

Pra Desain Pabrik Mosof (*Modified Sorghum Flour*) Skala UMKM dengan Proses Fermentasi Menggunakan Bakteri *Lactobacillus plantarum*

Rafika Aulia Rahmadian Salya, Alfien Naufal Prahandika, dan Setiyo Gunawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gunawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Mosof (*Modified Sorghum Flour*) merupakan salah satu tepung yang berbahan dasar dari sorgum yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sorgum dengan fermentasi, dimana peran enzim mikroba mendominasi selama fermentasi berlangsung. Mosof memiliki potensi sebagai pengganti tepung terigu yang berbahan dasar dari gandum. Nilai impor gandum dan meslin Indonesia mencapai US\$3,45 miliar dengan 11,17 juta ton pada tahun 2021. Gandum adalah sumber gluten yang dapat memicu penyakit *Celiac Disease* (CD). Gandum juga memiliki Indeks Glikemik (IG) dengan nilai IG 55 – 69 termasuk dalam kategori sedang. Salah satu usaha pemerintah untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu melakukan diversifikasi pangan sebagai alternatif bahan pangan yang akan mengurangi ketergantungan konsumsi gandum. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) mendorong pengembangan dan pemanfaatan sorgum sebagai alternatif pengganti gandum. Sorgum memiliki indeks glikemik sebesar 43 – 46,8 yang tergolong dalam kategori rendah. Pabrik mosof direncanakan mulai beroperasi tahun 2025 dengan kapasitas produksi sebesar 100 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Proses produksi mosof dapat diuraikan menjadi 7 tahapan proses yaitu persiapan bahan baku, pengolahan bahan baku, tahap fermentasi, tahap pemisahan, tahap pengeringan, tahap penghalusan, tahap pengayakan. Pabrik mosof dirancang sebagai perusahaan yang termasuk dalam skala Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Pabrik mosof memiliki harga *Capital Expenditure* (CAPEX) sebesar Rp2.834.417.566 dan *Operating Expenditure* (OPEX) dengan estimasi hasil penjualan sebesar Rp7.103.212.331 per tahun. Estimasi umur pabrik ini adalah 10 tahun dengan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 23,89%, *Pay Out Time* (POT) 5 tahun 10 bulan, dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 6,68%. Berdasarkan nilai CAPEX dan hasil penjualan, pabrik ini termasuk dalam kategori industri skala kecil.

Kata Kunci—Fermentasi, Mosof, Sorgum, UMKM.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunannya pada berbagai bidang, salah satunya ialah bidang industri. Tujuan dari terwujudnya penyelenggaraan perindustrian di Indonesia antara lain ialah menjadi pilar dan penggerak perekonomian nasional, membuka kesempatan berusaha dan perluasan kesempatan kerja, serta meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat secara berkeadilan.

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perindustrian, dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, mengenai Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015 – 2035 memprioritaskan pengembangan sektor industri pangan sebagai industri andalan atau industri yang berperan besar sebagai penggerak utama perekonomian di masa yang akan [1]. Selain itu juga terdapat sektor industri farmasi, tekstil, alat transportasi, elektronika, dan energi yang

tergolong dalam sektor industri andalan.

Negara berkembang dengan jumlah penduduk di Indonesia yang semakin meningkat seiring berjalannya waktu akan berdampak pada kebutuhan pangan. Pada sensus penduduk tahun 2020, Indonesia tercatat memiliki 270,3 juta penduduk, sedangkan sensus penduduk tahun 2010 tercatat 238,5 juta penduduk. Dalam kurun waktu 10 tahun, jumlah penduduk Indonesia bertambah sekitar 31,8 juta jiwa. Data proyeksi untuk tahun 2022, jumlah penduduk Indonesia diperkirakan mencapai 275,7 juta jiwa. Apabila pertumbuhan penduduk ini tidak diimbangi dengan ketersediaan pangan, maka hal ini akan menjadi ancaman krisis pangan nasional. Terciptanya industri pangan untuk memenuhi kebutuhan pangan dan perekonomian menjadi salah satu solusi atas permasalahan tersebut.

Di Indonesia terdapat berbagai jenis sumber makanan pokok, seperti beras, jagung, dan sagu. Kebutuhan gandum sebagai salah satu sumber utama bahan pangan penduduk Indonesia cenderung terus meningkat setiap tahunnya. Pada golongan masyarakat tertentu, yang sejalan dengan semakin bervariasinya olahan pangan, menyebabkan kenaikan konsumsi produk berbasis gandum seperti roti, pizza, dan pasta. Tepung terigu yang berbahan dasar gandum, sangatlah dibutuhkan pada industri pengolahan pangan di Indonesia. Namun, gandum memiliki kelemahan dalam dua aspek. Aspek pertama ialah aspek ekonomi dan aspek kedua ialah aspek kesehatan.

Pertama, meninjau aspek ekonomi, gandum bukan merupakan tanaman asli Indonesia yang dapat tumbuh dengan baik di wilayah tropis. Hal ini menyebabkan Indonesia harus mengimpor gandum untuk pemenuhan kebutuhan industri pangan. Nilai impor gandum dan meslin Indonesia mencapai US\$3,45 miliar dengan jumlah 11,17 juta ton pada tahun 2021. Nilai impor komoditas tersebut mengalami kenaikan 31,68% dibandingkan pada tahun 2020 yang sebesar US\$2,62 miliar dengan jumlah 10,29 juta ton gandum. Indonesia paling banyak mengimpor gandum dan meslin dari Australia dan Ukraina.

Nilai impor gandum dari kedua negara tersebut mencapai US\$4,63 miliar dari Amerika dan US\$2,83 miliar dari Ukraina. Asosiasi Produsen Terigu Indonesia (Aptindo) memperkirakan permintaan gandum akan melonjak tajam hingga 10 juta ton per tahun dalam satu dekade ke depan. Bila Indonesia masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri tentu akan mengambil devisa yang cukup besar, sehingga dapat mempengaruhi ketahanan pangan nasional.

Konflik Rusia dan Ukraina yang terjadi pada tahun 2022 memberikan dampak pada perekonomian global, tidak

Tabel 1.
Data Kandungan Biji Sorgum

Parameter	Biji Sorgum (%)
Kadar Air	10,38±0,52
Kadar Abu	0,43±0,07
Kadar Serat	0,41±0,02
Kadar Lemak	3,3
Kadar Pati	71,8±2,28
Kadar Protein	10,88±0,13
Kadar Tanin	2,65

Tabel 2.
Syarat Mutu Tepung Sorgum Berdasarkan Standart Codex

Deskripsi	Batas (Basis Kering)
Air	Maks. 15% Min. 0,9%
Abu	Maks. 1,5%
Protein	Min. 8,5%
Lemak	Min. 2,2%
Tanin	Maks. 4,7%
Pati	Maks. 0,3%
Serat	Maks. 78,3%
Ukuran Partikel	Maks. 1,8%
	Min. 100% tepung melewati ayakan dengan dimensi mesh diameter 0,5 mm untuk tepung "baik" dan diameter 1 mm untuk tepung "sedang"

Tabel 3.
Syarat mutu tepung terigu berdasarkan SNI

Jenis Uji	Persyaratan
Kadar Air	Maks. 14,5%
Kadar Abu	Maks. 0,7%
Kadar Protein	Min. 7%
Kehalusan lolos ayakan (mesh no. 70)	Min. 95%
Besi (Fe)	Min. 50 mg/kg
Seng (Zn)	Min. 30 mg/kg

terkecuali Indonesia. Konflik ini memberikan pengaruh bagi perdagangan antara Indonesia dengan kedua negara tersebut. Sebagai negara pengekspor gandum terbesar kedua di Indonesia, konflik ini akan berdampak langsung pada terganggunya pasokan gandum impor dari Ukraina. Selain itu, konflik ini juga akan menyebabkan kenaikan harga gandum secara global yang selanjutnya akan berimbas pada industri pangan di Indonesia yang membutuhkan gandum sebagai bahan bakunya seperti mie, tepung terigu, roti, kue, dan lain-lain. Adanya konflik ini menyebabkan Indonesia perlu untuk mencari solusi dalam pemenuhan kebutuhan gandum (Tabel 1).

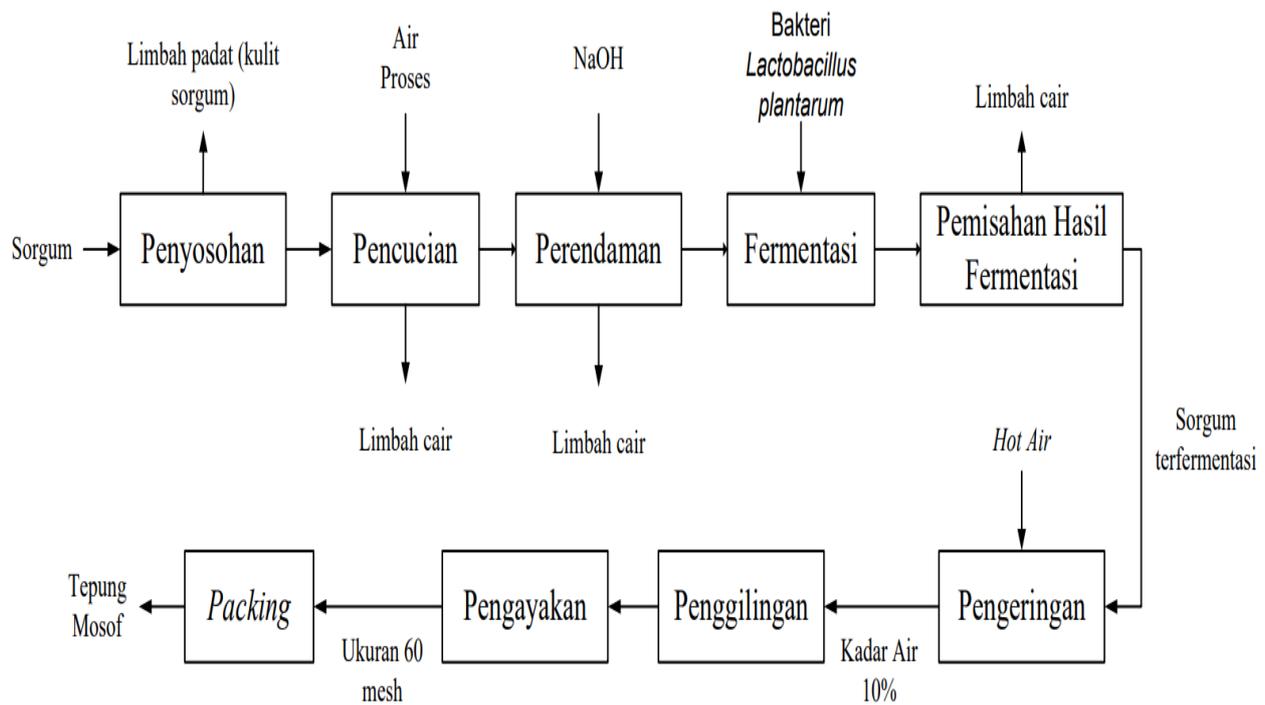
Pada aspek kesehatan, gandum adalah sumber gluten yang dapat memicu penyakit *Celiac Disease* (CD). *Celiac Disease* (CD) adalah penyakit *celiac*, penyakit enteropati proksimal terkait sistem imun yang bersifat reversibel. Penyakit ini terjadi karena interaksi antara diet yang mengandung gluten dengan sistem imun di usus. Hal ini menyebabkan penderita mengalami gangguan absorpsi pada pencernaan. Dengan melakukan terapi diet bebas gluten, akan memperbaiki gejala secara signifikan, kualitas kehidupan, dan mengurangi komplikasi lain [2]. Gandum juga memiliki Indeks Glikemik (IG) dengan nilai IG 55 – 69 [3]. Indeks glikemik (IG) adalah ukuran kecepatan suatu pangan mengandung karbohidrat yang dapat diubah menjadi gula oleh tubuh manusia sehingga meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi. Nilai IG rendah adalah dibawah 55, IG sedang antara 55 – 69, dan IG tinggi di atas 70. Bahan pangan dengan IG rendah dicerna dan diabsorpsi lebih lambat dibandingkan dengan pangan IG

tinggi. Bagi penderita Diabetes Mellitus (DM), IG merupakan konsep terpenting yang direkomendasikan dalam memilih makanan yang tepat untuk dikonsumsi. Pangan dengan kandungan IG yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan glukosa darah dan kadar insulin dalam tubuh yang dapat meningkatkan risiko obesitas, diabetes tipe 2, penyakit kardiovaskular (CVD), dan beberapa jenis kanker [4].

Berdasarkan kedua aspek tersebut, salah satu usaha yang dapat dilakukan pemerintah adalah melakukan diversifikasi pangan sebagai alternatif bahan pangan yang akan mengurangi ketergantungan konsumsi gandum. Diversifikasi pangan untuk mengalihkan konsumsi gandum menjadi konsumsi pangan lokal dan mengurangi impor gandum. Indonesia melalui Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) mendorong pengembangan dan pemanfaatan sorgum sebagai alternatif pengganti gandum untuk mengurangi impor gandum.

Sorgum merupakan bahan pangan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap jagung, gandum, dan beras. Biji sorgum mengandung karbohidrat 73%, lemak 3,5%, dan protein 10%, bergantung pada varietas dan lokasi penanaman. Selain itu, sorgum memiliki indeks glikemik sebesar 43 – 46,8 yang tergolong dalam kategori rendah [5].

Saat ini telah banyak dikembangkan produk dari tepung sorgum. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menentukan persentase substitusi tepung terigu pada produk makanan. Tepung sorgum masih belum dapat menggantikan 100% tepung terigu pada produk olahan makanan. Hasil



Gambar 1. Blok diagram pembuatan tepung mosof dengan fermentasi menggunakan lactobacillus plantarum.

produk olahan makanan dengan 100% tepung sorgum akan memiliki warna yang lebih gelap. Padahal, tampilan makanan atau warna dari hasil produk olahan makanan juga menjadi faktor penting dalam memenuhi mutu dan kepuasan konsumen [2]. Selain itu, kandungan gluten dalam tepung juga memengaruhi tingkat elastisitas adonan dan ikatan dengan air. Penggunaan tepung sorgum terfermentasi dengan persentase 30% pada roti dapat mengurangi kekerasan pada roti dibandingkan menggunakan tepung sorgum non – fermentasi [6]. Tepung sorgum memiliki kemampuan untuk mensubstitusi terigu bergantung pada produk yang diinginkan. Pada produk cookies, tepung terigu dapat disubstitusi dengan tepung sorgum hingga 50–75%, cake atau kue basah 30–50%, roti 20–25%, dan mi 15–20% [7].

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) merupakan sumber sereal kelima di dunia setelah beras, jagung, gandum dan barley yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi sebagai sumber karbohidrat, protein, vitamin, dan beberapa mineral penting. Sorghum termasuk tanaman yang mudah dibudidayakan karena membutuhkan biaya perawatan yang murah dan bisa ditanam secara tumpang sari dengan padi gogo, kedelai, kacang tanah atau tembakau, ataupun ditanam secara monokultur. Dalam satu kali tanam, sorgum dapat dipanen lebih satu kali sehingga sorgum tergolong tanaman yang memiliki produktivitas yang tinggi. Daerah budidaya sorgum sangat luas, sorgum dapat hidup mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi dengan iklim tropis-kering sampai iklim basah. Namun, sorgum lebih cocok ditanam di daerah dengan suhu di atas 20°C atau bersuhu panas dengan udara yang kering. Dataran rendah dengan ketinggian 1-500 mdpl merupakan daerah terbaik untuk membudidayakan sorgum. Umur panen sorgum akan meningkat apabila ditanam pada dataran dengan ketinggian lebih dari 500 mdpl.

Data dari Badan Pusat Statistik (2019 – 2020), jumlah produksi sorgum sekitar 4.000 – 6.000 ton/tahun yang tersebar di lima provinsi, yakni Jawa Barat, Jawa Tengah,

Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Budidaya Sereal pada tahun 2019, menunjukkan produksi tanaman sorgum di Indonesia 5 tahun terakhir hanya meningkat dari 6.114 ton menjadi 7.695 ton (Tabel 2).

Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, Airlangga Hartarto, menjelaskan bahwa hingga bulan Juni 2022 realisasi luas tanam sorgum adalah 4.355 ha dan tersebar di 6 provinsi. Luas tanam sorgum tersebut memiliki perkiraan produksi sebesar 15.243 ton atau dengan produktivitas 3,63 ton/ha. Pemerintah menargetkan luas tanam sorgum pada tahun 2023 seluas 30.000 ha yang tersebar di 17 provinsi dengan produksi sebesar 115.848 ton. Sementara itu, sasaran luas tanam pada tahun 2024 seluas 40.000 ha yang tersebar di 17 provinsi dengan produksi sebesar 154.464 ton.

Sorghum bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung. Namun, pemanfaatan sorgum di Indonesia masih belum optimal. Selama ini sorgum hanya dijadikan sebagai bahan pakan ternak. Di Indonesia sendiri masih susah ditemukan data produksi tepung sorgum. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik tepung sorgum masih belum banyak bermunculan di Indonesia.

Sorghum memiliki kandungan protein 10,9%, lemak 3,2%, karbohidrat 73%, serat kasar 2,3%, dan energi 329 kkal. Pada endosperm sorgum biasa terdapat 23 – 30% amilosa sedangkan pada sorgum ketan (*waxy sorghum*) kadar amilosanya kurang dari 5%. Sorghum juga merupakan sumber penting vitamin B kecuali vitamin B12 serta sumber tokoferol yang baik. Sorghum juga mengandung berbagai mineral esensial [6]. Secara umum, kulit biji sorgum terdiri atas 3 bagian, yaitu luar (*epicarp*), lapisan kedua (*mesocarp*), lapisan ketiga (*pericarp*). Bagian luar epicarp merupakan lapisan lilin yang sangat tipis (4 – 8% dari bobot biji), berfungsi melindungi bagian dalam terhadap kekeringan. Bagian ini mengandung zat warna (*pigment*) yang menentukan warna biji sorgum, yaitu putih hingga sawo matang tua. Lapisan kedua (*mesocarp*) dan lapisan pericarp

terdekat dengan endosperma mengandung sedikit karbohidrat tapi tidak mengandung minyak [8]. Kandungan yang terdapat dalam biji sorgum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Produk yang ingin dihasilkan dalam proses pembuatan tepung sorgum ini tersaji sesuai data syarat mutu tepung sorgum yang berdasarkan codex pada Tabel 2. Sebagai pembandingan dengan tepung terigu, syarat mutu tepung terigu sebagai bahan makanan tersaji dalam Tabel 3 sesuai dengan SNI.

Pembuatan pabrik mosof ini untuk mengurangi impor tepung terigu maupun gandum yang semakin meningkat. Pabrik mosof memproduksi tepung terigu dengan menggunakan substitusi sorgum. Dalam pembuatan pabrik mosof ini akan memproduksi sebanyak 300 kg/hari atau 100 ton/tahun dikarenakan pabrik akan dibangun dalam skala UMKM.

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting dalam perancangan pabrik karena akan memengaruhi risiko dan keuntungan perusahaan tersebut secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena lokasi sangat memengaruhi biaya tetap (*fix cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang. Dalam manajemen organisasi pada suatu pabrik, lokasi pabrik sebaiknya diperhitungkan pada saat perencanaan, sehingga pabrik yang akan dijalankan tersebut dapat terorganisir pelaksanaannya di masa mendatang [9].

Pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dipengaruhi oleh keadaan baik itu bersifat kondisi alam maupun kondisi sosial pada daerah tersebut. Faktor – faktor yang memengaruhi pemilihan lokasi pabrik seperti letak konsumen atau pasar, sumber bahan baku, sumber tenaga kerja, air, suhu udara, listrik, transportasi, lingkungan, masyarakat, dan sikap yang muncul (sosial), peraturan pemerintah, pembuangan limbah industri, fasilitas untuk pabrik dan fasilitas untuk karyawan (Tabel 3).

Penentuan lokasi pabrik juga akan menentukan kemajuan dan kelangsungan dari sebuah industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan.

Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi, yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Penentuan lokasi juga tak hanya memperhatikan kesejahteraan dari sisi industri saja, namun juga berpengaruh terhadap kesejahteraan dari daerah yang dipilih menjadi lokasi pabrik tersebut.

Provinsi Jawa Timur tepatnya Kabupaten Lamongan dipilih sebagai lokasi pabrik mosof. Pada pemilihan lokasi pendirian Pabrik Mosof ini, telah dilakukan pertimbangan yang diantaranya sebagai berikut:

- a. Bahan baku
- b. Lokasi pemasaran
- c. Fasilitas transportasi
- d. Ketersediaan tenaga kerja
- e. Ketersediaan utilitas
- f. Ketersediaan lahan
- g. Iklim
- h. Pembuangan limbah

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Proses pembuatan tepung mosof dapat dibagi menjadi tujuh bagian proses yaitu sebagai berikut:

- a. Persiapan bahan baku
- b. Pengolahan bahan baku
- c. Proses fermentasi
- d. Proses pemisahan
- e. Proses pengeringan
- f. Proses penghalusan
- g. Tahap pengayakan

Blok diagram pembuatan tepung mosof dengan proses perendaman NaOH dan fermentasi terdapat pada Gambar 1.

A. Persiapan Bahan Baku

Biji sorgum yang telah terpisah dari batang dan daunnya akan masuk ke mesin pengupas kulit sorgum untuk dilakukan penyosohan. Sorgum yang sudah terpisah dari kulitnya di mesin penyosoh sorgum kemudian dikirim ke mesin pencuci sorgum untuk menghilangkan kotoran pada sorgum dan kulit yang sudah terpisah dibuang ke limbah padat. Selanjutnya dilakukan proses pencucian menggunakan air proses dengan suhu 30°C yang dipanaskan oleh heat exchanger sehingga suhu naik menjadi 60°C. Biji sorgum yang sudah dicuci bersih, dibawa ke tangki perendaman NaOH melalui screw conveyor.

B. Pengolahan Bahan Baku

Sorgum yang telah melalui proses pencucian akan dilakukan proses perendaman NaOH dalam tangki perendaman NaOH selama 4 jam. Tujuan dari perendaman sorgum dengan NaOH adalah untuk mengurangi kandungan antinutrisi pada sorgum yakni asam fitat dan tanin. Selanjutnya akan dilakukan pemisahan dengan larutan NaOH dengan screener sehingga air bekas perendaman dapat dibuang ke pembuangan limbah cair sedangkan biji sorgum dibawa ke tangki fermentor untuk dilakukan proses fermentasi. Bakteri *Lactobacillus plantarum* dipersiapkan dengan dialirkan menuju tangki pencampur bakteri dan MRS *broth* dengan water process selama 24 jam dan pencampuran di tampung di tangki penampung sementara.

C. Proses Fermentasi

Pada tahap fermentasi, sorgum dan bakteri dari tangki penampung campuran dicampur dalam tangki fermentor. Tahap fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dilakukan selama 48 jam dengan suhu operasi proses fermentasi 37°C dalam kondisi anaerob. Pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* dipengaruhi oleh adanya penambahan MRS *broth*.

Tahapan fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* yang akan meningkatkan kadar protein dan menurunkan antinutrisi (tanin dan asam fitat) dimulai dengan hidrolisis pati dan glikolisis. Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi komponen sederhana penyusunnya seperti dekstrin, maltotriosa, maltosa dan glukosa [10]. Pati adalah polisakarida, yaitu terdiri dari sejumlah monosakarida atau molekul gula (glukosa) yang dihubungkan bersama dengan ikatan glikosidik $\alpha(1,4)$ dan atau $\alpha(1,6)$. Ada dua jenis struktural utama pati yakni amilosa dan amilopektin. Amilosa yang merupakan polisakarida rantai lurus yang tersusun atas unit glukosa dengan ikatan $\alpha(1,4)$ glikosidik dan biasanya merupakan 15 - 20% pati.

Amilopektin yang merupakan molekul bercabang yang lebih besar tersusun atas unit glukosa dengan ikatan $\alpha(1,4)$ dan $\alpha(1,6)$ glukosa [4].

Pada proses glikolisis, yang merupakan fase pertama fermentasi alkohol atau asam laktat, molekul glukosa dioksidasi menjadi dua molekul asam piruvat. Oksidasi ini menghasilkan energi yang digunakan untuk membentuk dua molekul ATP. Pada langkah berikutnya, dua molekul asam piruvat direduksi oleh dua molekul NADH untuk membentuk dua molekul alkohol atau asam laktat.

Kandungan protein pada sorgum dari proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* akan semakin meningkat. Peningkatan protein ini disebabkan oleh kemampuan mikroorganisme dalam mengubah substrat yang meliputi nitrogen dan karbon menjadi protein. Selain itu, selama proses fermentasi berlangsung, bakteri asam laktat menghasilkan enzim protease. Enzim protease menyebabkan rantai polimer panjang dari protein menjadi beberapa asam amino dan peptida, yang meningkatkan konsentrasi nitrogen asam amino. Selain itu, mikroorganisme memanfaatkan zat makanan di substrat sebagai energi untuk bereproduksi. Protein yang diperoleh dari mikroorganisme disebut *Single Cell Protein* (SCP). Semakin besar jumlah bakteri, maka akan semakin meningkat kandungan proteinnya [11].

Asam fitat adalah bahan kimia yang ditemukan dalam berbagai makanan yang mengikat mineral penting dalam saluran pencernaan dan mencegahnya diserap oleh tubuh. Banyak makanan nabati, seperti biji-bijian, polong-polongan (termasuk kedelai dan kacang tanah), biji-bijian, dan kacang-kacangan mengandung asam fitat atau fitat [12]. Kandungan asam fitat biji sorgum mengalami penurunan selama proses fermentasi. Penurunan kandungan asam fitat karena aktivitas mikroorganisme menghasilkan enzim fitase dalam medium yang menghidrolisis asam fitat [11].

Tanin merupakan antinutrisi karena dapat berikatan dengan protein membentuk senyawa kompleks yang tidak larut. Hal ini dapat mengurangi daya cerna protein dan apabila berikatan dengan enzim yang dihasilkan oleh sistem pencernaan, maka aktivitas enzim juga akan menurun [13]. Fermentasi sorgum menggunakan mikroorganisme dapat menghasilkan enzim tannase. Aktivitas enzim tannase dapat menurunkan kandungan tanin yang terdapat pada sorgum [11].

D. Proses Pemisahan

Setelah melalui proses fermentasi di tangki fermentor, produk awal masih berupa sorgum hasil fermentasi selanjutnya menuju pemisahan. Padatan dan cairan dipisahkan dengan menggunakan rotary vacuum filter. Hasil pemisahan berupa padatan yang selanjutnya dibawa menuju ke rotary dryer. Sedangkan hasil pemisahan berupa cairan masuk ke limbah cair.

E. Proses Pengeringan

Produk sorgum dibawa menuju rotary dryer untuk dikeringkan dan dikurangi kadar airnya hingga mencapai kadar air 10%. Terdapat cyclone untuk menangkap kotoran yang ikut di dalam udara. Dalam proses pengeringan ini digunakan udara yang diperoleh dari alam kemudian dipanaskan menggunakan heater sehingga menjadi udara panas 87°C.

F. Proses Penghalusan

Setelah dikeringkan, mosof menuju crusher dengan screw conveyor. Proses ini untuk mendapatkan tepung mosof dengan ukuran yang lebih kecil, memudahkan dalam proses pengayakan.

G. Proses Pengayakan

Hasil tepung halus mosof diumpungkan ke screener. Proses ini ditujukan untuk mendapatkan tepung mosof dengan ukuran 60 mesh. Produk mosof yang telah memenuhi ukuran diangkut menuju tangki penyimpanan produk. Sedangkan mosof yang tidak lolos pengayakan, di recycle kembali ke crusher untuk dihaluskan kembali. Produk tepung mosof yang telah sesuai dengan ukuran akan dilakukan proses packaging di alat hopper produk. Tepung mosof yang telah dikemas selanjutnya didistribusikan kepada konsumen.

III. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa dan neraca energi pada pabrik mosof dibutuhkan bahan baku dan bahan pendukung, antara lain sorgum 124 ton/tahun, NaOH 0,36 ton/tahun, bakteri *Lactobacillus plantarum* 0,35 ton/tahun, dan media MRS 9,88 ton/tahun untuk menghasilkan tepung mosof 100 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan nilai dari Total Capital Investment (TCI) pabrik ini sebesar Rp3.334.608.901 dengan bunga 8% per tahun. Dengan Harga Penjualan sebesar Rp7.103.212 per ton. Selain itu, diperoleh *internal rate of return* (IRR) sebesar 23,89% dan *break event point* (BEP) sebesar 6,68% dimana pengembalian modalnya selama 5 tahun 10 bulan. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 1 tahun di mana operasi pabrik ini selama 330 hari/tahun.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari segi teknis, kapasitas rancangan pabrik mosof direncanakan 100 ton/tahun dengan metode perendaman NaOH dan fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum*, pembangunan dimulai pada tahun 2024 di Kabupaten Lamoongan, Jawa Timur dan direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2025. Bentuk usaha adalah perusahaan berskala UMKM dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 49 orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi Kabupaten Jember, *Rencana Induk Pembangunan Pariwisata Daerah Tahun 2015-2025*, 1st ed. Kabupaten Jember: Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi (PPID) Kabupaten Jember, 2015.
- [2] D. A. Tesalonika, "Pengaruh Waktu Fermentasi *Lactobacillus Pentosus* LLA18 dan *Lactobacillus Fermentum* LLB3 terhadap Perubahan Karakteristik dan Sifat Fungsional Tepung Jagung," Departemen Teknik Kimia, Unika Soegijapranata Semarang, 2020.
- [3] N. W. Diyah *et al.*, "Evaluasi kandungan glukosa dan indeks glikemik beberapa sumber karbohidrat dalam upaya penggalan pangan berindeks glikemik rendah," *J. Farm. Dan Ilmu Kefarmasian Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 67–73, 2018.
- [4] K. Marsh, A. Barclay, S. Colagiuri, and J. Brand-Miller, "Glycemic

- index and glyceic load of carbohydrates in the diabetes diet,” *Curr. Diab. Rep.*, vol. 11, no. 2, pp. 120–127, 2011, doi: 10.1007/s11892-010-0173-8.
- [5] P. Willistania, P. I. Poetranto, M. Kaavessina, and M. Margono, “Fase Deaktivasi Fermentasi Bioethanol dari Sorgum dengan Beads Biokatalis Ko-immobilisasi Yeast dan Enzim Glukoamilase Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR),” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* 2016, p. F3 1-6.
- [6] N. Istianah and S. Gunawan, “Kinetika fermentasi asam laktat dari tepung sorgum menggunakan yeast dan plantarum,” *J. Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, vol. 1, no. 2, pp. 49–55, 2017, doi: 10.21776/ub.rbaet.2017.001.02.02.
- [7] E. Wulandari, E. Sukarminah, and E. Lembong, “Sosialisasi diversifikasi produk pangan fungsional berbasis sorgum di Desa Cimanggu Kecamatan Pameungpeuk Kabupaten Banjaran,” *Dharmakarya J. Apl. Ipteks Untuk Masy.*, vol. 9, no. 4, pp. 232–234, 2020, doi: 10.24198/dharmakarya.v9i4.19783.
- [8] S. A. Pithaloka, S. Sunyoto, M. Kamal, and K. F. Hidayat, “Pengaruh kerapatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench),” *J. Agrotek Trop.*, vol. 3, no. 1, 2015, doi: 10.21059/buletinpeternak.v3i3.1622.
- [9] F. Goodarzvand-Chegini, L. Samiee, and N. Rahmadian, “Energy savings from flash steam recovery: An industrial case study,” *Energy Convers. Manag.* X, vol. 19, no. 3, p. 100393, 2023, doi: 10.1016/j.ecmx.2023.100393.
- [10] A. Y. Rahmawati and A. Sutrisno, “Hidrolisis tepung ubi jalar ungu (*ipomea batatas* l.) secara enzimatis menjadi sirup glukosa fungsional: Kajian pustaka,” *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 3, no. 3, pp. 1–10, 2015.
- [11] S. Gunawan, I. Dwitasari, N. Rahmawati, R. Darmawan, H. Wirawasista Aparamarta, and T. Widjaja, “Effect of process production on antinutritional, nutrition, and physicochemical properties of modified sorghum flour,” *Arab. J. Chem.*, vol. 15, no. 10, p. 104134, 2022, doi: 10.1016/j.arabjc.2022.104134.
- [12] J. Nissar, T. Ahad, H. R. Naik, and S. Z. Hussain, “A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical,” *J. Pharmacogn. Phytochem.*, vol. 6, no. 6, pp. 1554–1560, 2017.
- [13] R. H. B. Setiarto and N. Widhyastuti, “Penurunan kadar tanin dan asam fitat pada tepung sorgum melalui fermentasi *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum* dan *Saccharomyces cerevisiae*,” *Ber. Biol.*, vol. 15, no. 2, pp. 149–157, 2017, doi: 10.14203/beritabiologi.v15i2.2295.