *bed* katalis pada kondisi operasi 370-400 °C. Proses produksi dari klorin sendiri kemudian mengalami perkembangan teknologi ditandai dengan penerapan elektrolisis larutan garam atau *brine* dimulai pada 1890 di Jerman (Wisniak, 2002). Pabrik yang memproduksi klorin dengan menggunakan teknologi oksidasi gas hidrogen klorida adalah Sumitomo Chemical di Jepang. Hingga saat ini, mayoritas pabrik yang memproduksi klorin menggunakan teknologi elektrolisis *brine*, seperti BASF, Braskem, DowDuPont, Evoniik, Unipar, dan lain-lain (Vallette dkk, 2018).

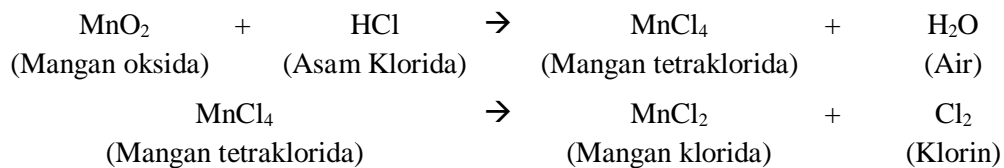
Klorin apabila ditinjau berdasarkan kegunaannya, memiliki jangkauan yang luas. Klorin secara langsung dapat berperan sebagai desinfektan pada industri atau instalasi yang bergerak di bidang pengolahan air. Senyawa turunan klorin seperti vinil klorida berperan sebagai bahan untuk membuat polimer polivinil klorida, atau senyawa-senyawa alkil klorida seperti metal- dan etil klorida yang berperan banyak dalam industri cat, makanan, dan kesehatan (Kirk dan Othmer, 1991). Pada sektor industri tekstil, pulp, dan kertas, klorin berperan sebagai zat pemutih (Hasan, 2006).

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Klorin

Klorin diproduksi secara komersial dalam skala pabrik dengan berbagai metode, antara lain menggunakan metode reaksi dengan mangan klorida, oksidasi dari gas hidrogen klorida, dan elektrolisis (Wisniak, 2002). Metode produksi ini diterapkan seiring perkembangan dari zaman dan menyesuaikan kebutuhan industri.

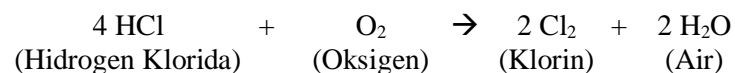
1.3.1. Metode Reaksi Menggunakan Mangan Korida

Nama lain metode ini adalah Metode Scheele dimana logam mangan oksida direaksikan dengan gas hidrogen klorida yang akan menghasilkan produk akhir berupa mangan klorida, gas klorida, dan air. Reaksi ini berjalan dalam kondisi operasi temperatur 100 hingga 110°C. Metode ini berlangsung dalam dua tahap reaksi, reaksi yang pertama menghasilkan produk berupa mangan tetraklorida dan reaksi tahap kedua mendekomposisi mangan tetraklorida menjadi mangan klorida dan gas klorida (Wisniak, 2002). Reaksi-reaksi ini dapat ditulis sebagai berikut.



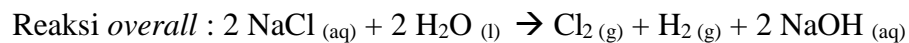
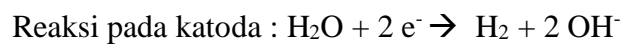
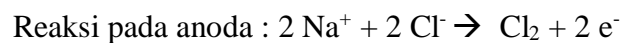
1.3.2. Metode Oksidasi Gas Hidrogen Klorida

Proses produksi gas klorida dapat dilakukan menggunakan oksidasi gas hidrogen klorida. Proses ini pertama kali ditemukan oleh Henry Deacon pada tahun 1870 dengan menggunakan reaktan berupa campuran gas hidrogen klorida dalam udara yang dilewatkan ke dalam reaktor dengan *bed* katalis. Katalis tersebut sebelumnya telah direndam di larutan tembaga klorida atau sulfat dan kemudian dikeringkan. Kondisi operasi dari proses ini adalah pada temperatur 370 hingga 400 °C dengan tekanan atmosferik. Proses produksi ini semuanya berlangsung dalam fase gas dan menghasilkan reaktan yang belum terkonversi, gas klorin, dan air (Wisniak, 2002). Hingga saat ini metode ini digunakan dalam skala industri seperti Sumitomo Chemical, Bayer, dan Shell dengan menggunakan katalis berbasis RuO₂ (Teschner dkk, 2011). Reaksi dalam proses ini dapat ditulis sebagai berikut.



1.3.3. Metode Elektrolisis Natrium Klorida

Metode ini disebut sebagai klor alkali dimana pada proses ini dilakukan pemecahan dengan menggunakan energi listrik (elektrolisis) larutan natrium klorida. Larutan natrium klorida umumnya didapat dari garam berkualitas industri yang dilarutkan di dalam air. Reaksi dalam proses ini terjadi dalam dua bagian, yaitu pada bagian anoda (reaksi oksidasi) dan bagian katoda (reaksi reduksi), hasil akhir dari proses ini adalah gas klorida, natrium hidroksida (*caustic soda*), dan hidrogen.



Proses produksi klorin dan produk-produk reaksi lainnya dalam proses ini memiliki kelemahan, yaitu konsumsi listrik yang sangat tinggi dengan konsumsi rata-rata kurang lebih 3,4 MWh untuk setiap produksi satu metrik ton gas klorin. Konsumsi energi listrik yang besar (lebih dari 50% dari kebutuhan biaya produksi) menjadikan salah satu faktor pertimbangan dalam penerapan proses ini di pabrik selain *cost* yang diperlukan dalam operasi ini (Stolten dan Emonts, 2016). Proses produksi gas klorin dengan menggunakan teknologi elektrolisis dapat dibagi menjadi tiga macam, antar lain *mercury cell*, *membrane cell*, dan *diaphragm cell*.

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Hidrogen Klorida

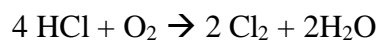
1) Sifat Fisika

Rumus molekul	: HCl	
Berat molekul	: 36,46 g/mol	
Wujud	: Gas (dalam bentuk murni)	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik didih	: 188,15 K	
Titik beku	: 158,97 K	
Tekanan kritis	: 83,09 bar	
Temperatur kritis	: 324,65 K	
Volume kritis	: 81,02 cm ³ /mol	
Densitas pada 25°C	: 0,00149 g/mL	(Yaws, 1999)

2) Sifat Kimia

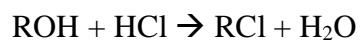
a. Oksidasi

Gas hidrogen klorida dengan oksigen akan bereaksi dan akan menghasilkan produk berupa gas klorin dan uap air. Reaksi ini diterapkan dalam industri penghasil klorin dengan menggunakan nama proses Deacon. Reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut:



b. Substitusi Gugus Alifatik Hidroksil

Alkohol rantai pendek seperti metanol dapat dikonversi menjadi senyawa dengan gugus alkil klorida baik menggunakan katalis cair atau padat. Untuk alkohol dengan rantai yang lebih panjang digunakan katalis seng klorida dan reaksi dalam fase cair. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut.



c. Reaksi dengan Logam

Reaksi HCl dengan kebanyakan logam dapat terjadi, akan tetapi apabila ditinjau secara kinetika berjalan lambat dan dipengaruhi faktor temperatur. Reaksi yang terjadi secara umum dapat ditulis sebagai berikut :



(Kirk dan Othmer, 1991)

1.4.2. Oksigen

1) Sifat Fisika

Rumus molekul	: O ₂
Berat molekul	: 32 g/mol
Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: 90,17 K
Titik beku	: 54,36 K
Tekanan kritis	: 50,43 bar
Temperatur kritis	: 154,58 K

Volume kritis : 73,4 cm³/mol
 Densitas pada 25°C : 0,001429 g/mL (Yaws, 1999)

2) Sifat Kimia

Oksigen bersifat reaktif terhadap seluruh elemen dalam kimia kecuali golongan gas mulia seperti helium, neon, dan argon. Reaktan tersebut pada umumnya harus diaktivasi dengan cara menggunakan perlakuan berupa pemanasan, hal ini bertujuan agar reaksi dengan oksigen dapat berjalan dengan nilai *rate* yang sesuai (Kirk dan Othmer, 1991).

1.4.3. Nitrogen

1) Sifat Fisika

Rumus molekul : N₂
 Berat molekul : 28,013 g/mol
 Wujud : Gas (dalam bentuk murni)
 Warna : Tidak berwarna
 Titik didih : 77,35 K
 Titik beku : 63,15 K
 Tekanan kritis : 33,94 bar
 Temperatur kritis : 126,1 K
 Volume kritis : 90,1 cm³/mol
 Densitas pada 25°C : 0,001132 g/mL (Yaws, 1999)

2) Sifat Kimia

Nitrogen tidak bersifat reaktif pada saat suhu ruangan, akan tetapi akan bereaksi pada kondisi suhu yang tinggi seperti pembentukan gas NO dari reaksi dengan gas oksigen, pembentukan hidrogen sianida dari asetilen, dan produksi utama amoniak dimana nitrogen direaksikan dengan hidrogen.

(Kirk dan Othmer, 1991)

1.4.4. Klorin

1) Sifat Fisika

Rumus molekul : Cl₂
 Berat molekul : 70,91 g/mol

Wujud	: Gas	
Warna	: Hijau kekuningan	
Titik didih	: 239,12 K	
Titik beku	: 172,12 K	
Tekanan kritis	: 77,11 bar	
Temperatur kritis	: 417,15 K	
Volume kritis	: 123,75 cm ³ /mol	
Densitas pada 25°C	: 0,0032g/mL	(Yaws, 1999)

2) Sifat Kimia

Klorin dalam bentuk molekuler bersifat oksidan yang kuat dan senyawa pengklorinasi. Klorin juga bersifat mengadisi (memecah ikatan rangkap) pada senyawa alifatik ataupun melakukan reaksi substitusi baik dengan senyawa alifatik ataupun aromatik. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



1.4.5. Air

Rumus molekul	: H ₂ O	
Berat molekul	: 18,02 g/mol	
Wujud	: Cair	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik didih	: 373,15 K	
Titik beku	: 273,15 K	
Tekanan kritis	: 220,155 bar	
Temperatur kritis	: 647,13 K	
Volume kritis	: 55,95 cm ³ /mol	
Densitas pada 25°C	: 1 g/mL	(Yaws, 1999)

1.4.6. Titanium Oksida (*Rutile*)

Rumus molekul	: TiO ₂
Berat molekul	: 79,87 g /mol
Densitas	: 4250 kg /m ³
Wujud	: Padat

Titik lebur	: 1640 °C
Titik didih	: 3000 °C
<i>Specific gravity</i>	: 4,26 pada 20°C
Kekerasan	: 7-7,5 skala Mohs

(Kirk dan Othmer, 1991; dan Perry, 2008)

1.4.7. Amoniak

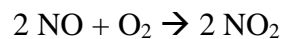
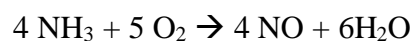
1) Sifat Fisika

Rumus molekul	: NH ₃	
Berat molekul	: 17,031 g/mol	
Wujud	: Gas (dalam bentuk murni)	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik didih	: 239,72 K	
Titik beku	: 195,41 K	
Tekanan kritis	: 112,78 bar	
Temperatur kritis	: 405,65 K	
Volume kritis	: 72,5 cm ³ /mol	
Densitas pada 25°C	: 0,00073 g/mL	(Yaws, 1999)

2) Sifat Kimia

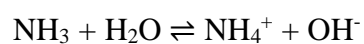
a. Oksidasi

Amoniak akan mengalami reaksi oksidasi pada suhu yang tinggi, pada umumnya akan menghasilkan produk senyawa nitrogen dan/atau air. Contoh reaksi pada umumnya adalah pembentukan asam nitrat:



b. Kelarutan dengan Air

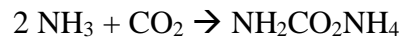
Amoniak bersifat mudah larut dalam air dan membentuk senyawa ammonium hidroksida atau disebut sebagai *aqueous ammonia*. Reaksi ionisasi yang terjadi dalam air bersifat *reversible* dan ditulis sebagai berikut.



Amonium hidroksida dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk seperti ammonium nitrat (NH_4NO_3), ammonium sulfat [$(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$], dan ammonium fosfat [$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$]. Reaksi pembentukan dari ketiga senyawa tersebut disebut sebagai reaksi netralisasi.

c. Reaksi dengan Karbon Dioksida

Pembentukan urea sebagai pupuk merupakan salah satu proses yang paling umum dalam industri petrokimia. Amoniak direaksikan dengan gas karbon dioksida membentuk senyawa ammonium karbamat, senyawa tersebut kemudian terdekomposisi menghasilkan urea dan uap air. Reaksi yang terjadi secara umum dapat ditulis sebagai berikut :



(Kirk dan Othmer, 1991)

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba, 2020. *Product Price*. (Online). <https://www.alibaba.com/>. (Diakses pada 22 Agustus 2020).
- Ariyanto, D. 2007. *Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Ketersediaan Air Bersih di IPA Sumur dalam Banjarsari PDAM Kota Surakarta Terhadap Jumlah Pelanggan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Assegaff, H. D. 2017. *Fixed Bed Reaktor, Fluidized Bed Reaktor, dan Trickle Bed Reaktor*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Badan Pusat Statistik Kota Cilegon. 2020. *Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan*. (Online). <https://cilegonkota.bps.go.id/statictable/2016/08/04/104/jumlah-curah-hujan-dan-hari-hujan-menurut-bulan-di-kota-cilegon-2015.html>. (Diakses pada 16 Agustus 2020).
- Bank Indonesia. 2020. *Foreign Exchange Rates*. (Online). <http://www.bi.go.id/en/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi.aspx> (Diakses pada tanggal 21 April 2020).
- Bank Indonesia. 2020. *Suku Bunga Pinjaman Yang Diberikan US Dollar Menurut Kelompok Bank dan Jenis Pinjaman (Persen Per Tahun)*. (Online). https://www.bi.go.id/seki/tabel/TABEL1_27.pdf (Diakses pada tanggal 21 April 2020).
- Coulson dan Richardson. 2005. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Amsterdam: Elsevier
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Dinas PU. 2018. *Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.
- Energy Efficiency Guide Asia. 2018. *Electrical Energy Equipment: Lighting*. (Online). http://www.energyefficiencyasia.org/energyequipment/ee_es_lighting.html. (Diakses pada 18 Agustus 2020).
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering*. New York: John Wiley and Sons.

- Fogler, H. S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Boston: Pearson Education.
- Global Petrol Prices. 2020. *Indonesia Fuel Prices, Electricity Prices*. (Online). <https://www.globalpetrolprices.com/Indonesia/>. (Diakses pada tanggal 23 Agustus 2020).
- Hall, S. M. 2018. *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. Amsterdam: Elsevier.
- Hasan, A. 2006. Dampak Penggunaan Klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1): 90-96.
- Ilmusipil. 2017. *Harga Borong Bangunan per Meter Persegi*. (Online). <http://www.ilmusipil.com/harga-borong-bangunan-per-meter-persegi>. (Diakses pada tanggal 23 Agustus 2020).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw Hill.
- Kirk dan Othmer. 1991. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kundari, N. A., Marjanto, D., dan Ardhani, D. W. 2009. Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radioisotop. *Jurnal Forum Nuklir*, 3(1): 49-60.
- Lamudi. 2020. *Harga Tanah di Cilegon*. (Online). <https://www.lamudi.co.id/dijual-tanah-luas-18000-m2-di-cilegon.html>. (Diakses pada tanggal 23 Agustus 2020).
- Li, S., Xin, F., dan Li, L. 2017. *Reaction Engineering*. Amsterdam: Elsevier.
- Matches. 2017. *Equipment Cost Index*. (Online). <http://www.matche.com/equipcost.html>. (Diakses pada tanggal 23 Agustus 2020).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- PDAM Cilegon. 2020. *Tarif Pelanggan*. (Online). www.pdamcilegon.co.id/tarif-pelanggan111. (Diakses pada tanggal 23 Agustus 2020).
- Perry, R. H. dan Green, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. New York: McGraw - Hill.
- _____. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition*. New York: McGraw - Hill.

- Peter, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. New York: McGraw Hill Company.
- PSE. 2017. *Multitubular Reactors*. (Online). <https://www.psenterprise.com/sectors/chemicals/reaction/cases/multitubular-reactors>. (Diakses pada 29 Agustus 2020).
- Saputra, I. 2015. *Studi Proses Produksi Polyvinyl Chloride (PVC) pada PT. Asahimas Chemical Cilegon*. Depok: Universitas Indonesia.
- Shi, J., Hui, F., Yuan, J., Yu, Q., Mei, S., Zhang, Q., Li, J., Wang, W., Yang, J., dan Lu, J. 2019. Ru-Ti Oxide Based Catalysts for HCl Oxidation: The Favorable Oxygen Species and Influence of Ce Additive. *Catalysts*, 9(108): 1-15.
- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics*. Boston: McGraw Hill.
- _____. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan.
- Stolten, D. dan Emonts, B. 2016. *Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Teschner, D., Farra, R., Yao, L., Schlögl, R., Soerijanto, R., Schomäcker, R., Schmidt, T., Szentmiklósi, L., Amrute, A. P., Mondelli, C., Ramirez, J. P., Leruth, G. N., dan Lopez, N. 2011. An Integrated Approach to Deacon Chemistry on RuO₂-based Catalysts. *Journal of Catalysis*, 285(2012): 273-284.
- Till, Z., Varga, T., Reti, J., dan Chovan, T. 2017. Optimization Strategies in a Fixed-Bed Reactor for HCl Oxidation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(18): 5352-5359.
- Towler, G. dan Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design*. Amsterdam: Elsevier
- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operation 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.

- UN Comtrade. 2019. *The United Nations Commodity Trade Statistics Database*. Online. https://data.un.org/Data.aspx?q=chlorine&d=ComTrade&f=_11Code%3a29%3bcmdCode%3a280110. (Diakses pada tanggal 11 Februari 2020).
- US Patent No. US 2007/0274896 A1. Bulan, A., Diekmann, H., Ruffert, G., dan Hallenberger, K. 2007., *Processes for Hydrogen Chloride Oxidation using Oxygen*.
- US Patent No. US 2019/0292049 A1. Murakami, M., Kuwamoto, H., dan Iwata, K. 2019., *Method for Producing Chlorine by Oxidation of Hydrogen Chloride*.
- US Patent No. WO 2011111351/A1. Junichi, N., dan Yasuhiko, M. 2011., *Method for Producing Chlorine using Fixed Bed Reactor*.
- Valette, J. 2018. *Chlorine and Building Materials: A Global Inventory of Production Technologies, Markets, and Pollution*. Washington D.C. : Healthy Building Network.
- Vilbrandt, F. C. dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. New York: McGraw-Hill.
- Watson, T. W. dan Robinson, H, E. 1963. *Thermal Conductivity of a Sample of Type 316 Stainless Steel*. Maryland: U. S. Department of Commerce.
- Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., dan Rorrer, G. L. 2000. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*. New York: John Wiley & Sons.
- Wijana, S. 2012. *Perancangan Pabrik: Penentuan Lokasi Pabrik*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wisniak, J. 2002. The History of Chlorine: From Discovery to Commodity. *Indian Journal of Chemical Technology*, 9(1): 450-463.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.