

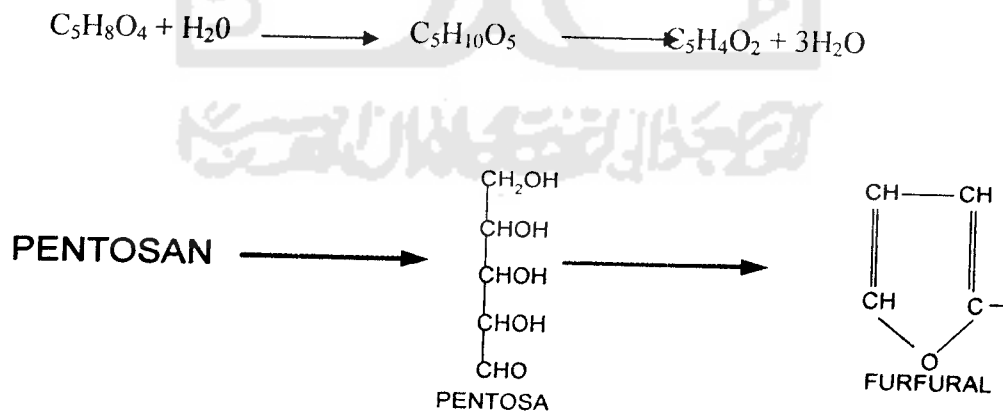
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian proses

Furfural atau furfuraldehid ($C_5H_4O_2$) pertama kali dipisahkan oleh Dobereiner pada tahun 1821 ketika akan memproduksi asam formiat dari tebu. Tetapi secara besar baru diproduksi oleh Stenhouse tahun 1845. Nama furfural diberi oleh Fowness tahun 1845 yang berasal dari bahasa Latin: Furfur (Inggris: bran) yang berarti sekam padi. [1]

Furfural diperoleh dari destruksi bahan yang mengandung pentosan. Mekanisme pembentukan furfural adalah sebagai berikut : [2]



Pentosan adalah hemiselulosa yang dihidrolisa menghasilkan pentosa dan kemudian pentosa mengalami proses siklodehidrasi menjadi furfural. Proses pembentukan dilakukan dalam digester bertekanan dengan perlakuan asam anorganik kuat.

3.1.1 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika ini bertujuan untuk mengetahui harga konstanta kecepatan reaksi pembentukan Furfural, yang dapat diprediksi dengan persamaan berikut :

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

dimana :

k = konstanta kecepatan reaksi

A = faktor tumbukan, L/mol.dtk

E = energi aktivasi, cal / mol

R = konstanta gas, 1.987 cal/mol K

T = suhu, ° K

Data kecepatan reaksi pentosa menjadi furfural adalah $k = 0,0096$ /menit dengan persamaan reaksi sebagai berikut :

$$k = 9.306 \times 10^{15} \ell \frac{-16894}{T}$$

Reaksi furfural terjadi dengan mengambil panas (endotermis) dan reaksi ini tidak mengalami perubahan terhadap suhu (isotermal). Untuk mempertahankan kondisi suhu reaksi perlu dilakukan isolasi.



Reaksi furfural dapat berlangsung baik dengan komposisi dan kondisi operasi :

Tongkol jagung : air	= 4 : 1
Tekanan	= 3,01 atm
Suhu	= 137 °C
Konversi Maksimum	= 70 %

3.1.2 Mekanisme Proses

Proses pembuatan furfural terdiri dari 3 tahapan, sehingga dengan demikian pabrik ini terbagi menjadi 3 unit yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap sintesis (reaksi)
3. Tahap pemisahan atau pemurnian

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku tongkol jagung setelah diambil dari produsen, kemudian disimpan dalam Gudang (GD-01) untuk persediaan 1 bulan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas tongkol jagung sebanyak 52.744,0084 kg/jam.

Bahan baku tongkol jagung setelah tersedia didalam gudang, kemudian di hancurkan oleh roll crusher (RC-01) hingga ukurnya menjadi 1,5 inch. Dan kemudian diangkut dengan menggunakan belt conveyor (BC-01) menuju bucket elevator (BE-01). Didalam bucket elevator tersebut serbuk tongkol jagung diangkat menuju hopper (HP-01). Kemudian Didalam hopper tersebut dialirkan kedalam

revolving mixer (RM-01) untuk dilakukan pengenceran dengan menggunakan air sebanyak 13.186,0021 kg/jam. Dilakukan pengenceran selama 30 menit pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

Air untuk pengenceran tongkol jagung diambil dari utilitas, kemudian dialirkan secara langsung kedalam Revolving mixer (RM-01). Air yang digunakan untuk pengenceran tersebut sebanyak 13.186,0021 kg/jam.

Katalisator asam sulfat 98 % diambil dari produsen, dialirkan dan kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan (TP- 01) untuk persediaan 15 hari pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas 791,1601 kg/jam. Kemudian dilakukan pengenceran hingga asam sulfat menjadi 10% dengan menggunakan Mixer (M-01) dan menggunakan air sebanyak 55.168,0598 kg/jam yang dialirkan dari utilitas. Kemudian dihasilkan asam sulfat 10% sebanyak 7.753,3693 kg/jam.

Calcium Hidroksida 50% digunakan untuk netralisasi, diambil dari produsen, dialirkan dan kemudian disimpan didalam tangki penyimpan (TP- 02) untuk persediaan 15 hari pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas 5.985,0350 kg/jam.

b. Tahap Sintesis (Reaksi)

Umpan segar tongkol jagung (slurry) dari tangki mixer (M-01) dialirkan menggunakan pompa (P-01) ke Revolving reaktor (RR-01 s/d 05). Dimana revolving rektor ini beroperasi secara *batch*. Reaktor yang digunakan ialah 5 reaktor *revolving tank* yang disusun paralel.

Asam sulfat 98 % dari tangki penyimpanan (TP-01) dialirkan dengan gaya gravitasi menuju ke mixer (M-02) diencerkan hingga menjadi asam sulfat 10%. Katalisator asam sulfat 10 % dialirkan dari mixer (M-02) menggunakan pompa (P-02) dialirkan menuju revolving reaktor (RR - 01 s/d 05). Setelah asam sulfat masuk, kemudian revolving reaktor tersebut dikontakan langsung dengan *steam* dengan menaikkan suhunya hingga mencapai 137°C dan tekanan 3,09 atm. Proses reaksi pembentukan furfural ini dilakukan selama 2 jam dimana *steam* dikontakan terus-menerus agar suhunya terjaga. Kemudian setelah 2 jam reaksi selesai maka reaksi selanjutnya yaitu reaksi netralisasi. Yang mana reaksi netralisasi ini menggunakan bahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang disimpan di dalam tangki penyimpanan (TP-02). Yang mana reaksi netralisasi ini dilakukan selama 30 menit yang terjadi pada suhu 70°C.

Kemudian hasilnya dikeluarkan menuju Rotary drum vacuum filter (RDVF-01). Dengan menggunakan pompa (P-04) dialirkan ke Rotary drum vacuum filter (RDVF-01) ke untuk memisahkan antara zat padat atau pengotor dengan produk furfural yang masih mengandung H_2O dan $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$. Dari rotary drum vacuum filter (RDVF-01) ini terdapat 2 (dua) hasil, yaitu slurry sebagai hasil bawah dan liquid yang mengandung furfural yang diinginkan sebagai hasil atas. Hasil bawah filter di alirkan dengan menggunakan pompa (P-05) diteruskan menuju Rotary Dryer (RD-01) untuk memisahkan sebagian zat cair yang dimana hasil padatnya digunakan kembali untuk bahan bakar dan hasil cairannya (yang diuapkan) di daur ulang ke *Revolving Tank* karena masih banyak mengandung pentosan ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$) dan

furfural dialirkan dengan menggunakan blower (BL-01) di *recycle* ke revolving reaktor.

Kemudian hasil atas Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-01) dialirkan dengan menggunakan pompa (P-06) ke alat selanjutnya yaitu Evaporator (EVA-01 dan EVA-02). Dimana digunakan 2 buah evaporator yang di susun secara paralel, yang berfungsi untuk mengurangi kandungan air sebesar 76.947,3495 kg/jam untuk tiap evaporator. Hasil atas Evaporator kemudian digunakan untuk kebutuhan di unit utilitas, sedangkan hasil bawahnya dialirkan menuju Stripping Column (ST-01).

c. Tahap Pemurnian Produk

Hasil bawah Evaporator dialirkan dengan menggunakan pompa (P-09) dialirkan menuju Stripping Column (ST-01). Stripping Column (ST-01) yang berfungsi untuk memisahkan antara furfural ($C_5H_4O_2$) dengan pentosa ($C_5H_{10}O_5$), sehingga didapat hasil atas furfural dengan *grade* teknis 99,5 %. Setelah diembunkan di Condensor (C-03) dan didinginkan pada suhu kamar, furfural dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan (T- 03). Hasil bawah Stripping column diumpankan kembali ke *Revolving* reaktor.

3.2 Spesifikasi Alat Proses

1. Tangki 1 (TP-01)

- Fungsi : Menyimpan bahan asam sulfat H_2SO_4 98% untuk kebutuhan proses selama 15 hari dengan laju kebutuhan 7.753,3693 kg/jam.
- Jenis : Tangki silinder tegak dengan *flat bottomed* dan *conical roof*.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
- Bahan konstruksi: *Stainless Steel SA 182*
- Volume tangki : 240,0374 m³
- Dimensi tangki : Diameter : 8,6289 m
Tinggi : 3,2358 m
- Harga : US \$ 157.566,16

2. Tangki 2 (TP-02)

- Fungsi : Menyimpan bahan baku $Ca(OH)_2$ untuk kebutuhan proses selama 15 hari dengan laju kebutuhan 5.985,0350 kg/jam.

- Jenis : Tangki silinder tegak dengan *flat bottomed* dan *conical roof*.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Volume tangki : 2.614,9764 m³
- Dimensi tangki : Diameter : 20,0652 m
Tinggi : 7,5244 m
- Harga : US \$ 323.719,03

3. Tangki 3 (TP-03)

- Fungsi : Menyimpan hasil produk furfural selama proses selama 15 hari dengan laju yang dihasilkan 7.572,0009 kg/jam.
- Jenis : Tangki silinder tegak dengan *flat bottomed* dan *torispherical dished head*.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
- Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 16 tipe 304*

- Volume tangki : 2.360,8997 m³
- Dimensi tangki : Diameter : 20,6619 m
Tinggi : 7,7482 m
- Harga : US \$ 6.654,70

4. Gudang tongkol jagung (GD-01)

- Fungsi : Menyimpan tongkol jagung untuk kegiatan proses selama 3 bulan sebanyak 34.828.320,3750 kg/bulan.
- Jenis : gudang yang terbuat dari bata yang dilapis semen.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
- Kapasitas : 12.859,6875 m³
- Dimensi : Tinggi = 7 m
Lebar = 30 m
Panjang = 61,2366 m
- Harga : Rp 467.606.874,46

5. Chruser Roll (CR-01)

- Fungsi : Mengecilkan ukuran tongkol jagung menjadi ukuran Serbuk sebesar 0,4092 cm

- Jenis : Double tooth-roll crusher
- Kapasitas : 52.744,0084 kg/jam
- Kondisi operasi : Suhu = 30°C
Tekanan = 1 atm

- Jumlah : 1 buah
- Diameter roll : 18 in
- Lebar permukaan roll : 20 in
- Jarak antar roll : 0,1611 in
- Putaran roll : 150 rpm
- Power motor : 10 HP
- Harga : US \$ 28.443,48

6. *Belt Conveyor* (BC-01)

- Fungsi : Mengangkut serbuk tongkol jagung dari *crusher* roll ke *bucket elevator* dengan laju kebutuhan 52.744,0084 kg/jam.
- Jenis : *Belt conveyor*
- Kapasitas : 52.744,0084 kg/jam.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

- Dimensi : Panjang belt : 12,1900 m
Lebar belt : 0,3556 m (14 in)
Sudut elevasi : 0°
- Kecepatan belt : 200 ft/menit
- Tenaga penggerak : 18 HP
- Harga : US \$ 22.969,45

7. *Bucket Elevator (BE-01)*

- Fungsi : Mengangkut serbuk tongkol jagung dari *belt conveyor* ke *hopper* dengan laju kapasitas 52.744,0084 kg/jam.
- Jenis : *supercapacity continous-Bucket Elevator.*
- Kapasitas : 52.744,0084 kg/jam.
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
- Dimensi : Lebar belt : 0,3048 m
Panjang belt : 10,3124 m
Tinggi bucket : 8 m
Jarak antar bucket: 0,4572 m
- Jumlah bucket : 24 buah

- Kecepatan bucket : 260 ft/menit
- Tenaga penggerak : 181 HP
- Harga : US \$ 62.360,99

8. Hopper (HP-01)

- Fungsi : Menampung sementara serbuk tongkol jagung sebelum diumpankan ke mixer (RM-01) dengan laju aliran massa 52.744,0084 kg/jam.
- Jenis : *Cylindrical vessel conical bottom*
- Kapasitas : 52.744,0084 kg/jam
- Jumlah : 1 buah.
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
- Volume : 4,2016 m³
- Dimensi : Diameter : 1,3 m
Tinggi shell : 2,7036 m
Tinggi bottom : 0,6759 m
Sudut dasar : 45°
- Harga : US \$ 11.592,06

9. *Revolving Mixer 1 (M-01)*

- Fungsi : Mengencerkan tongkol jagung sebanyak 52.744,0084 kg/jam dengan menggunakan air 13186,0021 kg/jam.
- Jenis : revolving mixer (M-01)
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Volume mixer : 22,9851 m³
- Dimensi : Diameter : 1,9416 m
Tinggi : 3,8831 m
- Tebal *shell* : 0,0048 m (3/16 in)
- Tebal *head* : 0,0048 m (3/16 in)
- Jenis *head* : *Torispherical Dished Head*
- Tenaga motor : 1100 HP
- Kecepatan putar : 12,6186 rpm
- Harga : US \$ 53.136,79

10. Mixer 2 (M-02)

- Fungsi : Mengencerkan H_2SO_4 98% menjadi 10%
sebanyak 7.753,3693 kg/jam
- Jenis : Tangki berpengaduk
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
- Bahan konstruksi : *Stainless steel, SA-182, 18 Cr-8 Ni*
- Volume mixer : 8,5908 m³
- Dimensi : Diameter : 2,5413 m
Tinggi : 1,6942 m
- Tebal *shell* : 0,3125 m (5/16 in)
- Tebal *head* : 0,3125 m (5/16 in)
- Jenis *head* : *Torispherical Flange and Dished Head*
- Pengaduk : Jenis : Turbine with 6 blades
Jumlah : 1
Kec. Putar : 87,7646 rpm
Motor : 9 Hp
Tebal *baffle* : 33,3503 in
- Harga : US \$ 4.078,69

11. *Revolving Reactor (RR)*

- Fungsi : Mereaksikan slurry tongkol jagung dengan menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) untuk menghasilkan furfural.
- Jenis : *Revolving reaktor (reaktor yang berputar).*
- Jumlah : 5 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 3,09 atm
Suhu : 137°C
- Bahan konstruksi : *SA-167 grade.3. type-304*
- Volume reaktor : 169,8790 m³
- Dimensi : Diameter : 3,7811 m
Tinggi : 7,5623 m
- Tebal *shell* : 0,0127 m (0,5 in)
- Tebal *head* : 0,0127 m (0,5 in)
- Jenis *head* : *Torispherical Dished Head*
- Tinggi jaket : 4.7304 m
- Tebal jaket : 0,6171 m
- Tenaga motor : 2.057 HP
- Kecepatan putar : 6,3093 rpm
- Harga : US \$ 151.662,80

12. Filter (RDVF-01)

- Fungsi : Memisahkan antara padatan dan cairan dari slurry setelah keluar dari reaktor.
- Jenis : Rotary Drum Vacuum Filter
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 0,1137 atm
Suhu : 60°C
- Volume filter : 4,3857 m³
- Dimensi : Panjang filter : 1,3967 m
Diameter filter : 2 m
Luas permukaan drum : 8,7713 m²
- Tenaga penggerak : 2,658 HP
- Harga : US \$ 183.082,89

13. Rotary Dryer (RD-01)

- Fungsi : memisahkan air, pentosa dan furfural dari padatan dengan cara menguapkannya menggunakan steam.
- Jenis : Rotary Dryer
- Bahan konstruksi : *Nickel Steel*
- Jumlah : 1 buah.

- Jumlah : 2 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 113,3807°C

- Dimensi : Shell

Diameter	: 0,6 m = 23,25 in
Baffle spacing	: 11,6 in
Passes	: 1
Tube	
Diameter luar	: 0,03175 m = 1.25 in
Diameter dalam	: 0,02845 m = 1,12 in
Jumlah tube	: 148
Panjang	: 16 ft
Pitch	: 1 9/16 in, square pitch
Passes	: 4

- Harga : US \$ 257.601,35

15. *Stripping Column* (ST-01)

- Fungsi : Memisahkan pentosan dengan bakal produk furfural.
- Jenis : *plate column*
- Jumlah : 1 buah

- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Umpan : Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 163,8579 °C
- Hasil atas : Tekanan : 1 atm
Suhu : 162,0020 °C
- Hasil bawah : Tekanan : 1,2 atm
Suhu : 171,6475 °C
- Dimensi : Diameter : 2,2868 m
Tinggi : 7,6152 m
- Tebal *shell* : 0,0063 m (0,25 in)
- Tebal *head* : 0,0080 m (0,3126 in)
- Jenis *head* : *torispherical dished head*
- *Residence time* : Seksi absorbing : 31,2187 detik
Seksi stripping : 14,6767 detik
- Harga : US \$ 99.649,77

16. Kondensor (CD-01)

- Fungsi : Mengembunkan hasil atas EV-01 sebanyak 76.947,3500 kg/jam dengan air pendingin masuk pada 30°C.
- Jenis : *Shell & Tube Condenser*

- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 102,8442 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : Hasil atas Evaporator-01
Cold fluid : Air pendingin
- Spesifikasi *shell side*
 - ID : 20 in
 - *Baffle space* : 9,6 in
 - *Pass* : 1
 - *Pressure drop* : 0,2091 psi
- Spesifikasi *tube side*
 - Number (NT) : 612
 - OD : 1,25 in
 - ID : 0,92 in
 - BWG : 16
 - *Pitch* : 1 4/7 in, *square pitch*
 - *Length* : 14 ft
 - *Flow area* : 0,3271 in²
 - *Pass* : 6
 - *Pressure drop* : 0,5011 psi

- Harga : US \$ 49.480,93

17. Kondensor (CD-02)

- Fungsi : Mengembunkan hasil atas EV-02 sebanyak 76.947,3500 kg/jam dengan air pendingin masuk pada 30°C.
- Jenis : *Shell & Tube Condenser*
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 102,8442 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : Hasil atas Evaporator-01
Cold fluid : Air pendingin
- Spesifikasi *shell side*
 - ID : 20 in
 - *Baffle space* : 9,6 in
 - *Pass* : 1
 - *Pressure drop* : 0,2091 psi
- Spesifikasi *tube side*
 - Number (NT) : 612
 - OD : 1,25 in

- ID : 0,92 in
- BWG : 16
- Pitch : 1 4/7 in, *square pitch*
- Length : 14 ft
- Flow area : 0,3271 in²
- Pass : 6
- Pressure drop : 0,5011 psi
- Harga : US \$ 49.480,93

18. Kondensor (CD-03)

- Fungsi : Mengembunkan hasil atas ST-01 sebanyak 7.572,0009 kg/jam dengan air pendingin masuk pada 30°C.
- Jenis : *Shell and Tube Condenser*
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 140 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : Hasil atas ST-01
Cold fluid : Air pendingin

- Spesifikasi *shell side*
 - *Baffle space* : 15,59 in
 - *Pass* : 1
 - *ID* : 15,25 in
 - *Pressure drop* : 0,0623 psi
- Spesifikasi *tube side*
 - *Nt* : 88
 - *OD* : 1,25 in
 - *ID* : 0,92 in
 - *BWG* : 16
 - *Pitch* : 1 4/7 in, square pitch
 - *Panjang* : 12 ft
 - *Flow area* : 0,3271 in
 - *Pass* : 6
 - *Pressure drop* : 3,609 psi
- *Harga* : US \$ 9.982,05

19. Akumulator (ACC-01)

- *Fungsi* : Menampung sementara embunan dari CD-01 sebanyak 76.947,3500 kg/jam selama 5 menit
- *Jenis* : tangki silinder horizontal

- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 99 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Waktu tinggal : 5 menit
- Volume akumulator : 7,702 m³
- Dimensi : Diameter : 1,1573 m
Panjang : 5,9437 m
- Tebal *shell* : 0,25 in (1/4 in)
- Tebal *head* : 0,25 in (1/4 in)
- Jenis *head* : *Elliptical Dished Head*
- Harga : US \$ 3,08

20. Akumulator (ACC-02)

- Fungsi : Menampung sementara embunan dari CD-02 sebanyak 76,947,3500 kg/jam selama 5 menit.
- Jenis : tangki silinder horizontal
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 99 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

- Waktu tinggal : 5 menit
- Volume akumulator : 7,702 m³
- Dimensi : Diameter : 1,1573 m
Panjang : 5,9437 m
- Tebal *shell* : 0,25 in (1/4 in)
- Tebal *head* : 0,25 in (1/4 in)
- Jenis *head* : *Elliptical Dished Head*
- Harga : US \$ 3,08

21. *Decanter* (DC-01)

- Fungsi : Memisahkan furfural dan pentosa pada hasil atas stripper
- Jenis : Tangki silinder horizontal
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Kondisi operasi : Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 140 °C
- Dimensi : Diameter : 4,6145 m
Tinggi : 13,8435 m
Tebal *head* : 1,125 in
Volume : 16,7241 m³

- Tebal : 0,625 in
- Waktu tinggal : 1,20 jam
- Harga : US \$ 27.981,60

22. Reboiler (RB-01)

- Fungsi : Menguapkan sebagian hasil bawah dari ST-01
- Jenis : *Horizontal Thermosyphon Reboiler*
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi : Tekanan : 1,2 atm
Suhu : 171,6475 °C
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : *Steam*
Cold fluid : Hasil bawah ST-01
- Spesifikasi *shell side*
 - a. ID : 21,25 in
 - b. *Baffle space* : 9,6 in
 - c. *Pass* : 1
 - d. *Pressure drop* : 0,2091 psi
- Spesifikasi *tube side*
 - a. Number (NT) : 52
 - b. OD : 1 in

- c. ID : 0,87 in
- d. BWG : 16
- e. Pitch : 1 4/7 in, *square pitch*
- f. Length : 8 ft
- g. Flow area : 0,594 in²
- h. Pass : 6
- i. Pressure drop : 0,2633 psi
- Harga : US \$ 225.401,18

23. Heat Exchanger 1 (HE-01)

- Fungsi : memanaskan larutan induk yang akan masuk stripping column sebanyak 13.864,3238 kg/jam dari suhu 113,3807°C menjadi suhu 163,8579°C sebagai umpan stripper
- Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : *Steam*
Cold fluid : Bahan larutan induk
- Spesifikasi *shell side*
 - ID : 21,25 in

- *Baffle space* : 9,6 in
- *Pass* : 1
- *Pressure drop* : 0,2091 psi

- *Spesifikasi tube side*

- *Number (NT)* : 101
- *OD* : 1 in
- *ID* : 0,87 in
- *BWG* : 16
- *Pitch* : 1 4/7 in, *triangular pitch*
- *Length* : 8 ft
- *Flow area* : 0,594 in²
- *Pass* : 6
- *Pressure drop* : 0,2633 psi
- *Harga* : US \$ 10.840,72

24. *Heat Exchanger 2 (CL-01)*

- *Fungsi* : Mendinginkan furfural yang keluar dari stripper dari suhu 140 °C menjadi 50 °C menuju tangki furfural (TP-03) sebanyak 7.572,0009 kg/jam
- *Jenis* : *Shell and Tube Heat Exchanger*

- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Aliran fluida : *Hot fluid* : Hasil atas ST-01
Cold fluid : Air pendingin
- Spesifikasi *shell side*
 - ID : 15,25 in
 - *Baffle space* : 12,59 in
 - *Pass* : 1
 - *Pressure drop* : 0,0623 psi
- Spesifikasi *tube side*
 - Number (Nt) : 72
 - OD : 1,25 in
 - ID : 0,92 in
 - BWG : 16
 - *Pitch* : 1 4/7 in, *square pitch*
 - *Length* : 12 ft
 - *Flow area* : 0,1271 in²
 - *Pass* : 4
 - *Pressure drop* : 6,809 psi
- Harga : US \$ 10.840,72

25. Blower (BL-01)

- Fungsi : Mengalirkan campuran gas dari Rotary dryer (RD-01) sebanyak 17.589,43 kg/jam menuju reaktor
- Jenis : *Centrifugal blower*
- Jumlah : 1
- Kapasitas : 6.607,2550 m³/jam
- Power motor : 1/8 Hp
- Harga : US \$ 6.225,37

26. Ejector 1 (E-01)

- Fungsi : mengondisikan tekanan pada Rotary drum vacuum filter hingga 283 psf (90,1337 atm)
- Jenis : *Ejector large*
- Jumlah : 1
- Harga : US \$ 3.220,02

27. Pompa 1 (P-01)

- Fungsi : Mengalirkan umpan slurry tongkol jagung sebanyak 65.930,0105 kg/jam dari M-01 ke RR-01-05.

- Jenis : *Rotary gear pump*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Head : 26,3065 ft
- Kapasitas : 103,7614 GPM
- Power pompa : 3,0174 Hp
- Power motor : 4 Hp
- Harga : US \$ 15.992,75

28. Pompa 2 (P-02)

- Fungsi : Mengalirkan katalis asam sulfat 10% sebanyak 7753,3693 kg/jam dari M-02 ke RR-01-05.
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow).*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 Grade C Type 304*
- Head : 45,6453 ft
- Kapasitas : 31,5195 GPM
- Power pompa : 0,6157 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 4.078,69

29. Pompa 3 (P-03)

- Fungsi : Mengalirkan Ca(OH)_2 sebanyak 5.985,0350 kg/jam dari TP-02 ke R-01-05.
- Jenis : *Rotary Gear Pump*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 Grade C Type 304*
- Head : 39,8924 ft
- Kapasitas : 26,4401 GPM
- Power pompa : 0,4154 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 7.835,37

30. Pompa 4 (P-04)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran R-01-05 sebanyak 220.318,6098 kg/jam dari R-01-05 ke RDVF-01.
- Jenis : *Rotary Gear Pump*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Head : 6,2940 ft
- Kapasitas : 719,2266 GPM

- Power pompa : 2,5892 Hp
- Power motor : 3 Hp
- Harga : US \$ 48.944,26

31. Pompa 5 (P-05)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran RDVF-01 sebanyak 52.559,5825 kg/jam menuju RD-01.
- Jenis : *Rotary Gear Pump*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Head : 13,1012 ft
- Kapasitas : 96,6003 GPM
- Power pompa : 1,1980 Hp
- Power motor : 2 Hp
- Harga : US \$ 15.348,75

32. Pompa 6 (P-06)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran RDVF-01 sebanyak 167.759,0273 kg/jam dari RDVF-01 ke EV-01 dan EV-02 yang dsusun secara paralel.
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow).*

- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 9,8451 ft
- Kapasitas : 5.765,6954 GPM
- Power pompa : 22,7686 Hp
- Power motor : 23 Hp
- Harga : US \$ 22.110,78

33. Pompa 7 (P-07)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran dari ACC-01 ke utilitas sebanyak 76.947,3495 kg/jam.
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow).*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 16.4188 ft
- Kapasitas : 343,0242 GPM
- Power pompa : 2,5008 Hp
- Power motor : 3 Hp
- Harga : US \$ 8.801,38

34. Pompa 8 (P-08)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran dari ACC-02 ke utilitas sebanyak 76.947,3495 kg/jam.
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, axial flow)*.
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Head : 16,4188 ft
- Kapasitas : 343,0242 GPM
- Power pompa : 2,5008 Hp
- Power motor : 3 Hp
- Harga : US \$ 8.801,38

35. Pompa 9 (P-09)

- Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran dari EV-01 sebanyak 109.859,9171 kg/jam dari EV-01 ke ST-01.
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow)*.
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- Head : 16,5042 ft
- Kapasitas : 366,4921 GPM
- Power pompa : 4,0951 Hp

- Power motor : 5 Hp
- Harga : US \$ 9.230,72

36. Pompa 10 (P-10)

- Fungsi : Mengalirkan furfural dari *Stripper* (ST-01) menuju tangki furfural (TP-03) sebanyak 7.572,0009 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, radial flow)*.
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 230,0827 ft
- Kapasitas : 28,5865 GPM
- Power pompa : 0,4972 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 3.971,35

37. Pompa 11 (P-11)

- Fungsi : Mengalirkan hasil bawah *Stripper* (ST-01) menuju Revolving reactor (RR-01-05) sebanyak 6.292,3275 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow)*.

- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 26,2889 ft
- Kapasitas : 17,0400 GPM
- Power pompa : 0,2878 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 3.434,68

38. Pompa 12 (P-12)

- Fungsi : Mengalirkan furfural dari tangki furfural (TP-03) menuju mobil tangki sebanyak 7.572,0009 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow).*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 16,4789 ft
- Kapasitas : 28,5685 GPM
- Power pompa : 0,2500 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 7.728,04



39. Pompa 13 (P-13)

- Fungsi : Mengalirkan air dari unit utilitas menuju mixer H₂SO₄ (M-02) sebanyak 6.962,2091 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, axial flow).*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 16,4042 ft
- Kapasitas : 31,0369 GPM
- Power pompa : 0,2595 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 3.971,35

40. Pompa 14 (P-14)

- Fungsi : Mengalirkan air dari unit utilitas menuju Revolving mixer tongkol jagung (M-01) sebanyak 13.186,0021 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal Pumps (single stage, mixed flow).*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
- *Head* : 16,4430 ft
- Kapasitas : 58,7820 GPM

- Power pompa : 0,4922 Hp
- Power motor : 1 Hp
- Harga : US \$ 4.937,36

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada tersedianya bahan baku yang ada di Indonesia khususnya di daerah Jawa Timur. Kebutuhan furfural dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan furfural akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri-industri yang menggunakan furfural sebagai bahan baku pembuatan industri pelumas porsi 82 %.

Untuk memenuhi kebutuhan furfural tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 60.000 ton/tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku untuk pabrik furfural adalah tongkol jagung yang berasal dari hasil perkebunan jagung di daerah Jawa Timur, katalis asam sulfat dibeli dari

PT.Petrokimia Gresik dan Kalsium Hidroksida dibeli dari *Multi Purpose Company* di Surabaya.

2. Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi

Untuk di Indonesia pabrik furfural belum ada, akan tetapi ada beberapa pabrik di dunia yaitu:

Tabel 3.1 Daftar beberapa pabrik furfural di dunia

Negara	Nama Perusahaan	Kapasitas	Material
<i>United State of America</i>	<i>Great Lakes Chemical Corporation</i>	45.000	<i>Baggase, corncobs, rice,dll</i>
<i>Argentina</i>	<i>Indunor S.A.</i>	3.000	<i>Wood after extraction</i>
<i>Dominican Republic</i>	<i>Central Romana Corporation</i>	32.000	<i>Bagasse</i>
<i>Hungary</i>	<i>Pet Nitrogen Works</i>	2.000	<i>Corncoobs</i>
<i>France</i>	<i>Agtriruane S.A</i>	10.000	<i>Corncoobs</i>
<i>Austria</i>	<i>Lenzig Aktiengesellschaft</i>	10.000	<i>Alkaline residue from cellulose boiling</i>
<i>Slovenia</i>	<i>State Owned Complex</i>	1.500	<i>Chesnut wood after extraction</i>

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Peralatan Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
 - Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - Mencari daerah pemasaran.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.
- Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.
- Mesin (peralatan)