

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia saat ini terus mengalami peningkatan khususnya pada industri kimia. Kebutuhan industri kimia di Indonesia sangatlah penting agar dapat memenuhi kebutuhan bahan-bahan di dalam negeri dan memanfaatkan sumber daya alam yang ada, sehingga dapat menciptakan lapangan kerja yang baru serta dapat mendorong perkembangan industri di Indonesia.

Sebagai negara yang mempunyai sumber daya alam yang melimpah, tentu saja tidak dapat dihindarkan dengan adanya limbah industri. Salah satu limbah industri yang masih belum bisa diolah dengan maksimal adalah limbah pertanian, mengingat negara Indonesia merupakan negara agraris. Limbah pertanian yang dimaksud seperti sekam padi, tongkol jagung, ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit dan limbah lainnya yang mengandung serat. Lahan pertanian di Indonesia sangat luas, khususnya di Provinsi Jawa Timur yang merupakan provinsi dengan luas lahan pertanian terbesar di Indonesia seluas 1.091.752 Ha pada tahun 2023 (BPS, 2023). Provinsi Jawa Timur juga menjadi provinsi dengan produksi pertanian terbesar di Indonesia yaitu sebesar 9.591.422.32 ton pada tahun 2023 (BPS, 2023)

Seiring dengan perkembangan industri dengan bahan baku dari furfural, proyek kebutuhan furfural di dalam negeri akan terus meningkat. Contohnya pada industri cat, industri farmasi, industri polimer, dan lain sebagainya. Furfural adalah bahan kimia organik yang dapat digunakan sebagai bahan pembantu ataupun bahan baku utama di industri. Rumus kimia dari furfural adalah $C_5H_4O_2$ dan dikenal sebagai furfuraldehid atau furfural atau furool. Furfural adalah aldehyd fural dengan grup CHO- yang terletak pada posisi kedua. Pada industri minyak bumi dan produksi nilon, furfural biasanya digunakan sebagai pelarut. Furfural juga dapat berfungsi sebagai perantara dalam pembuatan *furfuryl alcohol*, *tetrahydrofuran*, herbisida pada industri farmasi dan dapat diaplikasikan pada wewangian. Furfural digunakan sebagai pensintesis asam akrilat β -(2-furaldehida) adalah senyawa antara dan bahan alternatif untuk tabir surya (Mitarlis dkk., 2011). Furfural juga dapat digunakan sebagai reagen untuk memperkirakan asam empedu di bidang analisis (Gorecka dkk., 2002).

Saat ini industri di Indonesia belum ada yang memproduksi furfural, akan tetapi kebutuhan furfural di Indonesia cukup tinggi. Hal ini yang menyebabkan Indonesia masih

bergantung dengan negara lain. Oleh sebab itu, pendirian pabrik furfural di Indonesia akan banyak memberikan manfaat diantaranya:

1. Kebutuhan furfural dalam negeri terpenuhi.
2. Mengurangi nilai impor furfural dari negara lain.
3. Memanfaatkan limbah pertanian.
4. Membuka lapangan pekerjaan sehingga dapat menyerap tenaga kerja lokal
5. Memberikan peluang ekspansi industri kimia di Indonesia yang membutuhkan furfural.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Pabrik furfural rencana akan didirikan pada tahun 2029. Dalam menentukan kapasitas pabrik, digunakan prediksi kebutuhan hingga 5 tahun ke depan yaitu hingga tahun 2029. Dalam menentukan kapasitas produksi, terdapat beberapa pertimbangan diantaranya sebagai berikut:

1. Proyeksi kebutuhan furfural di Indonesia.
2. Ketersediaan bahan baku.
3. Kapasitas pabrik sejenis yang sudah berdiri.

1.2.1 Proyeksi Kapasitas Rancangan Pabrik

Kebutuhan furfural di Indonesia cenderung mengalami kenaikan pada setiap tahunnya. Kebutuhan furfural di Indonesia pada 9 tahun terakhir dari 2015 – 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Data Impor dan Ekspor furfural tahun 2020 – 2024 (BPS,2025)

Tahun	Impor (Kg/Tahun)	Ekspor (Kg/Tahun)	%P Impor	%P Ekspor
2015	381.360	75	-	-
2016	542.515	65	42,26	-13,33
2017	484.148	5	-10,76	-92,31
2018	525.273	25	8,50	400
2019	666.590	40	26,90	60

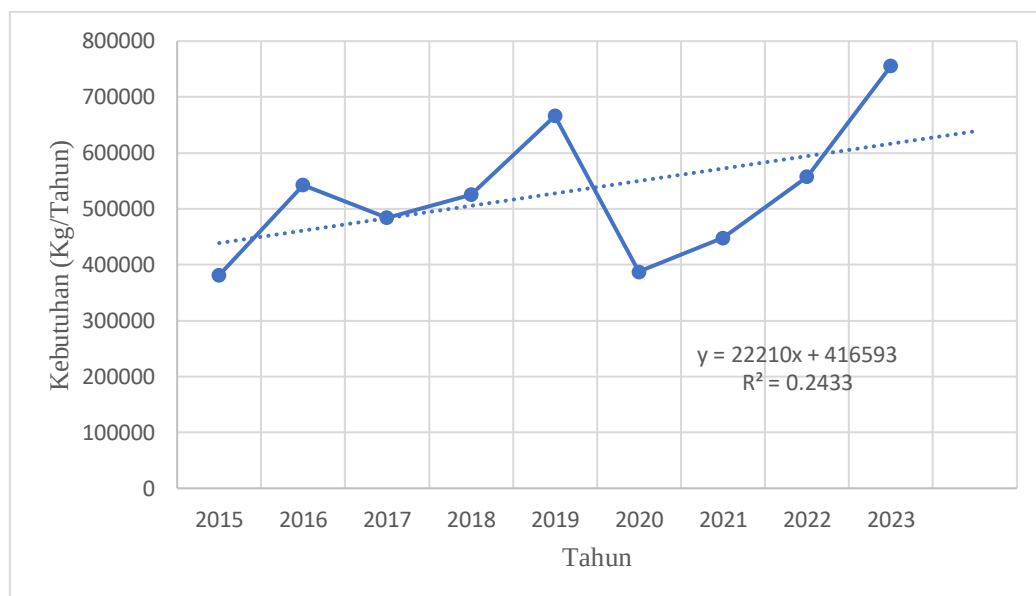
2020	387.578	1	-41,86	-97,5
2021	448.014	1	15,59	0
2022	557.717	50,25	24,49	0
2023	755.602	71	35,48	41,30
%P Total			28,95	-58,42
i			7,24	-14,61

Dari data pada Tabel didapat persamaan regresi linier: $y = mx + c$. persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Keterangan: y = Jumlah kebutuhan furfural dalam ton/tahun

x = Tahun ke – n

m dan c = dapat dilihat pada grafik



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Furfural di Indonesia Tahun 2015 – 2024 (BPS, 2024)

Berdasarkan gambar 1.1 didapatkan nilai R^2 pada data kebutuhan furfural sebesar $< 0,9$. Maka dari itu metode regresi linier tidak dapat digunakan untuk menghitung prediksi kapasitas dari pabrik yang akan didirikan. Sehingga metode yang tepat digunakan untuk memprediksi data pembangunan pabrik furfural di tahun 2029 adalah metode discounted.

Perhitungan kapasitas pabrik furfural dihitung dengan metode discounted yaitu:

$$m = P (1 + i)^n$$

Keterangan:

m = jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan

P = Jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i = rata – rata pertumbuhan pertahun

n = selisih tahun

Perhitungan kapasitas produksi pabrik furfural sebagai berikut:

1. Perhitungan Perkiraan nilai impor Tahun 2029 (m_1)

Perkiraan impor pada tahun 2029 dianggap 0 karena nilai impor sudah terpenuhi oleh pendirian pabrik baru

$$m_1 = 0$$

2. Perhitungan Pabrik Lama (m_2)

Sampai saat ini pabrik furfural belum ada yang berdiri di Indonesia, sehingga pabrik lama dianggap 0.

$$m_2 = 0$$

3. Perhitungan Pabrik Baru (m_3)

$$m_3 = ?$$

4. Perhitungan Nilai Ekspor pada Tahun 2029 (m_4)

$$m_4 = P (1 + i)^n$$

$$m_4 = 71 \times (1 - 37,27\%)^{(2029 - 2024)}$$

$$m_4 = 346,037 \text{ ton/tahun}$$

5. Perhitungan Konsumsi Dalam Negeri (m_5)

$$m_5 = P (1 + i)^n$$

$$m_5 = 755.602 \times (1 + 12,575\%)^{(2029 - 2024)}$$

$$m_5 = 1.366.176,378 \text{ ton/tahun}$$

setelah didapatkan nilai dari m_1 , m_2 , m_3 , m_4 dan m_5 , penentuan kapasitas dapat dihitung menggunakan neraca massa peluang kapasitas dengan rumus sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (346,037 + 1.366.176,378) - (0)$$

$$m_3 = 1.366.522,414 \text{ kg/tahun}$$

$$m_3 = 1.366,522 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan peluang kapasitas pabrik furfural di Indonesia didapatkan kapasitas sebesar 1.366,522 ton/tahun. Dikarenakan pabrik furfural belum ada di Indonesia saat ini maka dari itu perhitungan kapasitas dikalikan dengan 1,5 sehingga didapatkan kapasitas pabrik sebesar 2.200 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku adalah hal yang sangat penting untuk keberlangsungan operasi pabrik. Maka dari itu, ketersediaan serta pengadaan harus benar-benar diperhatikan. Bahan baku utama dalam pembuatan furfural adalah sekam padi dan asam asetat sebagai katalisnya. Indonesia merupakan negara yang sangat kaya akan pertanian terutama pertanian padi. Berikut terdapat Tabel 1.2 data produksi padi berdasarkan wilayah pulau di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 1.2 Produksi Padi Menurut Wilayah Pulau Tahun 2024 (BPS, 2024)

No.	Wilayah	Ton/Tahun
1.	Sumatera	101.910.637,6
2.	Jawa	283.436.830,7
3.	Kalimantan	6.695.802,63
4.	Sulawesi	40.004.336,65
5.	Papua dan Maluku	1.336.938,367
Jumlah		433.384.545,9

Perbandingan antara beras dan sekam padi pada gabah kering sekitar 5 : 1. Jadi pada 1 ton gabah kering, akan menghasilkan sekam padi sebesar 200 kg. Kebutuhan bahan baku sekam padi dengan kapasitas pabrik sebesar 2.000 ton/tahun, diperkirakan sebesar 43.824 ton per tahun sekam padi.

1.2.3 Kapasitas Komersial Pabrik yang Sudah Berdiri

Kapasitas komersial pabrik furfural yang sudah berdiri dapat dilihat dari data rata-rata produksi furfural yang sudah beroperasi. Kapasitas maksimal produksi furfural pada pabrik yang sudah beroperasi yaitu 50.000 ton/tahun, sedangkan kapasitas minimal produksi furfural yakni 200 ton/tahun. Berikut data dari beberapa pabrik furfural yang sudah beroperasi dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut:

Tabel 1.3 Data Kapasitas Pabrik Furfural di Dunia (United National Data, 2023)

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Proses	Bahan baku
Argentina	Indunor S.A.	3.000	-	Ekstrak kayu
Brazil	Agroquimica Rafard S.A.	4.600	-	Baggase
Rep. Dominika	Central Romana Co.	32.000	Quaker Oats	Baggase
Mexico	Furfuraly Denvados	1.800	-	Tongkol jagung
Amerika Serikat	Great Lakes Chemical Co.	45.000	Quaker Oats	Tongkol jagung, Baggase, Sekam Padi
Austria	Lenzig Aktiengelldhaft	10.000	Agrifurance	Residu alkali dari pemanasan selulosa
Prancis	Agrifurnaace S.A.	10.000	Agrifurance	Tongkol jagung
Spanyol	Furfural Espanol S.A.	4.500	-	Almond
Hungaria	Pet Nitrogen Works	2.000	Escher Wyss	Tongkol jagung
Polandia	Pofimex Cekop	5.000	Rosenlaw	-
Slovenia	State Owned Complex	1.500	-	Ekstraksi kayu chestnut
Kenya	Kenya Furfural Etd	5.000	Escher Wyss	Tongkol jagung
Afrika Selatan	Smitchem Ltd	17.000	Rosenlaw	Baggase
India	Southern Agrifurance	6.000	Agrifurance	Baggase, tongkol
	Arcoy Biorefinery Private	11.000	Supra Yield	

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Proses	Bahan baku
				jagung, sekam padi
China	-	50.000	-	Tongkol jagung
Turki	Cukorowo	2.000	-	-
Italia	Capurro SARL	3.000	-	Sekam padi
	ICL SpA	6.000	-	
	Societa Italiana	2.000	-	
	Furfuralo SpA			
Australia	Proserpine Sugar Mill	5.000	Supra Yield	Baggase

Pabrik urfural masih belum ada di Indonesia, maka dari itu kapasitas permintaan furfural di Indonesia harus diperhatikan dahulu. Kapasitas pabrik yang akan berdiri adalah 2.200 ton/tahun berdasarkan kebutuhan data, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas ekonomi minimal furfural. Sehingga pada saat pabrik dibuka pada tahun 2029, dapat memenuhi kebutuhan 100% furfural dalam negeri. Data konsumen furfural di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.4 sebagai berikut:

Tabel 1.4 Konsumen Furfural di Indonesia

Nama Perusahaan	Jenis Produksi	Lokasi Pabrik
PT. Pertamina	Pengolahan Gas dan Minyak Bumi	Cilacap, Indramayu dan Tuban
PT. Karet Deli	Ban	Medan
PT. Kitaschen Ekasedjati	Zat Perekat	Jakarta
PT. Indagro INC	Herbisida	Bogor
PT. Paint Manufacture Pasific	Cat dan Tinta	Jakarta
PT. Avian	Cat dan Tinta	Sidoarjo
PT. Arianto Darmawan	Lubricating Oil	Jakarta
PT. Nusaraya Putra Mandiri	Pengolahan Minyak Pelumas	Cilegon
PT. Pasific paint	Cat dan Tinta	Jakarta Utara
Mustika Makmur	Pengolahan Minyak Diesel	Tangerang

Petroleum Industri

Nama Perusahaan			Jenis Produksi	Lokasi Pabrik
PT.	Wiraswasta	Gemilang	Pengolahan oli bekas	Bekasi
Indonesia				

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pada suatu industri akan berpengaruh terhadap resiko dan total laba perusahaan, dikarenakan lokasi sangat berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan baik dalam jangka waktu yang pendek maupun jangka waktu panjang. Pemilihan lokasi harus efektif, yang artinya memilih lokasi harus dengan resiko positif paling banyak dan resiko negatifnya seminimal mungkin. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir adanya biaya-biaya yang berpotensi muncul pada kemudian hari. Oleh sebab itu, perencanaan untuk menentukan letak atau lokasi suatu pabrik sangatlah amat penting. Sehingga harus dilakukan studi kelayakan terlebih dahulu atas dasar pertimbangan-pertimbangan, baik secara ekonomis maupun teknis.

Faktor utama dalam penentuan lokasi pabrik adalah keberadaan bahan baku. Untuk merancang suatu pabrik, pemilihan lokasi akan berpengaruh terhadap keberlangsungan pabrik, mulai dari pengoperasian pabrik hingga keberjalann pabrik. Terdapat faktor pertimbangan diantaranya ketersediaan bahan baku, letak pasar, transportasi, kebutuhan supplier, utilitas/air, dan lain-lain.

Data produksi padi berdasarkan wilayah pulau di Indonesia pada tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.5 Produksi Padi Menurut Wilayah Pulau Tahun 2024 (BPS, 2024)

No.	Wilayah	Ton/Tahun
1.	Sumatera	101.910.637,6
2.	Jawa	283.436.830,7
3.	Kalimantan	6.695.802,63
4.	Sulawesi	40.004.336,65
5.	Papua dan Maluku	1.336.938,367
Jumlah		433.384.545,9

Berat sekam padai sebesar 20% dari berat gabah kering, untuk mengetahui kebutuhan padi disetiap pulaunya, dapat dihitung besarnya produksi padi agar mendapatkan sekam padi, seperti contohnya perhitungan dibawah ini:

Sumatera: $\frac{101.910.637,6}{1000} = \frac{x}{200} = 20.382.127,53$

Luas lahan menurut wilayah pulaunya di Indonesia pada tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.6 sebagai berikut:

Tabel 1.6 Luas Lahan Menurut Wilayah Pulau Tahun 2024 (BPS, 2024)

No.	Wilayah	Luas lahan (Ha)
1.	Sumatera	2.175.764,59
2.	Jawa	5.906.902,94
3.	Kalimantan	376.634,19
4.	Sulawesi	1.429.185,69
5.	Papua dan Maluku	85.155,31

Dari data diatas didapatkan data perbandingan antara bahan baku dan luas wilayah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.7 berikut:

Tabel 1.7 Perbandingan Perhitungan Bahan Baku dan Luas Wilayah (BPS,2024)

No.	wilayah	Indikator			Luas Wilayah (Ha)
		Bahan Baku	Lokasi Pasar	Transportasi	
1.	Jawa	56.687.366,13	Mojokerto, Jawa Timur	Kawasan dekat dengan transportasi darat, laut maupun udara. Dekat dengan pabrik cat dan tinta	5.450 Ha
2.	Sumatera	20.382.127,53	Lampung Tengah, Lampung	Tersedia pengangkutan dari	5.084 Ha

				darat, laut dan Udara	
				Distribusi produk masih tergolong sulit meskipun dapat melalui darat dan laut.	
3.	Kalimantan	1.339.160,52	-		-
4.	Sulawesi	8.000.867,33	Kawasan Industri Makasar	Transportasi dari semua sektor sangat mendukung	30 Ha
5.	Papua dan Maluku	267.387,67	Kawasan Halmahera	Transportasi pendukung kurang dan mahal.	-

Setelah mendapatkan data diatas, akan dilakukan pertimbangan faktor yang dapat mempengaruhi penentuan lokasi pabrik tersebut, maka pabrik akan didirikan di *Ngoro Industrial Park* (NIP), Mojokerto, Jawa Timur dengan beberapa faktor pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan komponen paling penting pada suatu proses industri. Pemilihan lokasi pabrik dipilih karena lokasi tersebut sangat dekat dengan sumber bahan baku yang dibutuhkan yaitu sekam padi, yang mana ini dapat mengurangi biaya transportasi. Bahan baku pembuatan furfural berasal dari sekam padi dan katalis asam asetat. Provinsi Jawa Timur merupakan penghasil produksi padi terbesar di Indonesia yang mencapai 283.436.830,7 Ton pada tahun 2023, sehingga dapat memenuhi kebutuhan sekam padi sebagai bahan baku perancangan pabrik furfural. Untuk bahan tambahan asam sulfat diambil dari PT Petrokimia Gresik dengan Kadar 99%. Berdasarkan jumlah bahan baku furfural termasuk weigh loss dimana pabrik yang akan didirikan diharuskan dekat dengan lokasi bahan baku. Keuntungan pendirian pabrik yang lokasinya dekat dengan sumber bahan baku yaitu bahan baku dapat disimpan dengan kualitas yang baik serta dapat mengurangi resiko kerusakan pada bahan baku.

2. Letak Pasar

Produksi pabrik furfural digunakan agar kebutuhan furfural dalam negeri terpenuhi. Kebutuhan furfural dalam negeri akan di distribusikan ke PT. Pertamina, PT. Avian, PT. Indagro INC, PT. Paint Manufacture Pasific, PT. Kitachem Ekasedjati, dan PT Karet Deli.

3. Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan juga dalam penrencanaan pendirian pabrik baru, baik sebagai pengiriman bahan baku juga untuk distribusi produk yang dihasilkan. Transportasi darat sudah terpenuhi dengan memanfaatkan jalan Raya Daendles atau Jalan Nasional Pantai Utara.

4. Kebutuhan Energi

Sumber energi yang dibutuhkan pada pabrik yaitu energi listrik yang terbagi menjadi dua, yaitu secara eksternal dan secara internal. Secara eksternal biasanya energi di supply dari PT. PLN, sedangkan secara internal biasanya pabrik memiliki generator pembangkit listrik guna mendukung kelancaran penyediaan tenaga listrik dan keberlangsungan proses produksi. Pengadaan energi listrik tambahan ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya keadaan darurat yang terjadi. Bahan bakar generator pembangkit listrik berupa *fuel oil* yang didapat dari PT. Pertamina (persero) dan boiler menggunakan arang briket yang didapat dari unit pengolahan limbah.

5. Utilitas/Air

Air menjadi bagian yang sangat penting pada suatu industri terutama pada industri kimia. Air digunakan sebagai air proses, steam, media pendingin, sanitasi, dan pencegahan bahaya kebakaran. Pada saat pabrik beroperasi kebutuhan air tergolong cukup banyak, oleh sebab itu untuk memenuhi kebutuhan air tersebut dapat diambil dari aliran sungai Bengawan Solo, yang letaknya tidak jauh dari lokasi pabrik. Maka penyediaan air tidak akan mengalami kesulitan.

6. Kebutuhan Tenaga Kerja

Perekrutan tenaga kerja dapat didapatkan dengan mudah khususnya untuk warga sekitar dan masyarakat sekitar yang mengutamakan kompetensi sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan keputusan Gubernur Jawa Timur Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur khususnya kabupaten Mojokerto pada tahun 2024 sebesar Rp 4.624.787.

7. Iklim dan Cuaca

Iklim tropis sangat cocok untuk kegiatan industri. Di Mojokerto iklim dan cuaca cukup baik khususnya di bagian Kawasan *Ngoro Industrial Park* (NIP), Mojokerto, Jawa Timur. Di Kabupaten Mojokerto jarang terjadi bencana alam seperti badai angin, banjir dan gempa bumi.

1.4 Tinjauan Proses

Setiap perencanaan kegiatan produksi, pastinya sangat membutuhkan pemilihan proses yang akan digunakan. Sebelum pemilihan proses, alangkah baiknya dilakukan pengkajian dari berbagai sudut terlebih dahulu. Tujuan dari mengkaji dan memilih proses tersebut yaitu untuk menentukan proses yang menggunakan energi serta cost yang rendah, akan tetapi dapat menghasilkan konversi yang tinggi. Sehingga dapat memilih proses yang paling efektif dan tercapainya visi dan misinya.

1.4.1 Macam – macam Proses

Pada dasarnya furfural ($C_5H_4O_2$) merupakan cairan organik yang dapat diproduksi dengan bahan baku dari limbah biomassa pertanian yang mengandung senyawa pentosan. Salah satu limbah biomassa yang mengandung senyawa pentosan adalah sekam padi. Berikut terdapat beberapa proses pembuatan furfural yang dikemukakan oleh Mc Ketta, (1976), yaitu:

a. Proses *Quaker Oats*

Proses pembuatan furfural dengan proses *Quaker Oats* dibantu adanya katalis asam, yaitu asam sulfat. Larutan asam tersebut diserap ke dalam sekam padi, sehingga diperlukan reaktor yang berbahan dasar dari baja dengan sifat yang tahan asam dan mampu menahan steam yang bertekanan tinggi. kemudian uap yang dihasilkan akan dilewatkan stripping untuk memisahkan bagian yang kaya akan furfural di bagian atasnya. Bagian atas yang kaya akan furfural kemudian dipisahkan lagi berdasarkan fasanya, yaitu fasa berat dan fasa ringan. Pada proses ini, hasil samping yang dihasilkan cenderung sedikit. Dalam hal ini, digunakan spherical digester dengan putaran horisntal dan high pressure steam untuk mendapatkan suhu $153^{\circ}C$ dan tekanan 4,06 atm. Setelah suhu dan tekanan tercapai, valve uap dibuka kemudian didestilasi. Uap dilewatkan dari boiler, sedangkan cairan yang mengandung furfural masuk pada stripping coloumn. Pada stripping coloumn, cairan tersebut dikondensasi dan dipisahkan menjadi dua lapisan. Pada proses *Quaker Oats* untuk menghasilkan furfural 10 kg membutuhkan bahan 100 kg, waktu penguapan 6 – 8 jam, steam 260 kg dan asam sulfat sebanyak 2 kg (Mc Ketta, 1976).

Kelemahan penggunaan Proses *Quaker Oats* yaitu:

- Waktu tinggal yang dibutuhkan cukup lama karena suhu yang rendah.
- Kebutuhan asam sulfat dapat mempengaruhi rendahnya suhu pada saat operasi.
- Banyak produk yang akan terbuang apabila proses kondensasi tidak dalam kondisi yang baik.

- Kemurnian dan konversi yang rendah.
- Membutuhkan desain reaktor yang rumit.
- Menghasilkan residu berupa asam.

b. Proses *Rosenlaw*

Pada proses *Rosenlaw*, bahan baku disupplay ke dalam reaktor dengan tekanan sebesar 11 – 12 bar. Reaksi dalam reaktor membutuhkan waktu 120 menit untuk selesai. Superheated steam pada tekanan 11 bar diumpankan ke bawah dan akan mengalir ke atas supaya bereaksi dengan bahan baku, diikuti dengan distilasi untuk memulihkan senyawa volatil/mudah menguap. Dengan injeksi uap dibagian bawh dan beban pengepakan acak yang menekan bahan baku, reaktor *Rosenlaw* berfungsi sebagai kolom pemisah energi (Zeitsc, 2000). Teknik ini biasa dikenal dengan autokatalisis atau katalis bawaan karena menggunakan katalis yang didapat dari bahan baku, katalis tersebut berupa asama asetat, asam formiat, dan asam karboksilat.

Kelemahan yang dimiliki proses *Rosenlaw* yaitu:

- Mempunyai waktu tinggal yang lama.
- Proses yang rumit.
- Kemurnian yang dihasilkan tidak maksimal.

c. Proses *Escher Wyss*

Pada saat masuk reaktor, bahan baku diaerasi terlebih dahulu dengan mengontakkan steam pada suhu 145°C - 170°C, tekanan 3 – 4 bar dan dicampur dengan katalis asam asetat. Setelah melewati feeder rotary, bahan baku turun melalui pipa tengah dan disemprot dengan asam sulfat 3% sebagai katalis pada proses kelembapan feed. Suhu untuk beroperasi sebesar 170°C dengan waktu tinggal rata-rata sebesar 3 jam (Zeitcsh, 2000).

Produk yang berisi furfural dan asam asetat meninggalkan bagian atas reaktor dalam fasa uap bersama kelebihan steam dan melewati kondensor. Selanjutnya uap dikondensai, kondensat didinginkan melewati sistem WHB. Kondensat diaerasi, disaring dan dikumpulkan dalam intermediate storage tank.

Kelemahan yang dimiliki proses *Escher Wyss* yaitu:

- Kemurnian produk yang dihasilkan rendah.
- Mengakibatkan kosori karena terjadi penyemprotan asam pada saat reaksi.
- Dapat mengakibatkan abrasi karena sensitivitas yang tinggi dari Rotary Feeder.

- Reaktor Wyss sangat sensitif dan memungkinkan akan mempengaruhi peralatan yang lain.

d. Proses *Supra Yield*

Proses *Supra Yield* dikemukakan oleh Arnold & Buzzard (2003), yang bertujuan untuk mengatasi masalah pada beberapa hal, yaitu penghematan energi, pemurnian produk, penurunan yield reaksi, pengeluaran produk furfural menggunakan steam. Pengeluaran hidrolisat (furfural dalam air) pada fase uap dapat menghindari operasi filtrasi untuk pemisahan dari ampas padat sisa pemasakan dan menghindari degradasi furfural.

Semua proses pada pembuatan furfural di dunia mengeluarkan produk furfural dengan menggunakan steam. Akan tetapi pada proses *Supra Yield* pengeluaran produk tidak dibarengi dengan produk samping. Dalam proses *Supra Yield* menggunakan tekanan sebesar 18 atm, memiliki waktu tinggal selama 1 jam, serta menggunakan katalis berupa asam sulfat sebagai katalis sebanyak 3% dari massa reaktor.

1.4.2 Pemilihan Proses

Dari empat proses yang sudah dijelaskan diatas, dapat dilihat perbandingan macam-macam proses pembuatan furfural pada Tabel 1.8 sebagai berikut:

Tabel 1.8 Perbandingan Macam-macam Proses Produksi Furfural (Arnold & Buzzard, 2003)

Keterangan	Proses produksi furfural			
	<i>Quaker Oats</i>	<i>Rosenlaw</i>	<i>Escher Wyss</i>	<i>Supra Yield</i>
Bahan baku	Sekam Padi, Ampas Tebu, Tongkol Jagung	Ampas Tebu	Selulosa, Ampas Tebu, Tongkol Jagung	Sekam Padi, Ampas Tebu, Tandan Kosong Kelapa Sawit
Suhu (°C)	153	184	170	206
Tekanan (bar)	5	10	3 – 4	15 – 30
Waktu tinggal (jam)	6 – 8	2	3 – 5	1
Konversi (%)	73	75	73	80

Konsumsi steam (ton)	38	30	30	10
Kapasitas pabrik yang sudah ada (ton)	1.500 – 45.000	5.000 – 17.000	-	5.000 – 11.000

Dari uraian macam-macam proses produksi furfural diatas, maka dipilihlah proses *Supra Yield* dengan pertimbangan:

- Konversi furfural dari pentosan cukup tinggi.
- Tidak memiliki produk samping.
- Konsumsi steam yang lebih rendah dibandingkan proses lain.
- Dapat menghemat energi lebih besar.
- Presentase kehilangan produk sangat kecil.
- Waktu tinggal cepat.

1.4.3 Kegunaan Produk

Furfural adalah senyawa kimi organik sebagai hasil dari pentosan yang diproses dengan reaksi hidrolisis dan reaksi dehidrasi dengan bantuan katalis asam (Wijanarko dkk., 2012). Kegunaan furfural dalam dunia industri sangat luas. Furfural dapat digunakan sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu di industri, diantaranya:

- Pelarut pada industri minyak bumi.
- Pertanian: Herbisida, Fungisida, Insektisida, Desinfektan, Pengawet.
- Plastik, Resin, Serat Sintetik: Nylon, Polimer Furanol, Polimer Furyacrylic Acid, Fenol Furfural Resin.
- Farmasi: Nitrofurantoin, Furamono, Peristone.
- Cat dan Pernis.