

Pembuatan MOCAF (*Modified Cassava Flour*) dengan Kapasitas 91000 ton/tahun

Brilian Prima Anindita, Atika Tri Antari, dan Setiyo Gunawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gunawan@chem-eng.its.ac.id.

Abstrak—*Modified Cassava Flour* (MOCAF) merupakan produk turunan dari tepung singkong menggunakan prinsip modifikasi sel singkong oleh fermentasi, di mana peran enzim mikroba mendominasi selama fermentasi berlangsung. Proses pembuatan MOCAF dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap pengolahan bahan baku, fermentasi, dan pengolahan hasil fermentasi. Pembuatan MOCAF pada skala besar, dilakukan pada prarancangan pabrik MOCAF dengan kapasitas 91000 ton/tahun dengan 300 hari kerja selama 24 jam. Pabrik MOCAF ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Pembuatan MOCAF dilakukan dengan proses fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dengan waktu fermentasi selama 120 jam. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 219 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi line and staff. Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 60% biaya investasi dan modal pinjaman sebesar 40% biaya investasi dengan bunga sebesar 6,20% per tahun. Dari analisa perhitungan ekonomi didapat hasil investasi Rp 420.782.696.977 dengan Internal Rate of Return (IRR) 23,73%, dan Break Even Point (BEP) 36%.

Kata Kunci—Fermentasi, *Lactobacillus Plantarum*, Tepung Singkong Termodifikasi, Singkong.

I. PENDAHULUAN

TOTAL populasi di Indonesia tercatat 255,5 juta penduduk pada tahun 2015 dari 222,7 juta pada tahun 2006. Dalam 10 tahun terakhir terjadi peningkatan jumlah penduduk sebesar 32,8% [1]. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan pangan masyarakat Indonesia juga semakin meningkat. Di Indonesia terdapat berbagai jenis sumber makanan pokok, seperti beras, jagung, dan sagu. Saat ini, di Indonesia banyak ditemukan berbagai jenis makanan siap saji seperti roti dan mie instan. Tepung terigu merupakan tepung berbentuk padatan halus yang dihasilkan dari proses penggilingan biji gandum [2].

Gandum sebagai bahan dasar tepung terigu bukan merupakan tanaman asli Indonesia, sehingga pemenuhan kebutuhan gandum di Indonesia dilakukan secara impor. Saat ini, pola konsumsi pangan beras-terigu menyebar ke seluruh wilayah di Indonesia, sehingga dapat dikatakan diversifikasi pangan berbasis gandum secara nasional sudah terjadi. Hal ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara pengimpor gandum terbesar di dunia. Pada tahun 2010, Indonesia menjadi negara pengimpor terigu terbesar ke-4 di dunia, dengan volume impor 5,6 juta ton. Pada tahun 2011, Indonesia sudah menjadi negara pengimpor terigu terbesar kedua di dunia dengan volume impor 6,2 juta ton. Pada tahun 2013, impor gandum meningkat menjadi 7 juta ton. 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 [3].

Saat ini, pemerintah berusaha mengurangi impor gandum untuk kebutuhan industri. Pengurangan impor gandum dari negara pemasok seperti Amerika Serikat dan Australia memacu pertumbuhan tepung dalam negeri. Terlebih lagi, gandum adalah sumber *gluten* yang dapat memicu penyakit *Celiac Disease* (CD). CD adalah penyakit *celiac* merupakan penyakit enteropati proksimal terkait sistem imun yang bersifat reversibel. Penyakit ini terjadi karena interaksi antara diet yang mengandung *gluten* dengan sistem imun di usus. Penyakit ini dapat diatasi dengan melakukan terapi diet bebas *gluten* akan memperbaiki gejala secara signifikan, serta memperbaiki abnormalitas biokimia dan kualitas kehidupan [4].

Diversifikasi pangan untuk memperkuat ketahanan nasional perlu lebih digalakkan oleh pemerintah. Langkah tersebut dilakukan guna mengurangi ketergantungan bahan pangan pokok beras. Masyarakat pun perlu menyadari bahwa bahan pangan lain, seperti jagung, ubikayu, sagu, dan berbagai umbi lainnya dapat menjadi bahan makanan [5].

Singkong merupakan tanaman yang dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi apapun [6]. Singkong segar mempunyai komposisi kimiawi yang terdiri dari kadar air sekitar 60%, pati 35%, serat kasar 2,5%, protein 1%, lemak 0,5%, dan abu 1%. Oleh karena itu, singkong merupakan sumber karbohidrat dan serat makanan yang memiliki kandungan protein rendah. Singkong segar mengandung senyawa glikosida sianogenik dan bila terjadi proses oksidasi oleh enzim *linamarase* maka akan dihasilkan glukosa dan asam sianida (HCN) yang ditandai dengan bercak warna biru, akan menjadi toksin (racun) bila dikonsumsi pada kadar HCN lebih dari 50 ppm.

Berdasarkan kadar asam sianida yang terkandung didalamnya, singkong dibagi menjadi dua jenis, yakni *sweet cassava* (*Manihot esculenta*) dan *bitter cassava* (*Manihot glaziovii*). Singkong manis/*sweet cassava* mengandung sejumlah kecil asam sianida yaitu $\pm 15-50$ mg/kg, umbi singkong jenis ini berbentuk seperti silinder yang ujungnya mengecil dengan diameter rata – rata 2 – 5 cm dan panjang sekitar 20 – 50 cm. Sedangkan, singkong pahit/*bitter cassava* mengandung asam sianida yang sangat tinggi yaitu $\pm 50-400$ mg/kg, umbi singkong jenis ini dapat mencapai empat kali lebih besar dibanding singkong manis [7].

Gambar 1. Umbi Singkong (*Manihot esculenta*)

MOCAF merupakan produk turunan dari tepung singkong menggunakan prinsip modifikasi sel singkong oleh fermentasi, di mana peran enzim mikroba mendominasi selama fermentasi berlangsung. Secara teknis, pengolahan MOCAF mirip dengan pengolahan tepung singkong biasa. Namun, disertai dengan fermentasi, kemudian dikeringkan dan digiling menjadi MOCAF [8]. Tepung ini merupakan komoditas tepung *cassava* dengan teknik fermentasi. Produk tepung yang dihasilkan memiliki karakteristik mirip seperti tepung terigu, yaitu putih, lembut, dan tidak berbau singkong. Dengan karakteristik yang mirip dengan terigu, tepung MOCAF dapat menjadi komoditas substitusi tepung terigu sehingga impor gandum di Indonesia dapat dikurangi.

Saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai MOCAF dari berbagai jenis singkong. Gunawan, dkk. [6] telah melakukan penelitian mengenai MOCAF dari *sweet cassava* dengan berbagai jenis mikroorganisme dimana dalam penelitian ini menjelaskan bahwa *L. plantarum* paling efisien. Selain itu, penelitian MOCAF dari *bitter cassava* telah dilakukan oleh Hawashi dkk. [9] dengan waktu fermentasi terbaik 96 jam dan Istiqomah dan Arum [10] dengan waktu fermentasi terbaik 12 jam dengan bakteri *L. plantarum* dimana dalam penelitian ini telah diperoleh produk MOCAF yang memenuhi SNI.

II. URAIAN PROSES

A. Penentuan Basis Desain Data

Dalam mendirikan suatu pabrik perlu memperhatikan beberapa aspek, seperti bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, utilitas dan sebagainya.

1) Bahan Baku

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor-faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang mesti dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan sebagainya. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Lokasi Pabrik Tepung Mocaf

direncanakan akan dibangun di Provinsi Jawa Tengah, yaitu di Kabupaten Wonogiri.

Tabel 1.

Produksi Singkong di Beberapa Provinsi di Pulau Jawa Pada Tahun 2012-2015[11].

Provinsi	Produksi Singkong pada Tahun (Ton / Tahun)			
	2012	2013	2014	2015
Jawa Barat	2.131.123	2.138.532	2.250.024	2.000.224
Jawa Tengah	3.848.462	4.089.635	3.977.810	3.571.594
DIY	866.357	1.013.565	884.931	873.362
Jawa Timur	4.246.028	3.601.074	3.635.454	3.161.573
Banten	82.796	97.847	85.943	74.163

Tabel 2.

Produksi Singkong di Beberapa Kota di Jawa Tengah Pada Tahun 2015 [12].

Kota/Kabupaten	Produksi Singkong (ton)
Wonogiri	878.580
Pati	661.975
Wonosobo	188.715
Jepara	312.439
Banjarnegara	202.054

Sumber bahan baku adalah salah satu faktor yang sangat penting dalam penentuan lokasi pabrik. Ubi kayu dapat tumbuh dan hidup hampir di seluruh wilayah di Indonesia. Provinsi Jawa Tengah merupakan provinsi dengan produksi singkong tertinggi tiap tahunnya untuk beberapa tahun terakhir di Pulau Jawa. Pada Tabel 1, dapat dilihat data produksi singkong di Pulau Jawa dan Provinsi Jawa Tengah menempati urutan pertama dalam produksi singkong yaitu 3.571.594 ton pada tahun 2015. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan beberapa kabupaten/kota di Jawa Tengah yang memiliki produksi singkong yang tinggi dan Kabupaten Wonogiri merupakan daerah dengan produksi singkong terbanyak di Jawa Tengah. Ketersediaan bahan baku singkong pada tahun 2021 di Kabupaten diperkirakan kebutuhan singkong pada 2021 sebesar 791.549 ton/tahun.

2) Pemasaran

Mocaf dijadikan sebagai alternatif pengganti tepung terigu dalam berbagai industri makanan di Indonesia. Pemilihan lokasi pendirian pabrik ini berada di Jawa Tengah karena Provinsi Jawa Tengah merupakan daerah penghasil singkong terbesar di Pulau Jawa. Selain itu, Jawa Tengah juga memiliki banyak akses jalur darat seperti jalan-jalan besar yang menghubungkan berbagai daerah. Hal ini menyebabkan proses pemasaran produk Mocaf untuk daerah Jawa lebih mudah dan murah.

3) Transportasi

Transportasi memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap penentuan lokasi pabrik. Transportasi diperlukan untuk pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung, dan produk yang dihasilkan akan lebih mudah. Lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar, misalnya dekat dengan badan utama jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar dan pelabuhan sehingga tidak perlu membuat jalan khusus.

4) Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik. Lokasi pabrik diusahakan berada pada daerah yang masyarakatnya tidak hanya memiliki SDM yang berlimpah tetapi juga memiliki latar belakang yang cukup maju sehingga dapat memperoleh tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik dan dapat meminimalkan upah tenaga kerja. Di Provinsi Jawa Tengah sendiri sudah terdapat

berbagai institusi pendidikan yang telah mencetak tenaga kerja dan terdidik, sehingga tenaga kerja dapat direkrut dari Provinsi Jawa Tengah dan sekitarnya.

5) *Utilitas*

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Untuk sarana penyediaan air dapat diperoleh dari air pompa maupun PDAM.

6) *Harga Tanah dan Gedung*

Kabupaten Wonogiri bukan merupakan daerah metropolis, sehingga harga tanah dan bangunan masih dapat dijangkau. Hal ini sangat mendukung pendirian pabrik ditinjau dari faktor ekonomi.

7) *Kemungkinan Perluasan Pabrik*

Kabupaten Wonogiri merupakan daerah yang belum padat penduduk, masih banyak lahan kosong yang ada di sana, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperluas area pabrik.

8) *Tersedianya Air yang Cukup*

Air untuk proses dalam pabrik, dapat menggunakan air pompa dan embung air.

9) *Iklm*

Pabrik ini direncanakan dibangun di Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah memiliki kondisi alam sebagai berikut:

Kelembaban udara : 40 – 95 %
Suhu : 24 – 35 °C
Kecepatan angin : 19 km/jam
Relative humidity : 88%

Bahan baku dalam pembuatan pabrik mocaf ini adalah ubikayu atau singkong (*Manihot esculenta*). Untuk dapat berproduksi secara optimal, ubikayu memerlukan curah hujan 150-200 mm pada umur 1-3 bulan, 250-300 mm pada umur 4-7 bulan, dan 100-150 mm pada fase menjelang dan saat panen. Berdasarkan karakteristik iklim di Indonesia dan kebutuhan air tersebut, ubikayu dapat dikembangkan pada hampir semua kawasan, baik di daerah beriklim basah maupun kering sepanjang air tersedia sesuai dengan kebutuhan tanaman tiap fase pertumbuhan [13].

Singkong merupakan tanaman serbaguna dan dapat diolah menjadi berbagai macam produk seperti sayur, pati, tapioka, pemanis, tape, bioethanol, keripik singkong dan mocaf [14]. Singkong segar mempunyai komposisi kimiawi yang terdiri dari kadar protein sekitar 1,3%, lemak 0,3%, karbohidrat 30,5%, serat 0,3%, pati 25,5%, air 67,5%, dan abu 1,2% [15].

B. *Jenis Proses*

Singkong merupakan tanaman tropis, produktif, dan mudah dibudidayakan sehingga sangat cocok dijadikan solusi untuk mengembangkan teknologi proses produksi tepung MOCAF (*modified cassava flour*). Tepung MOCAF merupakan tepung yang dibuat dari singkong yang difermentasi dengan mikroba [6]. MOCAF dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan antara lain mie, snack, kue dan jenis makanan lain yang umumnya dibuat dari terigu maupun tepung beras. MOCAF memiliki keunggulan dibandingkan tepung umbi-umbian yang lain karena karakteristik mirip dengan terigu sehingga berpotensi sebagai substituen terigu [16]. Selain itu, tepung MOCAF memiliki aroma dan rasa yang lebih baik daripada tepung singkong

biasa. Warna yang dihasilkan juga lebih putih jika dibandingkan dengan tepung singkong biasa. Kandungan protein dari MOCAF lebih tinggi meskipun harganya relatif lebih rendah dibandingkan dengan tepung gandum atau beras.

Fermentasi adalah proses perubahan kimia pada substrat organik akibat aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Fermentasi terbagi atas dua macam, yaitu fermentasi alkohol dan asam laktat. Pada fermentasi alkohol, substrat diubah menjadi ethanol dengan produksi karbon dioksida, sedangkan fermentasi asam laktat, substrat diubah menjadi asam laktat dan tidak ada produksi karbon dioksida. Fermentasi alkohol dilakukan oleh sejumlah bakteri dan yeast. Ethanol dan karbon dioksida diproduksi oleh yeast *Saccharomyces*. Bakteri asam laktat yang biasa digunakan adalah *Streptococcus* dan *Lactobacillus* [14].

Untuk fermentasi asam laktat, pada tahap glikolisis, molekul glukosa dioksidasi menjadi dua molekul asam piruvat. Oksidasi ini menghasilkan energi yang digunakan untuk membentuk dua molekul ATP. Selanjutnya, dua molekul asam piruvat direduksi oleh dua molekul NADH untuk menghasilkan asam laktat.

Karena asam laktat adalah produk akhir reaksi, maka tidak mengalami oksidasi lebih lanjut, dan sebagian besar energi yang dihasilkan oleh reaksi tetap disimpan dalam bentuk asam laktat. Sehingga fermentasi ini hanya menghasilkan sedikit energi. Dua genera penting dari bakteri asam laktat adalah *Streptococcus* dan *Lactobacillus*, karena mikroba tersebut hanya memproduksi asam laktat sehingga disebut sebagai *homolactic* atau *homofermentative* [17].

Tabel 3.
Komposisi Proximat dari Produk Fermentasi Singkong Menggunakan *Lactobacillus plantarum* [6].

Waktu Fermentasi	HCN (mg/kg)	Protein (%)	Pati (%)
24 jam	7.50 ± 0.12	2.94 ± 0.29	69.40 ± 0.30
48 jam	3.60 ± 0.16	4.07 ± 0.10	58.80 ± 0.19
72 jam	3.40 ± 0.06	5.56 ± 0.58	57.70 ± 0.48
96 jam	3.00 ± 0.02	6.84 ± 0.29	56.00 ± 0.60
120 jam	1.80 ± 0.03	8.58 ± 0.31	55.40 ± 0.49

Tabel 4.
Komposisi Proximat dari Produk Fermentasi Singkong Menggunakan *S. cerevisiae* [6].

Waktu Fermentasi	HCN	Protein	Pati
24 jam	7.60 ± 0.02	1.93 ± 0.29	79.41 ± 0.13
48 jam	4.05 ± 0.01	2.01 ± 0.10	72.92 ± 0.18
72 jam	3.85 ± 0.01	2.12 ± 0.58	72.74 ± 0.58
96 jam	3.30 ± 0.04	2.14 ± 0.29	71.69 ± 0.40
120 jam	3.28 ± 0.01	2.29 ± 0.31	71.03 ± 0.33

Tabel 5.
Komposisi Proximat dari Produk Fermentasi Singkong Menggunakan *Rhizopus oryzae* [6].

Waktu Fermentasi	HCN	Protein	Pati
24 jam	8.10 ± 0.01	1.95 ± 0.11	65.50 ± 0.11
48 jam	4.35 ± 0.03	2.01 ± 0.14	50.69 ± 0.16
72 jam	3.78 ± 0.01	2.12 ± 0.12	49.10 ± 0.39
96 jam	3.27 ± 0.04	2.14 ± 0.13	48.80 ± 0.58
120 jam	3.17 ± 0.04	2.29 ± 0.24	48.20 ± 0.76

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pembuatan tepung mocaf dapat dilakukan dengan menggunakan 3 jenis mikroba yang berbeda. Jenis proses fermentasi yang dapat diaplikasikan adalah sebagai berikut:

1. Fermentasi dengan bantuan bakteri *Lactobacillus plantarum*.

2. Fermentasi dengan bantuan jamur *Saccharomyces cerevisiae*.
3. Fermentasi dengan bantuan jamur *Rhizopus oryzae*

Pada proses pembuatan tepung mocaf dilakukan metode yang sama terhadap tiap – tiap mikroba yang digunakan. Proses fermentasi singkong dilakukan dengan metode *submerged fermentation*. Secara singkat, ubikayu dicuci lalu dipindahkan ke dalam sebuah wadah. Kemudian, air suling yang mengandung mikroorganisme (*L. plantarum*, *S. cerevisiae*, atau *R. oryzae*) ditambahkan ke dalam wadah tersebut. Pada bagian permukaan wadah diberi penutup agar tercipta kondisi anaerob untuk proses fermentasi. Campuran difermentasikan pada suhu 30 ° C. Setelah itu, fase *solid* dan *liquid* dipisahkan dengan menggunakan *vacuum filtration*. Fase *solid* pada kertas saring dikeringkan dengan bantuan sinar matahari dan dalam kondisi vakum hingga kadar air mencapai 12-14%. Selanjutnya singkong digiling untuk proses fermentasi. Kemudian, tepung diayak menggunakan ukuran 80 mesh [6].

Pemilihan proses dilakukan untuk memperoleh produk mocaf dengan kualitas baik dan proses yang efisien. Dari ketiga proses fermentasi di atas dapat dipilih satu proses dengan mempertimbangkan berbagai faktor dari hasil fermentasi masing-masing bakteri yang dapat digunakan. Dari table-tabel tersebut, maka dalam proses pembuatan mocaf di pabrik ini dipilih proses fermentasi dengan menggunakan *Lactobacillus plantarum*. Hal ini dikarenakan dari berbagai aspek yang ditinjau, fermentasi dengan menggunakan *Lactobacillus plantarum* memberikan hasil yang paling maksimal.

C. Tahapan dalam Pembuatan MOCAF

Proses pembuatan MOCAF dengan proses fermentasi dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan dan pengolahan bahan baku, tahap fermentasi, tahap pengolahan produk.

1) Tahap Persiapan dan Pengolahan Bahan Baku

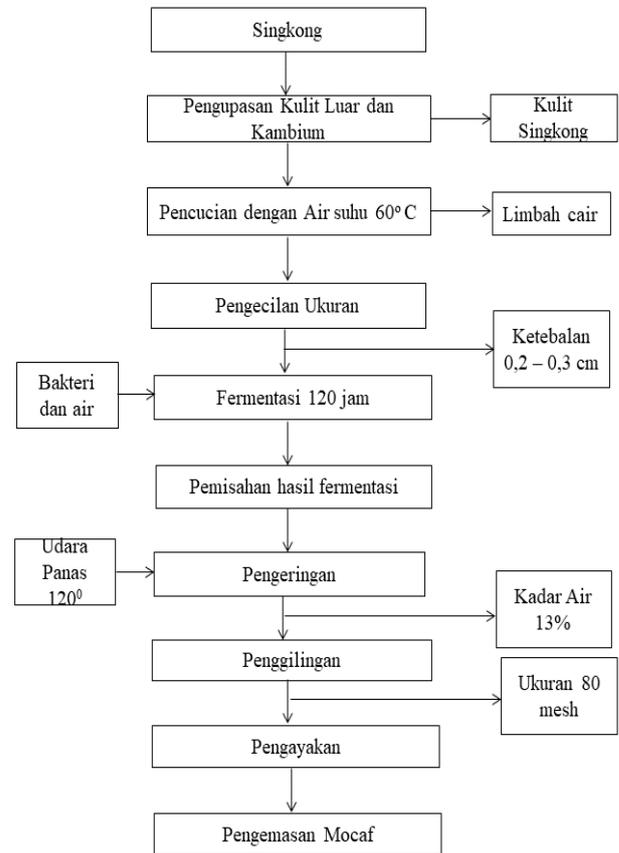
Pada tahap persiapan bahan baku, mula – mula singkong dari *storage* dikirim dengan menggunakan *belt conveyor* ke mesin pengupas kulit. Singkong yang sudah terpisah dari kulitnya di mesin pengupas kulit singkong kemudian dikirim ke mesin pencuci singkong untuk menghilangkan kotoran, lendir dan asam sianida pada singkong dengan menggunakan *belt conveyor*. Selanjutnya dilakukan proses pencucian menggunakan air proses dengan suhu 30°C yang dipanaskan oleh *heat exchanger* sehingga suhu naik menjadi 60°C. Singkong yang sudah dicuci bersih, dikirim melalui *belt conveyor* untuk dikecilkan ukurannya menggunakan *chipper*. Setelah melalui proses pengecilan ukuran, parutan singkong dibawa dengan menuju tangki penampung singkong sementara. Sedangkan air proses dan bakteri *L. plantarum* yang dicampur di tangki pencampuran. Selanjutnya terjadi tahap fermentasi di tangki *fermentor*.

2) Tahap Fermentasi

Pada tahap fermentasi, singkong dari tangki penampung singkong sementara dan campuran proses dan bakteri dari tangki pencampuran dicampur dalam tangki fermentor. Tahap fermentasi menggunakan bakteri *L. plantarum* selama 120 jam dengan suhu operasi 30°C dan kondisi anaerob.

Fermentasi adalah salah satu metode yang dapat mengurangi glukosida sianorganik pada singkong.

Fermentasi juga menghasilkan senyawa volatil yang memberikan flavor unik pada produk. Proses fermentasi juga meningkatkan kadar protein, hal ini terlihat dari analisis proximat menunjukkan isi protein *Lactobacillus plantarum* dari fermentasi singkong menghasilkan protein tinggi, hal ini karena *Lactobacillus plantarum* mengeluarkan beberapa enzim ekstraseluler dengan produk lebih tinggi. Proses fermentasi juga meningkatkan kadar protein dari 1,5 % hingga 8.58%.



Gambar 2. Proses Pembuatan Modified Cassava Flour (MOCAF).

Proses fermentasi didefinisikan sebagai proses pembentukan alkohol atau asam laktat dari glukosa (C₆H₁₂O₆).

Glikolisis

Glukosa → Asam piruvat

C₆H₁₂O₆ 2 C₂H₃COOH + 2 ATP + H₂O

(Glukosa) (Asam Laktat) (Energi) (Air)

Fermentasi → Alkohol :

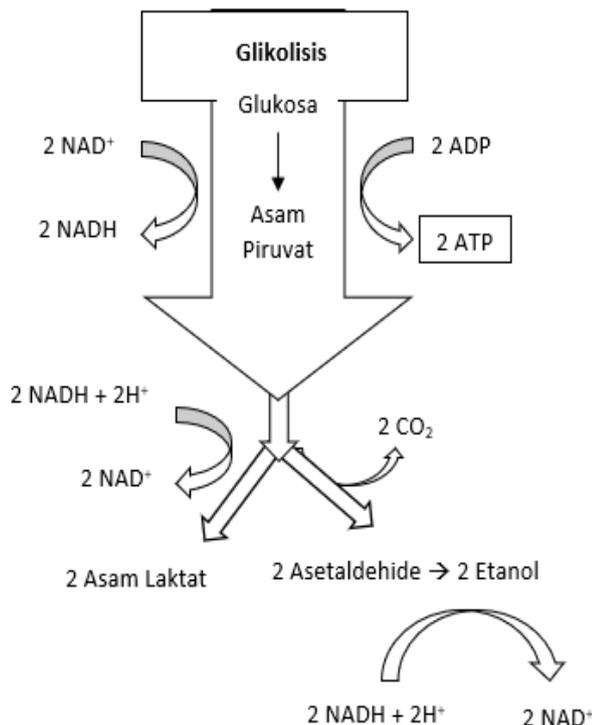
C₆H₁₂O₆ 2C₂H₅OH + 2CO₂ + 2 ATP

(Glukosa) (Alkohol) (Karbon dioksida) (Energi)

3) Tahap Pengolahan Produk

Setelah melalui proses fermentasi di tangki fermentor, produk awal masih berupa singkong hasil fermentasi selanjutnya menuju tangka penampung sementara dengan menggunakan *bucket elevator*. Selanjutnya padatan dan cairan dipisahkan dengan menggunakan *rotary vacuum filter*. Hasil pemisahan berupa padatan yang selanjutnya dibawa ke tangki penampung sementara. Sedangkan hasil pemisahan berupa cairan masuk ke limbah cair.

Kemudian dari tangki penampung sementara F-322 dengan bantuan screw conveyor produk *chip* singkong dibawa menuju *tray dryer* untuk dikeringkan dan dikurangi kadar airnya hingga mencapai 13%. Dalam proses pengeringan ini digunakan bantuan yang diperoleh dari alam kemudian dipanaskan menggunakan *heater* sehingga menjadi udara panas dengan suhu 120 °C. Setelah proses pengeringan ini, *chip* singkong ditampung di tangki penampungan sementara. Setelah itu *chip* singkong kering akan menuju ke proses penepungan. Dari *tray dryer*, MOCAF menuju *crusher* C-340 dengan menggunakan screw conveyor. Proses ini untuk mendapatkan tepung MOCAF dengan ukuran yang lebih kecil, untuk memudahkan dalam proses pengayakan.



Gambar 3. Tipe Fermentasi

Dari *crusher*, MOCAF diumpungkan ke *screener* dengan menggunakan screw conveyor. Proses ini ditujukan untuk mendapatkan tepung MOCAF dengan ukuran 80 mesh. Produk MOCAF yang telah memenuhi ukuran diangkat menuju tempat penampungan sementara. Sedangkan MOCAF yang tidak lolos pengayakan, di *recycle* kembali ke *crusher* untuk dihancurkan kembali. Tepung MOCAF dikemas dalam kemasan 1 kg. Selanjutnya dikirim ke *storage* produk untuk selanjutnya dikirim ke konsumen

III. NERACA MASSA

Berdasarkan hasil perhitungan *material balance* pada pabrik MOCAF ini dibutuhkan bahan baku singkong sebanyak 216.066 ton/tahun, bakteri *L.plantarum* sebanyak 1871,496 ton/tahun, dan air sebanyak 9058,161 ton/tahun untuk menghasilkan produk MOCAF sebanyak 91.000 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan neraca ekonomi, didapatkan *Total Cost Investment* untuk pabrik ini sebesar Rp 502.146.019.012, *Internal Rate of Return* sebesar 23,73 %, dan *Break Event Point* 36 %. Pabrik beroperasi secara kontinyu selama 300 hari dan 24 jam.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan neraca ekonomi, didapatkan *Total Cost Investment* untuk pabrik ini sebesar Rp 502.146.019.012, *Internal Rate of Return* sebesar 23,73 %, dan *Break Event Point* 36 %. Pabrik beroperasi secara kontinyu selama 300 hari dan 24 jam. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pabrik MOCAF ini akan didirikan di daerah Jawa Tengah, tepatnya di Kabupaten Wonogiri. Pabrik ini memproduksi MOCAF sebagai produk utama dengan kapasitas 91.000 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku singkong sebanyak 720.220,41 kg/hari. Pembuatan MOCAF melalui 3 macam proses, yaitu proses persiapan bahan baku, proses fermentasi dengan bantuan bakteri *L. Plantarum*. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi, dilihat dari nilai POT (Waktu Pengembalian Modal) sebesar 3,93 tahun, IRR (Laju Pengembalian Modal) sebesar 23,73%, dan BEP (titik impas) didapatkan 36% dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi ketentuan. Dari hasil analisa, pabrik ini layak didirikan di Indonesia karena pabrik ini mampu menjawab permasalahan ketahanan pangan di Indonesia. Tepung MOCAF dengan bahan baku singkong dapat menggantikan tepung terigu sebagai bahan pangan penduduk Indonesia. Pabrik ini memiliki peluang besar dan berpotensi untuk dibangun di Indonesia pada tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS), *Statistik Indonesia 2016 (Statistical Yearbook of Indonesia 2016)*. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS), 2016.
- [2] A. R. Yanuarti and M. D. Afsari, *Profil Komoditas Barang Kebutuhan Pokok dan Barang Penting: Komoditas Tepung Terigu*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Perdagangan RI, 2016.
- [3] H. Sembiring, H. Hasnul, and D. Diana, "Kebijakan Pengembangan Gandum di Indonesia," in *Gandum: Peluang Pengembangan di Indonesia*, Jakarta, Indonesia: IAARD Press, 2016.
- [4] H. Oktadiana, M. Abdullah, K. Renaldi, and N. Dyah, "Diagnosis dan tata laksana penyakit Celiac," *J. Penyakit Dalam Indones.*, vol. 4, no. 3, p. 165, 2017.
- [5] E. Amri and P. Pratiwi, "Pembuatan Mocaf (Modified Cassava Flour) dengan proses fermentasi menggunakan beberapa jenis ragi," *J. Pelangi*, vol. 6, no. 2, pp. 171–179, 2014.
- [6] S. Gunawan *et al.*, "Effect of fermenting cassava with *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of their flour," *Int. Food Res. J.*, vol. 22, pp. 1280–1287, 2015.
- [7] A. Akintonwa, O. Tunwashe, and A. Onifade, "Fatal and non-fatal acute poisoning attributed to cassava-based meal," *Acta Hort.*, vol. 375, pp. 285–288, 1994.
- [8] J. Sulistyono and K. Nakahara, "Cassava flour modification by microorganism," in *The 1st International Symposium on Microbial Technology for Food and Energy Security*, 2013.
- [9] M. Hawashi, T. Surya Ningsih, S. Bias Tri Cahyani, K. Tri Widjaja, and S. Gunawan, "Optimization of the fermentation time and bacteria cell concentration in the starter culture for cyanide acid removal from wild cassava (*Manihot glaziovii*)," in *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 156.
- [10] I. Amalia and P. Arum, "Pengaruh Waktu Fermentasi dan Penambahan Kultur Terhadap Mutu MOCAF (Modified Cassava

- Flour) dari Singkong Karet (Manihot glaziovii) Surabaya (),” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [11] Badan Pusat Statistik, “Produksi Ubi Kayu menurut Provinsi (ton), 1993-2015,” 2016. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/dynamic/ptb/2015/09/09/880/produksi-ubi-kayu-menurut-provinsi-ton-1993-2015.html>. [Accessed: 26-Sep-2018].
- [12] Badan Pusat Statistik, “Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Ubi Kayu dan Ubi Jalar Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2015,” 2016. [Online]. Available: <https://jateng.bps.go.id/statistik/2016/08/22/1314/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-ubi-kayu-dan-ubi-jalar-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2015.html>. [Accessed: 26-Sep-2018].
- [13] H. D. Nugraha, A. Suryanto, and A. Nugroho, “Kajian potensi produktivitas ubikayu (Manihot esculenta Crant.) di Kabupaten Pati,” *J. Produksi Tanam.*, vol. 3, no. 8, pp. 673–682, 2015.
- [14] S. Gunawan, Z. Istighfarah, H. W. Aparamarta, F. Syarifah, and I. Dwitasari, “Utilization of Modified Cassava Flour and its by-Products,” in *Handbook on Cassava: Production, Potential Uses and Recent Advances*, C. Klein, Ed. New York: Nova Science Publisher, Inc, 2017.
- [15] E. C. A. Neves, D. A. Neves, K. B. D. S. Lobato, G. C. do Nascimento, and M. T. P. S. Clerici, “Technological Aspects of Processing of Cassava Derivatives,” in *Handbook on Cassava: Production, Potential Uses and Recent Advances*, New York: Nova Science Publisher, Inc, 2017.
- [16] A. A. Martiyanti, A. Muani, and R. Radian, “Strategi Pengembangan Agroindustri Mocaf di Kota Singkawang,” *J. Soc. Econ. Agric.*, vol. 4, no. 1, pp. 14–25, 2015.
- [17] G. J. Tortora, B. R. Funke, and C. L. Case, *Microbiology: An Introduction*. San Francisco, California: Pearson Education, Inc, 2013.