

# PRARANCANGAN PABRIK *HIGH FRUCTOSE SYRUP* (HFS) DARI KURMA DENGAN PROSES FERMENTASI SELEKTIF KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN

Muhammad Fuad Refki\*<sup>1</sup>, Aulia Noor Ikhsan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas  
Lambung Mangkurat Jln A. Yani KM 35, Kampus ULM  
Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: fuadrefki9964@gmail.com

## ABSTRAK

Fruktosa merupakan pemanis alami yang 30% lebih manis dibandingkan dengan sukrosa dan 80% lebih manis dibandingkan dengan glukosa. Berdasarkan data impor ekspor fruktosa Indonesia dari tahun 2015-2019 dapat ditentukan peluang kapasitas pabrik fruktosa pada tahun 2026 yaitu sebesar 19000 ton/tahun dengan bahan baku kurma low grade dan berlokasi di Kawasan Industri Gresik. Proses pembuatan fruktosa dengan proses fermentasi dibagi menjadi tiga tahap. Pertama tahap persiapan bahan baku, kurma yang telah dibersihkan dan dikeringkan yang kemudian diekstrak kandungan gulanya, kemudian ekstrak guladifilter dan disterilisasi. Hasil sterilisasi direaksikan dalam reaktor fermentor batch pada kondisi suhu 30°C, tekanan 1 atm, pengadukan konstan 120 rpm dan waktu tinggal 98 jam. Hasil yang diperoleh dari proses fermentasi adalah larutan campuran etanol-air dan fruktosa. Selanjutnya larutan campuran etanol-air dan fruktosa dialirkan dengan menggunakan pompa menuju vaporizer untuk memisahkan campuran tersebut. Bahan yang teruapkan berupa etanol-air akan keluar lewat atas sementara fruktosa akan keluar lewat bawah. Etanol kemudian dimurnikan didalam menara distilasi. Kebutuhan utilitas diambil dari sungai Bengawan Solo sebanyak 1843517,1109 kg/jam. Untuk kebutuhan listrik pada operasional pabrik yang digunakan yaitu sebesar 6035,1768 kW/jam disuplai dari Pembangkit Listrik Gresik. Untuk mengantisipasi adanya pemadaman, maka dipersiapkan 4 buah generator dengan power 1500 kW. Nilai Return on Investment (ROI) pada pabrik ini sesudah pajak yaitu 15,83 %, Nilai Pay Out Time (POT) untuk sesudah pajak yaitu 4,04 tahun, dengan nilai persentase Break Event Point (BEP) sebesar 42,75%, sedangkan Shut Down Point (SDP) sebesar 23,32%. Dengan nilai yang diperoleh dari data diatas layak dikaji ulang dan dipertimbangkan untuk ke tahap perancangan, pendirian dan pembangunan.

**Kata Kunci:** batch, fermentasi selektif, fruktosa, kurma

### 1. Pendahuluan

Fruktosa ialah jenis karbohidrat yang memiliki kadar kemanisan yang tinggi dibanding karbohidrat yang lain hingga 180% sehingga sering digunakan sebagai pemanis pada aneka jenis produk makanan, minuman ataupun farmasi. Fruktosa sangat baik dalam memberi rasa manis dan juga memberikan manfaat yang lebih dikarenakan memiliki resiko kesehatan yang lebih rendah. Pada kebutuhan dan pemasarannya fruktosa sangat baik dikarenakan dapat mengikuti perkembangan harga. Selain itu pada program pemerintah yang meningkatkan kebutuhan pangan di Indonesia, fruktosa akan berpengaruh besar terhadap perkembangan kebutuhan gula. (Morales-Sánchez dkk., 2013)

Penentuan kapasitas pabrik *high fructose syrup* (HFS) yang dirancang, terlebih dahulu mengetahui dengan jelas kapasitas

pabrik yang sudah beroperasi. Agar dapat mengetahui kebutuhan masyarakat, sehingga dapat memperkirakan jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang beberapa tahun kedepan. Kemudian juga beberapa faktor mendasar yang harus diketahui. Berdasarkan data badan pusat statistik impor Fruktosa sejak tahun 2015 sampai 2019 dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1** Data Impor Fruktosa (bps.go.id)

Tahun	Jumlah (Ton)	% Pertumbuhan
2015	13.817,79	0
2016	19.289,98	39,6024
2017	31.486,29	63,2261
2018	39.172,25	24,4104
2019	41.579,21	6,1445
Rata-Rata		26,6767



Berdasarkan data tersebut kebutuhan fruktosa di Indonesia setiap tahun selalu meningkat, sehingga dengan perhitungan metode regresi linier maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan fruktosa pada tahun 2026 dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$y = a.x - b$$

Keterangan:

y = Jumlah Kebutuhan Fruktosa (ton/tahun)

P = Selisih indeks tahun (tahun ke-)

Hasil perhitungan regresi linier diperoleh peluang kapasitas produksi kalsium klorida di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 19.000 ton/tahun.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-Jenis Proses

Dari beberapa proses yang dapat digunakan, maka dapat disimpulkan perbedaan masing-masing proses yang disediakan pada **Tabel 2.1** berikut:

**Tabel 2.1** Pemilihan Proses Pembuatan *High Fructosesyrup* (HFS)

Parameter	Proses	
	Liquid Membran	Fermentasi Selektif
Suhu	30-40° C	30° C
Tekanan	1 atm	1 atm
Waktu	-	24-96 jam
pH	7,0-7,4	4,2-4,9
Konversi	50%	95,4-99%

Dari tinjauan proses pembuatan fruktosa di atas maka dapat disimpulkan bahwa proses yang dipilih adalah pembuatan fruktosa dengan proses fermentasi selektif, faktor pertimbangan:

1. Konversi fruktosa yang didapat cukup tinggi yaitu berkisar antara 95,4-99%
2. Produk dari proses fermentasi merupakan fruktosa dan etanol yang mudah dipisahkan dan tidak membutuhkan biaya yang besar.
3. Produk samping yang dihasilkan adalah etanol, etanol dapat dikomersilkan kembali
4. Kondisi operasi yang tidak jauh berbeda dari kondisi kamar yang tidak terlalu beresiko dari segi keamanan dan memberi banyak *cost*.

### 2.1 Proses Fermentasi Selektif Pembuatan Fruktosa

Proses fermentasi dalam pembuatan fruktosa dibagi menjadi tiga tahap proses, sebagai berikut.

#### 1. Tahapan Persiapan Bahan Baku

Kurma yang disimpan di gudang penyimpanan (F- 110) dialirkan menuju *pitting machine* (PM-112) untuk dipisahkan biji buahnya. Setelah biji kurma dipisahkan, kurma diperkecil ukurannya dengan dialirkan menuju *cutting machine* (CM-114). Kemudian kurma diekstrak untuk memperoleh kandungan gulanya dengan menggunakan air deionisasi pada kondisi 40°C selama 2 jam menggunakan *mixer* (M-120). Perbandingan antarkurma dan air deionisasi adalah 2:5. Ekstrak gula dari kurma difilter pada *filter press* (H-142) untuk menghilangkan fiber lalu disterilisasi (Q-130) pada 121°C selama 15 menit. Ekstrak gula yang telah disterilisasi kemudian didinginkan pada *cooler* I (E- 132) hingga mencapai suhu 30°C. Kemudian larutan *broth* yang dibuat terlebih dahulu pada *mixer* (M-140) lalu alirkan menuju steriliser (Q- 150) untuk disterilisasi selama 15 menit dengan suhu 121°C sebelum dialirkan menuju *seeding tank* (F-160) dan dikulturkan *yeast* ATCC 36858 untuk tempat pengembangbiakan dari *saccharomyces cerevisiae*.

#### 2. Tahapan Proses Reaksi

Reaksi yang digunakan adalah reaksi fermentasi menggunakan reaktor dengan tangki berpengaduk secara *batch* (R-210). Reaktor dijalankan dengan kondisi suhu 30°C, tekanan 1 atm, pengadukan konstan 120 rpm serta waktu tinggal 96 jam. Proses fermentasi berlangsung selama 96 jam dengan kondisi anaerob pada reaktor fermentor dengan kondisi operasi suhu 30°C tekanan 1 atm dengan *range* pH 4,2 – 4,9 dan konversi 95,4-99,9%. Jacket pendingin digunakan untuk mempertahankan kondisi operasi karena reaksi fermentasi merupakan reaksi eksotermis. Hasil yang diperoleh dari proses fermentasi adalah larutan campuran etanol-air dan fruktosa. Campuran dari etanol-air dan fruktosa kemudian di *centrifuge* (H-212) untuk memisahkan larutan campuran fruktosa dan etanol-air dari sisa padatan yang masih tertinggal. Hasil larutan campuran etanol-air dan fruktosa dikeluarkan menggunakan pompa menuju *vaporizer* (V-220).

#### 3. Tahapan Pemurniaan Hasil

Proses pemurnian dimulai dari larutan campuran etanol-air dan fruktosa dialirkan menuju *vaporizer* (V-220) menggunakan



pompa (L-215) untuk memisahkan campuran tersebut. Bahan etanol-air akan teruapkan dan keluar lewat atas sementara fruktosa akan keluar lewat bawah. Etanol hasil atas selanjutnya dimurnikan didalam menara distilasi (D-350). Hasil atas menara distilasi adalah larutan etanol yang akan dikondensasikan di kondensor (E-352) untuk selanjutnya dipompakan menuju tangki penampungan (F-360). Sedangkan hasil bawah adalah air yang akan diteruskan ke unit pengolahan limbah. Fruktosa hasil keluaran dari bawah *vaporizer* (V-220) kemudian dimasukkan kedalam *bleaching tank* (M-320) untuk didekolorisasi dengan menggunakan karbon aktif. Setelah didekolorisasi dialirkan menuju *centrifuge* (H-322) untuk memisahkan dari karbon aktif yang sudah digunakan untuk diolah di pembuangan limbah. Fruktosa yang masih ada kadar airnya akan dimasukkan dalam evaporator agar didapatkan kemurnian sebesar 98%. Fruktosa hasil keluaran evaporator kemudian ditampung dalam tangki produk atau tangki *High Fructose Syrup* (HFS).

### 3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik *high fructose syrup* (HFS) diperoleh dari Sungai Bengawan Solo. Air yang digunakan adalah sebesar 1843517,1109 kg/jam. Kebutuhan listrik pabrik disuplai oleh PLN dengan generator sebagai cadangan energi. Total utilitas yang dibutuhkan dan digunakan untuk operasi pabrik *high fructose syrup* (HFS) dapat dilihat pada **Tabel 3**. berikutini.

**Tabel 3.** Kebutuhan Utilitas Pabrik *High Fructose Syrup* (HFS)

Kebutuhan	Jumlah
Steam	: 83364,8905 kg/jam
Air Pendingin	: 1711801,0631 kg/jam
Listrik	: 6205,4838 kW
Bahan Bakar	: 66,5420 L/jam

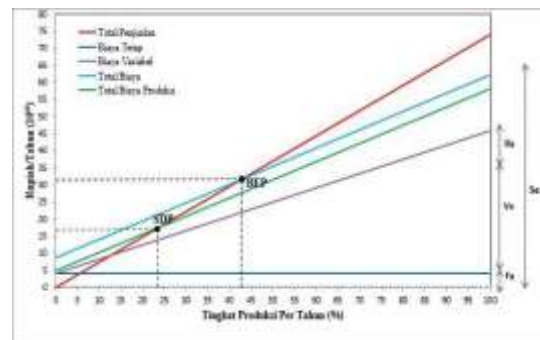
### 4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidak layak untuk didirikan. Berikut ialah hasil analisis ekonomi pabrik *high fructose syrup* (HFS) dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	16%	Min. 11%	Layak
POT	4,03	Max. 5 tahun	Layak
BEP	43%	40-60%	Layak
SDP	23%	20-40%	Layak

*Return on Investment* (ROI) merupakan persentase tingkat laba dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback period* atau lamanya waktu kembali modal (uang investasi) yang dihasilkan mengikuti profit yang dicapai. Sedangkan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama disebut *Break Even Point* (BEP). Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi serta pengambilan keputusan akibat tidak ekonomis dari aktivitas produksi menyebabkan *flat* (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik *high fructose syrup* (HFS) dapat dilihat pada gambar berikut:



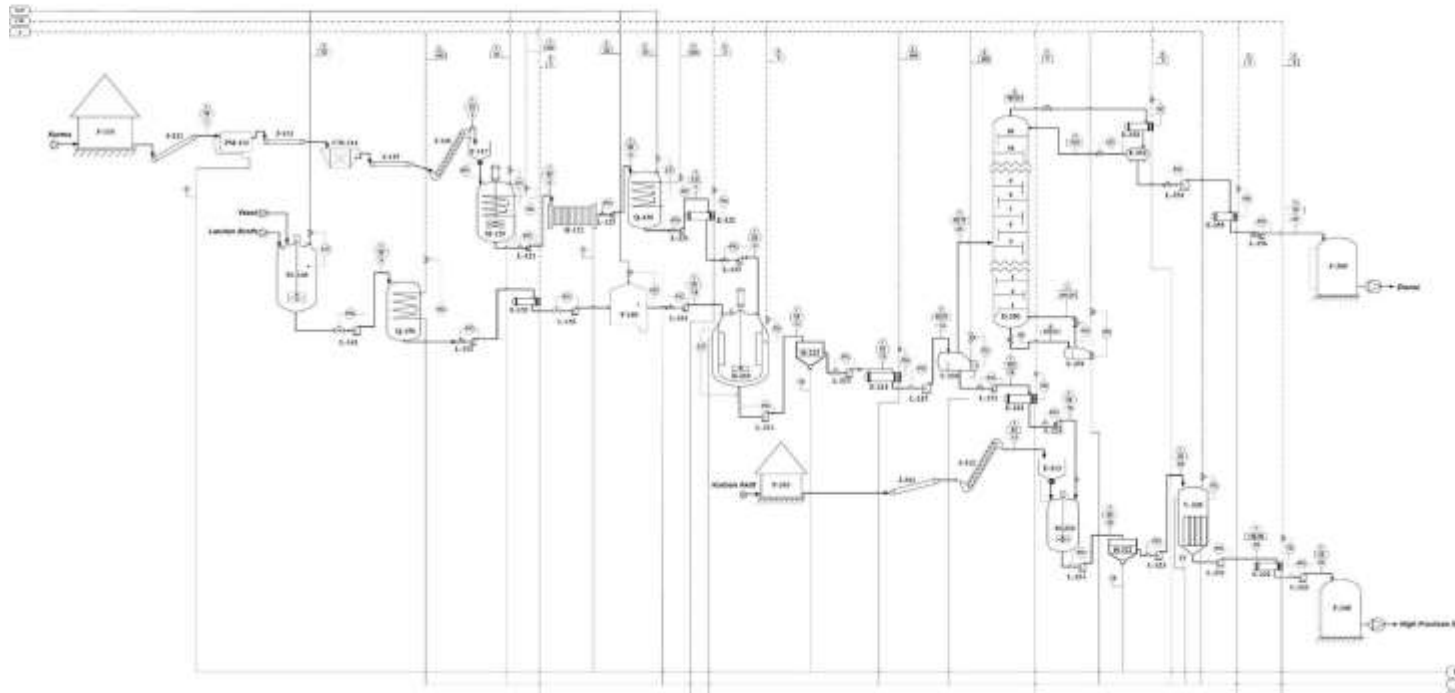
**Gambar 1.** Grafik BEP dan SDP

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada Prarancangan Pabrik *High Fructose Syrup* (HFS) dari Kurma dengan Proses Fermentasi Selektif, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di daerah Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur pada tahun 2026 dengan kapasitas 19.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan yang digunakan yaitu PT atau Perseroan Terbatas sedangkan bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Adapun total tenaga kerja yang dibutuhkan sebesar 113 orang. Dari evaluasi ekonomi didapatkan nilai ROI yaitu 16% dan POT yaitu 4,04 tahun. Kemudian diperoleh BEP dengan nilai 43% dan SDP yaitu 23% sehingga berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa pabrik *high fructose syrup* (HFS) ini layak untuk didirikan di Indonesia.



**FLWSHEET DIAGRAM PROSES  
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA  
HIGH FRUCTOSE SYRUP (HFS) DARI KURMA DENGAN PROSES FERMENTASI SELEKTIF  
KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN**



Komponen	MATERIAL (kg/jam)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Agaves	436,8245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Water	-	436,8245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energy (kWh)	-	-	-	38,5130	38,5130	-	-	-	6,338	-	-	-	-	-	-	-
Steam	-	-	-	-	-	-	-	-	6,338	-	-	-	-	-	-	-
Material	-	-	-	-	-	-	-	-	26,7072	407,2425	407,2425	-	-	-	-	-
Agaves	-	-	-	86,7337	-	79,1399	79,1399	79,1398	-	-	-	-	-	-	-	-
Water	-	-	-	2718,8266	-	2663,6688	2663,6688	2663,6688	-	-	-	-	-	-	-	-
Energy	-	-	-	3442,8598	-	3282,8861	3282,8861	3282,8861	-	-	-	-	-	-	-	-
Steam	-	-	-	3442,8598	-	3282,8861	3282,8861	3282,8861	-	-	-	-	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	3123,3381	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-	-	34225,6477	-	16839,1348	31859,7367	31859,7367	36,3122	3939,3639	379,97,2129	-	3625,2825	3625,2825	3243,2828	3243,2828
Material	-	-	-	-	-	-	-	-	3939,3639	379,97,2129	-	-	-	-	-	-
TOTAL	436,8245	436,8245	4788,2991	2889,9668	386,4130	1973,8868	3694,8799	3694,8799	26,7172	996,2807	4206,8781	407,2425	3939,3639	3799,7128	4084,8871	4084,8871

**Legend:**

- Line
- Pump
- Valve
- Storage Tank
- Distillation Column
- Evaporator
- Condenser
- Reboiler
- Heat Exchanger
- Control Point

**Process List:**

No	Code	Description	Unit
01	P-001	Grinding	Grinder
02	S-001	Storage	Storage Tank
03	F-001	Fermentation	Fermenter
04	D-001	Distillation	Distillation Column
05	E-001	Evaporation	Evaporator
06	C-001	Condensation	Condenser
07	R-001	Reboiling	Reboiler
08	H-001	Heat Exchange	Heat Exchanger
09	S-002	Storage	Storage Tank
10	P-002	Pumping	Pump
11	S-003	Storage	Storage Tank
12	P-003	Pumping	Pump
13	S-004	Storage	Storage Tank
14	P-004	Pumping	Pump
15	S-005	Storage	Storage Tank
16	P-005	Pumping	Pump
17	S-006	Storage	Storage Tank
18	P-006	Pumping	Pump
19	S-007	Storage	Storage Tank
20	P-007	Pumping	Pump
21	S-008	Storage	Storage Tank
22	P-008	Pumping	Pump
23	S-009	Storage	Storage Tank
24	P-009	Pumping	Pump
25	S-010	Storage	Storage Tank
26	P-010	Pumping	Pump
27	S-011	Storage	Storage Tank
28	P-011	Pumping	Pump
29	S-012	Storage	Storage Tank
30	P-012	Pumping	Pump
31	S-013	Storage	Storage Tank
32	P-013	Pumping	Pump
33	S-014	Storage	Storage Tank
34	P-014	Pumping	Pump
35	S-015	Storage	Storage Tank
36	P-015	Pumping	Pump
37	S-016	Storage	Storage Tank
38	P-016	Pumping	Pump
39	S-017	Storage	Storage Tank
40	P-017	Pumping	Pump
41	S-018	Storage	Storage Tank
42	P-018	Pumping	Pump
43	S-019	Storage	Storage Tank
44	P-019	Pumping	Pump
45	S-020	Storage	Storage Tank
46	P-020	Pumping	Pump
47	S-021	Storage	Storage Tank
48	P-021	Pumping	Pump
49	S-022	Storage	Storage Tank
50	P-022	Pumping	Pump
51	S-023	Storage	Storage Tank
52	P-023	Pumping	Pump
53	S-024	Storage	Storage Tank
54	P-024	Pumping	Pump
55	S-025	Storage	Storage Tank
56	P-025	Pumping	Pump
57	S-026	Storage	Storage Tank
58	P-026	Pumping	Pump
59	S-027	Storage	Storage Tank
60	P-027	Pumping	Pump

Gambar 2. Process Flow Diagram



## Daftar Pustaka

- Biro Pusat Statistik. (2021): *Export – Import Sektor Industri*.
- Morales-Sánchez, D., R. Tinoco-Valencia, J. Kyndt & A. Martinez. 2013. Heterotrophic Growth of *Neochloris Oleoabundans* Using Glucose as a Carbon Source. *Biotechnology for Biofuels*, 6, 1-13.
- Perry dan Green. 1997. *Perry's Chemical Engineer Handbook*, 7<sup>th</sup> ed. Mc. Graw Hill Book Co. Inc : Tokyo.
- Ulrich, G.D. (1984): *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York
- Peter dan Timmerhaus. 1999. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*. Mc. Graw Hill Book Co. Inc: Tokyo.
- Putra, M., A. E. Abasaeed, S. M. Al-Zahrani, M. H. Gaily, A. K. Sulieman, M. A. Zeinelabdeen & H. K. Atiyeh. 2014. *Production of fructose from highly concentrated date extracts using Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Letters*, 36, 531-536.

