No: /TK/2016/37

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *SLABSTOCK FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM* DARI *POLY TETRAMETHYLENE ETHER GLYCOL (POLYOL) DAN TOLUEN DIISOCYANATE (TDI)*

DENGAN KAPASITAS 50.000 TON / TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Singgih Setiawan
No.Mahasiswa : 12521211

Nama : Adiliawan Imam As Shidiq
No.Mahasiswa : 12521002

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2016

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Singgih Setiawan
No.Mahasiswa : 12521211

Nama : Adiliawan Imam As Shidiq
No.Mahasiswa : 1252002

Yogyakarta, 4 Oktober 2016

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Td. Tangan

(Singgih Setiawan)



Td. Tangan

(Adiliawan Imam As Shidiq)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *SLABSTOCK FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM* DARI *POLY TETRAMETHYLENE ETHER GLYCOL (POLYOL) DAN TOLUEN DIISOCYANATE (TDI)* DENGAN KAPASITAS 50.000 TON / TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Nama : Singgih Setiawan
No.Mahasiswa: 12521211

Nama : Adiliawan Imam As Shidiq
No.Mahasiswa : 12521002

Yogyakarta, 4 Oktober 2016

Dosen Pembimbing I,



Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D

Dosen Pembimbing II,

4/10/16

Tintin Mutiara, ST., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *SLABSTOCK FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM* DARI *POLY TETRAMETHYLENE ETHER GLYCOL (POLYOL) DAN TOLUEN DIISOCYANATE (TDI)*

DENGAN KAPASITAS 50.000 TON / TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Singgih Setiawan
No. Mahasiswa : 12521211

Nama : Adiliawan Imam As Shidiq
No. Mahasiswa : 12521002

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia FakultasTeknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 31 Oktober 2016

Tim Penguji,

Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D.
Ketua

Dr. Ir. Farham HM.Saleh, MSIE.
Anggota I

Khamdan Cahyari, ST., M.Sc.
Anggota II

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **"Pra Rancangan Pabrik Pembuatan *Slabstock Flexible Polyurethane Foam* dari *Poly tetramethylene Ether Glycol (Polyol) dan Toluen Diisocyanate (TDI)* Dengan Kapasitas 50.000 Ton / Tahun"** disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang menyertai dan meridhoi setiap jalan yang di lalui dan memberikan semua kemudahan yang di hadapi.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan tauladan serta ajaran-ajaran yang menjadi pedoman dalam setiap langkah kehidupan.
3. Orang Tua serta keluarga besar penulis yang selalu mendukung baik dalam bentuk do'a ataupun semangat.
4. Bapak Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D dan Ibu Tintin Mutiara.,S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan dan arahannya selama penulis melaksanakan tugas akhir.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman Teknik Kimia 2012 yang selalu memberikan dukungan semangat serta do'a selama mengerjakan tugas akhir ini.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan pengalaman dan kemampuan penulis, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis demi hasil yang lebih baik di masa mendatang.

Yogyakarta, Oktober 2016

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Ucapan syukur kepada Allah SWT atas pembelajaran yang telah diberikan kepadaku, dan ampunilah aku yang "terkadang harus memilih jalan yang salah untuk menemukan suatu kebenaran" dan dalam hidup aku punya prinsip yang kuat untuk melawan arus karena yang ku tau "hanya ikan mati yang mengikuti arus" dan Aku tidak ingin jadi pohon bambu, aku ingin jadi pohon Oak yang berani melawan angin.

Hasil karya ini ku persembahkan kepada:

Kedua orang tua ku Mamak Hayati dan Bapak Sukiman yang sangat aku sayangi, yang telah membesarkanku, mendidikku, dan memberikan kasih sayang serta selalu mendoakan yang terbaik untuk ku. Maafkan aku jika selama ini aku belum bisa memberikan yang terbaik untuk kalian. Dan juga untuk kakak ku Desy Setiyanti, Didik Hermawan dan Tria Anggraini, terimakasih atas doa dan dukungannya

Untuk partner TA ku, Adiliawan Imam As shidiq, yang telah berjuang bersama-sama, sampai bergadang ngejar target untuk ngerjain TA ini sampe ketiduran ☺

Ibu Tintin, pembimbing TA *the best teacher* yang selalu perhatian kepada anak bimbingannya.

Bapak Faisal, pembimbing TA merangkap ketua program studi teknik kimia yang selalu memudahkan mahasiswa dalam segala urusan nya dan perhatian kepada kami.

Terimakasih atas kesediaannya telah meluangkan waktu untuk membimbing dan berbagi ilmu. Terimakasih atas nasehat-nasehat dan motivasi yang telah diberikan.

Terimakasih juga kepada pak Dr. Ir. Farham HM.Saleh, MSIE dan pak Khamdan Cahyari, ST., M.Sc atas kesediaannya telah meluangkan waktu untuk menguji dan berbagi ilmu terhadap tugas akhir kami ini. Terimakasih atas nasehat-nasehat dan motivasi yang telah diberikan.

Sahabat-sahabat ku, teman-teman seperjuanganku di kampus dan orang yang pernah hadir dihidupku di Yogyakarta, Fauzi, Satrio, Riza, Ajeng, Hazmi, Icha, Kiki, Maria, Amalinda, Anyip, Lono, Dimas, Revo, Bobby, Vandi, Aldilah, Satria, Aji, Riska Solo, Riska Lombok, Riska fuddy dan KKN unit 280, Mutia, Tante Nia, Yote, Adhnan, Ragil, Adi, Eta, Endah, Maya, Putri, Bella, Yossi, Abon, Nenek, Om sandi, Om ketut, Tante kitin, you’re the best cuy. Aku bakalan rindu kalian cuy.

Makasih untuk semuanya, yang nggak bisa disebutin satu-satu, makasih untuk doa dan dukungan nya.

“ Anak rantau dari Lahat untuk Yogyakarta, Indonesia yang bercita-cita menginjak kaki dan berpetualang ke Eropa dan Dubai”

Singgih Setiawan

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur atas rahman, rakhim Allah serta semua karunianya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat pada waktunya, amin

Sholawat serta salam semoga telimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah membimbing umat manusia menuju kebaikan haqiqi. Aku bangga menjadi umatmu.

Hasil karya ini kami persembahkan kepada :

Kedua orang tua terbaik, ibuk Supini, ibuk Supini, Ibuk Supini, Bapak samsidi, kalian pahlawan ku. Aku mencintai keduanya karena Allah. Dan juga kepada Mbak Atikha, Dek sayaiful, Dek Rais, Eyang Eyang sungkem, kalian Alasan ku untuk pulang, makasih sudah sering mau direpotkan. Kepada Mas Anwar wahyudi, Mbak Sufi, kalian orang tua kedua, terimakasih sudah mau diamanahi aku. Aku mencintai kalian karena Allah

Terima kasih kepada *my best partner* singgih setiawan, makasih sabarnya, pengorbanannya, ilmunya, maaf sering numpang tidur dikos. Aku mencintaimu karena Allah. Jadi keluarga ku sampai kapanpun.

Sahabat-sahabat ku, teman-teman seperjuanganku di kampus dan orang yang pernah hadir dihidupku di Yogyakarta, Fauzi, Satrio, Riza, Ajeng, Tekim 2012. 3 idiot Mukhlis, hendrik, kita selamanya. Keluarga rumpita. Semoga Allah karuniakan kesuksesan dengan jalan kita masing-masing. Ditunggu kabar suksesnya. Aku mencintai kalian karena allah

Hamba allah yang tertawan dosanya, santri yang nan tertahan kejahilannya, berharap ada manfaat dalam faqir dan dha'ifnya

Adiliawan Imam as shidiq

LEMBAR MOTTO

Hanya ikan mati yang mengikuti arus

Aku tidak ingin jadi pohon bambu, aku ingin jadi pohon Oak yang berani melawan angin.

Pangkal dari semua kebaikan di dunia maupun di akhirat adalah takwa kepada Allah SWT (Abu Sulaeman Addarani)

Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia, tetapi hanya kamu sendiri yang menangis; dan pada kematianmu semua orang menangis sedih, tetapi hanya kamu sendiri yang tersenyum (Mahatma Gandhi)

Janganlah senang menjadi sukses dengan pikiran orang lain, tetapi senanglah saat menatap kesuksesan atas usaha yang telah dilakukan dengan pikiran sendiri

DAFTAR ISI

Lembar judul tugas akhir pra rancangan pabrik i

Lembar pernyataan keaslian pra rancangan pabrik ii

Lembar pengesahan dosen pembimbing iii

Lembar pengesahan penguji iv

Kata pengantar v

Lembar persembahan vii

Lembar motto ix

Daftar isi x

Daftar tabel xix

Daftar gambar xxii

Abstrak xxiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik 1

1.1.2 Kapasitas Perancangan. 4

1.1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku. 4

1.1.2.2 Kebutuhan poliuretan foam di Indonesia. 5

1.1.2.3 Kapasitas pabrik yang sudah berdiri..... 7

1.2 Tinjauan Pustaka 8

1.2.1 Macam – macam proses 8

1.2.2 Uraian Proses..... 11

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk 17

2.2 Spesifikasi Bahan 18

2.2.1 Bahan Baku 18

2.2.2 Bahan Pembantu 19

2.3 Pengendalian Kualitas 22

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku..... 22

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses..... 23

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk 24

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses 25

3.1.1 Tahap penyiapan bahan baku 25

3.1.2 Penyiapan Bahan-Bahan Pendukung.....26

3.1.3 Tahap Reaksi Polimerisasi 28

3.1.4 Tahap Proses Pembentukan *Slabstock*.....29

3.2 Spesifikasi Alat Proses 30

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Polyol T-01 30

3.2.2 Tangki Penyimpan Bahan Baku TDI T-02.....31

3.2.3 Tangki Penyimpan Bahan Katalis DCA T-03.....32

3.2.4 Tangki Penyimpan Bahan Surfaktan PDMS T-04 33

3.2.5 Tangki Penyimpan Bahan MPD T-05.....34

3.2.6 Tangki Penyimpan Bahan Blocking agent EG T-06.....35

3.2.7 Tangki Penyimpan Bahan TCFM T-07.....36

3.2.8 Reaktor R-01. 37

3.2.9 Reaktor R-02 38

3.2.10 Heater HE-01.....39

3.2.11 Heater HE-02.....40

3.2.12 Heater HE-03.....41

3.2.13 Heater HE-04.....42

3.2.14 Heater HE-05.....43

3.2.15 Heater HE-06.....44

3.2.16 Heater HE-04.....45

3.2.17 Pompa P-01 46

3.2.18 Pompa P-02 46

3.2.19 Pompa P-03 47
3.2.20 Pompa P-04 47
3.2.21 Pompa P-05 48
3.2.22 Pompa P-06 48
3.2.23 Pompa P-07 49
3.2.24 Pompa P-08 49
3.2.25 Pompa P-09 50
3.2.26 Pompa P-10 51
3.2.27 Pompa P-11 51
3.2.28 Pompa P-12 52
3.2.29 Pompa P-13 52
3.2.30 Pompa P-14 53
3.2.31 Pompa P-15 53
3.2.32 Pompa P-16 54
3.2.33 Mix Head MH.....54
3.2.34 Belt Conveyor.....55
3.2.34 Mesin Pemotong Horizontal Slabstock 56
3.2.35 Gudang G-01 56

3.3 Perencanaan Produksi 57

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku 57
3.3.2 Analisa Kebutuhan Peralatan Proses 58

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik..... 59

4.1.1 Faktor Primer..... 59

4.1.2 Faktor Sekunder..... 62

4.2 Tata Letak Pabrik 64

4.3 Tata Letak Alat Proses 67

4.4 Alir Proses Dan Material..... 69

4.4.1 Neraca Massa..... 70

4.4.1.1 Neraca Massa Total 70

4.4.1.2 Neraca Massa per Alat..... 71

4.4.1.2.1 Reaktor R-01..... 71

4.4.1.2.2 Reaktor-02 71

4.4.1.2.3 Mix Head MH 72

4.4.2 Neraca Panas 72

4.4.2.1 Neraca Panas Reaktor-01 73

4.4.2.2 Neraca Panas di Reaktor-02 73

4.4.2.3 Neraca Panas di Mix Head M-01 74

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif 77

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif 78

4.5 Perawatan 79

4.6 Utilitas 80

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air 81

4.6.1.1 Perhitungan Kebutuhan Air 88

4.6.1.1.1 Kebutuhan Air Pendingin 88

4.6.1.1.2 Kebutuhan Air Steam 88

4.6.1.1.3 Kebutuhan Air Perkantoran dan Pabrik 89

4.6.2 Unit Pembangkit Steam 89

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik 90

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan 91

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar. 91

4.6.6 Spesifikasi Alat Utilitas 91

4.7 Laboratorium 101

4.7.1 Program Kerja Laboratorium 103

4.8 Bentuk dan Organisasi Perusahaan 104

4.8.1 Struktur Organisasi 106

4.8.2 Tugas dan Wewenang 111

4.8.2.1 Direktur Utama 111

4.8.2.2 Direktur Teknik dan Produksi 112

4.8.2.3 Direktur Keuangan dan Umum 113

4.8.2.4 *Staff* Ahli 114

4.8.2.5 Kepala Bagian 115

4.8.3 Sistem Kepegawaian 123

4.8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan 124

4.8.5 Perincian Jumlah Karyawan 126

4.9 Evaluasi Ekonomi 134

4.9.1 Asumsi Perhitungan Ekonomi 134

4.9.2 Perhitungan biaya 139

4.9.3 Analisa Kelayakan 140

4.9.4 Hasil Perhitungan 144

4.9.5 Analisa Keuntungan 150

4.9.5 Hasil Kelayakan Ekonomi 151

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 153

5.2 Saran 154

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebutuhan Poliuretan di Indonesia 5

Tabel 1.2 Pabrik Poliuretan di Indonesia dan Dunia 2016 7

Tabel 1.3 Kelebihan dan Kelemahan Metode 5

Tabel 2.1 Produk PU (*Slabstock flexible Polyurethane Foam*) 16

Tabel 2.2 *Toluen Diisocyanate* (2,4-TDI) 17

Tabel 2.3 *Poly Tetramethylene Ether Glycol (Polyol)* 18

Tabel 2.4 Katalis *(2,3 Dimethylcyclohexylamine)* 18

Tabel 2.5 Surfaktan PDMS *(Dimethyl siloxane)* 19

Tabel 2.6 *Blocking Agent* (*Ethilene Glikol*- EG) 19

Tabel 2.7 *Blocking Agent* (*m-Phenyline Diamine* - mPD) 20

Tabel 2.8 *Blowing Agent* (*Trichloromonofluoromethane* - TCFM) 20

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku 57

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik 65

Tabel 4.2 Neraca Massa Total *Slabstock flexible Polyurethane Foam* 70

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor 01 71

Tabel 4.4 Neraca Massa Reaktor 02 71

Tabel 4.5 Neraca Massa Mix Head 72

Tabel 4.6 Neraca Panas Reaktor-01 73

Tabel 4.7 Neraca Panas Reaktor-02 73

Tabel 4.8 Neraca Panas Mix Head 74

Tabel 4.9. Neraca Panas HE-01 74

Tabel 4.10. Neraca Panas HE-02 75

Tabel 4.11. Neraca Panas HE-03 75

Tabel 4.12. Neraca Panas HE-04 75

Tabel 4.13. Neraca Panas HE-05 76

Tabel 4.14. Neraca Panas HE-06 76

Tabel 4.15. Neraca Panas HE-07 76

Tabel 4.16. Kebutuhan air pembangkit steam 88

Tabel 4.17. Kebutuhan air proses 88

Tabel 4.18. Kebutuhan Air Untuk Perkantoran dan Rumah Tangga 89

Tabel 4.19. Jadwal Kerja Shift Tiap Regu 126

Tabel 4.20 Perincian Jumlah Karyawan Proses 127

Tabel. 4.21 Perincian Jumlah Karyawan 128

Tabel 4.22. Penggolongan Gaji Menurut Jabatan 130

Tabel 4.23 indeks Harga 137

Tabel 4.24 Index Harga berdasarkan Persamaan Regresi 138

Tabel 4.25 *Physical Plant Cost (PPC)* 145

Tabel 4.26 *Direct Plant Cost (DPC)* 146

Tabel 4.27 *Fix Capital Investment (FCI)* 146

Tabel 4.28 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*..... 146

Tabel 4.29 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)* 147

Tabel 4.30 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)* 147

Tabel 4.31 *Total Manufacturing Cost (MC)* 147

Tabel 4.32 *Working Capital (WC)* 148

Tabel 4.33 *General Expense (GE)* 148

Tabel 4.34 Total biaya produksi..... 148

Tabel 4.35 *Fixed cost (Fa)* 149

Tabel 4.36 *Variable cost (Va)* 149

Tabel 4.37 *Regulated cost (Ra)* 150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Poliuretan di Indonesia..... 6

Gambar 1.2 Aktivasi Gugus Poliol oleh Katalis DCA 13

Gambar 1.3 Aktivasi Gugus *Isocyanate*..... 13

Gambar 1.4 Pembentukan *Urethane Monomer* 13

Gambar 1.5 Reaksi Pembentukan Homolog 14

Gambar 1.6 Reaksi Terminasi 15

Gambar 1.7 Reaksi Pembentukan Pori Busa.....15

Gambar 4.1 Denah lokasi Krakatu Industrial Estate Cilegon 63

Gambar 4.2. Tata letak pabrik 67

Gambar 4.3 *Lay out* alat proses (Skala 1:200) 68

Gambar 4.4 Diagram Kualitatif 77

Gambar 4.5 Diagram Kuantitatif 78

Gambar 4.6 Diagram Alir Utilitas 87

Gambar 4.7 Struktur Organisasi 110

Gambar 4.8 Grafik Break Even Chart 152

ABSTRAK

Produk *slabstock flexible polyurethane foam* yang dihasilkan dapat berupa kasur busa, jok motor, jok mobil, busa furnitur dan lain-lain. Poliuretan dibuat dari reaksi *poly tetramethylene ether glycol* dan *toluene diisocyante*, secara garis besar terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap inisiasi, tahap propagasi dan tahap terminasi. Reaksi berlangsung dalam 2 buah reaktor alir tangki berpengaduk dalam 80^0C suhu dan 1 atm tekanan untuk reaktor R-01 dan untuk reaktor R-02 dalam 80^0C suhu dan 1 atm tekanan. Konversi reaksi untuk reaktor R-01 dan reaktor R-02 adalah 98%.

Pabrik poliuretan dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, beroperasi selama 24 jam/hari dalam 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah *poly tetramethylene ether glycol* sebanyak 4.336,907 kg/jam, dan *toluene diisocyante sebanyak* 2.244,128 kg/jam. Katalis yang digunakan adalah *2,3 dimethylcyclohexylamine sebanyak* 22,121 kg/jam, surfaktan yang digunakan *dimethyl siloxane* sebanyak 44,244 kg/jam, *blocking agent* yang digunakan *ethylene glycol* sebanyak 2,170 kg/jam dan *m-phenyline diamine* sebanyak 2,188 kg/jam, *blowing agent* yang digunakan *trichloromonofluoromethane* sebanyak 6,510 kg/jam. Utilitas yang diperlukan adalah air sebanyak 2.936,200 kg/jam, listrik sebesar 150 kW, bahan bakar solar sebanyak 26,634 kg/jam dan udara utilitas sebanyak 46,2 m^3/jam.

Pabrik dengan luas wilayah yang dibutuhkan sebesar 12 ha ini akan didirikan di kawasan industry KIEC Cilegon, Banten. Pabrik ini direncanakan beroperasi dalam bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 145 orang yang dipimpin oleh seorang direktur utama. Sistem *shift* dan *non-shift* diberlakukan dalam sistem kerja perusahaan ini.

Analisis ekonomi menunjukkan pabrik ini akan memiliki *return on investment* (ROI) setelah pajak sebesar 22% per tahun, *pay out time* (POT) setelah pajak selama 3,7 tahun, *discounted cash flow rate of return* (DCFRR) sebesar 27,57%, *break even point* (BEP) sebesar 56,70%, dan *shut down point* (SDP) sebesar 35,89%. Berdasarkan analisis tersebut, disimpulkan bahwa pabrik polyuretan ini layak untuk dibangun.

Kata kunci : poliuretan, konversi, kapasitas, bahan baku, ekonomi

ABSTRACT

Slabstock flexible polyurethane foam is used to produce foam mattresses, motor seats, car seats, , foam furniture etc. It is made from reaction of poly tetramethylene ether glycol and toluene diisocyante, generally the process sparated into 3 phases: initiation stage, propagation stage and termination stage. The reaction is occured in 2 flow stirred tank reactor, at 80^0C of temperature and 1 atm of pressure for reactor R-01 and for the reactor R-02 in 80^0C of temperature and 1 atm of pressure. Conversion reaction of the reactor R-01 and R-02 was 98%.

An polyurethane plant designed with 50.000 ton/year of capacity, 24 hours/day and 330 days/year of operation time. The raw materials used are 4,336.907 kg/hr of poly tetramethylene ether glycol and 2,244.128 kg/hr of toluene diisocyante. The catalyst used are 22.121 kg/hr of 2.3 dimethylcyclohexylamine, the surfactant used are 44.244 kg/hr of dimethyl siloxane, the blocking agent used are 2.170 kg/hr of ethilene glycol and 2.188 kg/hr of m-phenyline diamine, the blowing agentused are 6.150 kg/hr of trichloromonofluoromethane. The utilities required are 2,936.200 kg/hr of water supply, 150 kW of electricity, 26.634 kg/hr of diesel fuel and 46.2 m^3/hr of utility of air.

The plant with 12 ha of required area would be established in the industrial area of Cilegon, Banten. It was planned to run in form of *Perseroan Terbatas (PT)* management with 145 employees lead by a president director. The shift and non-shift system was introduced in the working system.

An economic analysis showed this plant will have 22% of return on investment (ROI) after taxes, 3.7 years of pay out time after taxes (POT), 27.57% of discounted cash flow rate of return (DCFRR), 56.70% of break even point (BEP), and 35.89% of shut down point (SDP). According to the analysis, it was concluded that acetanilide plant is feasible to be built.

Keyword : polyurethane, conversion, capacity, raw materials, economic

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kemajuan bidang teknologi dan sektor industri di indonesia cukup pesat sehingga menyebabkan peningkatan dan pengembangan usaha dalam segala bidang. Pemerintah memprioritaskan pengembangan usaha pada pembangunan industri kimia yang dapat merangsang pertumbuhan industri lain.

Pembangunan industri nasional di arahkan guna meningkatkan daya saing agar mampu menerobos pasar internasional dan mempertahankan pasar dalam negeri. Perkembangan sektor industri di Indonesia cukup pesat, termasuk diantaranya pembangunan di sub sektor industri kimia, khususnya industri polimer.

Pendirian pabrik poliuretan *foam* di Indonesia dapat dilaksanakan dengan beberapa alasan seperti : semakin meningkatnya penggunaan bahan - bahan yang terbuat dari *slabstock flexible polyurethane foam* baik jumlah maupun ragamnya sebagai pengganti bahan polimer konvensional seperti *polystyrene*, sehingga kebutuhan *slabstock flexible polyurethane foam* akan meningkat.

Keberadaan industri *slabstock flexible polyurethane* akan mengurangi kebutuhan impor yang setiap tahun cenderung meningkat

sehingga dapat menghemat devisa negara dan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Pendirian pabrik *slabstock flexible polyurethane foam* akan menciptakan lapangan kerja dalam rangka turut mengurangi jumlah pengangguran dan meningkatkan taraf hidup masyarakat. Meningkatkan perkembangan pembangunan suatu daerah dengan adanya biaya pajak kepada pemerintah. Dan pendirian pabrik *slabstock flexible polyurethane foam* akan menarik minat investor yang menanamkan modalnya pada industri polimer yang menjanjikan keuntungan ekonomis yang cukup besar.

Poliuretan ditemukan pada tahun 1967 oleh Prof. Otto Bayer sebagai pembentuk serat yang didesain untuk menandingi serat nylon. Tetapi penelitian lebih lanjut poliuretan bukan saja digunakan sebagai serat tetapi dapat juga digunakan untuk membuat busa (*foam*), bahan elastomer (karet/plastik), lem, pelapis (*coating*), dan lain-lain. Aplikasi poliuretan paling banyak (sekitar 70%) adalah sebagai bahan busa, kemudian di ikuti dengan elastomer, lem dan pelapis.

Pembuatan busa dari poliuretan dengan menggunakan agen pengembang (*blowing agent*) akan menghasilkan gas pada saat terjadi reaksi sehingga poliuretan dapat membentuk busa. Poliuretan terdapat dua macam yaitu busa lunak (*flexible foam*) seperti pada kasur busa, alas kursi dan jok mobil dan juga jenis busa kaku (*rigid foam*), seperti pada isolasi dinding, isolasi lemari es dan isolasi kedap suara. Busa poliuretan bersifat ulet dan tidak mudah putus.

Jenis poliuretan ini dibedakan menjadi dua yaitu fleksibel dan rigid. Jenis poliuretan fleksibel adalah polimer yang mempunyai densitas rendah dan mempunyai sifat lunak dan lentur, sedangkan poliuretan jenis rigid adalah polimer yang mempunyai densitas tinggi dan mempuyai sifat keras dan kuat. (Kirk & Othmer, 1992).

Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan tersebut di atas, jelaslah bahwa pendirian pabrik poliuretan *foam* di Indonesia dapat dilaksanakan dengan didukung alasan sebagai berikut :

1. Semakin meningkatnya penggunaan bahan - bahan yang terbuat dari *slabstock flexible polyurethane foam* baik jumlah maupun ragamnya sebagai pengganti bahan polimer konvensional seperti *polystyrene*, sehingga kebutuhan *slabstock flexible polyurethane foam* akan meningkat.
2. Keberadaan industri *slabstock flexible polyurethane foam* membuka peluang bagi pengembangan industri – industri dengan bahan baku *slabstock flexible polyurethane foam* sehingga tercipta diversifikasi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.
3. Pendirian pabrik *slabstock flexible polyurethane foam* akan menciptakan lapangan kerja dalam rangka turut mengurangi jumlah pengangguran dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.
4. Meningkatkan perkembangan pembangunan suatu daerah dengan adanya biaya pajak kepada pemerintah.

5. Pendirian pabrik *slabstock flexible polyurethane foam* akan menarik minat investor yang menanamkan modalnya pada industri polimer yang menjanjikan keuntungan ekonomis yang cukup besar.

1.1.2 Kapasitas Perancangan

Dalam pemilihan kapasitas perancangan pabrik *slabstock flexible polyurethan foam* ada beberapa pertimbangan yaitu :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Prediksi kebutuhan poliuretan di Indonesia
3. Kapasitas pabrik yang sudah berdiri

1.1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk kelangsungan hidup suatu pabrik. Untuk menjamin kontinuitas produksi pabrik, bahan baku harus mendapat perhatian yang serius dengan tersedianya secara periodik dalam jumlah yang cukup.

Bahan baku yang digunakan pada sintesis poliuretane adalah *toluen diisocyanate,* yang didatangkan dari luar negeri yaitu dari Korea, Jepang dan Vietnam. Sedangkan *polyol* dapat diperoleh dari dalam negeri.

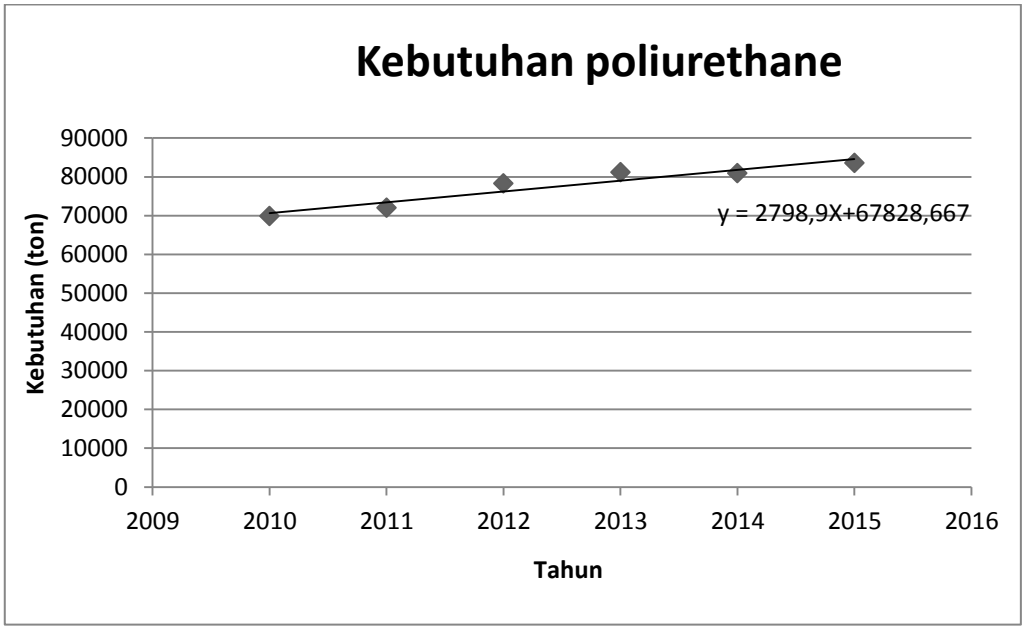
1.1.2.2 Kebutuhan poliuretan di Indonesia

Kebutuhan poliuretan dapat dihitung melalui selisih jumlah ekspor-impor terhadap produksi domestik. Jumlah impor hingga tahun 2015 masih lebih tinggi dari pada ekspornya, berarti kebutuhan poliuretan di Indonesia masih belum terpenuhi. Kebutuhan poliuretan di indonesia dari tahun 2010 sampai 2015 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kebutuhan poliuretan di indonesia

Tahun	**Impor (ton)**	**Ekspor (ton)**	**Kebutuhan Domestik (ton)**
2010	21.418,59	1.547,061	69.872
2011	24.334,94	2.327,656	72.007
2012	29.192,17	950,186	78.242
2013	32.868,23	954,025	81.914
2014	32.479,16	1.591,373	80.888
2015	34.815,18	1.270,3	83.545

(Sumber: Badan Pusat Statistik,2016)



Gambar 1.1 Grafik kebutuhan poliuretan di Indonesia

Berdasarkan Tabel 1.1 dan Gambar 1.1 kebutuhan poliuretan setiap tahunnya didekati dengan regresi linier dengan persamaan garis lurus :

Y = 2798,9X+67828,667

Diperkirakan pada tahun 2022 kebutuhan poliuretan mencapai 104.214 ton.

Kurang lebih kapasitas pabrik poliuretan yang sudah beroperasi memenuhi kebutuhan busa di Indonesia adalah 50.000 ton/tahun (Tabel 1.2). Sehingga diperkirakan pada tahun 2022 kebutuhan poliuretan yang belum terpenuhi mencapai 54.214 ton.

1.1.2.3 Kapasitas pabrik yang sudah berdiri

Kapasitas rancangan pabrik yang sudah berdiri, disajikan pada Tabel 1.2 .

Tabel 1.2. Pabrik Poliuretan di Indonesia dan Dunia 2016

Nama Perusahaan	**Lokasi**	**Kapasitas (ton / tahun)**
PT. Indonesia Polyurethane Industri	Tangerang	9.000
PT. Cosmo Polyurethane Indonesia	Karawang	8.000
PT. Lancar Jaya Mandiri	Jakarta	7.500
PT. Serim Indonesia	Tangerang	7.500
PT. Bali Foam Nusa Mega	Denpasar	6.000
PT. Busa Indah Utama	Banjar Baru	6.000
PT. Dasa Windu Agung Jakarta	Jakarta	1.500
PT. IRC Inoac Indonesia	Tangerang	1.200
PT. Seminco	Semarang	540
Positive Foam Industry	Surabaya	2.000
PT. Foamindo Industri Uretane	Tanggerang	3.000

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton / tahun)
Shandong INOV Polyurethane Co.,Ltd.,	China	60.000

Sumber : (CIC, 2016) , (www.inov-chem.com)

Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan diatas, pada pra-rancangan ini dipilih kapasitas 50.000 ton/tahun, dimana diharapkan pabrik yang akan didirikan ini mampu mencukupi kebutuhan *foam polyurethane* di Indonesia pada tahun 2022.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Macam – macam Proses

a. One Shot Process

Dalam metode ini semua bahan (Poliol, TDI, surfaktan, air atau pelarut dan katalis) dicampur dalam satu waktu untuk pembuatan busa. Reaksi ini berlangsung cepat dengan adanya katalis dan tergolong murah sehingga dapat mengurangi jumlah bahan baku dengan mencampur semua bahan dalam waktu bersamaan. Reaktan akan bereaksi secara sempurna sehingga tidak ada produk samping yang tidak diinginkan. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis. Produk dengan menggunakan metode ini memiliki kualitas yang terbaik dari segi kepadatan, kekuatan tarik, elongasi, beban lekukan, defleksi konstan, kompresi set, dan beban

kompresi defleksi (CLD). Reaksi terjadi pada tekanan atmosferik dan suhu rendah. Kelemahan proses ini adalah biaya peralatan yang mahal.

b. Prepolymer Process

Beberapa poliuretan elastomer dan hampir semua poliuretan dibuat dengan prepolimer -NCO- (gugus isosinat) sebagai *intermediate.* Metode ini mengikuti reaksi sempurna meskipun polieter diol mempunyai reaktifitas rendah, akan diperoleh target formasi struktur dengan adanya katalis. Selama penggunaan prepolimer -NCO- yang merupakan monomer bebas, kontak dengan isosianat bebas (*toluen diisocyanat*-TDI atau siklohexan diisosianat) bisa dihindari selama proses. Reaksi antara diisosianat dan diol merupakan reaksi orde satu dan tergantung dari perbandingan molar dari tiap – tiap komponen. Pembuatan *intermediate* dengan *end group* yang diinginkan dan berat molekul rata – rata dalam distribusi statistik juga bisa dilakukan dengan proses ini. Produk dengan group -NCO- (prepolimer -NCO-) secara teknis sangat penting sebagai *intermediate* untuk pembuatan poliuretan karena bisa digunakan dengan komponen *multitude* yang terdiri dari hidrogen aktif.

Poliuretan dibuat dengan mereaksikan komponen di atau polihidrogen dengan di atau poliisosianat berlebih. Reaksi ini menghasilkan campuran homolog yang masih mengandung monomer isosianat. Jika monomer rendah yang diinginkan, diisosianat berlebih bisa dihilangkan dengan destilasi atau evaporasi. Bila perbandingan -NCO-/-OH- pada pembuatan prepolimer lebih besar dari tiga, produk yang

dihasilkan disebut semi – prepolimer, karena hanya sebagian dari isosianat tersedia yang masuk ke dalam formasi prepolimer.

c. Quashy prepolymer

Dalam metode ini, bagian dari poliol yang akan digunakan dalam formulasi tersebut tidak bereaksi dengan semua isosianat. Produk yang dihasilkan adalah NCO (isosianat) dihentikan seperti prepolimer. Disamping itu, produk NCO pada akhir proses masih terlalu banyak. Pembentukan busa dilakukan dengan penambahan air, katalis, surfaktan, dan poliol yang tersisa. Metode Quashy prepolymer berlangsung pada kondisi operasi normal dan ketika modifikasi akan menghasilkan sifat dan busa yang dihasilkan lebih baik. Akan tetapi pada proses pembuatan busa dengan menggunakan metode ini membutuhkan biaya yang agak mahal.

Tabel 1.3 Kelebihan dan Kelemahan Metode

	Metode One-shot process	Metode Quasy Prepolymer	Metode prepolymer
Kelebihan	1. Reaksi berlangsung relative cepat 2. Biaya operasi tergolong murah 3. Produk hasil dari metode one shot ini memiliki kualitas lebih baik. 4. Reaktan bereaksi secara sempurna, sehingga tidak ada produk samping yang tidak diinginkan 5. Tidak perlu treatment tambahan. 6. Bahan baku yangdigunakan tidak banyak 7. Reaksi terjadi pada tekanan atmosferik dan suhu rendah	1. Hasil modifikasi akan menghasilkan sifat yang lebih baik 2. Reaksi terjadi pada tekanan atmosferik dan suhu rendah	1. Busa dapat dibuat dengan peralatan yang relative sederhana 2. Reaksi terjadi pada tekanan dan suhu rendah dan tekanan atmosferis

	Metode One-shot process	Metode Quasy Prepolymer	Metode prepolymer
Kekurangan	1. Peralatan mahal	1. Biaya Operasi Mahal 2. Membutuhkan bahan baku yang banyak 3. Dibutuhkan treatment tambahan karena bahan baku setelah proses masih banyak 4. peralatan rumit dan mahal	1. Biaya Operasi Mahal 2. Stabilitas terbatas (dapat bereaksi dengan uap air di atmosfer) 3. Flexibilitas terbatas 4. Terbentuk produk samping

Sumber : szycher's handbook of polyurethanes second edition

Prarancangan pabrik poliuretan ini menggunakan proses *one-shot* . Dari berbagai jenis metode diatas dapat disimpulkan bahwa metode *one shot process* lebih baik digunakan dengan pertimbangan sebagai berikut:

a. Reaktan bereaksi secara sempurna, sehingga tidak ada produk samping yang tidak diinginkan.
b. Proses reaksi berlangsung pada tekanan atmosferik dan suhu rendah sehingga dapat menghemat biaya instalasi.
c. Prosesnya sederhana.
d. Biaya produksi lebih murah

1.2.2 Uraian Proses

Pada proses pembuatan *polyurethane foam*, bahan baku yang digunakan adalah *polytetramethylene eter glycol* (POLYOL) dan *toluen diisocyanate* (TDI) yang berbentuk cair.. Bahan baku utama, ditambahkan katalis *2,3 dimethylcyclohexylamine* (DCA) untuk mempercepat reaksi dan zat-zat aditif.

Secara garis besar, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Polyol + TDI $\longrightarrow$ Poliurethane

Reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan merupakan reaksi polimerisasi pertumbuhan rantai atau yang dikenal dengan nama polimerisasi adisi. Pertumbuhan rantai hanya disebabkan oleh penambahan monomer yang terus menerus terhadap radikal bebasnya sampai derajat polimer yang diinginkan.

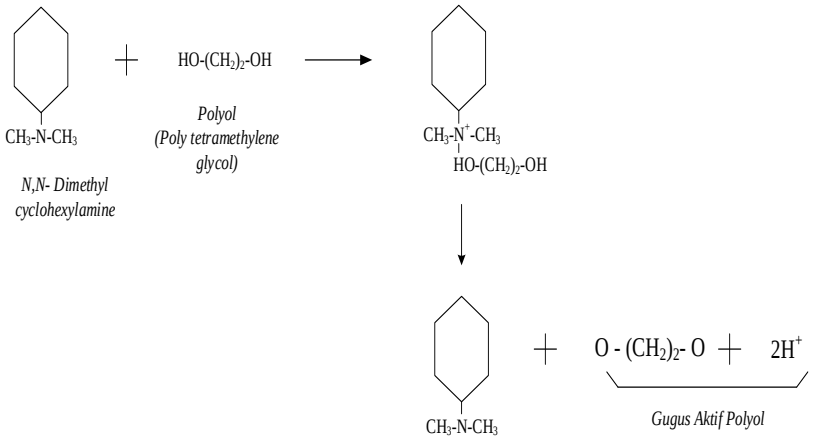
Polimerisasi adisi menghasilkan bentuk polimer dengan berat molekul yang sama dengan monomernya. Berat molekul polimer yang terbentuk merupakan penjumlahan sederhana dari berat molekul semua unit monomer yang bergabung dalam rantai. Pada polimerisasi adisi tidak terjadi pengakhiran, polimerisasi terus berlangsung sampai tidak ada lagi gugus fungsi yang tersedia untuk bereaksi. Walaupun demikian, reaksi dan juga derajat polimerisasi dapat dikendalikan dengan mengubah-ubah waktu reaksi dengan pengaturan temperatur reaksi. Cara penghentian reaksi yang paling baik adalah dengan menggunakan penghentian ujung atau *blocking agent*.

Reaksi pembuatan poliurethane ini bersifat eksotermis, sehingga perlu ditambahkan pendinginan untuk menjaga agar suhu reaksi pada 80^0C. Reaksi ini dijalankan pada tekanan 1 atm, pada reaksi ini digunakan reaktor alir tangki berpengaduk.

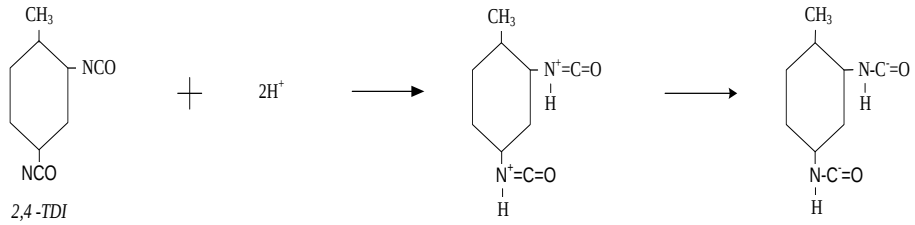
Dalam pembentukan produk poliuretan menggunakan jenis reaksi polimerisasi adisi, secara garis besar terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap inisiasi, tahap propagasi dan tahap terminasi.

a) Tahap inisiasi

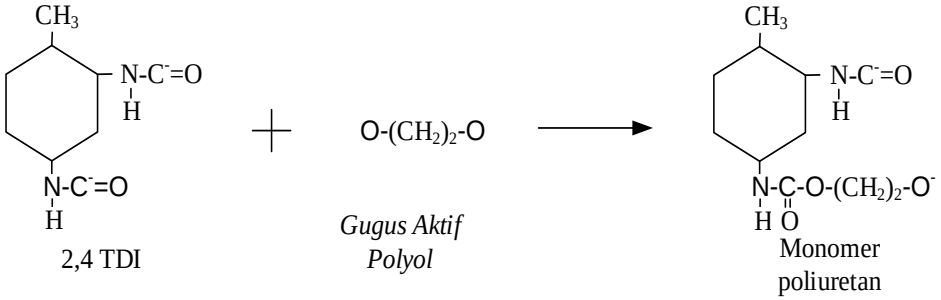
Tahap inisiasi merupakan tahapan awal dimana terjadi pengaktifan gugus gugus monomer poliol dan *diisocyanate* oleh katalis sehingga akan terbentuk radikal bebas yang akan menjdi inisiator untuk memulai reaksi. Kemudian molekul *diisocyanate* akan terikat pada gugus aktif polyol sehingga mulailah terbentuk rantai monomer *urethane*. Reaksi-reaksi pada tahapan inisiasi ini ditunjukkan seperti pada Gambar 1.2, 1.3, dan 1.4.



Gambar 1.2 Aktivasi Gugus Polyol oleh Katalis DCA



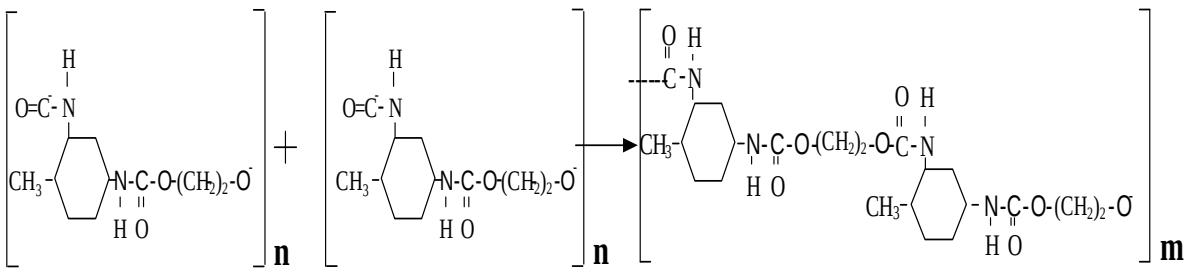
Gambar 1.3 Aktivasi Gugus *Isocyanate*



Gambar 1.4 Pembentukan *Urethane Monomer*

b) Tahapan propagasi

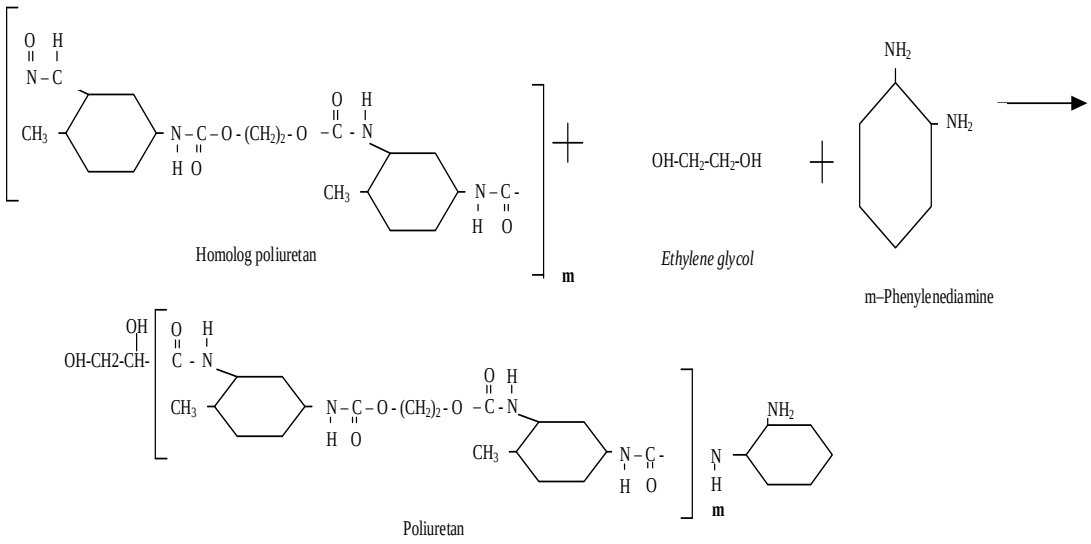
Pada tahapan propagasi ini terjadi penyambungan antar monomer monomer menjadi homolog. Kemudian antar homolog tersebut terjadi proses penyambungan kembali sampai tercapai derajat polimerisasi yang diinginkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Reaksi Pembentukan Homolog

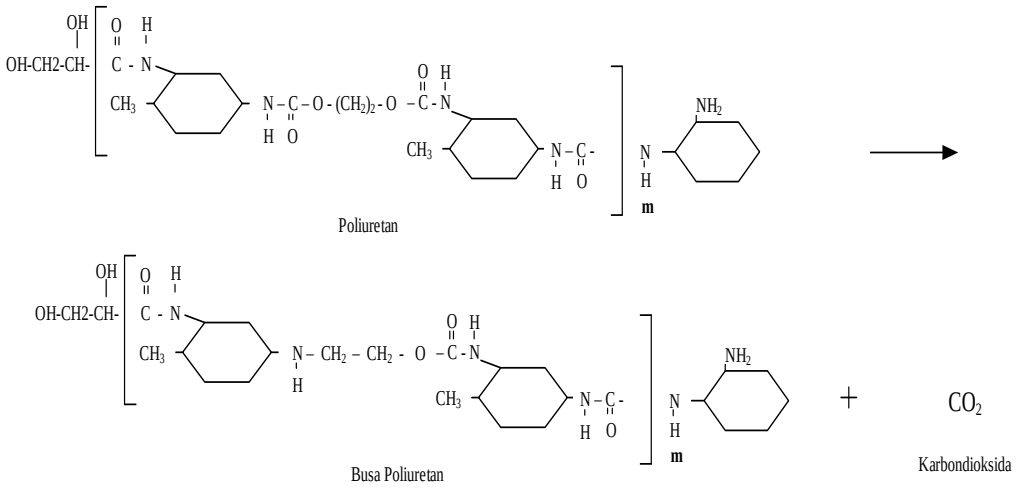
c) Tahap terminasi

Pada tahapan terminasi terjadi pemadaman gugus aktif yang menyebabkan ujung ujung rantai homolog yang sudah bergabung tidak aktif dan reaksi polimerisasi pun berhenti. Senyawa *blocking agent* yang digunakan adalah *ethylene glycol* dan *m-Phenylenediamine*. *Ethylene glycol* dapat menutup gugus ujung isocyanate, sedangkan *m-phenylenediamine* dapat menutup gugus ujung alkohol pada rantai polimer sehingga terbentuk rantai poliuretan dan gugus polyol. Hal ini akan menghentikan reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan dengan derajat polimerisasi yang telah ditentukan, seperti pada reaksi yang ditunjukkan pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Reaksi Terminasi

d) Tahap Pembentukan Pori Busa



Gambar 1.7 Reaksi Pembentukan Pori Busa

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi dari produk poliuretan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Produk PU (*Slabstock flexible Polyurethane Foam*)

Parameter	**Nilai**
Wujud	Padatan
Warna	Kuning Jernih
Elongation break (%)	140
Densitas (kg/m3)	22 - 50
Tear Strength (N/m)	200-300
Specific Gravity	1,05
Tensile Strength (psi)	10.000 - 11.000
Elongation (%)	3 – 6
Identation Hardness at 40 % (N)	150 – 300
Melting Point (^{o}C)	115

(Cemitson, 2008)

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Bahan Baku

Spesifikasi dari bahan baku pembuatan poliuretan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.2 *Toluen Diisocyanate* (TDI)

Parameter	Nilai
Rumus molekul	$C_9H_6N_2O_2$
Kenampakan	Jernih tidak berwarna
Berat Molekul (gr/mol)	174,16
Wujud (pada 760 mmHg,25^oC)	Cair
Flash Point (^oC)	135
Melting Point (^oC)	13
Fire Point (^oC)	143
Spesific gravity (25 ^OC)	1,214
Viskositas (pada 30^oC, mPa.s)	2,6
Tekanan Uap (pada 25^oC, Pa)	33,3
Kemurnian (%)	min. 99,7
Impuritas (%)	2,6 TDI maks. 0,3

(Ixom, 2013)

Tabel 2.3 *Poly Tetramethylene Ether Glycol (Polyol)*

Parameter	Nilai
Rumus molekul	H [$OCH_2CH_2CH_2CH_2$]n OH
Wujud	Cairan (pada suhu ruangan).
Kenampakan	tidak berwarna
Hydroxyl Number (mg KOH/g)	36-39
Acid Value (mg KOH/g)	< 0,05
Titik Didih (^oC)	>260
Flash Point (^oC)	>240
Spesifik gravity	0,97
Kemurnian (%)	min. 99,98
Impuritas (%)	air, maks. 0,2

(www.chemicalland21.com)

2.2.2 Bahan Pembantu

Spesifikasi dari bahan baku pembuatan polyuretan dapat dilihat dari Tabel 2.4 , Tabel 2.5, Tabel 2.6, Tabel 2.7, dan Tabel 2.8.

Tabel 2.4 Katalis *(2,3 Dimethylcyclohexylamine)*

Parameter	Nilai
Rumus molekul	$C_6H_{11}N(CH_3)_2$
Bentuk	Cairan
Warna	Kuning sangat jernih
Berat Molekul (gr/mol)	127,23
Densitas (pada 20 ^oC, gr/cm3)	0,835
Flash Point (^oC) :	51
Boiling Point (pada 1 atm, ^oC)	158 – 160
Kelarutan	Agak sukar larut dalam air
Kemurnian (%)	min. 98

(Aldrich, 2010)

Tabel 2.5 Surfaktan PDMS *(Dimethyl siloxane)*

Parameter	**Nilai**
Rumus molekul	$[(CH_3)_2SiO]_4$
Berat Molekul (gr/mol)	296,61
Melting point (^{O}C):	17,4
Wujud	Cair
Boiling point (^{O}C)	175
Density (gr/cc)	0,9958
Kemurnian (%)	min. 98

(Acros, 2015)

Tabel 2.6 *Blocking Agent* (*Ethilene Glikol*- EG)

Parameter	**Nilai**
Rumus molekul	$C_2H_4(OH)_2$
Berat Molekul (gr/mol)	62,07
Densitas (gr/ml. 30 ^{o}C, 1 atm)	1,115
Boiling point (^{o}C,1 atm)	197
Wujud	Cair
Kenampakan	jernih, tak berwarna
Density (gr/cc)	1,488
Kemurnian (%)	min 99,8
Indeks bias	1,431

(Aldrich, 2013)

Tabel 2.7 *Blocking Agent* (*m-Phenyline Diamine* - mPD)

Parameter	Nilai
Rumus Molekul	$C_6H_4(NH_2)_2$
Berat Molekul (gr/mol)	108,15
Bentuk	Cair
Warna	kehijauan
Boiling point (^oC,1 atm)	283
Specific Gravity	1,14 (pada 15 °C) 1,10 (pada 75 °C)
Flash Point (°C)	138
Vapor Pressure (mmHg)	0,002 (pada 25 °C) 1,0 (pada 100 °C)
Kemurnian (%)	99,00

(ChemicalBook, 2007)

Tabel 2.8 *Blowing Agent* (*Trichloromonofluoromethane* - TCFM)

Parameter	Nilai
Rumus Molekul	CCl_3F
Berat Molekul (gr/mol)	137,38
Kemurnian (%)	min. 99,9
Wujud	Cair
Density	1,488
Boiling Point (pada 760 mmHg, ^oC) :	110
Sifat	Tidak beracun

(Chemical Book, 2007)

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku polyol dan TDI ditampung dalam tangki penyimpan berbentuk silinder vertikal dengan *flat bottom* dan *conical roof*, T-01 untuk menyimpan polyol dan T-02 menyimpan diisosianat. Reaksi polimerisasi pembentukan homolog poliuretan terjadi pada reaktor alir tangki berpengaduk R-01 yang dioperasikan pada temperatur 80 ^{o}C dan tekanan 1 atm dan poliuretan dihasilkan pada reaktor alir tangki berpengaduk R-02 yang dioperasikan pada temperatur 80^{o}C dan tekanan 1 atm. *Blocking agent* ditambahkan pada reaktor kedua. Reaksi pembentukan poliuretan ini bersifat *exothermic irreversible.*

Dari tangki penyimpanan T-01 polyol dialirkan dengan menggunakan pompa sentrifugal menuju ke reaktor R-01 untuk direaksikan dengan TDI, surfaktan, dan katalis.

Bahan-bahan pendukung yang digunakan terdiri dari katalis, surfaktan, *blowing agent* dan *blocking agent* ditambahkan untuk menyempurnakan proses dengan tujuan tertentu. Katalis yang digunakan adalah *N,N- dimethylcyclohexylamine*. Surfaktan yang digunakan adalah *polydimethylsiloxanes*. *Blocking agent* yang digunakan adalah *ethylene glycol* dan *m-phenylenediamine*. *Blowing agent* berfungsi dalam pembentukan busa pada poliuretan jenis *foam* dengan menghasilkan gelembung-gelembung gas yang akan mengisi rongga-rongga pada poliuretan jenis *foam*. Bahan- bahan

pendukung tersebut disimpan dalam tangki penyimpan pada kondisi cair dengan suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pada reaktor R-01 terjadi proses pencampuran polyol dan 2,4-*toluene diisocyanate* (2,4-TDI) dengan katalis dan surfaktan yang merupakan langkah awal reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan. Pada tahap ini, terjadi proses pembentukan senyawa kompleks antara gugus -NCO- dengan gugus H^{+}. Selanjutnya senyawa kompleks yang terbentuk akan bereaksi lagi dengan gugus $O{=}R{-}O^{-}$ dari polyol membentuk struktur monomer uretan. Reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan bersifat *exothermic irreversible*. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir berpengaduk dimana pada sistem pendinginan digunakan jaket pendingin dikarenakan waktu tinggal reaksinya yang sangat lama dan untuk memudahkan dalam pengendalian panas. Reaktor ini beroperasi pada suhu 80 ^{o}C dan tekanan 1 atm.

Pada reaktor R-02 digunakan reaktor jenis alir berpengaduk. Pada reaktor ini terjadi proses propagasi lanjutan dimana homolog yang sudah terbentuk pada reaktor R-01, kemudian *blocking agent* ditambahkan kedalam reaktor sebagai zat terminator pada proses terminasi.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Produk keluaran reaktor R-02 dibawa ke alat *Mix Head* untuk mencampur *blowing agent* sebagai pembentukan sel busa. Dengan menggunakan alat injeksi, cairan keluaran *Mix Head* dibawa ke alat proses pembentukan *slabstock* untuk dicetak dan dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian proses

Proses pembuatan poliuretan dengan proses *one-shot* terbagi dalam 4 tahapan :

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap penyiapan bahan-bahan pendukung
3. Tahap reaksi polimerisasi
4. Tahap pembentukan *slabstock*

3.1.1 Tahap penyiapan bahan baku

a) Poliol

Bahan baku poliol ditampung dalam tangki penyimpan T-01 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penampungan ini berfungsi untuk menampung poliol selama 7 hari. Dari tangki penyimpan T-01 poliol dipompa keluar menggunakan pompa sentrifugal P-08 dan dialirkan ke reaktor R-01 untuk direaksikan dengan TDI, surfaktan, dan katalis.

b) TDI

Bahan baku TDI ditampung dalam tangki tangki penyimpan berupa tangki vertikal T-02 pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penyimpanan T-02 berfungsi untuk menampung TDI selama 14 hari. Dari tangki penyimpan T-02 dipompa keluar menggunakan pompa

sentrifugal P-09 dan dialirkan ke reaktor R-01 untuk direaksikan dengan polyol, surfaktan, dan katalis.

3.1.2 Penyiapan Bahan-Bahan Pendukung

Bahan-bahan pendukung yang digunakan terdiri dari katalis, surfaktan, *blowing agent* dan *blocking agent* ditambahkan untuk menyempurnakan proses dengan tujuan tertentu .

a. Katalis, berfungsi untuk mempercepat reaksi. Katalis yang digunakan adalah *N,N- dimethylcyclohexylamine* (DCA). Bahan pendukung DCA ditampung dalam tangki penyimpan T-03 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penampungan ini berfungsi untuk menampung DCA selama 14 hari. Dari tangki penyimpan T-03 DCA dipompa keluar menggunakan pompa diaprhagm P-10 dan dialirkan ke reaktor R-01.

b. Surfaktan, berfungsi untuk mengontrol ukuran sel busa pada pembuatan poliuretan jenis *foam* dengan cara menstabilkan gelembung-gelembung gas yang terbentuk selama proses nukleisasi, dan juga mengendalikan tingkat pembukaan pada sel busa. Surfaktan yang digunakan adalah *polydimethylsiloxanes* (PMDS). Bahan pendukung PMDS ditampung dalam tangki penyimpan T-03 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penampungan ini berfungsi untuk menampung PMDS selama 14 hari. Dari tangki penyimpan T-04 PMDS dipompa keluar menggunakan pompa diaprhagm P-11 dan dialirkan ke reaktor R-01.

c. *Blocking agent*, berfungsi sebagai terminator dalam tahap terminasi pada reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan. Blocking agent yang digunakan adalah *ethylene glycol* (EG) dan *m-phenylenediamine* (MPD).

Bahan pendukung MPD ditampung dalam tangki penyimpan T-05 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penampungan ini berfungsi untuk menampung MPD selama 30 hari. Dari tangki penyimpam T-05 mPD dipompa keluar menggunakan *gear pump* P-12 dan dialirkan ke reaktor (R-02).

Bahan pendukung EG ditampung dalam tangki penyimpan T-06 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penyimpan T-06 berfungsi untuk menampung EG selama 30 hari. Dari tangki penyimpan T-06 EG dipompa keluar menggunakan pompa sentrifugal P-13 dan dialirkan ke reaktor R-02.

d. *Blowing agent*, berfungsi sebagai pengembang poliuretan sehingga menjadi busa. *Blowing agent* yang digunakan adalah *trichloromonofluoromethane* (TCFM-11). Bahan pendukung TCFM -11 ditampung dalam tangki penyimpan T-07 berupa tangki vertikal pada suhu 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Tangki penampungan ini berfungsi untuk menampung TCFM-11 selama 30 hari. Dari tangki penyimpan T-08 TCFM-11 dipompa keluar menggunakan pompa diaprhagm P-14 dan dialirkan ke *Mix Head*.

3.1.3 Tahap Reaksi Polimerisasi

Tahap polimerisasi merupakan tahap pembentukan produk, dimana terdiri dari 3 tahap reaksi yang terbagi dalam 2 reaktor yaitu reaktor alir tangki berpengaduk R-01 yang beroperasi pada suhu 80 ^{o}C dan tekanan 1 atm dalam fasa cair-cair dan reaktor alir tangki berpengaduk R-02 yang beroperasi pada suhu 80 ^{0}C dan tekanan 1 atm dalam fasa cair-cair.

Reaktor alir tangki berpengaduk (R-01)

Pada reaktor pertama ini, tahap inisiasi dan propagasi awal terjadi antara campuran polyol dan TDI hingga terbentuk rantai monomer *urethane* dengan berat molekul rata-rata tertentu. Di dalam reaktor ini suhu dijaga konstan pada temperature 80 ^{o}C dan tekanan 1 atm, untuk mempertahankan suhu di reaktor menggunakan jaket pendingin. Reaktor bereaksi secara eksotermis, sehingga untuk mempertahankan kondisi reaktor digunakan pendingin. Pendingin yang digunakan dalam jaket ini adalah air. Produk hasil keluaran reaktor adalah homolog poliuretan. Dari Reaktor R-01 dipompa keluar menggunakan pompa sentrifugal P-15 dan dialirkan ke reaktor R-02.

Reaktor alir tangki berpengaduk (R-02)

Pada reaktor kedua ini, terjadi pengakhiran reaksi (tahap terminasi) dengan cara menambahkan *blocking agent* (ethylene glycol dan m-phenylenediamine) sebagai agen pemutus rantai.

Reaksi pada reaktor kedua ini berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 80 ^{0}C. Penghentian reaksi pada reaktor kedua, ketika *monomer urethane* telah mencapai densitas tertentu dan bereaksi dengan *ethylene glycol* dan *m-phenylenediamine* yang diinjeksikan dengan laju alir tertentu. *Ethylene glycol* akan menutup gugus aktif *isocyanate* dan *m-phenylenediamine* akan menutup gugus aktif dari polyol pada struktur rantai *monomer urethane* sehingga reaksi polimerisasi akan terhenti. Produk hasil keluaran reaktor berbentuk poliuretan. Dari reaktor R-02 dipompa keluar menggunakan pompa sentrifugal P-16 dan dialirkan ke *Mix Head* .

3.1.4 Tahap Proses Pembentukan *Slabstock*

Dengan menggunakan alat injeksi, cairan keluaran *Mix Head* dibawa ke alat proses pembentukan *slabstock* untuk dicetak dan dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Proses pembentukan *slabstock* terbagi menjadi 3 daerah proses. Bagian pertama adalah *foaming zone*, dimana pada daerah ini produk keluaran *Mix Head* dicampur *trichloromonofluoromethane* (TCFM), kemudian diinjeksikan pada *foaming zone* sehingga dihasilkan poliuretan berbentuk *foam*. Bagian kedua adalah *curing zone*, dimana pada daerah ini terjadi penyempurnaan bentuk dari poliuretan sehingga poliuretan yang keluar dari daerah ini sudah dapat dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Bagian ketiga adalah *cutting zone*, dimana pada daerah ini poliuretan yang terbentuk melalui tahap pemotongan.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Polyol T-01

Fungsi : Tempat menyimpan poliol selama 7 hari

Tipe : Silinder *vertical* dengan *flat bottom* dan *conical roof*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 buah

Kondisi penyimpanan : Cair

Suhu operasi : 30 ^{o}C

Tekanan operasi : 1 atm

Volume : 810,237 m^3

Spesifikasi : Diameter = 13,72 m

Tinggi = 5,486 m

Tinggi Cairan = 3,99 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 1,3 cm

Course 2 = 1 cm

Course 3 = 0,6 cm

Harga : US$ 133.479,333

3.2.2 Tangki Penyimpan Bahan Baku TDI T-02

Fungsi : Tempat menyimpan *toluen diisocyanate* selama 14 hari

Tipe : Silinder *vertical* dengan *flat bottom* dan *conical roof*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 buah

Kondisi penyimpanan : cair

Suhu operasi : 30 ^{o}C

Tekanan operasi : 1 atm

Volume : 810,237 m^3

Spesifikasi : Diameter = 13,72 m

Tinggi = 5,486 m

Tinggi Cairan = 4,541 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,953 cm

Course 2 = 0,953 cm

Course 3 = 0,635 cm

Harga : US$ 133.479,333

3.2.3 Tangki Penyimpan Bahan Katalis DCA T-03

Fungsi : Menyimpan *2,3 dimethylcyclohexylamine* selama 14 hari

Jenis : Silinder *vertical* dengan *elipstical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Jumlah : 1 buah

Volume : 6,327 m^{3}

Spesifikasi : Diameter = 2,134 m

Tinggi = 2,134 m

Tinggi cairan = 0,868 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,635 cm

Course 2 = 0,635 cm

Course 3 = 0,635 cm

Course 4 = 0,318 cm

Harga : US$ 18.987,561

3.2.4 Tangki Penyimpan Bahan Surfaktan PDMS T-04

Fungsi : Menyimpan PDMS selama 14 hari.

Jenis : Silinder *vertical* dengan *elipstical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade* C

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Jumlah : 1 buah

Volume : 12,663 m^3

Spesifikasi : Diameter = 3,048 m

Tinggi = 3,048 m

Tinggi Cairan= 1,737 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,635 cm

Course 2 = 0,635 cm

Course 3 = 0,635 cm

Course 4 = 0,635 cm

Harga : US$ 32.256,977

3.2.5 Tangki Penyimpan Bahan MPD T-05

Fungsi : Menyimpan *m-phenyline diamine* selama 30 hari.

Jenis : Silinder *vertical* dengan *elipstical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade* C

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Jumlah : 1 buah

Volume : 1,209 m^3

Spesifikasi : Diameter = 1,219 m

Tinggi = 1,219 m

Tinggi Cairan= 1,036 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,635 cm

Course 2 = 0,635 cm

Harga : US$ 6.881,780

3.2.6 Tangki Penyimpan Bahan Blocking agent EG T-06

Fungsi : Menyimpan *ethylene glicol* selama 30 hari

Jenis : Silinder *vertical* dengan *elipstical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade* C

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Jumlah : 1 buah

Volume : 1,082 m^3

Spesifikasi : Diameter = 1,219 m

Tinggi = 1,219 m

Tinggi Cairan= 0,928 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,635 cm

Course 2 = 0,635 cm

Harga : US$ 6.881,780

3.2.7 Tangki Penyimpan Bahan TCFM T-07

Fungsi : Menyimpan *trichloromonofluoromethane* selama 30 hari

Jenis : Silinder *vertical* dengan *elipstical dished head*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade* C

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^{o}C

Jumlah : 1 buah

Volume : 4,650 m^3

Spesifikasi : Diameter = 1,829 m

Tinggi = 1,829 m

Tinggi Cairan= 1,771 m

Tebal *shell* : *Course 1* = 0,635 cm

Course 2 = 0,635 cm

Course 3 = 0,635 cm

Harga : US$ 14.261,262

3.2.8 Reaktor R-01

Jenis : Reaktor Alir Tangki Terpengaduk dengan Jaket Pendingin

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara Poliol dengan TDI membentuk Homolog poliuretan

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA- 283 grade C*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 80^{o}C

Spesifikasi reaktor: Diameter = 4 m

Tinggi = 4,542 m

Tinggi Cairan = 3,604 m

Tebal *shell* = 0,8 cm

Tebal *head* = 1,111 cm

Spesifikasi pengaduk : Jenis = *Three-Blade mixing propeller*

Jumlah *baffle* = 4 buah

Kecepatan = 56 rpm

Power Motor = 4,3 HP

Spesifikasi pendingin : Jenis = Jaket

Pendingin = Air

Tebal jaket = 0,6 cm

Tinggi jaket = 2,48 m

Harga : US$ 166.492,509

3.2.9 Reaktor R-02

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pemutusan rantai Homolog Poliuretan menjadi produk Poliuretan

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA- 283 grade C*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 80^{o}C

Spesifikasi reaktor : Diameter = 3,253 m

Tinggi = 4,385 m

Tinggi Cairan = 3,276 m

Tebal *shell* = 0,8 cm

Tebal *head* = 1 cm

Spesifikasi pengaduk : Jenis = *Three-blade mixing propeller*

Jumlah *baffle* = 4 buah

Kecepatan = 68 rpm

Power Motor = 3,712 HP

Harga : US$ 70.060,030

3.2.10 Heater HE-01

Fungsi : Memanaskan Polyol dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 01 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,879 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,001 psi

Beban Panas : 8.634,385 Btu/jam

Luas transfer panas : 10,44 ft^2

Dirt Factor total : 0,042 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Harga : US$ 1.226,713

3.2.11 Heater HE-02

Fungsi : Memanaskan TDI dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 01 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 3,5 in

Diameter dalam = 3,068 in

Pressure drop = 0,03 psi

Annulus

Diameter luar = 4,026 in

Diameter dalam = 3,5 in

Pressure drop = 0,075 psi

Beban Panas : 192.233,540 Btu/jam

Luas transfer panas : 110,04 ft^2

Dirt Factor total : 0,004 $hr.ft^2.{}^oF/Btu$

Harga : US$ 2.892,521

3.2.12 Heater HE-03

Fungsi : Memanaskan DCA dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 01 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,0001 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,00006 psi

Beban Panas : 1.883,578 Btu/jam

Luas transfer panas : 10,44 ft^2

Dirt Factor total : 0,022 $hr.ft^2.{}^oF/Btu$

Harga : US$ 1.226,713

3.2.13 Heater HE-04

Fungsi : Memanaskan PDMS dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 01 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,0004 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,00002 psi

Beban Panas : 3.718,380 Btu/jam

Luas transfer panas : 13,05 ft^2

Dirt Factor total : 0,032 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Harga : US$ 1.402,455

3.2.14 Heater HE-05

Fungsi : Memanaskan mPD dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 02 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,000006 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,0000007 psi

Beban Panas : 86 Btu/jam

Luas transfer panas : 10,44 ft^2

Dirt Factor total : 7,734 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Harga : US$ 1.226,713

3.2.15 Heater HE-06

Fungsi : Memanaskan EG dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk R – 02 dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,00005 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,000003 psi

Beban Panas : 279,659 Btu/jam

Luas transfer panas : 10,44 ft^2

Dirt Factor total : 0,313 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Harga : US$ 1.226,713

3.2.16 Heater HE-07

Fungsi : Memanaskan TCFM dari 30 °C menjadi 80 °C sebelum masuk MH dengan pemanas Steam pada suhu 100 °C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan : *Stainless steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

Inner pipe

Diameter luar = 1,66 in

Diameter dalam = 1,38 in

Pressure drop = 0,00001 psi

Annulus

Diameter luar = 2,07 in

Diameter dalam = 1,66 in

Pressure drop = 0,000001 psi

Beban Panas : 162,669 Btu/jam

Luas transfer panas : 10,44 ft^2

Dirt Factor total : 3,890 $hr.ft^2.^oF/Btu$

Harga : US$ 1.226,713

3.2.17 Pompa P-01

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Polyol ke tangki penyimpanan T-01

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 16,854 gpm

Head : 2,999 m

Tenaga pompa : 0,75 Hp

Putaran standar : 2500 rpm

Putaran spesifik : 2512,254 rpm

Harga : US$ 2.771,911

3.2.18 Pompa P-02

Fungsi : Mengalirkan bahan baku TDI ke tangki penyimpanan T-02

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 9,587 gpm

Head : 9,574 m

Tenaga pompa : 0,75 Hp

Putaran standar : 1500 rpm

Putaran spesifik : 1354 rpm

Harga : US$ 1.976,121

3.2.19 Pompa P-03

Fungsi : Mengalirkan katalis DCA ke tangki penyimpanan T-03.

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,083 gpm

Head : 1,193 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 600 rpm

Putaran spesifik : 600,200 rpm

Harga : US$ 108,330

3.2.20 Pompa P-04

Fungsi : Mengalirkan surfaktan PMDS ke tangki penyimpanan T-04

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,166 gpm

Head : 3,027 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 422,299 rpm

Harga : US$ 164,198

3.2.21 Pompa P-05

Fungsi : Mengalirkan *blocking agent* MPD ke tangki penyimpanan T-05

Jenis : *Gear pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,007 gpm

Head : 10,6 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 34,823 rpm

Harga : US$ 87,756

3.2.22 Pompa P-06

Fungsi : Mengalirkan *bloking agent* EG ke tangki penyimpanan T-06

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,007 gpm

Head : 2,293 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 331,643 rpm

Harga : US$ 24,567

3.2.23 Pompa P-07

Fungsi : Mengalirkan *blowing agent* TCFM ke tangki penyimpanan T-07

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,028 gpm

Head : 2,073 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 232,221 rpm

Harga : US$ 56,441

3.2.24 Pompa P-08

Fungsi : Mengalirkan polyol dari tangki penyimpanan T-01 ke reakor R-01.

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 16,854 gpm

Head : 2,999 m

Tenaga pompa : 0,75 Hp

Putaran standar : 3400 rpm

Putaran spesifik : 3395 rpm

Harga : US$ 2.772,207

3.2.25 Pompa P-09

Fungsi : Mengalirkan TDI dari tangki penyimpanan T-02 ke reakor R-01.

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 9,587 gpm

Head : 5,801 m

Tenaga pompa : 0,33 Hp

Putaran standar : 2000 rpm

Putaran spesifik : 1971 rpm

Harga : US$ 1.976,121

3.2.26 Pompa P-10

Fungsi : Mengalirkan DCA dari tangki penyimpanan T-03 ke reakor R-01

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,083 gpm

Head : 3,260 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 282,394 rpm

Harga : US$ 108,330

3.2.27 Pompa P-11

Fungsi : Mengalirkan PMDS dari tangki penyimpanan T-04 ke reakor R-01

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,166 gpm

Head : 7,657 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 211 rpm

Harga : US$ 164,198

3.2.28 Pompa P-12

Fungsi : Mengalirkan MPD dari tangki penyimpanan T-05 ke reakor R-02

Jenis : *Gear pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,007 gpm

Head : 14,355 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 5800 rpm

Putaran spesifik : 5820 rpm

Harga : US$ 87,756

3.2.29 Pompa P-13

Fungsi : Mengalirkan EG dari tangki penyimpanan T-06 ke reakor R-02

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,007 gpm

Head : 2,349 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 102,004 rpm

Harga : US$ 24,567

3.2.30 Pompa P-14

Fungsi : Mengalirkan TCFM dari tangki penyimpanan T-07 ke reakor MH

Jenis : *Diaprhagm pump (single stage, single suction, Radial flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 0,028 gpm

Head : 1,0 m

Tenaga pompa : 0,05 Hp

Putaran standar : 400 rpm

Putaran spesifik : 402 rpm

Harga : US$ 56,441

3.2.31 Pompa P-15

Fungsi : Mengalirkan Produk R-01 menuju ke Reaktor R-02

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 28,054 gpm

Head : 5,329 m

Tenaga pompa : 1 Hp

Putaran standar : 3500 rpm

Putaran spesifik : 3593 rpm

Harga : US$ 3.763,093

3.2.32 Pompa P-16

Fungsi : Mengalirkan Produk R-02 menuju ke Mix Head

Jenis : *Centrifugal pump (single stage, single suction, mixed flow)*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 28,084 gpm

Head : 2,965 m

Tenaga pompa : 0,5 Hp

Putaran standar : 5500 rpm

Putaran spesifik : 5580 rpm

Harga : US$ 3.765,669

3.2.33 *Mix Head* MH

Jenis : Tangki berpengaduk

Fungsi : Tempat Mencampur TCFM dengan PU

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 80^{o}C

Spesifikasi : Diameter = 1,267 m

Tinggi = 1,974 m

Tinggi Cairan= 1,409 m

Tebal *shell* = 0,5 cm

Tebal *head* = 0,6 cm

Spesifikasi pengaduk : Jenis = *Three-bladed mixing propeller*

Jumlah *baffle* = 4 buah

Kecepatan = 190 rpm

Power Motor = 0,8 HP

Harga : US$ 12877,275

3.2.34 Belt Conveyor

Fungsi : Mengangkut Pu dari *Mix Head* ke Gudang Penyimpanan sebanyak 6658,269 kg/jam

Jenis : *Continous flow conveyor*

Kapasitas maksimum 32 ton/jam

Lebar *belt* : 14 in

Panjang *belt* : 60,96 m

Elevasi : 3,05 m

Kecepatan *belt* : 100 ft/min = 30,5 m/min

Power motor : 0,88 Hp

Jumlah : 1 buah

Bahan : Kanvas *Rubber*

Harga : US$ 82.457,935

3.2.35 Mesin Pemotong *Slabstock*

Cutting from thickness : 2 – 200 mm

Cutting from size : P : 2000 mm

L : 1650 mm T : 1200 mm

Treading Speed : 30 m/min

Panjang *Blade* : 8500 mm

Power Motor : 11,15 Hp

Harga : US$ 7000

3.2.36 Gudang G-01

Fungsi : Menyimpan produk untuk keperluan 14 hari.

Jenis : Bangunan Gudang

Bahan : Beton

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30^oC

Fase : Padat

Jumlah : 1 buah

Volume : 2146,797 m^3

Spesifikasi :

Tinggi = 8,127 m

Panjang = 16,253 m

Lebar = 16,253 m

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.36 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersedian bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku pembuatan *slabstock flexible polyurethane foam* dengan proses *one-shot* terdiri dari *Polyol* dan *toluena diisocyanat* sebagai bahan baku utama. *Dimethylcyclohexylamine* sebagai katalis, *dimethylsiloxane* sebagai surfaktan, *ethylene glikol* dan *m-phenylinediamine* sebagai blocking agent, *trichloromonofluoromethane* sebagai *blowing agent*. Kebutuhan bahan baku dapat dilihat dari Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Suplier
Polyol	34.348,306	PT. Bayer Material Science Indonesia.Ciwadan, Cilegon
Toluena diisocyanat	17.773,494	Mitsui ChemicalnInc. Japan
Dimethylcyclohexylamine	350,414	Qindao Hanhaida
Dimethylsiloxane	17,331	Singshine silicones Inc. Cina
Ethilene glikol	17,187	PT. Global Chemical Indonesia. Tanggerang. Banten
m-Phenylenediamine	4,462	Henan Kingway Chemicals Co.,Ltd. Cina
Trichloromonofluoromethane	51.561,7	Guangzhou Haifei Fine Chemical . Japan

3.3.37 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pabrik direncanakan didirikan di Cilegon, tepatnya di Kawasan Industri KIEC. Lokasi suatu pabrik memberikan pengaruh yang besar terhadap lancarnya kegiatan industri. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sebelum pabrik didirikan, perlu dilakukan pertimbangan untuk melihat faktor-faktor primer dan sekunder. Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik yang kita rancang agar secara teknis dan ekonomis menguntungkan.

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer ini secara tidak langsung mempengaruhi tujuan utama dari pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau, sedang pabrik masih memperoleh keuntungan yang wajar. Faktor primer ini meliputi :

a. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan *slabstock polyurethane foam* adalah *isocyanate* yang dapat dipenuhi oleh pemasok dari Vietnam, Jepang dan Korea,

sedangkan *polyol* dapat dipenuhi dari produsen dalam negeri di Cilegon, Banten. Dengan pemilihan lokasi pabrik di Kawasan Industri KIEC, Cilegon akan lebih menguntungkan karena lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan dan pengiriman bahan baku.

Letak pabrik yang dekat dengan pelabuhan mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Terjaminnya keamanan arus bahan baku
2. Tingkat kerusakan bahan baku dapat diperkecil
3. Biaya transportasi bahan baku lebih murah

b. Ketersediaan sumber energi

Kebutuhan tenaga dan steam sangatlah tinggi pada sebagian besar pabrik kimia, dan biasanya dibutuhkan ketersediaan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan ini. Daerah KIEC, Cilegon merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar untuk generator dapat dengan mudah terpenuhi, sedangkan listrik untuk keperluan proses dan perkantoran. Kebutuhan listrik disuplai oleh PLTU Suralaya.

c. Lokasi pasar

Lokasi pasar atau pusat distribusi mempengaruhi biaya distribusi produk, waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman,dan menghindari kerusakan selama pengiriman dan sehingga dapat menekan biaya transportasi. Produk poliuretan diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dalam hal ini, kota Cilegon sangat mendukung mengingat letaknya sangat

strategis yaitu dekat dengan konsumen terutama Jawa barat dan DKI Jakarta. Sehingga menguntungkan untuk pemasaran produk.

d. Sarana transportasi

Sarana transportasi yang baik dapat menunjang keberhasilan suatu pabrik kimia. Sarana transportasi yang dimaksud adalah jalan yang nyaman untuk pekerja, transportasi bahan-bahan dan peralatan yang efisien, serta pengiriman secara cepat dan ekonomis. Kawasan ini memenuhi syarat dan fasilitas transportasi yang cukup memadai untuk mendirikan pabrik. Fasilitas yang disediakan oleh PEMDA Cilegon adalah adanya jalur pantura yang sangat memadai dan rencana menjadikan cilegon sebagai pelabuhan nasional. Kedua sarana darat dan laut tersebut akan sangat menunjang dalam hal pengiriman bahan baku dan produk.

e. Ketersediaan tenaga kerja

Lapangan pekerjaan akan bertambah dengan adanya pembangunan pabrik ini, diharapkan dengan adanya pembangunan pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja dari masyarakat sekitar. Sedangkan untuk tenaga terdidik dapat diperoleh dari lulusan sekolah menengah atas maupun perguruan tinggi yang terdapat di Cilegon maupun yang ada di luar Cilegon.

Cilegon merupakan kawasan industri dan lokasinya dekat dengan ibu kota negara sebagai pusat pendidikan sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja ahli. Karena tingginya jumlah pengangguran maka tidaklah sulit untuk memperoleh tenaga kerja tanpa keahlian (*unskilled labour*).

f. Penyediaan utilitas

Utilitas merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik, terutama suplai air dan listrik. Fasilitas yang meliputi air dan listrik telah disiapkan oleh pemerintah setempat. Kebutuhan listrik disuplai oleh PLTU Suralaya dan kebutuhan air di kawasan industri diperoleh dari aliran sungai cidanau. Berdekatan dengan sumber mata air atau sungai sehingga dapat memenuhi kebutuhan air.

g. Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *slabstock poliuretan foam* diklasifikasikan dalam bentuk cair dan padat. Untuk limbah cair diolah kembali menjadi air bersih. Dan untuk limbah padat berupa lumpur yang dihasilkan dari unit pengolahan air Dimanfaatkan sebagai penimbun yang sebelumnya diturunkan kadar airnya. Sedang limbah padat dari toilet diolah di septic tank dan dikirim ke perusahaan pengelola limbah lanjut.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder yang menjadi pertimbangan dalam pendirian pabrik.

a) Kebijakan Pemerintah

Pemerintah menetapkan bahwa daerah cilegon (KIEC) sebagai kawasan industri sehingga fasilitas - fasilitas yang dibutuhkan sudah tersedia dan pabrik pabrik konsumen *slabstock polyurethane foam* maupun pemasok bahan baku *polyol* berada dalam kawasan yang sama.

b) Iklim dan Lingkungan

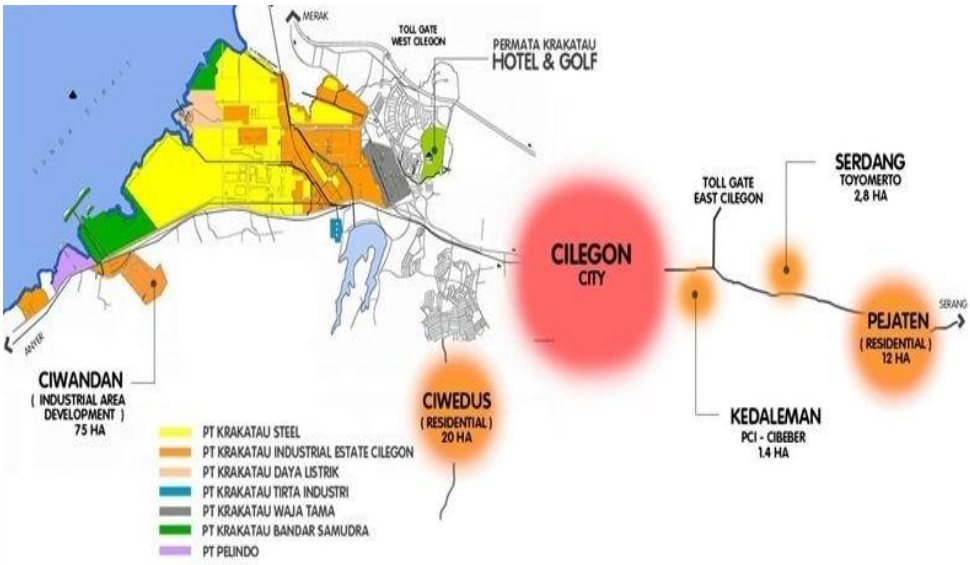
Iklim dan lingkungan merupakan salah satu indikator dalam kelancaran dan kesinambungan proses produksi, maka dalam pemilihan lokasi pabrik dipilih yang kelembamannya stabil, jauh dari bahaya api, bukan daerah yang frekuensi gempanya tinggi, bebas banjir dan kekeringan sehingga kestabilan produksi dapat terjamin.

c) Prasarana dan fasilitas sosial

Prasarana seperti jalan dan sarana transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan rumah sakit, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat.

Disamping faktor primer dan sekunder diatas pertimbangan lain pemilihan lokasi pabrik di daerah berikat KIEC adalah biaya pajak yang rendah. Disamping itu, bahan baku pembuatan *slabstock polyurethane foam* yang didatangkan dari luar negeri seperti korea, vietnam dan cina tidak akan dikenakan biaya kepabeanan, serta penjualan produk ke luar negeri tidak akan dikenakan pajak eksport. Namun untuk penjualan produk ke dalam negeri dikenakan pajak import. Dengan semakin kecilnya biaya pajak yang harus dibayar diharapkan dapat menurunkan biaya produksi, sehingga harga dan kualitas produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasar nasional maupun internasional. (*PP nomor 63 tahun 2003 tentang*

perlakuan pajak pertambahan nilai dan pajak penjualan atas barang mewah di kawasan berikat / bonded zone). Denah lokasi KIEC disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Denah Krakatau Industrial Estate Cilegon

Dari pertimbangan faktor-faktor diatas, maka dipilihlah Kawasan Industri KIEC sebagai lokasi pendirian pabrik *slabstock polyurethane foam.*

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak adalah tempat kedudukan keseluruhan bagian dari perusahaan yang meliputi tempat kerja alat, tempat kerja orang, tempat penimbunan bahan dan hasil, tempat utilitas, perluasan, taman, tempat parkir dan lain-lain. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak suatu pabrik antara lain:

a) Letak masing-masing alat produksi sedemikian sehingga memberikan kelancaran dan keamanan bagi tenaga kerja. Selain itu, penempatan alat-alat produksi diatur secara berurutan sesuai dengan urutan proses kerja masing-masing berdasarkan pertimbangan teknik, sehingga dapat diperoleh efisiensi teknis dan ekonomis.
b) Letak alat harus mempertimbangkan faktor *maintenance* yang memberikan area yang cukup dalam pembongkaran, penambahan alat bantu terutama pada saat *turn around* pabrik.
c) Alat-alat yang beresiko tinggi harus diberi jarak yang cukup sehingga aman dan mudah mengadakan penyelamatan jika terjadi kecelakaan, kebakaran dan sebagainya.
d) Jalan-jalan dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan faktor keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik. Perlu dipertimbangkan juga adanya jalan pintas jika terjadi keadaan darurat.
e) Letak alat-alat ukur dan alat kontrol harus mudah dijangkau operator.
f) Letak kantor dan gudang mudah dijangkau dari jalan utama.

Perincian luas tanah pabrik ditunjukan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

Lokasi	**panjang, m**	**lebar, m**	**luas, m2**
	m	**m**	**m^2**
Kantor utama	44	14	616
Pos Keamanan/satpam	8	4	32
Mess	16	36	576
Parkir Tamu	12	22	264
Parkir Truk	20	12	240
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	20	14	280
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin	16	12	192
Bengkel	12	24	288
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang produk	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	240
Area proses	65	65	4.225
Control Room	28	10	280
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	60	40	2.400
Perluasan pabrik	110	20	2.200
Luas Tanah			**12.929**
Luas Bangunan			**8.329**
Total	**533**	**361**	**12.929**

4.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

   Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

   Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

   Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

   Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat prosesdengan cepat dan mudah, agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

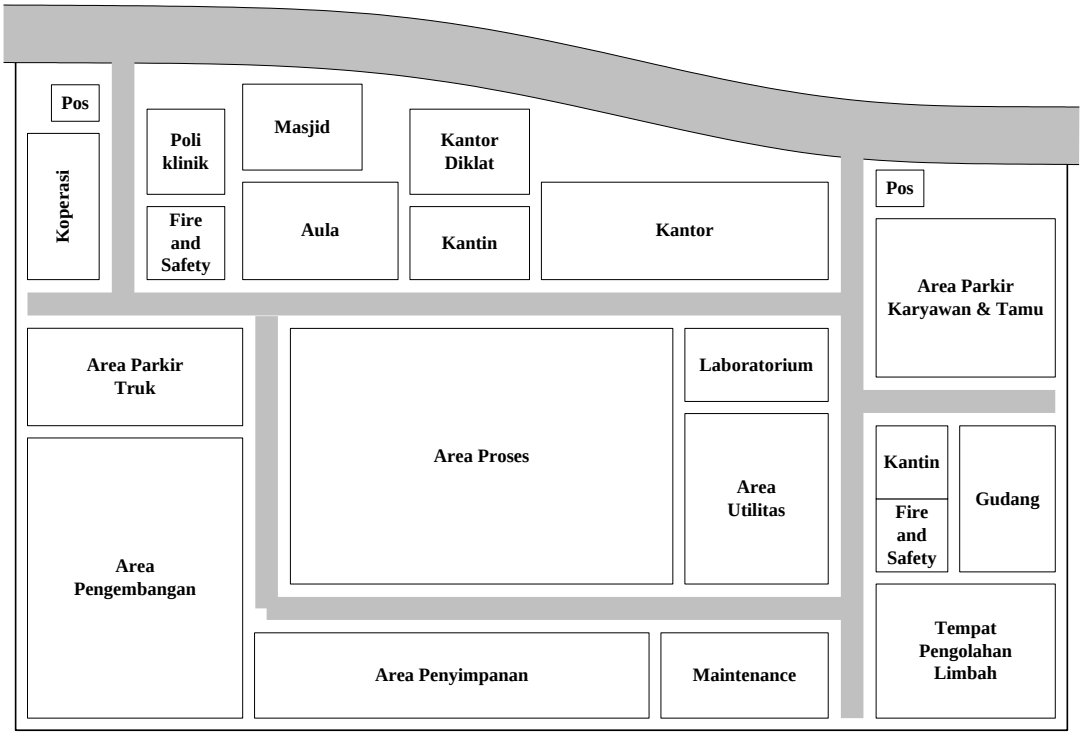
5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

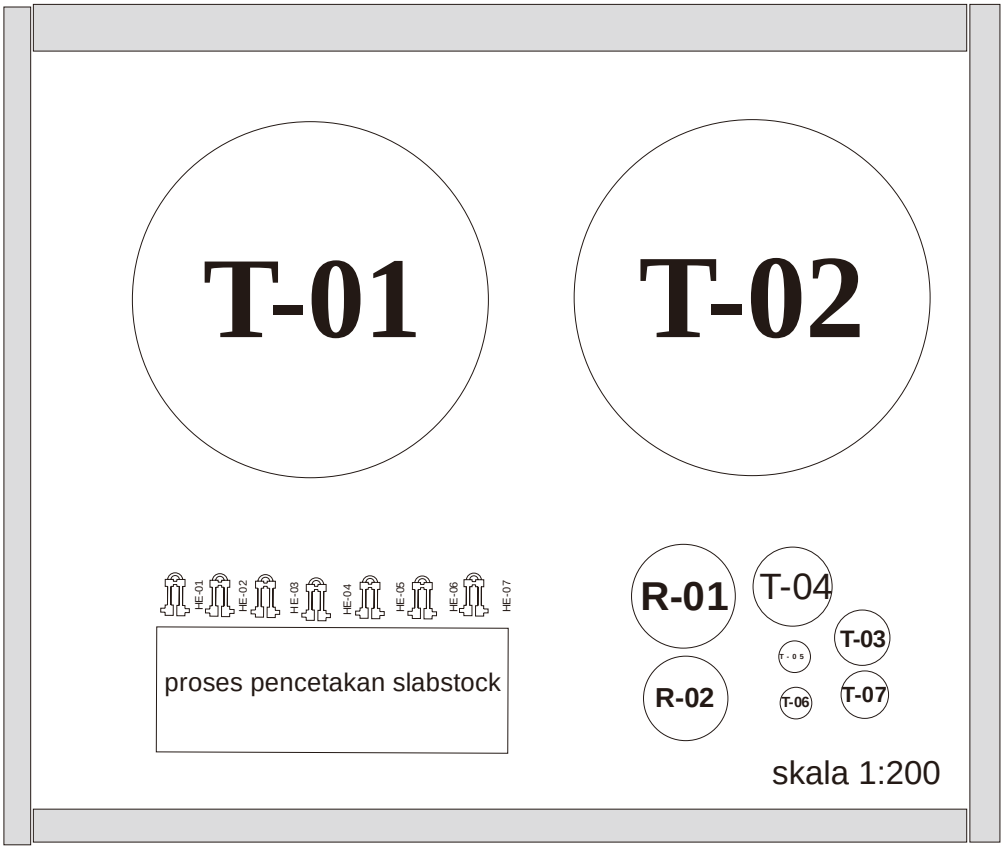
Berikut gambar peta situasi pabrik dapat dilihat dalam gambar tata letak alat (*equipment lay out*) poliuretan dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Tata letak pabrik dan alat dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2. Tata letak pabrik

Keterangan Gambar :

1. Pos Keamanan
2. Koperasi
3. Poliklinik
4. *Fire and safety*
5. Masjid
6. Kantor Diklat
7. Kantin
8. Kantor
9. Parkir Karyawan dan Tamu
10. Area Perluasan
11. Area Proses
12. Parkir Truk
13. Area Penyimpanan
14. Laboratorium
15. Utilitas
16. Maintenance
17. Gudang
18. Tempat Pengolahan Limbah
19. Jalan raya



Gambar 4.3 *Lay out* alat proses (Skala 1:200)

Keterangan Gambar :

1. Tangki polyol T-01
2. Tangki *diisocyanat* T-02
3. Tangki *dimethylcyclohexylamine* T-03
4. Tangki *polydimethylsiloxane* T-04
5. Tangki *m-phenyline diamine* T-05
6. Tangki *ethilene glikol* T-06
7. Tangki *trichloromonofluoromethane* T-07
8. Reaktor R-01
9. Reaktor R-02
10. *Heat exchanger* HE

4.4 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Neraca massa total proses produksi disajikan pada tabel 4.2 dan untuk neraca massa masing – masing alat disajikan pada 4.3 sampai tabel 4.14

Tabel 4.2 Neraca Massa Total *slabstock polyurethane foam*

Komponen	Nomor Arus (kg/jam)									
	Arus 1	**Arus 2**	**Arus 3**	**Arus 4**	**Arus 5**	**Arus 6**	**Arus 7**	**Arus 8**	**Arus 9**	**Arus 10**
Poliol	4.336,041	–	–	–	86,720	–	–	86,720	–	86,720
AIR	0,866	–	–	–	0,866	–	–	0,866	–	0,866
2,4 TDI	–	2.237,397	–	–	44,748	–	–	44,748	–	44,748
2,6 TDI	–	6,731	–	–	6,731	–	–	6,731	–	6,731
DCA	–	–	22,121	–	22,121	–	–	22,121	–	22,121
PDMS	–	–	–	44,244	44,244	–	–	44,244	–	44,244
Homolog PU	–	–	–	–	6.441,971	–	–	128,839	–	128,839
mPD	–	–	–	–	–	2,188	–	2,188	–	2,188
EG	–	–	–	–	–	–	2,170	2,170	–	2,170
PU	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**6.313,131**	**–**	**6.313,131**
TCFM	–	–	–	–	–	–	–	–	6,510	6,510
Total	**4.336,907**	**2.244,128**	**22,121**	**44,244**	**6.647,400**	**2,188**	**2,170**	**6.651,758**	**6,510**	**6.658,269**

4.4.1.2 Neraca Massa Setiap Alat

4.4.1.2.1 Reaktor R-01

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor 01

Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Poliol	4.336,041				86,720
AIR	0,866				0,866
2,4 TDI		2.237,397			44,748
2,6 TDI		6,731			6,731
DCA			22,121		22,121
PDMS				44,244	44,244
Homolog PU					6.441,971
Total	4.336,907	2.244,128	22,121	44,244	
	6.647,400				**6.647,400**

4.4.1.2.2 Reaktor-02

Tabel 4.4 Neraca Massa Reaktor 02

Komponen	Input (kg/jam)			Output (Kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Poliol	86,720			86,720
AIR	0,866			0,866
2,4 TDI	44,748			44,748
2,6 TDI	6,731			6,731
DCA	22,121			22,121
PDMS	44,244			44,244
Homolog PU	6.441,971			128,839
mPD		2,188		2,188
EG			2,170	2,170
PU				6.313,131
Total	6.647,400	2,188	2,170	
			6.651,758	**6.651,758**

4.4.1.2.3 Mix Head

Tabel 4.5 Neraca Massa Mix Head

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 8	**Arus 9**	**Arus 10**
Poliol	86,720		86,720
AIR	0,866		0,866
2,4 TDI	44,748		44,748
2,6 TDI	6,731		6,731
DCA	22,121		22,121
PDMS	44,244		44,244
Homolog PU	128,839		128,839
mPD	2,188		2,188
EG	2,170		2,170
PU	6.313,131		6.313,131
TCFM		6,510	6,510
Total	6.651,758	6,510	
	6.658,269		**6.658,269**

4.4.2 Neraca Panas

4.4.2.1 Neraca Panas Reaktor-01

Neraca panas proses produksi untuk neraca panas masing – masing alat disajikan pada 4.6 sampai tabel 4.8.

Tabel 4.6 Neraca Panas Reaktor-01

Komponen	Input		Output	
	H2,H4,H6,H8	**ΔHreaksi**	**H9**	**Qpendingin**
POLYOL	9.791,744	0	195,832	0
Air	199,061	0	199,061	0
2,4 TDI	210.546,058	0	4.210,944	0
2,6TDI	633,374	0	633,374	0
DCA	2.180,023	0	2.180,023	0
PDMS	4.302,309	0	4.302,309	0
homolog PU	0	0	1.344,468	0
Reaksi	0	219.116,263	0	
Pendingin	0	0	0	433.702,821
Sub Total	227.652,568	219.116,263	13.066,011	433.702,821
Total		**446.768,832**		**446.768,832**

4.4.2.2 Neraca Panas Reaktor-02

Tabel 4.7 Neraca Panas Reaktor-02

Komponen	Input	Output	
	H9,H11,H13	**H14**	**Qbeban**
POLYOL	195,832	195,832	0
H2O	199,061	199,061	0
2,4 TDI	4.210,944	4.210,944	0
2,6 TDI	633,374	633,374	0
DCA	2.180,023	2.180,023	0
PDMS	4.302,309	4.302,309	0
Homolog PU	1.344,468	26,889	0
mPD	102,160	102,160	0
EG	324,044	324,044	0
PU	0	1317,579	
Qbeban			0
Subtotal	13.492,215	13.492,215	0
Total	**13.492,215**		**13.492,215**

4.4.2.3 Neraca Panas Mix Head

Tabel 4.8 Neraca Panas Mix Head

Komponen	Input	Output	
	H14,H16	Qbeban	H17
POLYOL	195,832		195,832
H2O	199,061		199,061
2,4 TDI	4.210,944		4.210,944
2,6 TDI	633,374		633,374
DCA	2.180,023		2.180,023
PDMS	4.302,309		4.302,309
Homolog PU	26,889		26,889
mPD	102,160		102,160
EG	324,044		324,044
PU	1.317,579		1.317,579
TCFM	187,953		187,953
Qbeban		0	
Subtotal	13.680,168	0	13.680,168
Total	**13.680,168**		**13.680,168**

4.4.2.4 Neraca Panas HE-01

Tabel 4.9 Neraca Panas HE-01

Komponen	Input		Output
	H1	Qbeban	H2
POLYOL	862,878		9.791,744
H2O	18,167		199,061
PEMANAS		9.109,760	
Subtotal	**881,045**	**9.109,760**	**9.990,805**
Total	**9.990,805**		**9.990,805**

4.4.2.5 Neraca Panas HE-02

Tabel 4.10 Neraca Panas HE-02

Komponen	Input		Output
	H3	Qbeban	H4
2,4 TDI	18.889,069		210.546,058
2,6 TDI	56,823		633,374
PEMANAS		192.233,540	
Subtotal	**18.945,892**	**192233,540**	**211.179,432**
Total	**211.179,432**		**211.179,432**

4.4.2.6 Neraca Panas HE-03

Tabel 4.11 Neraca Panas HE-03

Komponen	Input		Output
	H5	Qbeban	H6
DCA	192,742		2.180,023
PEMANAS		1.987,281	
Subtotal	**192,742**	**1987,281**	**2.180,023**
Total	**2.180,023**		**2.180,023**

4.4.2.7 Neraca Panas HE-04

Tabel 4.12 Neraca Panas HE-04

Komponen	Input		Output
	H7	Qbeban	H8
PDMS	379,209		4.302,309
Pemanas		3.923,100	
Subtotal	**379,209**	**3.923,100**	**4.302,309**
Total	**4.302,309**		**4.302,309**

4.4.2.8 Neraca Panas HE-05

Tabel 4.13 Neraca Panas HE-05

Komponen	Input		Output
	H10	Qbeban	H11
Mpd	11,471		102,160
PEMANAS		90,689	
Subtotal	**11,471**	**90,689**	**102,160**
Total	**102,160**		**102,160**

4.4.2.9 Neraca Panas HE-06

Tabel 4.14 Neraca Panas HE-06

Komponen	Input		Output
	H12	Qbeban	H13
ETILEN GLYCOL	28,988		324,044
PEMANAS		295,056	
Subtotal	**28,988**	**295,056**	**324,044**
Total	**324,044**		**324,044**

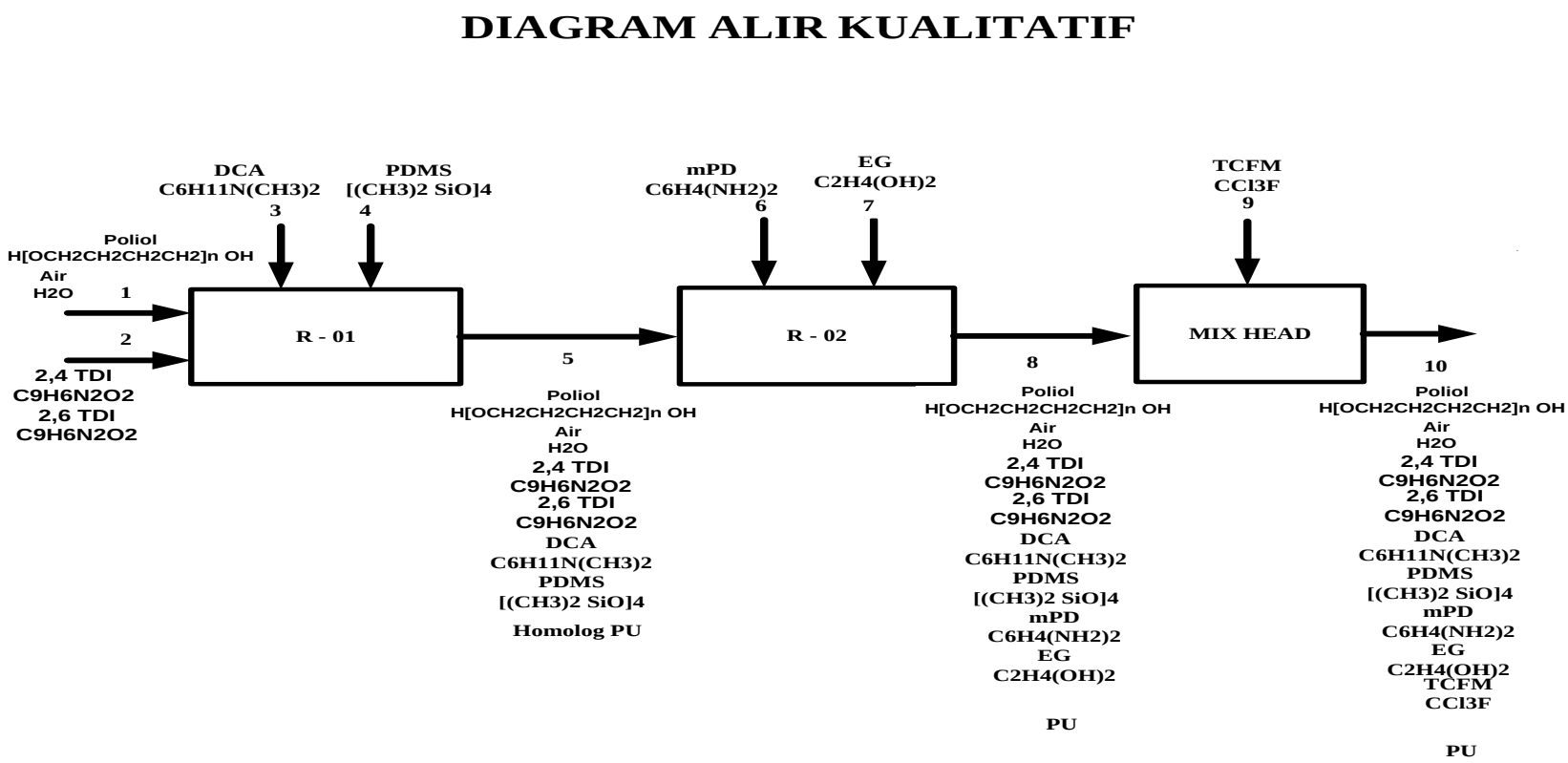
4.4.2.10 Neraca Panas HE-07

Tabel 4.15 Neraca Panas HE-07

Komponen	Input		Output
	H12	Qbeban	H13
TCFM	16,328		187,953
PEMANAS		171,625	
Subtotal	**16,328**	**171,625**	**187,953**
Total	**187,953**		**187,953**

4.4.3 Diagram Alir Kualitatif

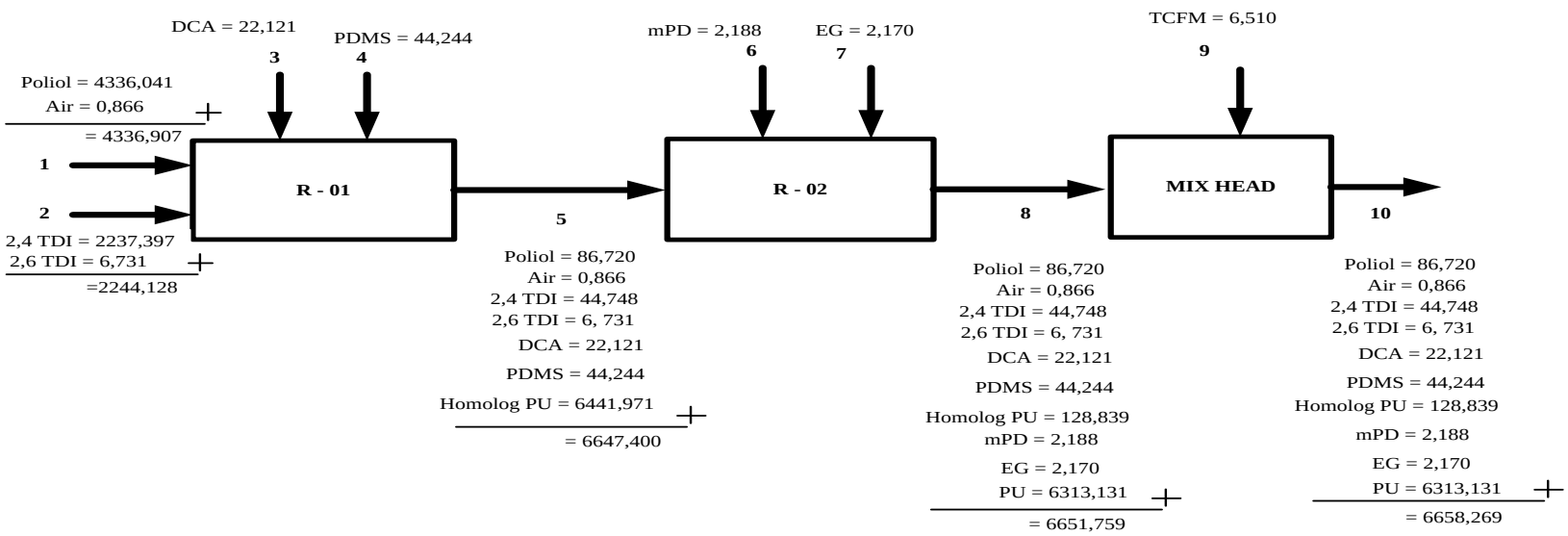
Diagram alir Kualitatif pabrik poliuretan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Diagram Kualitatif

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir Kuantitatif pabrik poliuretan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram Kuantitatif

4.5 Perawatan (Maintanance)

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancer dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadualan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1.Over haul 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secra keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2.Repairing

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

- Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *slabstock polyurethane foam* ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Cidanau. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

   Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

   a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
   b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
   c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.

d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

   Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2, CO_2, H_2S dan NH_3. O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

   Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

   Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran

laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat fisika, meliputi:
   1) Suhu : Di bawah suhu udara
   2) Warna : Jernih
   3) Rasa : Tidak berasa
   4) Bau : Tidak berbau
b. Syarat kimia, meliputi:
   1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
   2) Tidak mengandung bakteri.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

   Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

   Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

a. $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$, yang berfungsi sebagai flokulan.

b. Na_2CO_3, yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Reaksi:

$CaCO_3 \longrightarrow Ca^{2+} + CO_3^-$

$MgCl_2 + R - SO_3 \longrightarrow MgRSO_3 + Cl^- + H^+$

Na_2SO_4 (resin) $\longrightarrow Na^{2+} + SO_4^{2-}$

Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:

$Mg + RSO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow R_2SO_3H + MgSO_4$

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-}, Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:

$CO_3^- \longrightarrow CO_3$

$Cl^- + RNOH \longrightarrow RN\,Cl^- + OH^-$

Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:

$RN\,Cl^- + NaOH \longrightarrow RNOH + NaCl$

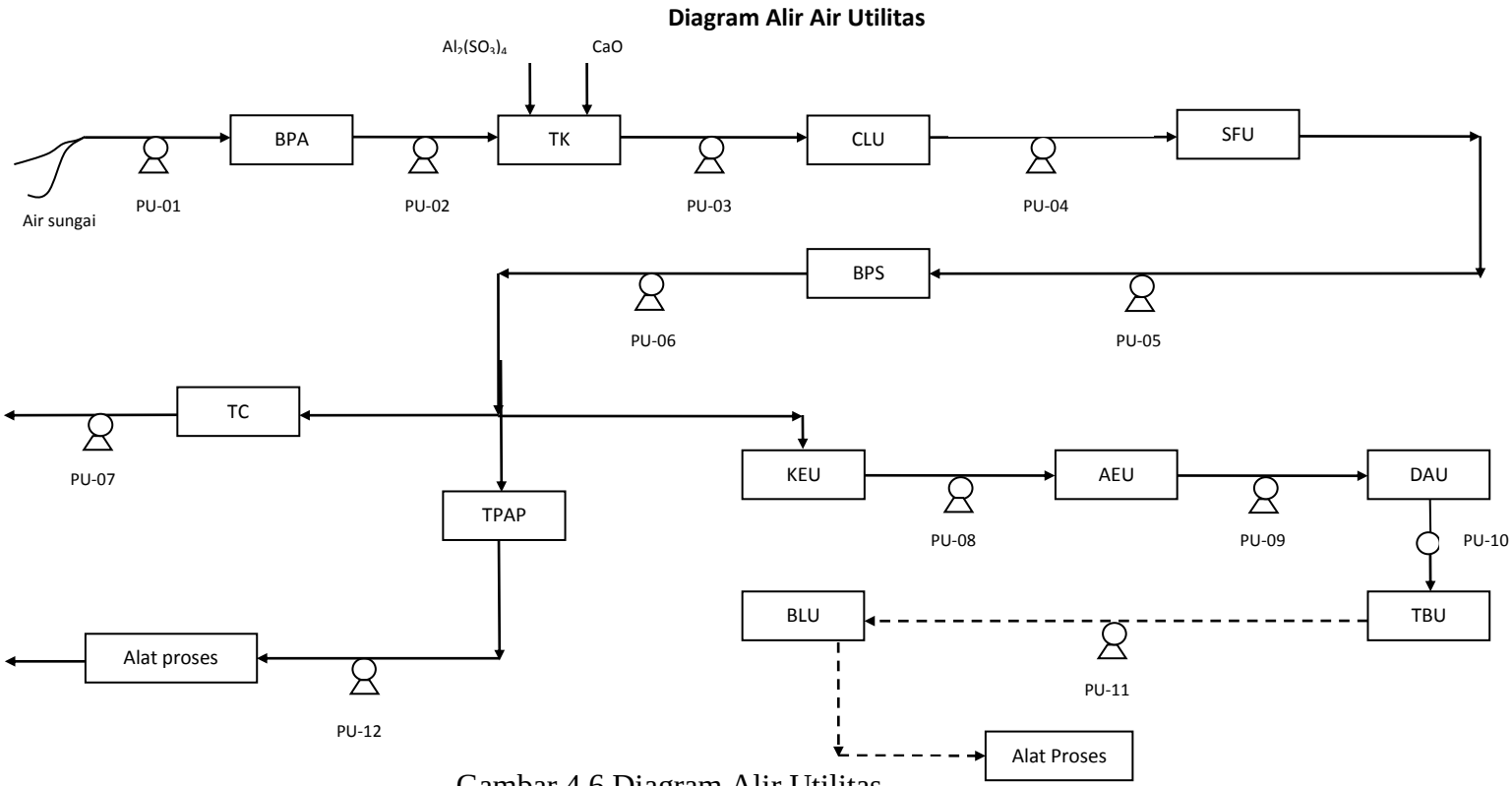
c. Deaerasi

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:

$2N_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2N_2$

Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).



Gambar 4.6 Diagram Alir Utilitas

Keterangan

AEU	: Anion Exchanger Unit	DAU	: Deaerator	SFU	: Sand Filter	TPAP	: T.Penyimpanan air proses
BLU	: Boiler	CLU	: Clarifier	KEU	: Kation Exchanger Unit	TK	: Tangki Kesadahan
BPA	: Bak Penampungan Awal	TBU	: T. Umpan Boiler	PU	: Pompa Utilitas	BPS	: B.Penampung Sementara

4.6.1.1 Perhitungan Kebutuhan Air

4.6.1.1.1 Kebutuhan Air Pendingin

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.16 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
HE-01	21,743
HE-02	458,815
HE-03	4,743
HE-04	9,363
HE-05	0,216
HE-06	0,704
HE-07	0,410
TOTAL	495,995

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga *make up steam*

= 20% x 495,995 kg/jam

= 99,199 kg/jam

2. Air Proses

Tabel 4.17 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	84,700
TOTAL	84,700

Jumlah air make up air proses sebesar 20 %

= 20% x 84,700 kg/jam

= 16,940 kg/jam

3. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 100 kg/hari (Sularso,2000)

Jumlah karyawan = 145 orang

Tabel 4.18 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Karyawan	14.500
2	Perumahan	24.000
3.	Laboratorium	500
4.	Bengkel	200
5.	Poliklinik	300
6.	Kantin, mushola, kebun	1.500
7.	Pemadam Kebakaran, dan Lain-lain	1.000
	Jumlah	**42.000**

Kebutuhan air total

= (495,995+ 116,139 + 1750 + 84,700) kg/jam

= 2446,833 kg/jam

Diambil angka keamanan 20%

= 1,2 x 2446,833 = 2936,200 kg/jam

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 495,995 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O_2, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boile*r, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding - dinding dan pipa - pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi:

a. Listrik untuk keperluan alat proses = 18,657 kWh

b. Listrik untuk keperluan alat utilitas = 18,165 kWh

c. Listrik untuk instrumentasi dan kontrol = 2,025 kWh

d. Listrik untuk keperluan kantor = 10,126 kWh

e. Listrik Untuk keperluan rumah tangga = 66 kWh

Total kebutuhan listrik adalah 118,655 kWh. Dengan faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 148,319 kWh. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan dipakai generator dengan daya 150 kWh sebagai cadangannya.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 46,2 m^3/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan fuel oil sebanyak 26,634 kg/jam.

4.6.6 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendap Awal

   Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai

   Jenis : Bak pengendap persegi yang diperkuat beton bertulang

   Volume : 42,317 m^3

   Dimensi : p = 6,970 m , l =3,485 m , t =1,742 m

   Harga : US$ 402,602

2. *Clarifier*

Fungsi : Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang ada pada air dari TK

Jenis : Bak silinder tegak

Volume : 14,134 m^3

Dimensi : d = 2,621 m , t =3,495 m

Harga ; US$ 26347,546

3. Bak Saringan Pasir

Fungsi : Menyaring sisa-sisa kotoran yang masih terdapat dalam air terutama kotoran yang berukuran kecil yang tidak dapat mengendap classifier

Jenis : Silinder Tegak

Volume : 2,643 m^3

Dimensi : D =0,958 m , T = 3,667 m

Harga : US$ 9612,255

4. Bak Penampung Sementara (BPS)

Fungsi : Menampung air bersih dari saringan pasir

Jenis : Bak empat persegi yang diperkuat beton bertulang

Volume : 3,523 m^3

Dimensi : p = 2,416 m , l = 1,208 m , t = 1,208 m

Harga : US$ 402,397

5. Tangki Klorinasi (TC)

   Fungsi : Mencampurkan klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan air minum

   Jenis : Tangki silinder berpengaduk

   Volume : 2,1000 m^3

   Dimensi : D = 1,388 m , t = 1,388 m

   Harga : US$ 9114,123

6. Tangki Penampung Air Pendingin (TPAP)

   Fungsi : Menampung air proses sebelum digunakan

   Jenis : Tangki silinder

   Volume : 1,376 m^3

   Dimensi : D = 1,206, t = 1,206 m

   Harga : US$ 7072,868

7. Kation Exchanger

   Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler

   Jenis : Silinder tegak

   Volume : 1,077 m^3

   Dimensi : d = 0,3522 m , t = 11,0627 m

   Harga : US$ 6689,753

8. Anion Exchanger

Fungsi : Menghilangkan anion dari air keluaran KEU

Jenis : Silinder tegak

Volume : 0,0702 m^3

Dimensi : d = 0,273 m , t = 1,201 m

Harga : US$ 1297,307

9. Tangki deaerator

Fungsi : menghilangkan kandungan gas dalam air terutama O_2, CO_2, NH_3 dan H_2S

Jenis : Bak silinder tegak

Volume : 0,503 m^3

Dimensi : d = 0,6101 m , t =1,722 m

Harga : US$ 4236,705

10. Tangki umpan boiler

Fungsi : Mencampurkan kondensat sirkulasi dan make up air umpan boiler sebelum diumpankan

Jenis : Tangki silinder tegak

Volume : 0,714 m^3

Dimensi : d = 0,769 m , t =1,5382 m

Harga : US$ 4771,851

11. Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Menampung air proses dari bak penampung air bersih

Jenis : Tangki silinder

Volume : 1,376 m^3

Dimensi : D = 1,376 m , t = 1,206 m

Harga : US$ 402,602

12. Pompa Utilitas 1

Fungsi : Mengalirkan dari air sungai ke bak pengendapan awal

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 14,486 m

Tenaga Pompa : 0,41 HP

Power Motor : 0,75 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

13. Pompa Utilitas 2

Fungsi : Mengalirkan air dari air bak pengendapan ke bak flokulator

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 1,556 m

Tenaga Pompa : 0,04 HP

Power Motor : 0,08 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

14. Pompa Utilitas 3

Fungsi : Mengalirkan air dari TK ke CLU

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 5,4166 m

Tenaga Pompa : 0,155 HP

Power Motor : 0,25 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

15. Pompa Utilitas 4

Fungsi : Mengalirkan air dari CLU ke SFU

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 1,121 m

Tenaga Pompa : 0,032 HP

Power Motor : 0,05 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

16. Pompa Utilitas 5

Fungsi : Mengalirkan air dari SFU ke BPS

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 2,880 m

Tenaga Pompa : 0,082 HP

Power Motor : 0,13 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

17. Pompa Utilitas 6

Fungsi : Mengalirkan air dari BPS

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 2,568 m

Tenaga Pompa : 0,073 HP

Power Motor : 0,13 HP

ID pipa : 1,049 in

Harga : US$ 2637,573

18. Pompa Utilitas 7

Fungsi : Mengalirkan air dari TC untuk keperluan domestik

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 4,616 m

Tenaga Pompa : 0,141 HP

Power Motor : 0,25 HP

ID pipa :0,824 in

Harga : US$1933,517

19. Pompa Utilitas 8

Fungsi : Mengalirkan air dari KEU ke AEU

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 14,726 m

Tenaga Pompa : 0,19 HP

Power Motor : 0,25 HP

ID pipa : 0,364 in

Harga : US$ 1012,340

20. Pompa Utilitas 9

Fungsi : Mengalirkan air dari AEU ke DAU

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 16,702 m

Tenaga Pompa : 0,218 HP

Power Motor : 0,33 HP

ID pipa : 0,364 in

Harga : US$ 1012,340

21. Pompa Utilitas 10

Fungsi : Mengalirkan air dari DAU ke TUB

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 16,202 m

Tenaga Pompa : 0,211 HP

Power Motor : 0,33 HP

ID pipa : 0,364 in

Harga : US$ 1012,340

22. Pompa Utilitas 11

Fungsi : Mengalirkan air dari TUB ke BLU

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 16,702 m

Tenaga Pompa : 0,218 HP

Power Motor : 0,33 HP

ID pipa : 0,364 in

Harga : US$ 1012,340

23. Pompa Utilitas 12

Fungsi : Mengalirkan air dari TPAP ke Alat Proses

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 2 buah

Head : 1,400 m

Tenaga Pompa : 0,003 HP

Power Motor : 0,05 HP

ID pipa : 0,364 in

Harga : US$ 350,581

24. Boiler

Fungsi : Membuat steam jenuh pada tekaan 1 Atm

Jenis : water tube boiler

Jumlah : 2 buah

Kebutuhan bahan bakar : 26,634 kg/jam

Luas perpindahan panas : 8,306 m^2

Spesifikasi tube :

NPS : 0,5 in

Sch number : 40

Panjang : 20 ft

Jumlah : 9 buah

Harga : US$ 94137,194

25. Tangki bahan bakar

Fungsi : Menyimpan kebutuhan bahan bakar boiler untuk kebutuhan 7 hari

Jenis : Tangki silinder dengan conical roof dan flat bottom

Jumlah : 1 buah

Volume : 5,536 m^3

Diameter : 1,918 m

Tinggi : 1,918 m

Harga : US$2100

4.7 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang proses produksi dan menjaga mutu produk, sedang peran yang lain adalah sebagai pengendalian pencemaran lingkungan, baik udara maupun limbah cair.

Tugas laboratorium antara lain:

1) Memeriksa bahan baku dan bahan penolong yang akan digunakan.
2) Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan.
3) Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi.
4) Memeriksa polusi udara maupun limbah cair.

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dibagi dalam kelompok kerja shift dan non shift.

a. Kelompok Non Shift

Kelompok ini mempunyai tugas melaksanakan analisa khusus yaitu analisa kimia yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang dibutuhkan laboratorium unit dalam rangka membantu pekerjaan kelompok shift. Kelompok tersebut melakukan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain:

a) Menyiapkan reagen untuk analisa laboratorium unit.
b) Menganalisa bahan buangan penyebab polusi tangki.
c) Melakukan penelitian atau pekerjaan untuk membantu kelancaran produksi.

2. Kelompok Shift

Kelompok kerja ini mengadakan tugas pemantauan dan analisa-analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melakukan tugasnya kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu kerja shift selama 24 jam dengan masing-masing shift bekerja selama 8 jam.

4.7.1 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk, pabrik poliuretan ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu. Analisa pada proses pembuatan poliuretan ini dilakukan terhadap:

1) Bahan baku poliuretan, yang dianalisa adalah kemurnian, density, kadar impuritis/inert, warna, viskositas, spesifik gravity dan indeks bias.
2) Bahan poliol dan toluen diisosianat, yang dianalisa adalah kemurnian, kadar air, density, viskositas, spesifik gravity
3) Produk poliuretan yang dianalisa adalah kemurnian, viskositas

Analisa untuk unit utilitas, meliputi:

1) Air lunak proses kapur dan air proses untuk penjernihan, yang dianalisa pH, silikat sebagai SiO_2, Ca sebagai $CaCO_3$, Sulfur sebagai SO_4^{2-}, chlor sebagai Cl_2 dan zat padat terlarut.
2) Penukar ion, yang dianalisa kesadahan $CaCO_3$, silikat sebagai SiO_2.
3) Air bebas mineral, analisa sama dengan penukar ion.
4) Air umpan boiler, yang dianalisa meliputi pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut dalam Fe.
5) Air dalam boiler, yang dianalisa meliputi pH, jumlah zat padat terlarut, kadar Fe, kadar $CaCO_3$, SO_3, PO_4, SiO_2.
6) Air minum, yang dianalisa meliputi pH, chlor sisa dan kekeruhan.

Dalam menganalisa harus diperhatikan juga mengenai sampel yang akan diambil dan bahaya-bahaya pada pengambilan sampel. Sampel yang diperiksa untuk analisa terbagi menjadi tiga (3) bentuk, yaitu:

1) Gas

Cara penanganan/analisa dalam bentuk gas dapat dilaksanakan langsung ditempat atau di unit proses atau bisa dilakukan dengan pengambilan sampel dengan botol gas sampel yang selanjutnya dibawa ke laboratorium induk untuk dianalisa. Pengambilan sampel dalam bentuk gas harus diperhatikan segi keamanannya, terlebih bila gas yang dianalisa sangat berbahaya. Alat pelindung diri harus disesuaikan dengan sampel yang akan diambil. Arah angin juga harus diperhatikan, yaitu kita harus membelakangi arah angin.

2) Cairan

Untuk melakukan analisa pada bentuk cairan, terlebih dulu contoh harus didinginkan bila contoh yang akan dianalisa panas. Untuk contoh yang berbahaya pengambilan cuplikan contoh dilakukan dengan pipet atau alat lainnya dan diupayakan tidak tertelan atau masuk mulut.

4.8 Bentuk dan Organisasi Perusahaan

Pabrik *slabstock polyurethane foam* yang akan didirikan direncanakan mempunyai :

1. Bentuk perusahaan : Perseroan terbatas (PT)
2. Lapangan Usaha : Industri *slabstock polyurethane foam*
3. Lokasi perusahaan : Kawasan industri KIEC Cilegon, Banten
4. Status Perusahaan : PMA (Penanaman modal asing)

Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian

sebanyak satu saham atau lebih. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Perusahaan-perusahaan skala besar biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Bentuk perseroan terbatas memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

a. Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum.

   Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengelola perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka ijin diberikan. Dengan ijin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengelolaan intern perusahaaan.

b. Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham).

   Hal ini bermaksud bahwa perusahaan ini didirikan bukan dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang terpisah. Kepemilikannya dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruh olehnya.

c. Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar.

Perseroan terbatas sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang komplek.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

1) Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2) Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3) Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
4) Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf, serta karyawan perusahaan.
5) Lapangan usaha lebih luas.

   Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.

4.8.1 Struktur Organisasi

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis tentang

tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. Dengan adanya struktur organisasi maka diketahui wewenang dan tanggung jawab masing masing personil atas jabatan yang disandangnya, sehingga dapat bekerja sesuai dengan tugas dan wewenangnya.

Struktur organisasi dari suatu perusahan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

a. Direktur utama
b. Direktur
c. Kepala bagian
d. Kepala seksi
e. Karyawan dan operator

Suatu sistem organisasi yang terbaik perlu memperhatikan beberapa azas yang dijadikan pedoman antara lain :

a. Perumusan tujuan perusahaan yang jelas
b. Pendelegasian wewenang
c. Pembagian tugas kerja yang jelas
d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Struktur organisasi yang baik yaitu : sistem lini dan staf, yang mana diapat diperoleh jika berpedoman terhadap azas-azas tersebut. Sistem ini memiliki garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan

dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawasan demi tercapai tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

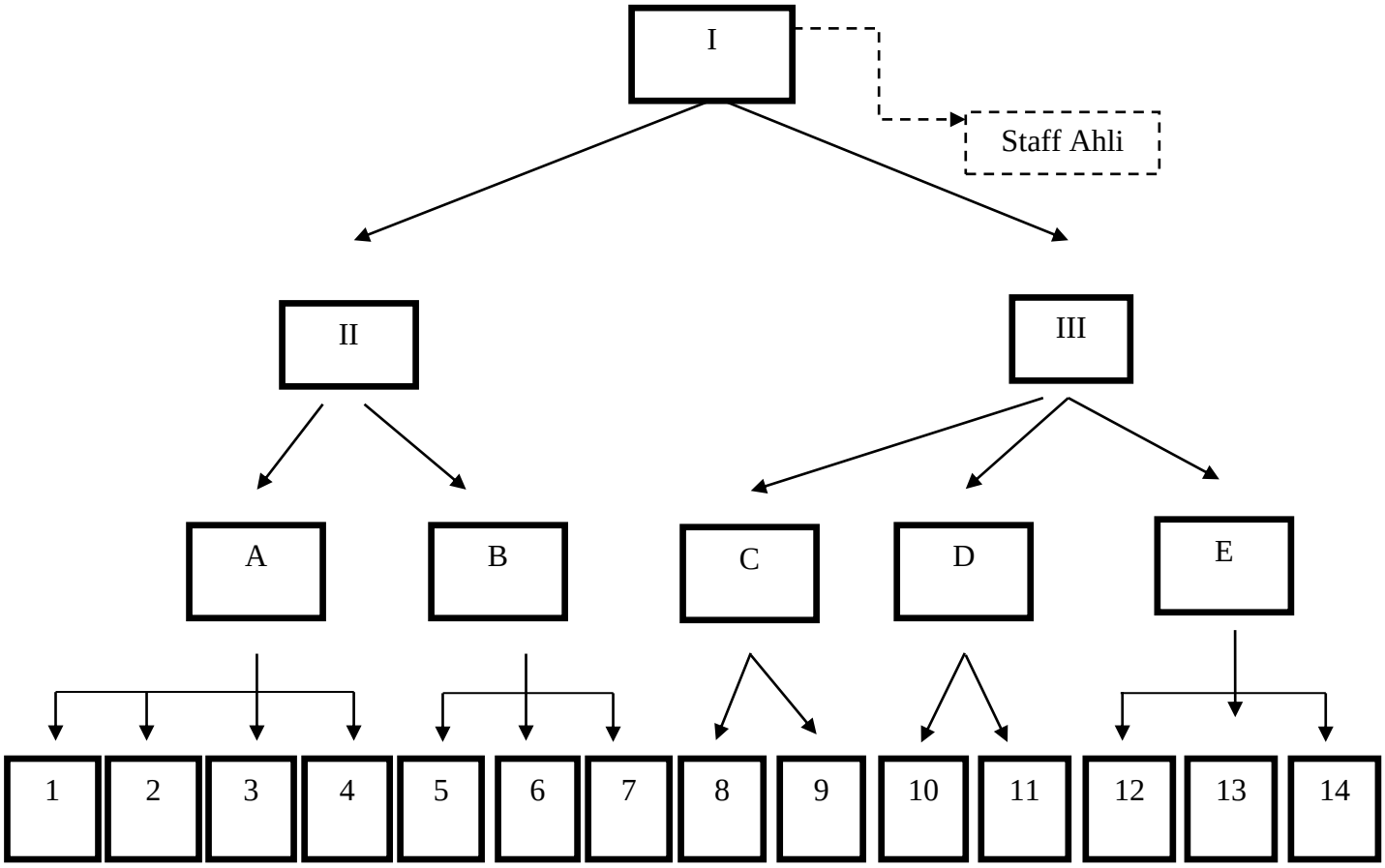
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang direktur yang dibantu oleh kepala bidang produksi serta kepala bidang keuangan dan umum. Kepala bidang membawahi beberapa kepala seksi, yang akan bertanggung jawab membawahi seksi-seksi dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Kepala bidang produksi membawahi seksi operasi dan seksi teknik. Sedangkan kepala bidang keuangan dan umum yang membidangi kelancaran pelayanan dan pemasaran, membawahi seksi umum, seksi pemasaran, dan seksi keuangan & administrasi. Masing-masing kepala

seksi akan membawahi koordinator unit atau langsung membawahi karyawan. Unit koordinator untuk mengkoordinasi dan mengawasi karyawan yang ada di unitnya.

Perusahaan akan memperoleh keuntungan dengan adanya struktur organisasi, anatara lain:

- Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembagian tugas, tanggungjawab, wewenang, dan lain-lain.
- Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- Penyusunan program pengembangan manajemen perusahaan akan lebih terarah.
- Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.
- Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
- Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik poliuretan dari bahan baku *polyol* dan *toluen diisocyanat* dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Struktur Organisasi

Keterangan :

I. Direktur Utama

II. Direktur Teknik dan Produksi

III. Direktur Keuangan dan Umum

A. Kepala Bagian Teknik

B. Kepala Bagian Produksi

C. Kepala Bagian Pemasaran

D. Kepala Bagian Keuangan

5. Seksi Proses

6. Seksi Pengendalian

7. Seksi Laboratorium

8. Seksi Pembelian

9. Seksi Pemasaran

10. Seksi Administrasi

11. Seksi Kas

12. Seksi Personalia

E. Kepala Bagian Umum

1. Seksi Pemeliharaan
2. Seksi Utilitas
3. Seksi Penelitian
4. Seksi Pengembangan
13. Seksi Humas
14. Seksi Keamanan

4.8.2 Tugas dan Wewenang

4.8.2.1 Direktur Utama

Fungsi dari direktur utama adalah merencanakan, mengendalikan, dan mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan direksi dalam pengelolaan perusahaan baik yang bersifat strategis, agar misi perusahaan dapat diemban dengan baik dan tujuan perusahaan dapat dicapai sesuai dengan ketentuan dalam anggaran dasar.

Direktur utama mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

1. Jangka pendek dan panjang.
2. Memberikan laporan pertanggungjawaban kepada rapat umum pemegang saham.
3. Bertanggung jawab penuh atas tugasnya untuk kepentingan perseroan dalam mencapai maksud dan tujuannya.

Wewenang :

1. Mengawasi serta mengurus kekayaan perusahaan.

2. Menunjuk, mengangkat dan memberhentikan direktur.
3. Menandatangani permintaan pengeluaran kas yang jumlahnya besar dan sifatnya penting.
4. Menetapkan pencapaian tujuan untuk jangka panjang.
5. Mengambil keputusan dan strategi dalam perusahaan.

4.8.2.2 Direktur Teknik dan Produksi

Fungsi dari direktur teknik dan produksi adalah merencanakan, merumuskan pengembangan, penerapan teknologi, dan mengendalikan kebijakan umum operasi dan teknik yang selanjutnya menjadi acuan dalam penyusunan strategi produksi.

Direktur eknik dan produksi mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

1. Merumuskan sasaran, kebijakan dan strategi operasi dan teknik untuk pengembangan dan rencana kerja perusahaan tahunan, mengendalikan kebijakan umum dibidang penelitian, pengembangan, dan penerapan teknologi, mencakup :

a. Kemampuan produksi untuk memenuhi permintaan pasar.
b. Fasilitas peralatan dan permesinan yang efektif dan efisien.
c. Pengelolaan sistem pengendalian persediaan yang efektif dan efisien.
d. Pengelolaan biaya operasi.
e. Peramalan teknologi yang efektif yang akan diterapkan.
f. Peningkatan kemampuan pengembangan produk yang sudah ada.

g. Peningkatan kemampuan pengembangan produk baru dengan orientasi pasar.

2. Membina divisi yang memiliki produk pemasaran dan kemampuan teknologi.
3. Mengawasi kegiatan operasional divisi dibawah tanggung jawab.
4. Menilai hasil kerja setiap unit serta menerapkan tindak lanjut pembinaan yang diperlukan untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya.

4.8.2.3 Direktur Keuangan dan Umum

Bertanggung jawab untuk mengarahkan penanggulangan berbagai jenis risiko finansial *(financial risk management)* yang dihadapi perusahaan, melakukan koordinasi aktifitas di direktorat keuangan, mengkoordinasi aktifitas sinergi untuk mencapai hasil bisnis yang optimal dari pelaksanaan seluruh usaha perusahaan.

Tugas Utama :

1. Mengkoordinir perumusan strategi jangka panjang sebagai dasar perumusan rencana kerja dan anggaran perusahaan (RKAP) dengan bekerja sama dengan direksi lainnya.
2. Memberlakukan langkah-langkah yang dapat mengurangi dan menanggulangi berbagai jenis risiko finansial yang dapat dihadapi oleh perusahaan dengan berkoordinasi dengan direksi lainnya.

3. Memastikan agar seluruh unit usaha dan wilayah kerja perusahaan mematuhi *policy* dan *standard operating procedure* (SOP) keuangan yang berlaku untuk masing-masing fungsi sesuai dengan rencana yang telah disetujui *(business units oversight).*
4. Membangun sinergi dan berusaha mencapai hasil bisnis yang optimal dari pelaksanaan seluruh usaha perusahaan.
5. Memastikan ketersediaan dana operasional yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk kegiatan operasional sehari-hari, dengan melakukan koordinasi erat dengan para pimpinan unit usaha.
6. Memastikan konsolidasi keuangan yang akurat dan tepat waktu untuk keperluan pelaporan kepada direksi dan komisaris perusahaan.

4.8.2.4 *Staff* Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu dewan direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. *Staff* ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang dan keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang *staff* ahli antara lain:

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
3. Memberikan saran dalam bidang produksi.

4.8.2.5 Kepala Bagian

Tugas Kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai *staff* direktur bersama-sama dengan *staff* ahli. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing.

1. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala bagian produksi membawahi:

-Seksi Proses

Tugasnya adalah mengawasi jalannya proses dan produksi serta melakukan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

-Seksi Pengendalian

Tugasnya adalah menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- Seksi Laboratorium

Tugasnya adalah mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan produk, mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik, dan membuat laporan berkala pada kepala bagian produksi.

2. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang peralatan proses dan utilitas, serta mengkoordinasi kepala-kepala seksi yang dibawahinya.

Kepala bagian teknik membawahi:

- Seksi Pemeliharaan

Tugasnya adalah melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

- Seksi Utilitas

Tugasnya adalah melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan listrik.

3. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala bagian pemasaran membawahi:

- Seksi pembelian
- Seksi pemasaran atau penjualan

4. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang administrasi dan keuangan.

Kepala bagian keuangan membawahi:

- Seksi administrasi
- Seksi kas

5. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Kepala bagian umum membawahi:

- Seksi personalia
- Seksi humas
- Seksi keamanan

6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing supaya diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian sesuai dengan seksinya masing-masing.

7. Kepala Seksi Proses

Tugas kepala seksi proses bertanggung jawab kepada kepala bagian produksi dalam bidang mutu dan kelancaran proses produksi.

Kepala seksi proses membawahi :

- Seksi Proses

Tugas Seksi proses adalah mengawasi jalannya proses dan produksi, serta menjalankan tindakan sepenuhnya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

8. Kepala Seksi Pengendalian

Tugas kepala seksi pengendalian bertanggung jawab kepada kepala bagian produksi dalam hal kelancaran proses produksi yang berkaitan dengan keselamatan aktivitas produksi.

Kepala seksi pengendalian membawahi :

- Seksi Pengendalian

Tugas seksi pengendalian adalah menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada, serta bertanggung jawab terhadap perencanaan dan pengawasan keselamatan proses, instalasi perawatan, karyawan, dan lingkungan (inspeksi).

9. Kepala Seksi Laboratorium

Tugas kepala seksi laboratorium bertanggung jawab kepada kepala bagian produksi dalam hal pengawasan dan analisa produksi.

Kepala seksi laboratorium membawahi :

- Seksi Laboratorium

Tugas seksi laboratorium adalah mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan produk, mengawasi dan menganalisa mutu produksi, mengawasi

hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik, serta membuat laporan berkala kepada kepala bagian produksi.

10. Kepala Seksi Pemeliharaan

Tugas kepala seksi pemeliharaan bertanggung jawab kepada kepala bagian teknik dalam bidang pemeliharaan peralatan, inspeksi, dan keselamatan proses dan lingkungan, ikut memberikan bantuan teknik kepada seksi operasi.

Kepala seksi pemeliharaan membawahi :

- Seksi Pemeliharaan

Tugas seksi pemeliharaan adalah merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

11. Kepala Seksi Utilitas

Tugas kepala seksi utilitas adalah bertanggung jawab kepada kepala bagian teknik dalam hal utilitas.

Kepala seksi utilitas membawahi :

- Seksi Utilitas

Tugas seksi utilitas adalah melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga kerja.

12. Kepala Seksi Penelitian

Tugas kepala seksi penelitian adalah bertanggung jawab kepada kepala bagian R&D dalam hal mutu produk.

Kepala seksi penelitian membawahi :

- Seksi Penelitian

Tugas seksi penelitian adalah melakukan riset guna mempertinggi mutu suatu produk.

13. Kepala Seksi Pengembangan

Tugas kepala seksi pengembangan adalah bertanggung jawab kepada kepala bagian R&D dalam hal pengembangan produksi.

Kepala seksi pengembangan membawahi :

- Seksi Pengembangan

Tugas seksi pengembangan adalah mengadakan pemilihan pemasaran produk ke suatu tempat, mempertinggi efisiensi kerja, mempertinggi mutu suatu produk, memperbaiki proses pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.

14. Kepala Seksi Administrasi

Tugas kepala seksi administrasi ini bertanggung jawab kepada kepala bagian keuangan dalam hal administrasi.

Kepala seksi administrasi membawahi :

- Seksi Administrasi

Tugas seksi administrasi adalah menyelenggarakan pencatatan utang piutang, administrasi, persediaan kantor, pembukuan serta masalah perpajakan.

15. Kepala Seksi Keuangan

Tugas kepala seksi keuangan ini bertanggung jawab kepada kepala bagian keuangan dalam hal keuangan atau anggaran.

Kepala Seksi Keuangan membawahi :

- Seksi Keuangan

Tugas seksi keuangan adalah menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan meramalkan tentang keuangan masa depan, serta mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

16. Kepala Seksi Penjualan

Tugas kepala seksi penjualan bertanggung jawab kepada kepala bagian pemasaran dalam bidang pemasaran hasil produksi.

Kepala Seksi Penjualan membawahi :

- Seksi Penjualan

Tugas seksi penjualan adalah merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi hasil produksi dari gudang.

17. Kepala Seksi Pembelian

Tugas kepala seksi pembelian bertanggung jawab kepada kepala bagian pemasaran dalam bidang penyediaan bahan baku dan peralatan.

Kepala seksi pembelian membawahi :

- Seksi Pembelian

Tugas seksi pembelian adalah melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan oleh perusahaan, mengetahui harga pasaran dari suatu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

18. Kepala Seksi Personalia

Tugas kepala seksi personalia bertanggung jawab kepada kepala bagian umum dalam hal sumber daya manusia.

Kepala seksi personalia membawahi :

- Seksi Personalia

Tugas seksi personalia adalah mengelola sumber daya manusia dan menejemen, membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis, serta melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan

19. Kepala Seksi Humas

Tugas kepala seksi humas bertanggung jawab kepada kepala bagian umum dalam hal yang berhubungan dengan masyarakat.

Kepala seksi humas membawahi :

- Seksi Humas

Tugas seksi humas adalah mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat diluar lingkungan perusahaan.

20. Kepala Seksi Keamanan

Tugas kepala seksi keamanan bertanggung jawab kepada kepala bagian umum yang menyangkut keamanan di sekitar pabrik.

Kepala seksi keamanan membawahi :

- Seksi Keamanan

Tugas seksi keamanan adalah menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan, mengawasi keluar masuknya orang baik karyawan atau bukan di lingkungan pabrik, serta menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

4.8.3 Sistem Kepegawaian

Pada pabrik poliuretan ini pemberian gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan antara lain:

1. Karyawan tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan di berhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap-tiap akhir minggu.

3. Karyawan borongan

Yaitu karyawan yang dikaryakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu :

a) Karyawan Non Shift

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan non shift adalah : Direktur utama, Manajer, Kepala bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu bekerja selama 6 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja : Senin – Jumat : jam 07.30 – 15.30

Sabtu : jam 07.30 – 12.30

Jam istirahat : Senin – Kamis : jam 12.00 – 13.00

Jumat : jam 11.00 – 13.00

b) Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau menagatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang

mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan shift dibagi dalam 3 shift dengan pengaturan sebagai berikut :

- Shift pagi : jam 07.30 – 15.30
- Shift siang : jam 15.30 – 23.30
- Shift malam : jam 23.30 – 07.30

Untuk karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu lainnya istirahat dan ini berlaku secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap shift, dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Regu yang bertugas pada hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Jadwal Kerja Shift Tiap Regu

Regu	Hari ke											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P
2	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S
3	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M
4	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L

Keterangan : P = shift pagi

S = shift siang

M = shift malam

L = libur

Diluar jam kerja kantor maupun pabrik tersebut, apabila karyawan masih dibutuhkan untuk bekerja, maka kelebihan jam kerja tersebut akan diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*) dengan perhitungan gaji yang tersendiri.

4.8.5 Perincian Jumlah Karyawan

1) Jabatan

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan

tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMA. Jumlah karyawan harus ditentukan dengan secara tepat, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses maupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses disajikan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.19 Perincian Jumlah Karyawan Proses

Nama Alat	**∑Unit**	**Orang/Unit.Shift**	**Orang/shift**
Reaktor-01	1	1	1
Reaktor-02	1	½	0,5
Mixing Head	1	½	0,5
Tangki	7	1/3	2
Pompa	16	¼	4
Mesin slabstock	1	1	1
HE	7	1/3	2
Total			**11**

(Aries D Newton,1955)

Jumlah karyawan proses jumlahnya 11 orang sehingga dibutuhkan operator untuk alat proses sebanyak 34 orang.

Jumlah operator utilitas menggunakan ½ operator sehingga dibutuhkan 17 orang.

Perincian jumlah karyawan secara keseluruhan disajikan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perincian Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Pendidikan	Jumlah
1	Direktur utama	Magister Teknik Kimia	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	Magister Teknik Kimia	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	Magister Teknik Kimia	1
4	Staff Ahli	Magister Teknik Kimia	1
5	Sekretaris	Sarjana Sekeretari dan Adm.	2
6	Kepala Bagian Umum	Sarjana Umum	1
7	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi	1
8	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi	1
9	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Kimia	1
10	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia	1
11	Kepala Seksi Personalia	Sarjana Ilmu Komunikasi	1
12	Kepala Seksi Humas	Sarjana Ilmu Komunikasi	1
13	Kepala Seksi Keamanan	Sarjana Umum	1
14	Kepala S eksi Pembelian	Sarjana Ekonomi	1
15	Kepala Seksi Pemasaran	Sarjana Ekonomi	1
16	Kepala Seksi Administrasi	Sarjana Ilmu Administrasi	1
17	Kepala Seksi Kas/anggaran	Sarjana Ekonomi	1
18	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia	1
19	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik	1
20	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Ilmu Kimia	1
21	Kepala Seksi Penelitian	Sarjana Teknik Kimia/Ilmu Kimia	1
22	Kepala Seksi Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia/Ilmu Kimia	1
23	Kepala Seksi Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin	1

Lanjutan Tabel 4.21

No	Jabatan	Pendidikan	Jumlah
24	Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik	1
25	Karyawan Personalia	Ahli Madya Umum	4
26	Karyawan Humas	Ahli Madya Umum	3
27	Satpam	Lulusan SMA/Sederajat	3
28	Karyawan Pembelian	Ahli Madya Ekonomi	3
29	Karyawan Pemasaran	Ahli Madya Ekonomi	4
30	Karyawan Administrasi	Ahli Madya Ekonomi	3
31	Karyawan kas	Ahli Madya Ekonomi	3
32	Karyawan Proses	Sarjana Teknik Kimia	11
33	Operator Proses	Ahli Madya Teknik Kimia	33
34	Karyawan Pengendalian	Sarjana Teknik Industri	4
35	Karyawan Laboratorium	Sarjana Ilmu Kimia	4
36	Karyawan Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin	5
37	Karyawan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia/Elektro/Lingkungan	6
38	Operator utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia/Elektro/Lingkungan	17
39	Karyawan Litbang	Sarjana Teknik	3
40	Karyawan Pemadam kebakaran	Lulusan SMA/Sederajat	4
41	Dokter	Dokter	1
42	Perawat	Sarjana Keperawatan	2
43	Sopir	Lulusan SMA/Sederajat	2
44	Cleaning Service	Lulusan SMP/Sederajat	4
TOTAL			**145**

2) Penggolongan Gaji

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a) Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan

b) Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian

c) Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan, penggolongan gaji dapat disajikan pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan

Jabatan	Jmlh	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	50.000.000,00	50.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Staff Ahli	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Sekretaris	2	6.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Bag Umum	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	1	10.000.000,00	10.000.000,00

Lanjutan Tabel 4.22

Jabatan	Jmlh	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Ka. Bag. Teknik	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Ka. Bag. Produksi	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Ka. Bag. Litbang	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Humas	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Proses	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Pengembangan	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Pemeliharaan	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	7.500.000,00	7.500.000,00
Karyawan Personalia	4	3.000.000,00	12.000.000,00
Karyawan Humas	3	4.000.000,00	12.000.000,00
Satpam	3	2.140.000,00	6.420.000,00
Karyawan Pembelian	3	3.000.000,00	9.000.000,00
Karyawan Pemasaran	4	3.000.000,00	12.000.000,00
Karyawan Administrasi	3	3.000.000,00	9.000.000,00
Karyawan Kas/Anggaran	3	3.000.000,00	9.000.000,00
Karyawan Proses	11	6.000.000,00	66.000.000,00
Operator Proses	33	4.000.000,00	132.000.000,00
Karyawan Pengendalian	4	4.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Laboratorium	4	4.000.000,00	16.000.000,00

Lanjutan Tabel 4.22

Jabatan	Jmlh	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Karyawan Pemeliharaan	5	4.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Utilitas	6	5.500.000,00	33.000.000,00
Operator Utilitas	17	4.000.000,00	68.000.000,00
Karyawan KKK	4	3.000.000,00	12.000.000,00
Karyawan Litbang	3	5.500.000,00	16.500.000,00
Dokter	1	5.000.000,00	5.000.000,00
Perawat	2	3.000.000,00	6.000.000,00
Sopir	2	2.300.000,00	4.600.000,00
Cleaning Service	4	1.500.000,00	6.000.000,00
Total	145		779.520.000,00

1) Tunjangan
    a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan jabatan karyawan yang bersangkutan.
    b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
    c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
2) Cuti
    a) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
    b) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3) Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4) Pengobatan

a) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

b) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5) Asuransi tenaga kerja (BPJS Ketenagakerjaan)

BPJS Ketenagakerjaan (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan) merupakan program publik yang memberikan perlindungan bagi tenaga kerja untuk mengatasi risiko sosial ekonomi tertentu dan penyelenggaraannya menggunakan mekanisme asuransisosial. Jaminan asuransi yang diberikan berupa: jaminan kesehatan, jaminan hari tua dan jaminan sosial lainnya.

6) Perumahan

Fasilitas berupa permahan diperuntukkan bagi karyawan pabrik dengan jabatan Direktur Utama, Direktur, dan beberapa pegawai lainnya yang memenuhi kriteria untuk mendapatkan fasilitas ini.

7) Fasilitas lainnya

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktifitas selama di pabrik antara lain:

a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
c. Sarana peribadatan seperti masjid.
d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti *masker, ear plug*, sarung tangan tahan api.
e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

4.9 Evaluasi Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Metode evaluasi atau penilaian investasi pada perancangan pabrik poliuretan ditinjau sebagai berikut :

1) *Return Of Investment*
2) *Pay Out Time*
3) *Discounted Cash Flow rate Of Return*
4) *Break Even Point*
5) *Shut Down Point*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1) Penaksiran modal industri (*total capital investment*) yang terdiri atas:
   a) Modal tetap (*fixed capital*)
   b) Modal kerja (*working capital*)
2) Penentuan biaya produksi total *(production cost)* yang terdiri atas:
   a) Biaya pembuatan (*manufacturing cost*)
   b) Biaya pengeluaran umum (*general expense*)
3) Total pendapatan

4.9.1 Asumsi Perhitungan Ekonomi

Asumsi perhitungan ekonomi dimaksudkan sebagai angka atau nilai tetap yang digunakan untuk mengevaluasi ekonomi perancangan pabrik poliuretan, yang dijelaskan sebagai berikut :

1) Nilai dolar terhadap rupiah diasumsikan dengan melihat perkembangan nilai dolar dari tahun ke tahun yang mengalami fluktuasi.
2) Harga Produk dan Bahan Baku

a. Harga produk :

- Poliuretan : 4,4 $/kg = 30.898,00 Rp/kg

b. Harga Bahan Baku :

- *Polytetramethylene etherglycol (polyol)*: 2,00 $/kg = 26.296,00 Rp/kg
- *Toluen diisocyanate* (2,4-TDI) : 2,80 $/kg = 36.814,00 Rp/kg
- *2,3 dimethylcyclohexylamine* : 50,00 $/kg = 657.400,00 Rp/kg

- Surfaktan PDMS *(dimethyl siloxane)* : 4,2 $/kg = 55.222,00 Rp/kg
- *Ethilene glikol*- EG : 1,40 $/kg = 18.407,00 Rp/kg
- *m-phenyline diamine* – mPD : 4,20 $/kg = 55.222,00 Rp/kg
- Trichloromonofluoromethane - CFM : 2 $/kg = 26.296,00 Rp/kg

(Alibaba.com)

3) Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan proses pada tahun tersebut.

Harga indeks tahun 2021 diperkirakan secara garis dengan menggunakan data indeks dari tahun 1975 sampai 1990, untuk harga indeks dan indeks harga berdasarkan persamaan regresi, disajikan pada Tabel 4.23 dan Tabel 4.24.

Tabel 4.23 Indeks Harga

Tahun (X)	indeks (Y)
1975	182
1976	192
1977	204
1978	219
1979	239
1980	261
1981	297
1982	314
1983	317
1984	323
1985	325
1986	318
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356

Dari persamaan regresi linear didapat, index pada tahun 2021 :

Y = 11,996 x - 23496

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga index pada tahun perancangan dalam hal ini pada tahun 2021 sebesar 747,920

Tabel 4.24 Index Harga berdasarkan Persamaan Regresi

Tahun	Index
2008	591,97
2009	603,96
2010	615,96
2011	627,96
2012	639,95
2013	651,95
2014	663,94
2015	675,94
2016	687,94
2017	699,93
2018	711,93
2019	723,92
2020	735,92
2021	747,92

Jika kapasitas alat tidak ada di referensi, maka harga alat dihitung menggunakan metode *six–tenths factor* :

$$CostA = CostB\left(\frac{SizeA}{SizeB}\right)^{0.6}$$

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters & Timmerhaus, pada tahun 2002 dan Aries & Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$ (Aries & Newton, 1955)

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga tahun pembelian

Ey : Harga tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun pembelian

Ny : Index harga pada tahun referensi

4. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi *Polyurethane foam* = 50.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2021

Kurs mata uang = 1 US$ = Rp 13.148,-

Total pembelian bahan baku = Rp 903.305.668.126,50/th

Total pembelian bahan pembantu = Rp 17.317.268,75/th

Total Penjualan = Rp 1.643.500.000.000/th

4.9.2 Perhitungan Biaya

Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran – pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital *investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

   Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

   Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct, Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost,* yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

   Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

General Expense

Genaral Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.9.3 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.9.3.1 Percent Return On Investment

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\textit{Keuntungan}}{\textit{Fixed}\ \text{Capital}} \text{ x } 100\,\%$$

4.9.3.2 *Pay Out Time* (POT)

***Pay Out Time* (POT)** adalah :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\textit{Fixed}\ \text{Capital Investment}}{(\textit{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

4.9.3.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menetukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0{,}3\,\text{Ra})}{(Sa - \text{Va} - 0{,}7\,\text{Ra})} \times 100\,\%$$

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.9.3.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mancapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{(0{,}3\,Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7\,Ra)} \times 100\,\%$$

4.9.4.4 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

   Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C\sum_{n=0}^{n=N-1}(1+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.9.4 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *slabstock flexible polyurethane foam* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing–masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.25 *Physical Plant Cost*

No	Jenis	Biaya ($)	Rp
1	Harga Alat	922539,16	Rp 12.129.544.920,94
2	Biaya Pengangkutan	230634,79	Rp 3.032.386.230,24
3	Biaya Pemasangan	137570,32	Rp 1.808.774.565,73
4	Biaya Pemipaan	493774,42	Rp 6.492.146.108,25
5	Biaya Instrumentasi	228176,46	Rp 3.000.064.148,11
6	Biaya insulasi	33315,40	Rp 438.030.820,19
7	Biaya Listrik	92253,92	Rp 1.212.954.492,09
8	Biaya Bangunan	253392,15	Rp 3.331.600.000,00
9	Biaya Tanah	1966686,95	Rp 25.858.000.000,00
	Total	$ 4.358.343,57	Rp 57.303.501.286,00

Tabel 4.26 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**

1	*Construction Cost* (25%.PPC)	14.325.875.321,39	1.089.585,89
	Total (DPC + PPC)	71.629.376.607	5.447.929,47

Tabel 4.27 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Direct Plant Cost (DPC)*	71.629.376.607	5.447.929,5
2	*Contractors fee* (10%.DPC)	7.162.937.660,69	544.792,9
3	*Contigency* (10%.DPC)	7.162.937.660,69	544.792,9
	Total	85.955.251.928,33	6.537.515,36

Tabel 4.28 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Raw Material*	1.694.696.351.988	128.893850,93
2.	*Labor*	3.174.000.000	241.405,54
3.	*Supervisor*	317.400.000	24.140,55
4.	*Maintenance*	1.719.105.039	130.750,31
5.	*Plant Suplies*	257.865.755,78	19.612,55
6.	*Royalty and Patent*	28.925.600.000	2.200.000
7.	Bahan utilitas	1.750.620.543,19	133.147,29
	Total	1.730.840.943.325,19	70.503.268,69

Tabel 4.29 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)

1	*Payroll Overhead*	634.800.000	48.281,11
2	*Laboratory*	634.800.000	48.281,11
3	*Plant Overhead*	3.174.000.000	241.405,54
4	*Packaging n Shipping*	289.256.000.000	22.000.000
	Total IMC	293.699.600.000	22.337.967,75

Tabel 4.30 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	Depresiasi	8.595.525.192,83	653.751,54
2.	*Propertay tax*	1.719.105.039	130.750,31
3.	Asuransi	859.552.519	65.375,15
	Total	11.174.182.751	849.877

Tabel 4.31 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	**Komponen**	**Harga (Rp)**	**Harga ($)**
1.	*Direct Manufacturing Cost*	1.730.840.943.325,19	131.642.907,16
2.	*Indirect Manufacturing Cost*	293.699.600.000	22.337.967,75
3.	*Fixed Manufacturing Cost*	11.174.182.751	849.877
	Total	2.035.714.726.076	154.830.751,91

Tabel 4.32 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Raw Material Inventory*	35.948.104.436	2.734.112
2.	*Inproses Inventory*	3.084.416.252	234.592,05
3.	*Product Inventory*	43.181.827.522,82	3.284.288,68
4.	*Extended credit*	61.357.333.333,33	4.666.666,667
5.	*Available cash*	185.064.975.097,81	14.075.522,90
	Total	328.636.656.642	24.995.182,28

Tabel 4.33 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	Administrasi	61.071.441.782,28	4.644.922,56
2.	*Sales expense*	447.857.239.736,69	34.062.765,42
3.	*Research*	162.857.178.086,07	12.386.460,15
4.	*Finance*	16.583.676.342,80	1.261.307,91
	Total	688.369.535.948	52.355.456,03

Tabel 4.34 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Manufacturing Cost*	2.035.714.726.076	154.830.751,91
2.	*General Expense*	688.369.535.948	52.355.456,03
	Total	2.724.084.262.024	207.186.207,94

Tabel 4.35 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	Depresiasi	8.595.525.192,83	653.751,54
2.	*Property tax*	1.719.105.039	130.750,31
3.	Asuransi	859.552.519	65.375,15
	Total	11.174.182.751	849.877,00

Tabel 4.36 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1	*Raw Material*	1.694.696.351.988	128.893.850,93
2	*Packing n Shipping*	289.256.000.000	22.000.000
3	Utilitas	1.750.620.543,19	133.147,29
4	*Royalties & patents*	28.925.600.000	2.200.000
	Total Va	2.014.628.572.531	153.226.998,2

Tabel 4.37 *Regulated cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1	Gaji karyawan	3.174.000.000	241.405,54
2	*Payroll overhead*	634.800.000	48.281,11
3	*Plant overhead*	3.174.000.000	241.405,54
4	Supervisi	317.400.000	24.140,55
5	*Laboratorium*	634.800.000	48.281,11
6	*Maintenance*	1.719.105.039	130.750,31
7	*General expense*	688.369.535.948	52.355.456,03
8	*Plant supplies*	257.865.756	359,920
	Total	698.281.506.742	3.388.287,68

4.9.5 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Poliurethane foam* = Rp 57.851 /kg

Annual Sales (Sa) = Rp 2.892.560.000.000

Total Cost = Rp 2.724.084.262.024

Keuntungan sebelum pajak = Rp 168.475.737.976

Pajak Pendapatan = 50%

Keuntungan setelah pajak = Rp 84.237.868.988

4.9.6 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.9.6.1 ***Percent Return On Investment (ROI)***

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ \text{Capital}} \text{ x } 100\,\%$$

ROI sebelum pajak = 43 %

ROI sesudah pajak = 22 %

4.9.6.2 ***Pay Out Time (POT*****)**

$$\text{POT} = \frac{Fixed\ \text{Capital Investment}}{(Keuntungan\ \text{Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 1,94 tahun

POT sesudah pajak = 3,70 tahun

4.9.6.3 ***Break Even Point (BEP)***

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0{,}3\,\text{Ra})}{(Sa - \text{Va} - 0{,}7\,\text{Ra})} \text{ x } 100\,\%$$

BEP = 56,70 %

4.9.6.4 ***Shut Down Point (SDP)***

$$\text{SDP} = \frac{(0{,}3\,\text{Ra})}{(Sa - \text{Va} - 0{,}7\,\text{Ra})} \text{ x } 100\,\%$$

SDP = 35,89 %

4.9.6.5 ***Discounted Cash Flow Rate*** **(DCFR)**

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 85.955.251.928

Working Capital = Rp 328.636.656.642

Salvage Value (SV) = Rp 8.595.525.193

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*

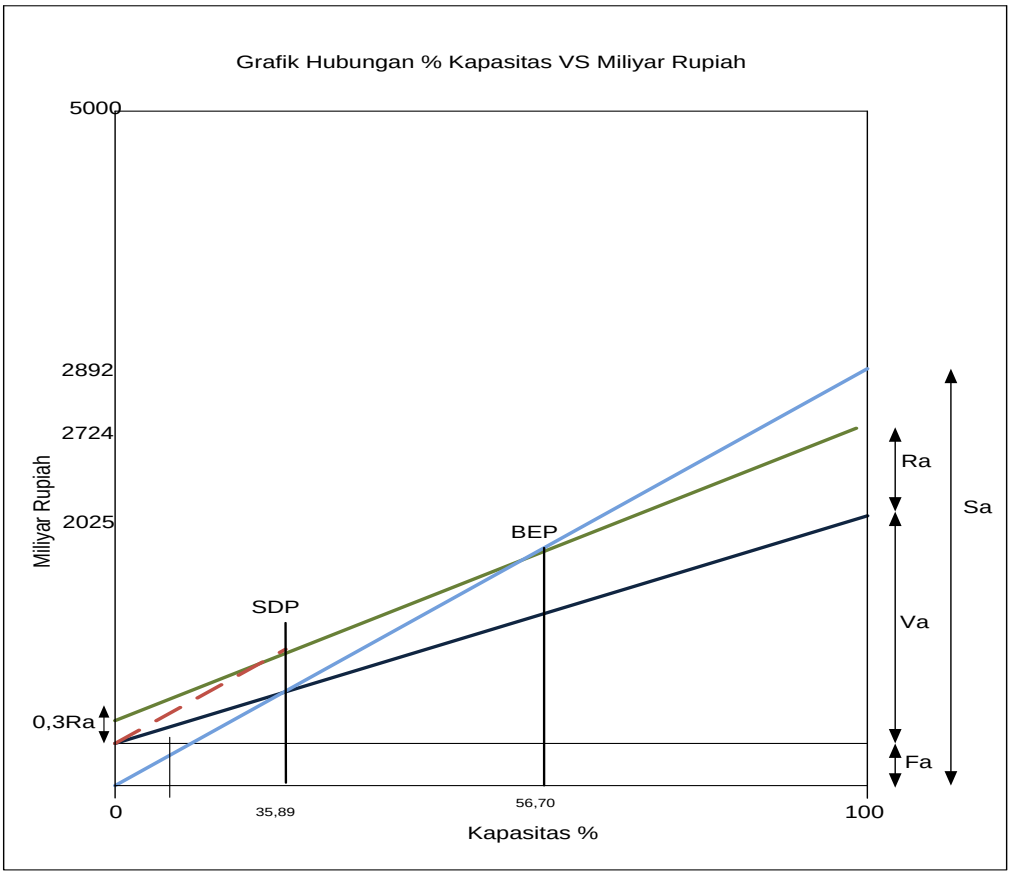
CF = Rp 109.417.070.524

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(FC+WC)(1+i)^N = C\sum_{n=0}^{n=N-1}(1+i)^N + WC + SV$$

R = S

Dengan *trial & error* diperoleh nilai i = 27,57 %



Gambar 4.8 Grafik hubungan % kapasitas vs rupiah

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik *slabstock polyurethane foam* dari polyol dan TDI dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena :

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik *slabstock polyurethane foam* dari polyol dan TDI ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
   1) Keuntungan yang diperoleh :

      Keuntungan sebelum pajak Rp 168.475.737.976 /tahun, dan keuntungan setelah pajak (50%) sebesar Rp 84.237.868.988 /tahun.

   2) *Return On Investment* (ROI) :

      Presentase ROI sebelum pajak sebesar 43 %, dan ROI setelah pajak sebesar 22 %. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% - 40 % (Aries & Newton, 1955).

   3) *Pay Out Time* (POT) :

      POT sebelum pajak selama 1,94 tahun dan POT setelah pajak selama 3,7 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimum adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

4) *Break Event Point* (BEP) pada 56,70 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 35,89 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 27,57 %. Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank (1,5 x 10% = 15%).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *slabstock polyurethane foam* dari polyol dan TDI dengan kapasitas 50.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep - konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk *slabstock polyurethane faom* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S. and Newton, R.R., 1955, "***Chemical Engineering Cost Estimation***", Mc. Graw Hill Book Co. Inc. New York.

Brown, G.G., 1978, "***Unit Operation"***, Modern Asian Edition, Charles Turtle Co., Tokyo.

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1979, ***"Process Equipment Design"***, Wiley Eastern Ltd., New York.

Coulson, J.M. and Richardson J.F., 1985, "***An Introduction to Chemical Engineering Design"***, Volume 6, Pergamon Press, Oxford.

Foust, A.S., 1980, ***"Principles of Unit Operation"***, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., New York.

Kern, Donald Q., 1965, "***Process Heat Transfer*"**, Mc.Graw Hill International Book Co. Japan Ltd., Japan.

Kirk, K.E. and Othmer, V.F., 1978, ***"Encyclopedia of Chemical Technology"***, John Wiley and Sons, New York.

Levenspiel, O., 1972, ***"Chemical Reaction Engineering"***, John Wiley and Sons, New York.

John Colin, Abraham.,1989,"***Handbook of Polyurethanes***", John Wiley Interscience., New York

McCabe, W.L., Smith, J.C. and P. Harriot, 1985, ***Unit Operation of Chemical Engineering"***, 4th edition, McGraw Hill Book Co., Singapore.

McKetta, J.J. and Cunningham, W.A., 1976, ***Encyclopedia of Chemical Engineering and Design"***, Marcel Dekker inc., New York.

Perry, R.H. and Green, D.W., 1986, ***"Perry's Chemical Engineer's Handbook"***, 6th edition, Mc Graw Hill Book Co., New York.

Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 1980, ***"Plant Design and Economics for Chemical Engineer"***, 3rd edition, Mc Graw Hill Book Co., Singapore

Rase, H.F., **"*Chemical Reactor Design Process Plant"***, Vol. I & II, John Wiley and Sons Inc., New York.

Smith, J.M., H.C.Van Ness dan M.M. Abbot, 1996, "***Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*"**, Edisi kelima, Singapura : The Mc Graw-Hill Companies, Inc.

Ulrich, G.D., 1978, ***"A Guide to Chemical Engineering Process Design and*** Economic", John Wiley and Sons Co., New York

Yaws, Carl L., 1999, "***Chemical Properties Handbook*"**, Mc.Graw Hill Companies, Inc., Kanada

LAMPIRAN

Reaktor (R-01)

Kode : R-01

Fungsi : Tempat bereaksinya bahan baku Polyol dan TDI, untuk membentuk Homolog polyurethane.

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 80 ^{0}C

Waktu Reaksi = 7,869 jam

Reaksi = Eksotermis

Tujuan :

1. Memilih tipe reaktor
2. Memilih bahan konstruksi
3. Menentukan dimensi reaktor
4. Menentukan dimensi pengaduk
5. Menentukan dimensi Jaket Pendingin

1. **Memilih Tipe Reaktor**

   Dalam perancangan ini digunakan reaktor alir tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan jaket pendingin karena pertimbangan tipe ini cocok untuk:

   a. Reaksi berlangsung pada fase cair
   b. Reaksi eksotermis dimana beban panas pendinginan tinggi.
   c. Reaksi berlangsung lama.

2. **Memilih Bahan Konstruksi**

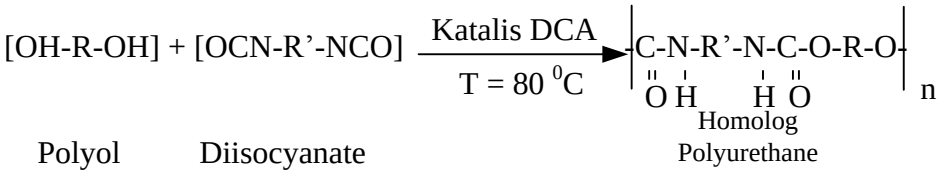
   Untuk bahan konstruksi digunakan *carbon steel SA 283 grade C* dengan pertimbangan:

   a. Tahan terhadap korosi.
   b. Tahan terhadap perubahan suhu.
   c. Harga relatif murah.

3. **Menentukan Dimensi Reaktor**

   Dimensi reaktor yang dihitung meliputi: volume, diameter, dan tinggi silinder reaktor serta tebal dinding reaktor.

   Reaksi yang terjadi:



Langkah-langkah dalam perancangan Reaktor (R-01)adalah :

a. Menghitung Waktu Tinggal di Reaktor

Komponen	kg/jam	Fraksi berat (xi)	Density (kg/liter)	xi.rho
POLYOL	4336,041	0,652	1,274	0,831
Air	0,866	0,0001	1,357	0,0002
2,4 TDI	2237,397	0,337	1,207	0,406
2,6 TDI	6,731	0,001	1,207	0,001
DCA	22,121	0,003	1,322	0,004
PDMS	44,244	0,007	1,326	0,009
Total =	**6647,400**	**1,000**		**1,252**

Sehingga Density Cairan didalam (R-01) =

1,252	kg/L
1252,058	kg/m^3
78,166	lb/ft^3

Komposisi umpan masuk Reaktor 1 :

Komponen	Massa kg/jam	BM (Kg/Kmol)	Massa kmol/jam	Density (kg/liter)	Fv (liter/jam)	C0 (kmol/liter)
POLYOL	4336,041	3000	1,445	1,274	3402,50	0,00027
Air	0,866	18	0,048	1,357	0,64	0,00001
2,4 TDI	2237,397	174,16	12,847	1,207	1854,06	0,00242
2,6 TDI	6,731	174,16	0,039	1,207	5,58	0,00001
DCA	22,121	127,23	0,174	1,322	16,73	0,00003
PDMS	44,244	296,61	0,149	1,326	33,36	0,00003
Total =	6647,400				5312,87	0,0028

Dari mekanisme reaksi diperoleh persamaan laju reaksi sebagai berikut:

$$d[C9H6N2O2] = k\ [H(OCH2CH2CH2CH2)nOH]\ [C9H6N2O2]\ dt$$

$$\frac{d[C9H6N2O2]}{dt} = k[H(OCH2CH2CH2CH2)nOH][C9H6N2O2]$$

$$-rA = k\ [H(OCH2CH2CH2CH2)nOH][C9H6N2O2]$$

Dimana : CA= $[H(OCH2CH2CH2CH2)nOH]$;CB= $[C9H6N2O2]$

Sehingga :

$-rA = k\ \ CA.CB$

$CA = CA_0 - CA_0.X_A = CA_0\,(1-X_A)$

$CB = CB_0-CA_0.X_A$

$= CA_0\,[(CB_0/CA_0)-X_A]$ $\qquad (CB_0/CA_0) = M$

$= CA_0\,(M-X_A)$

Neraca Massa

Input-output+reaksi = akumulasi

$Fv.CA_0-Fv.CA + (-rA).V = 0$

$Fv.CA_0-Fv.CA_0\,(1-X_A)+(-rA).V=0$

$Fv.CA_0-Fv.CA_0-Fv.CA_0.X_A+(-rA).V=0$

$Fv.CA_0.X_A = (-rA).V$

$(Fv/V).CA_0.X_A = (-rA)$

$(1/t).CA_0.X_A = (-rA)$

$t = (CA_0.X_A)/(-rA)$

$t = CA_0.X_A / k.CA.CB$

$= CA_0.X_A / k.CA_0\,(1-X_A)\ CA_0\,(M-X_A)$

waktu tinggal dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$t = \frac{CA0.XA}{k.CA0\,(1-XA)\,CA0\,(M-XA)} \quad \text{.....(1)}$$

Menurut **A.Fuchs dkk,** Harga k diperoleh dari grafik konstanta kecepatan reaksi terhadap konversi. Sehingga :

Konversi (X) = 98% didapat nilai k = 8,04E-04 liter/mol.detik

$-rA = k \quad CA.CB \qquad CA = [H(OCH2CH2CH2CH2)nOH]; CB = [C9H6N2O2]$

$CA = CA_0 (1 - X_A)$

$= 0{,}00027 (1-0{,}98)$

$= 5{,}441E-06$ kmol/liter

$= 5{,}441E-03$ mol/liter

$CB = CA_0 (M-X_A) \qquad (CB_0/CA_0) = M = 8{,}888$ kmol/liter

$= 0{,}00027 (8{,}888-0{,}98)$

$= 2{,}151E-03$ kmol/liter

$= 2{,}151$ mol/liter

$$t = \frac{CA0.XA}{k.CA0(1 - XA)CA0(M - XA)}$$

$$= \frac{(0{,}27).(0{,}98)}{(8{,}04E-04)(5{,}441E-03)(2{,}151)}$$

$= 28327{,}580$ detik

Waktu Reaksi $= 28327{,}580$ detik

$= 472{,}126$ menit

$=$ **7,869 jam**

1 Siklus RATB = 7,869 jam

1 hari kerja = 24 jam

$$\text{Jumlah Siklus RATB / hari} = \frac{24 \text{ jam x Jumlah Reaktor}}{\text{hari x Siklus RATB}}$$

$$= \frac{24 \text{ jam/hari x 1 buah Reaktor}}{7{,}869 \text{ jam/Siklus RATB}} = 3{,}1 \text{ Siklus RATB/hari}$$

Dengan menggunakan 1 buah Reaktor RATB dapat dilakukan 3,1 Siklus RATB/ hari.

b. Menghitung Diameter dan Tinggi Silinder Reaktor:

Reaktor berupa *Vessel* terdiri dari tutup dan alas berbentuk *torispherical*.

ρ campuran $= \dfrac{\sum \rho i.mi}{\sum mi}$

$= 1{,}252$ kg/L

Volume Cairan $= \dfrac{\text{Laju Alir massa}}{\rho \text{ Campuran}} \text{X}\left(waktu\ tinggal\right)$

$= \dfrac{6647{,}400\ kg/jam}{1{,}252\ kg/L} x\ 7{,}869\ jam$

$= 41776{,}724$ Liter

$= 1474{,}718\ ft^3$

Faktor keamanan untuk menghindari meluapnya cairan keluar reaktor ketika pengadukan, maka diberi over design 20 % :

Volume Reaktor $= 1{,}2 \text{ x } 1474{,}718\ ft^3$

$= 1769{,}662\ ft^3$

Dirancang :

Diameter Silinder = H Silinder

Volume Silinder $= \dfrac{\pi}{4} \text{ x } D^2 \text{ x } H$

$= \dfrac{3{,}14}{4} \text{ x } D^3$

Dari persamaan 5.11, hal 88 Brownell and young :

Volume *Head Torispherical* = $0.000049\ D^3$

Volume Reaktor = Volume Silinder + 2 x Volume *Head*

$$1769{,}662 = \frac{3{,}14}{4} \text{ x } D^3 + (2 \text{ x } 0{,}000049\ D^3)$$

$$1769{,}662 = 0{,}79\ D^3$$

D $= 13{,}112$ ft

D = 13,112 ft = 4 m = 157,339 inch

H = 13,112 ft = 4 m = 157,339 inch

c. Menghitung tebal dinding reaktor

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Tekanan desain = P reaksi + P hidrostatis

P operasi = 1 atm

= 14,7 psia

ρ campuran = 1,252 Kg/m^3

= 78,166 lb/cuft

Volume Cairan = (phi x ID^2*H)/4

$$1474{,}718 = \frac{3{,}14}{4} \text{ x } D^2 H$$

$$1474{,}718 = \frac{3{,}14}{4} \text{ x } (13{,}112^2)(H)$$

$$H = 10{,}928 \text{ ft}^3$$

Tinggi cairan didalam silinder (H) = 10,928 ft

P Hidrostatis = $\rho \text{ x } \frac{g}{gc} \text{ x H}$

= 78,166 x 1 x 10,928

= 854,171 Lb/ft^2 1 Lb/ft^2= 0,00694 Psi

= 5,928 psi

P operasi = 14,7 + 5,928

= 20,628 psi

Free board = 10 %

P Desain = 1,1 x 20,628 psi

= 22,691 psi

Dari **table 13.1 hal 254 Brownell & Young**, digunakan persamaan :

$$ts = \frac{P \text{ x ri}}{(F \text{ x } E) - (0{,}6 \text{ x } P)} + C$$

Dimana :

ts = tebal dinding reaktor , in

P = tekanan desain, psi (22,691 psi)

F = tegangan maksimum yang diijinkan (12650 psia)

Ri = jari – jari dalam dinding reaktor (78,670 in)

C = faktor korosi (0,125)

E = 80 %

$$ts = \frac{22,691 \text{ x } 78,670}{(12650 \text{ x } 0,8) - (0,6 \text{ x } 22,691)} + 0,125$$

$$= 0,302 \text{ in}$$

Dari **table 5.7 Brownell & Young** digunakan tebal dinding standar 5/16 = 0,313 in

OD = ID + 2 ts

= 157,339 + 2 x 0,313 in

= 157,964 in

d. Menentukan tebal head

Bentuk *head* : *torispherical.*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Dari **persamaan 5-7 Brownell hal. 89** harga OD standar 168 in dan ts = 5/16 in didapat icr = $10\frac{1}{8}$ in dan rc= 144 in, maka tebal *head* adalah

$$th = \frac{P \text{ x } rc \text{ x } w}{(2 \text{ x } F \text{ x } E) - (0,2 \text{ x } P)} + C$$

(Brownell and Young persamaan 7.77 hal 138)

Dengan $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left[\frac{rc}{irc}\right]^{0,5}\right)$

W = 1,69 in

$$th = \frac{22,691 \text{x } 144 \text{ x } 1,69}{(2 \text{ x } 12650 \text{ x } 0,8) - (0,2 \text{ x } 22,691)} + 0,125$$

= 0,398 in

dipilih tebal *head* standar 7/16 : 0,438 in

e. Menentukan tinggi vessel (reaktor total)

Dari tabel 5.6 Brownell and Young **,** dengan **tebal head 7/16 in** untuk torispherical head diperoleh :

icr = 1 5/16

sf = 1,5 - 3,5 dipilih sf = 2,5

a = 0,5 ID

= 157,339/2 in

= 78,670 in

AB = a – icr

= 78,670 – 1,313

= 77,357 in

BC = OD - icr

= 158,214 – 1,313

= 156,902 in

AC = $(BC^2-AB^2)^{1/2}$

= 136,506 in

b = r – AC

= 144 – 136,506

= 7,494 in

OA (tinggi head) = th + b + sf

= 7/16 + 7,494 + 2,5 in

= 10,744 in

= 0,273 m

Tinggi Vessel = tinggi silinder + (2 x tinggi head)

= 157,339 + (2 x 10,774)

= 178,826 in

= 14,902 ft

= 4,542 m

Tinggi Cairan dalam Reaktor = Tinggi Cairan dalam silinder + Tinggi *Head*

= h + Th

= 131,132+10,744

= 141,876 in

= 11,823 ft

= 3,604 m

4. Menghitung Dimensi Pengaduk

a. Menentukan dimensi pengaduk

Pemilihan jenis impeller menggunakan parameter volume dan viskositas cairan. Viskositas = 0,900 cps Pengaduk yang digunakan adalah Three-bladed mixing propeller **(Walas hal 288-299).**

Menurut **Brown Hal 507** didapat :

Dt/Di = 3

Zi/Di = 0,75 - 1,3

Z1/Di = 2,7 - 3,9

W/Di = 0,10

Dalam hubungan ini :

Dt = Diameter dalam reaktor,ft

Di = Diameter pengaduk, ft

Zi = Jarak pengaduk dengan silinder reaktor, ft

Z1 = Tinggi cairan dalam reaktor,ft

W = Lebar baffle,ft

Dari perhitungan reaktor didapat :

Dt = 13,112 ft

Z1 = 11,823 ft

Sehingga :

Di = 1/3 Dt

= 4,371 ft

Zi = 1,3 x Di

= 5,682

ZI/Di = 3

W = 0,10 Di

= 0,437 ft

Panjang Baffle = Tinggi Cairan didalam silinder (h)

= 10,928 ft

Ukuran reaktor :

Diameter reaktor (ID)	= 13,112 ft
Tinggi cairan (ZI)	= 11,823 ft
Diameter pengaduk (Di)	= 4,371 ft
Jarak pengaduk dari dasar reaktor (Zi)	= 5,682 ft
Jumlah Baffle	= 4 buah
Lebar Baffle	= 0,437 ft
Panjang Baffle	= 10,928 ft

b. Menentukan kecepatan rotasi pengaduk.

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ x Di}} = \left(\frac{\pi \text{ x Di}}{600} \right)^2 \text{x N}^2$$

WELH = water equation liquid height

= tinggi cairan x sg cairan

$$= 11{,}823 \text{ ft x } \frac{78{,}166 \text{ lb/ft3}}{84{,}739 \text{lb/ft3}}$$

= 10,906 ft

Di = 4,371 ft

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ x Di}} = \frac{12{,}095 \text{ ft}}{2 \text{ x } 4{,}371 \text{ ft}} = 1{,}248$$

$$\left(\frac{\pi \text{ x Di}}{600} \right)^2 = \left(\frac{3{,}14 \text{ x } 4{,}371}{600} \right)^2 = 5{,}231\text{E-04 ft}^2$$

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ x Di}} = \left(\frac{\pi \text{ x Di}}{600} \right)^2 \text{x N}^2$$

$$N = 48{,}836 \text{ rpm}$$

$$= 0{,}814 \text{ rps}$$

Menurut **Wallas halaman 288,** Kecepatan pengaduk standar yang dapat digunakan = 56 rpm = 0,93 rps

c. Menentukan Tenaga pengaduk

μ campuran = 0,900 cp

$$N_{RE} = \frac{N \text{ x } Di^2 \text{x } \rho}{\mu}$$

$$= \mathbf{2303127{,}589}$$

Untuk Bilangan Reynold Nre > 10.000, Maka Angka Daya tidak bergantung pada Angka Reynold dan Viscositas.

Faktor dimana dalam daerah ini aliran sudah Turbulen penuh. Sehingga berlaku NP = KT = f (S1,S2,S3…….Sn). Sedangkan harga konstanta KT untuk tangki bersekat (baffle) dengan jumlah baffle 4 & lebar baffle 1/10 dari diameter tangki maka KT = 1 **(Reynold & Richards,1996)**

Dimana :

$$P = \frac{KT \text{ x } N^3 \, x \, Di^{\,5} \text{x } \rho}{gc} \text{ x } \frac{1}{550}$$

$$= 3{,}795 \text{ HP}$$

d. Menghitung faktor koreksi.

$$f = \sqrt{\frac{\left(\frac{Dt}{Di} \text{ x } \frac{ZI}{Di}\right)_{diinginkan}}{\left(\frac{Dt}{Di} \text{ x } \frac{ZI}{Di}\right)_{grafik}}}$$

$$f = 0{,}95$$

$$P \text{ Koreksi} = P \text{ x f Koreksi}$$

$$= 3{,}795 \text{ x } 0{,}95$$

$$= 3{,}604 \text{ HP}$$

Efficiency three phase motor untuk 3,604 HP = 84 %

(Peter, fig 14 – 38 hal 521)

Power motor = 3,604/ 0,84

= 4,3 HP

PERANCANGAN JAKET PENDINGIN

5. Menghitung dimensi Jaket pendingin R-01

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas dari Tangki Reaktor ke Jaket

Mencari harga hi :

$$\frac{hi.Di}{k} = 0{,}62.\left(\frac{L^2.N.\rho}{\mu}\right)^{2/3}.\left(\frac{Cp.\mu}{k}\right)^{1/3}.\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0{,}14}$$ (Copey 7.16)

Menghitung Properties cairan di reaktor pada suhu 80 °C (353 K),

Menghitung Cp campuran (Carl . L Yaws "Chemical Properties Handbook")

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (Kg)	Massa (kmol)	Cp (kj/kmol.K)	fraksi berat	cpi.xi
Poliol	3000	4336,041	1,445	127,807	0,098	12,565
AIR	18	0,866	0,048	75,173	0,003	0,246
2,4 TDI	174,160	2237,397	12,847	302,105	0,874	263,984
2,6 TDI	174,160	6,731	0,039	302,105	0,003	0,794
DCA	127,230	22,121	0,174	235,443	0,012	2,784
PDMS	296,610	44,244	0,149	541,901	0,010	5,498
Total	**3790,160**	**6647,400**	**14,702**	**1584,534**	**1,000**	**285,871**

Cp campuran = ∑ (Cpi . xi)

285,871 kj/kmol.K

0,728 Btu/Lbm.F

Menghitung k campuran (Carl . L Yaws "Chemical Properties Handbook")

Komponen	fraksi berat (xi)	ki	ki . xi
Poliol	0,098	2,073,E-02	2,038,E-03
AIR	0,0033	6,620,E-01	2,167,E-03
2,4 TDI	0,874	2,140,E-02	1,870,E-02
2,6 TDI	0,003	2,140,E-02	5,626,E-05
DCA	0,0118	2,658,E-02	3,144,E-04
PDMS	0,010	1,666,E-02	1,690,E-04
Total	**1,000**		**2,141,E-02**

k campuran = ∑ (ki . xi)

2,141E-02 W / m.K

1,237E-02 Btu/hr.ft.F

Diketahui data-data:

Dt =	Diameter reaktor (ID shell)	= 13,112 ft
ρ =	densitas campuran	= 78,166 lb/ft3
Cp =	kapasitas panas larutan	= 0,728 Btu/lb.F
Di =	Diameter pengaduk	= 4,371 ft
N =	Kecepatan rotasi pengaduk	= 3360 rph
k =	Konduktivitas panas larutan	= 1,237E-02 Btu/hr.ft.F
μ =	Viskositas larutan	= 2,178 lb/ft jam

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas dari Tangki Reaktor ke Jaket

Mencari harga hi :

Rumus : $\frac{hDt}{k} = 0.73\left(\frac{\rho NDi^2}{\mu}\right)^{0.65}\left(\frac{Cp\mu}{k}\right)^{0.24}\left(\frac{\mu b}{\mu w}\right)^{0.24}$

Dengan anggapan nilai (μ / μw) = 1, maka:

$$\frac{hDt}{k} = 0.73\left(\frac{78{,}166..3360.4{,}371^2}{2{,}178}\right)^{0.65}\left(\frac{0{,}728.2{,}178}{1{,}237E-02}\right)^{0.24}(1)^{0.24}$$

hi= 64178,437 k/Di

hi= 60,552 Btu/hr.ft^2.F

Mencari harga hio

ID	13,112	ft
OD	13,164	ft

$$hio = hi.\left(\frac{ID}{OD}\right)$$

hio= 60,313 Btu/hr.ft^2.F

Mencari ho

persamaan:

$$\frac{hD}{k} = 0.73\left(\frac{\rho ND^2}{\mu}\right)^{0.65}\left(\frac{Cp\mu}{k}\right)^{0.24}\left(\frac{\mu b}{\mu w}\right)^{0.24}$$

Diketahui sifat sifat air pendingin pada suhu 30^{o}C :

ρ = 89,256 Ibm/ft^3

μ = 1,978 Ibm/ft jam

Cp = 75,447 kJ/kmol.K = 0,192 Btu/lbm F

k = 0,613 W/mK = 0,354 btu/hr.ft.F

dengan anggapan nilai (μ / μw) = 1, maka :

$$\frac{hoDt}{k} = 0.73\left(\frac{89{,}256 \text{ x } 3600\,(4{,}371)^2}{1{,}978}\right)^{0.65}\left(\frac{0{,}192 \text{ x} 1{,}978}{0{,}354}\right)^{0.24}(1)^{0.24}$$

dengan anggapan nilai (μ / μw) = 1, maka :

$$\frac{hoDt}{k} = 15179{,}957$$

ho = 410,131 Btu/hr $ft^2\,^oF$

dengan:

hi = koefisien transfer panas pada diameter dalam reaktor

ho = koefisien transfer panas pada diameter luar reaktor

hio = hi yang dipandang pada diameter luar reaktor

Mencari Uc

$$Uc = \frac{ho.hi}{ho + hi} = 52{,}580 \text{ Btu/hr } ft^2\,^oF$$

Diambil nilai Rd =0.001 ft/hr.F/Btu (tabel 12 *kern* hal 845)

hD = 1/Rd = 1000

$$Ud = \frac{Uc.hD}{Uc + hD} = 49{,}954 \text{ Btu/hr } ft^2\,^oF$$

dengan :

Uc = koefisien perpindahan panas keseluruhan pada saat masih bersih

Ud = koefisien perpindahan panas keseluruhan pada saat desain

dari persamaan:

Q = Ud x A x (ΔT)LMTD

Maka, $A = \left(\frac{Q}{Ud.(\Delta T)LMTD}\right)$

Dari neraca panas Q yang harus dipindahkan sebesar :

Q = 433702,821 kJ

= 411063,534 Btu/jam

Mencari ΔT LMTD

suhu Pendingin :

masuk(Tin) =30 °C = 86°F = 303°K

keluar(Tout) = 79,7°C =175,46°F =352,7 °K

T reaktor = 80°C = 140°F

Fluida panas (F)	Fluida dingin (F)	ΔT	
176	86	90	ΔT_1
176	175,46	0,54	ΔT_2

ΔT LMTD = $(\Delta T_2 - \Delta T_1) / (\text{In} (\Delta T_2 / \Delta T_1))$

ΔT LMTD = **17,486** °F

Maka, luas permukaan perpindahan panas yang díbutuhkan

$$A = \left(\frac{411063,534}{49,954 \times 17,486} \right) = 470,590 \text{ ft}^2$$

Menghitung Tinggi jaket

luas perpindahan panas = $3.14 * Dt * Hj - 0.25 * 3.14 * Dt^2$

470,590 = 41,170 Hj + 134,952

Maka,

Hj =8,152 ft = 2,48 m

Hr = 14,902 ft = 4,542 m

Menghitung lebar jaket

Dari neraca panas di peroleh kebutuhan air pendingin :

$$Wt = \frac{Q}{Cp.\Delta T}$$

Dengan :

Q = 411063,534 kj/jam

Cp campuran = 285,871 kj/kmol.K

ΔT = 49,7 °C = 322,7 °K

Wt = 4,701 kmol/jam = 84,7 kg/jam

densitas air pendingin = 1,430 kg/L

debit air pendingin = 59,243 L/jam = 2,091 ft^3/jam

waktu kontak = 15 menit = 0,25 jam

volume pendingin = 0,25 jam x 2,091 ft^3/jam = 0,523 ft^3

volume pendingin + volume reaktor = 1770,185 ft^3

Hjaket = 8,152 ft

Dt = 13,112 ft

Volume Pendingin + Volume Reaktor = (0.25*3.14*Dj^2* Hj)+(0.000049 Dj^3)

sehingga,

1770,185 = 10.149 Dj^2 + 0.000049 Dj^3

Dj = 16,630 ft = 5,072 m

Lebar jaket = 0.5 x(Dj - Dt) = 1,759 ft

= 0,537 m

= 53,66 cm

Menghitung tebal jaket

Brownell 7.77 $tj = \frac{P.ri}{f.E - 0{,}6.P} + C$

ri = Dj/2 = 8,315 ft = 99,783 in

P = 14,7 Psia

E = 0,8

f = 12650

C = 0,125

Sehingga

tj = 0,27 in

dipilih tebal standar = ¼ in = 0,25 in

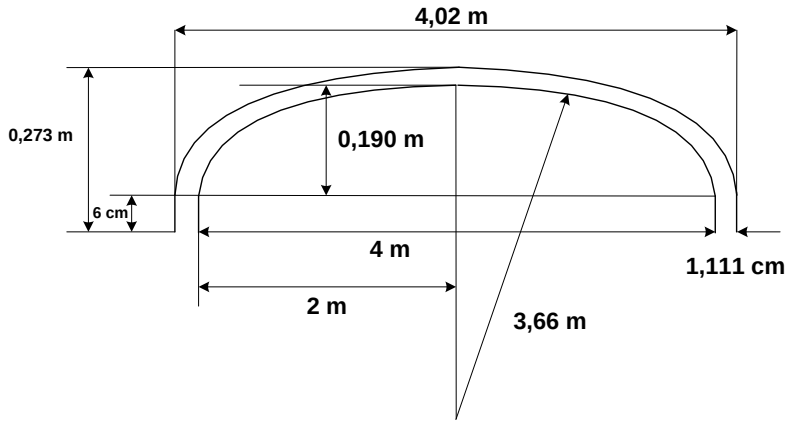
RESUME

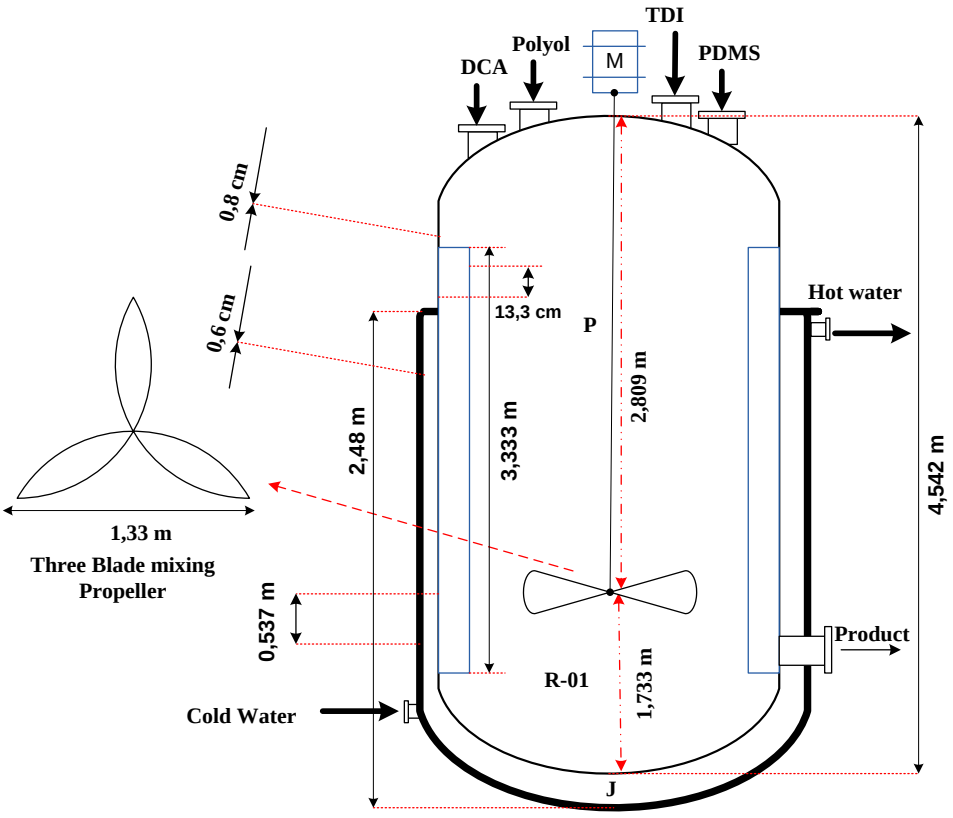
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi antara Poliol dengan TDI membentuk Homolog Poliuretan
Bahan konstruksi	:	*Carbon Steel SA – 283 grade C*
Jumlah	:	1
Tekanan operasi	:	1 atm
Tekanan desain	:	1,544 atm
Kapasitas Reaktor	:	50,111 m^3
ID	:	4 m
OD	:	4,02 m
Tinggi Silinder	:	4 m
Tinggi Head	:	0,273 m
Tinggi Cairan	:	3,604 m
Tinggi reaktor	:	4,542 m
Tebal Silinder	:	0,8 cm
Tebal Head	:	1,111 cm
Kecepatan putar pengaduk	:	56 rpm
Power pengaduk	:	4,3 HP

Jaket Pendingin

Konstruksi	:	*Carbon steel SA 283 grade C*
Pendingin	:	Air
Tebal Jaket	:	0,6 cm
Tinggi Jaket	:	2,48 m
Lebar Jaket	:	0,537 m

Gambar Reaktor





Keterangan
J = Jaket
R = Reaktor
M = Motor pengaduk
P = Pengaduk

Lampiran B

Reaktor (R-02)

Kode : R-02

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pemutusan rantai Homolog Poliuretane menjadi produk Poliuretan

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 80 ^{0}C

Waktu Reaksi = 4, 228 jam

Tujuan :

1. Menghitung Waktu Reaksi
2. Memilih Bahan Konstruksi
3. Menentukan Dimensi Reaktor
4. Menentukan Dimensi Pengaduk

1. Memilih Tipe Reaktor

Dalam perancangan ini digunakan reaktor alir tangki berpengaduk, karena pertimbangan tipe ini cocok untuk :

a. Reaksi berlangsung pada fase cair.

b. Reaksi berlangsung lama.

2. Memilih Bahan Kontruksi

Untuk bahan kontruksi digunakan *carbon steel SA 283 Grade C* dengan pertimbangan :

a. Tahan terhadap korosi.

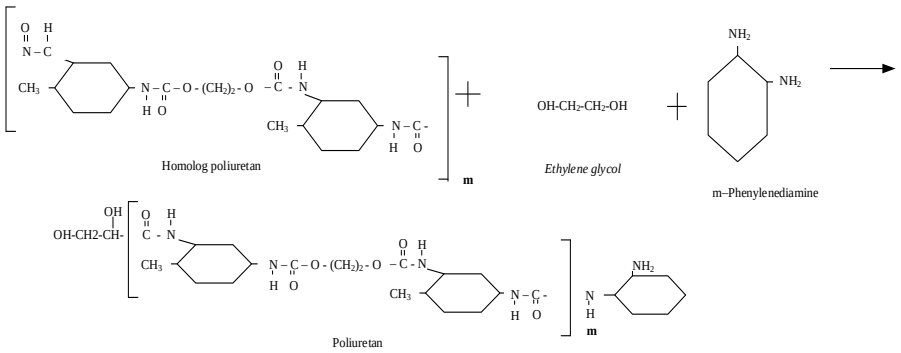
b. Tahan terhadap perubahan suhu.

c. Harga relatif murah.

3. Menentukan Dimensi Reaktor

Dimensi reactor yang dihitung meliputi : Volume, diameter, dan tinggi silinder reaktor serta tebal reaktor.

Reaksi yang terjadi :



Langkah-langkah dalam perancangan Reaktor (R-02) adalah :

a. Menghitung volume Reaktor (R-02)

Basis = 1 jam

Komponen	kg/jam	Fraksi berat (xi)	Density (kg/liter)	xi.rho
POLYOL	86,720	1,304E-02	1,274	0,017
Air	0,866	1,302E-04	1,357	0,000
2,4 TDI	44,748	6,727E-03	1,207	0,008
2,6 TDI	6,731	1,012E-03	1,207	0,001
DCA	22,121	3,326E-03	1,322	0,004
PDMS	44,244	6,651E-03	1,326	0,009
Homolog PU	6441,971	9,685E-01	1,251	1,211
mPD	2,188	3,290E-04	1,564	0,001
EG	2,170	3,262E-04	1,733	0,001
Total =	**6651,758**	**1,000**		**1,252**

Sehingga Density Cairan didalam (R-02) =	1,252	kg/L
	1251,509	kg/cu mtr
	78,131	lb/cuft

Komposisi Umpan Masuk Reaktor 2 :

Komponen	kg/jam	Density (kg/liter)	Fv (liter)	C0 (mol/liter)	mol/jam
Polyol	86,720	1,274	68,05	5,438E-03	28,907
Water (H_20)	0,866	1,357	0,64	9,053E-03	48,124
2,4 TDI	44,748	1,207	37,08	4,834E-02	256,937
2,6 TDI	6,731	1,207	5,58	7,270E-03	38,646
DCA	22,121	1,322	16,73	1,387E-03	7,374
PDMS	44,244	1,326	33,36	6,542E-02	347,749
Homolog PU	6441,971	1,251	5151,43	4,086E+00	21718,657
mPD	2,188	1,564	1,40	8,950E-04	4,757
EG	2,170	1,733	1,25	3,775E-03	20,066
Total =	**6651,758**		**5315,52**	**4,227**	

Dari mekanisme reaksi diperoleh persamaan laju reaksi sebagai berikut:

d [NOH] = k [R_2 NHCO2H] dt

$$\frac{d[NOH]}{dt} = k.\ [R_2\ NHCO2H]$$

-rA = k.[R_2 NHCO2H] CA = R_2 NHCO2H

CA = CA0-CA0.XA

= CA0 . (1-XA)

Neraca Massa

Input – output - reaksi = Akumulasi

$$FA0 - FA - (-rA) \cdot V = \frac{d[NOH]}{dt}$$

$$FA0 - FA - (-rA) \cdot V = 0$$

$$FA0 - FA - k.CA.V = 0$$

$$FA0 - FA - k.CA0.(1 - XA)\,V = 0$$

$$FA0 - FA = k \cdot CA0 \cdot (1 - XA)\,V$$

$$\frac{FA0 - FA}{V} = k \cdot CA0 \cdot (1 - XA)$$

$$\frac{1}{t} = k \cdot CA0 \cdot (1 - XA)$$

Jadi waktu tiggal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$t = \frac{1}{k \cdot CA0 \cdot (1 - XA)}$$

Menurut **A.Fuchs dkk,** Harga k diperoleh dari grafik konstanta kecepatan reaksi terhadap konversi. Konversi (X) = 98 % didapat nilai k = 8,04E-04 liter/mol.detik

$$CA = CA0\,(1 - XA)$$

$$= 4{,}086 \cdot (1 - 0{,}980)$$

$$= 0{,}082 \text{ mol/liter}$$

$$t = \frac{1}{k.CA0.(1-XA)}$$

$$= \frac{1}{(8{,}04E-04).4{,}086.(1-0{,}980)}$$

= 15220,424 detik

Waktu reaksi = 15220,424 detik

= 253,674 menit

= 4,228 jam

1 siklus RATB = 4,228 jam

1 hari kerja = 24 jam

$$\text{Jumlah siklus RATB/ hari} = \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} x \frac{\text{jumlah reaktor}}{\text{siklus RATB}}$$

$$= \frac{24 \text{ jam/ hari x } 1 \text{ buah reaktor}}{4{,}228 \text{ jam/ siklus RATB}}$$

= 5,677 siklus RATB / hari

b. Menghitung Diameter dan Tinggi Silinder Reaktor :

Reaktor berupa *vessel* terdiri dari tutup dan alas berbentuk *torisphérical*.

$$\rho = \frac{\sum \rho i.mi}{\sum mi}$$

= 1,252 kg / L

$$\text{Volume Cairan} = \frac{\text{Laju alir massa}}{\rho \text{ campuran}} x(\text{waktu tinggal})$$

$$= \frac{6651{,}758\ \text{kg/jam}}{1{,}252 kg/L} x\ 4{,}228\ \text{jam}$$

$$= 22471{,}224\ \text{L}$$

$$= 793{,}564\ \text{ft}^3$$

Faktor keamanan untuk menghindari meluapnya cairan keluar reaktor ketika pengadukan, maka diberi *over design 20 %* :

Volume reaktor $= 1{,}2 \times 793{,}564\ \text{ft}^3$

$= 952{,}277\ \text{ft}^3$

Dirancang :

Diameter silinder = H silinder

Volume silinder $= \frac{\pi}{4} \text{x } D^2 \text{ x } H$

$= \frac{3{,}14}{4} \text{x } D^3$

Dari persamaan 5.11, halaman 88 Brownell and young :

Volume *head torispherical* = 0,000049. D^3

Volume reaktor = volume silinder + 2 x volume *head*

952,277 $= \frac{3{,}14}{4} \text{x } D^3 + (2\text{x } 0{,}000049.D^3)$

952,277 $= 0{,}785\ D^3$

D = 10,665 ft

Dsilinder = 10,665 ft^3 = 3,253 m = 127,976 inch

Hsilinder = 10,665 ft^3 = 3,253 m = 127,976 inch

c. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Tekanan desain = P reaksi + P hidrostatis

P operasi = 1 atm

= 14,7 psia

ρ campuran = 1,252 kg /dm^3

= 78,131 lb / ft^3

Volume cairan = (Π x ID^2 * H) / 4

$$793{,}564 = \frac{3{,}14}{4} \times D^2 \times H$$

$$793{,}564 = \frac{3{,}14}{4} \times (10{,}665^2) \times H$$

H = 8,888 ft

Tinggi cairan di dalam silinder (H) = 8,888 ft

P Hidrostatis $= \rho \times \frac{g}{gc} \times h$

$= 78{,}131 \times \frac{1}{1} \times 8{,}888$ ft 1 Lb/ft^2= 0,00694 Psi

= 694,457 Lb / ft^2

= 4,823 Psi

P Operasi = 14,7 + 4,823

= 19,519 Psi

Free Board = 10 % x P Operasi

= 1,1 x 19,519 Psi

P Desain = 21,470 Psi

Dari **table 13.1 halaman 254 Brownell & young**, digunakan persamaan :

$$ts = \frac{P \times ri}{(F \times E) - (0{,}6 \times P)} + C$$

Dimana :

Ts = tebal dinding reactor

P = tekanan design, Psi (21,470 Psi)

F = tegangan maksimum yang diijinkan (12650 Psia)

Ri = jari-jari dalam dinding reaktor (63,988 in)

C = faktor korosi (0,125)

E = 80 %

$$ts = \frac{21{,}470 \; x \; 63{,}988}{(12650 \; x \; 0{,}8) - (0{,}6 \; x \; 21{,}470)} + 0{,}125$$

= 0,261 in

Dari table 5.7 Brownell & Young digunakan tebal *shell* standar 5/16 = 0,313

OD = ID + 2 ts

= 127,976 + 2 x 0,313

= 128,601 in

d. Menentukan Tebal *Head*

Bentuk *head* : *Torispherical*

Bahan : *Carbon steel SA-283 grade C*

Dari **persamaan 5-7 Brownell hal 89** harga OD standar in dan ts = 0,313 in didapatkan icr = 8 dan rc = 130 in, maka tebal *head* adalah :

$$th = \frac{P\ x\ rc\ x\ w}{(2\ x\ F\ x\ E) - (0{,}2\ x\ P)} + C$$

(Brownell and Young persamaan 7.77 hal 138)

Dengan $W = \frac{1}{4}\left(3 + \left[\frac{rc}{irc}\right]^{0,5}\right)$

$W = 1{,}758$ in

$$th = \frac{21{,}470\ x\ 130\ x\ 1{,}758}{(2\ x\ 12650\ x\ 0{,}8) - (0{,}2\ x\ 21{,}470)} + 0{,}125$$

$= 0{,}367$ in

Dipilih tebal *head standar* : 3/8 in = 0,375 in

e. Menentukan Tinggi *Vessel* (Reaktor Total)

Dari tabel 5.6 Brownell & young, dengan tebal *head* 0,367 in untuk *torispherical head* diperoleh:

Icr = 1,125 (1 1/8)

Sf = 1,5-3 dipilih sf = 3

A = 0,5 ID

= 127,976 in

= 63,988 in

AB = A- icr

= 63,988 – 1,125

= 62,863 in

BC = OD – icr

= 128,726 – 1,125

= 127,601 in

AC = $(BC^2 - AB^2)^{1/2}$

= $(127{,}601^2 - 62{,}863^2)^{1/2}$

= 111,042 in

b = r - AC

= 130 – 111,042

= 18,958 in

OA = th + b + sf

= (0,367 + 18,958 + 3) in

= 22,326 in

= 0,567 m

Tinggi *Vessel* = tinggi silinder + (2 x tinggi *head*)

= 127,976 + (2 x 22,326)

= 172,628 in

= 14,386 ft

= 4,385 m

Menghitung tinggi cairan dalam reaktor (Hc)

Hc = h + Th

= 106,660 + 22,326

= 128,986 in

= 10,749 ft

= 3,276 m

4. Menghitung Dimensi Pengaduk

a. Menentukan dimensi pengaduk

Pemilihan jenis *impeller* menggunakan parameter volume dan viskositas cairan. *Viscositas* = 0,549 cps. Pengaduk yang digunakan adalah *Three-bladed mixing propeller* **(Walas hal 288-299)**

Menurut Brown Hal 507 didapat :

Dt/Di = 3

Zi/Di = 0,75 - 1,3

Z1/Di = 2,7 - 3,9

W/Di = 0,10

Dalam hubungan ini :

Dt = Diameter dalam reaktor,ft

Di = Diameter pengaduk, ft

Zi = Jarak pengaduk dengan silinder reaktor, ft

Z1 = Tinggi cairan dalam reaktor,ft

ZR = Tinggi silinder reaktor, ft

W = Lebar baffle,ft

Dari perhitungan reaktor didapat :

Dt = 10,665 ft

Z1 = 10,749 ft

Sehingga :

Di = 1/3 Dt

= 3,555 ft

Zi = 1,3 x Di

= 4,621

ZI/Di = 3,024

W = 0,10 Di

= 0,355 ft

Panjang *Baffle* = tinggi cairan dalam silinder (h)

= 8,888 ft

Ukuran reaktor :

Diameter reaktor (ID)	=	10,665 ft
Tinggi cairan dalam reaktor (ZI)	=	10,749 ft
Diameter pengaduk (Di)	=	3,555 ft
Jarak pengaduk dari dasar reaktor (Zi)	=	4,621 ft
Jumlah *Baffle*	=	4 buah
Panjang *Baffle*	=	8,888 ft
Lebar *Baffle*	=	0,355 ft

b. Menentukan kecepatan rotasi pengaduk.

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ x Di}} = \left(\frac{\pi \text{ x Di}}{600}\right)^2 \text{x N}^2$$

WELH = *water equation liquid height*

= tinggi cairan x sg cairan

$$= 10{,}749 \text{ ft x } \frac{78{,}131 \text{ lb/ft3}}{84{,}739 \text{lb/ft3}}$$

= 10,144 ft

Di = 3,555 ft

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ x Di}} = \frac{10{,}144 \text{ ft}}{2 \text{ x } 3{,}555 \text{ ft}} = 1{,}427$$

$$\left(\frac{\pi \text{ x Di}}{600}\right)^2 = \left(\frac{3{,}14 \text{ x } 4{,}371}{600}\right)^2 = 3\text{,E-04 ft}^2$$

$$\frac{WELH}{2 \text{ x } Di} = \left(\frac{\pi \text{ x } Di}{600}\right)^2 \text{ x } N^2$$

N = 64,206 rpm

= 1,070 rps

Kecepatan pengaduk standar yang dapat digunakan = 68 rpm = 1,13 rps

(Wallas, hal 288)

c. Menentukan Tenaga pengaduk

μ campuran = 0,549 cp

$$N_{RE} = \frac{N \text{ x } Di^2 \text{x } \rho}{\mu}$$

= **2864093,516**

Untuk Bilangan Reynold Nre > 10.000, Maka Angka Daya tidak bergantung pada Angka Reynold dan Viscositas. Faktor dimana dalam daerah ini aliran sudah Turbulen penuh. Sehingga berlaku NP = KT = f (S1,S2,S3…….Sn). Sedangkan harga konstanta KT untuk tangki bersekat (baffle) dengan jumlah baffle 4 & lebar baffle 1/10 dari diameter tangki maka KT = 1 **(Reynold & Richards,1996)**

Dimana :

$$P = \frac{KT \text{ x } N^3 \, x \, Di^{\,5} \text{x } \rho}{gc} \text{ x } \frac{1}{550}$$

= 3,069 HP

d. Menghitung faktor koreksi.

$$f = \sqrt{\frac{\left(\frac{Dt}{Di} \times \frac{ZI}{Di}\right)_{diinginkan}}{\left(\frac{Dt}{Di} \times \frac{ZI}{Di}\right)_{grafik}}}$$

f = 1,004

P Koreksi = P x f Koreksi

= 3,069 x 1,004

= 3,081 HP

Efficiency three phase motor untuk 22 HP = 83 %

(Peter, fig 14 – 38 hal 521)

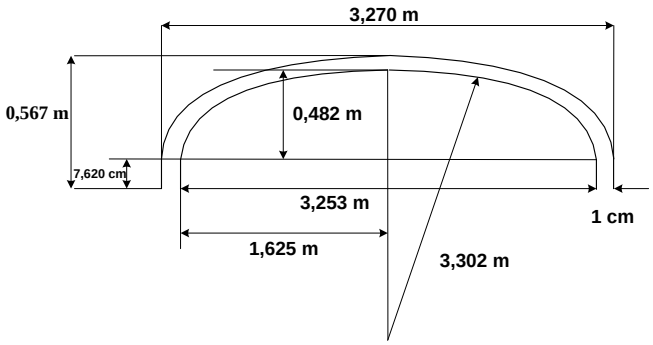
Power motor = 3,081/ 0,83

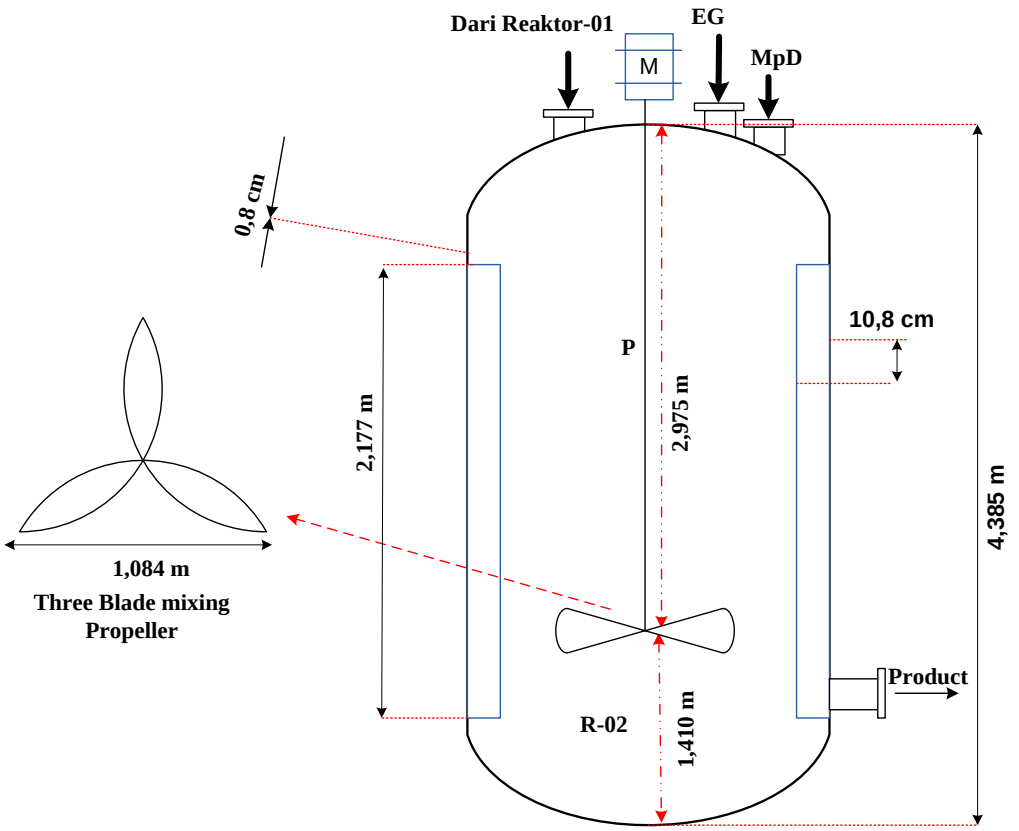
= 3,712 HP

RESUME

Kode	:	R-02
Fungsi	:	Tempat berlangsungnya reaksi pemutusan rantai Homolog Poliuretane menjadi produk Poliuretan
Bahan konstruksi	:	*Carbon steel SA-283 Grade C*
Jumlah	:	1
Tekanan operasi	:	1 atm
Tekanan desain	:	1,46 atm
Kapasitas Reaktor	:	26,965 m^3
ID	:	3,253 m
OD	:	3,270 m
Tinggi Silinder	:	3,253 m
Tinggi Head	:	0,567 m
Tinggi Cairan	:	3,276 m
Tinggi reaktor	:	4,385 m
Tebal Silinder	:	0,8 cm
Tebal Head	:	1 cm
Kecepatan putar pengaduk	:	68 rpm
Power pengaduk	:	3,712 HP

Gambar Reaktor

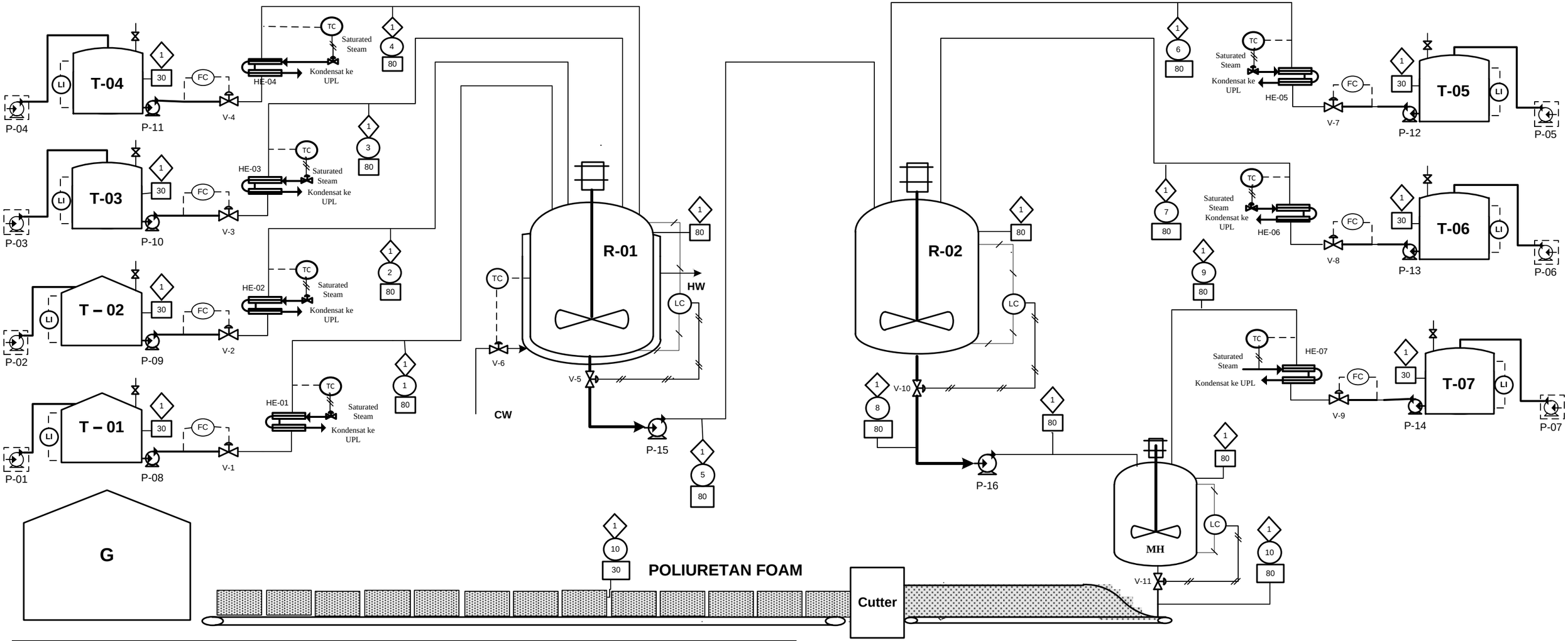




Keterangan
R = Reaktor
M = Motor pengaduk
P = Pengaduk

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *SLABSTOCK FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM*
DARI POLY *TETRAMETHYLENE ETHER GLYCOL (POLYOL)* DAN *TOLUENE DIISOCYANATE (TDI)* DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)									
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Poliol	4.336,041	–	–	–	86,720	–	–	86,720	–	86,720
AIR	0,866	–	–	–	0,866	–	–	0,866	–	0,866
2,4 TDI	–	2.237,397	–	–	44,748	–	–	44,748	–	44,748
2,6 TDI	–	6,731	–	–	6,731	–	–	6,731	–	6,731
DCA	–	–	22,121	–	22,121	–	–	22,121	–	22,121
PDMS	–	–	–	44,244	44,244	–	–	44,244	–	44,244
Homolog PU	–	–	–	–	6.441,971	–	–	128,839	–	128,839
mPD	–	–	–	–	–	2,188	–	2,188	–	2,188
EG	–	–	–	–	–	–	2,170	2,170	–	2,170
PU	–	–	–	–	–	–	–	**6.313,131**	–	**6.313,131**
TCFM	–	–	–	–	–	–	–	–	6,150	6,150
Total	**4.336,907**	**2.244,128**	**22,121**	**44,244**	**6.647,400**	**2,188**	**2,170**	**6.651,758**	**6,150**	**6.658,269**

KETERANGAN SINGKATAN

T-01	: Tangki Poliol
T-02	: Tangki TDI
T-03	: Tangki DCA
T-04	: Tangki PDMS
T-05	: Tangki mPD
T-06	: Tangki EG
T-07	: Tangki TCFM
R–01	: Reaktor-01
R–02	: Reaktor-02
MH	: Mix Head
G	: Gudang
HE	: Heat Exchanger

KETERANGAN SINGKATAN

LI	: Level Indikator
LC	: Level Control
TC	: Temperature Control
FC	: Flow Control
HW	: Hot Water
CW	: Cool Water
◇	: Tekanan, atm
○	: Nomor Arus
□	: Suhu, C

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN SLABSTOCK FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM DARI POLYOL DAN TDI DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Disusun oleh:
Singgih Setiawan (12521211)
Adiliawan Imam Asshidiq (12521002)
Dosen Pembimbing :
Drs.Ir.Faisal RM,MSIE.,P.hD
Tintin Mutiara, S.T., M.Eng