

Pra Desain Pabrik Konnyaku dari Umbi Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan Metode Kombinasi Hidrolisa Enzim α -Amilase dan Ekstraksi Etanol

Eunike Rhiza Febriana Setyadi, Amani Salsabil Husodo, dan Setiyo Gunawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gunawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Glukomanan merupakan salah satu kandungan dalam umbi porang yang baik untuk diet dan kesehatan, antara lain dapat mengurangi kolesterol darah, memperlambat pengosongan perut, mempercepat rasa kenyang sehingga cocok untuk makanan diet dan bagi penderita diabetes. Tepung glukomanan memiliki banyak sekali manfaat, namun hingga tahun 2021, produksi tepung glukomanan dan produk sehat siap konsumsi seperti *konnyaku* hanya ada 3 pabrik saja di Indonesia. Pada tahun 2012, Indonesia belum bisa memenuhi seluruh permintaan ekspor porang yang mencapai 200 ton/tahun sehingga Indonesia perlu meningkatkan produksi untuk memenuhi permintaan pasar luar negeri. Pra Desain Pabrik Konnyaku dari Umbi Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) direncanakan mulai beroperasi tahun 2025 dengan kapasitas produksi sebesar 10.000 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Desa Banjaranyar Kecamatan Tanjunganom, Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur. Dalam pemenuhan kapasitas tahunan, pabrik akan beroperasi kontinyu 24 jam per hari selama 330 hari. Dengan bahan baku sebesar 1.239,90 kg/jam dapat dihasilkan produk konnyaku sebesar 1.262,65 kg/jam. Proses produksi konnyaku dari tepung glukomanan umbi porang dapat diuraikan menjadi 3 tahapan proses. Proses pertama adalah pembuatan tepung porang dari umbi porang. Tahap kedua yaitu proses pemurnian glukomanan. Tahap ketiga adalah tahap pembuatan konnyaku. Pra Desain Pabrik Konnyaku dari Umbi Porang ini dirancang sebagai perusahaan yang berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staff. Untuk dapat mendirikan pabrik dengan kapasitas produksi sebesar 10.000 ton/tahun, maka diperlukan total modal investasi sebesar Rp 440.909.029.759,84 dan total biaya produksi sebesar Rp 341.370.098.851,44 dengan estimasi hasil penjualan sebesar Rp 649.320.228.564,79 per tahun. Sehingga didapatkan harga pokok penjualan (HPP) sebesar Rp 30.389.283,13 per ton produk. Estimasi umur pabrik ini adalah 10 tahun dengan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 38,33%, *Pay Out Time* (POT) 4 tahun 10 bulan, dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 23,42%.

Kata Kunci—Glukomanan, Harga Pokok Penjualan, *Internal Rate of Return*, Konnyaku, dan Umbi Porang.

I. PENDAHULUAN

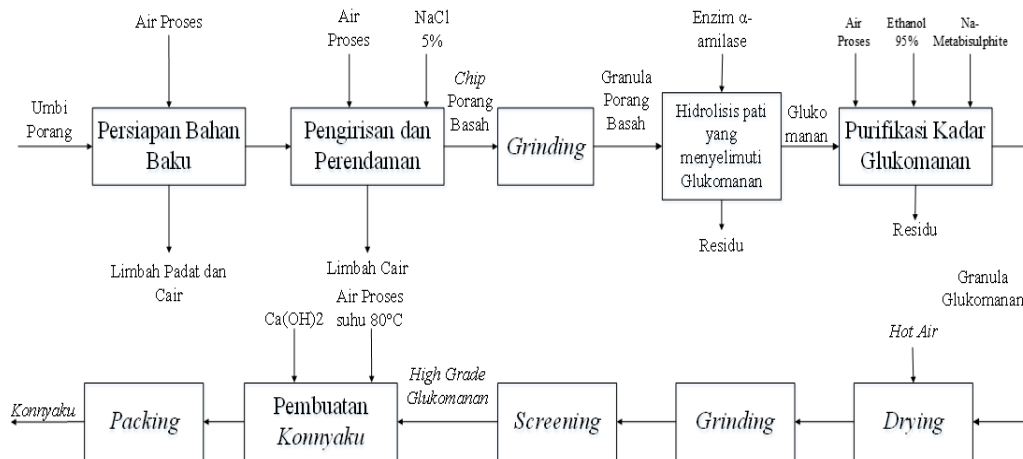
INDONESIA merupakan negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunannya pada berbagai bidang, termasuk di sektor industri. Tujuan dari peningkatan pembangunan di bidang industri adalah meningkatkan produksi dalam negeri, menjaga keseimbangan struktur ekonomi, meningkatkan devisa negara, serta memperluas kesempatan kerja masyarakat Indonesia. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) memprioritaskan pengembangan lima sektor industri

nasional dalam implementasi sistem industri 4.0. Kelima sektor industri tersebut adalah industri makanan dan minuman, tekstil dan pakaian jadi, automotif, elektronik, dan kimia [1].

Produk dari suatu industri pangan yang dikonsumsi masyarakat sebagian besar berbahan dasar tepung. Tepung yang sering dikonsumsi masyarakat adalah tepung terigu, yang berbahan dasar gandum. Namun, gandum memiliki kelemahan dalam dua aspek. Pertama, mengacu pada aspek ekonomi, Indonesia masih mengimpor gandum sebagai bahan baku tepung. Pada periode 2018/2019 sebanyak 22.524 ton gandum masih diimpor, meski mengalami penurunan 3,8% dari tahun sebelumnya [2]. Tepung terigu mengandung beberapa zat yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satunya adalah aloksan (*alloxan*) yang mana zat ini akan menghancurkan sel beta pankreas yang kemudian menaikkan gula darah. Aloksan berasal dari proses pemucatan tepung [3]. Selain itu ada senyawa gluten, zat yang tergolong dalam kelompok protein dan menyebabkan penyakit *coeliac disease* (CD) pada penderita dengan bawaan gen tertentu. Penyakit ini menyebabkan kondisi autoimun pada penderita sehingga mengalami gangguan absorpsi dalam pencernaan. Gandum juga mengandung karbohidrat yang bisa difermentasi dalam jumlah sedikit, biasa disebut *Fermentable, Oligo-, Di-, Monosaccharides and Polyols* (FODMAPs). Karbohidrat ini bisa menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan dan meningkatkan jumlah fermentasi di usus besar, di mana kedua hal tersebut tidak baik untuk kesehatan [4].

Aspek kesehatan lain yang penting terkait dengan sistem peredaran darah. Penyakit yang menyerang sistem tersebut adalah penyakit kardiovaskular (CVD), dengan 17,9 miliar penderita di seluruh dunia dan menjadi penyebab paling utama kematian yang terjadi hingga 32% kejadian kematian. Menurut World Health Organization tahun 2021, penyebab utama penyakit kardiovaskuler adalah aterosklerosis, yaitu peningkatan kadar kolestrol total dan *Low Density Lipoprotein* (LDL) darah yang disebabkan peningkatan konsumsi lemak dan kolesterol tinggi dalam makanan. Salah satu upaya mengatasi masalah ini, yaitu mengkonsumsi makanan yang mengandung rendah lemak dan tinggi serat pangan [5].

Mengacu pada dua aspek pertimbangan tersebut, dibutuhkan bahan baku tepung dengan kandungan serat dan protein tinggi, serta rendah glukosa dan lemak. Porang bisa digunakan sebagai alternatif untuk substitusi gandum dalam produksi tepung terigu. Umbi porang mengandung serat tak larut (*soluble fibre*) dan serat tak larut [6]. Serat larut dapat



Gambar 1. Block flow diagram pembuatan konnyaku dari umbi porang.

menurunkan kadar kolesterol dengan mengikatnya di saluran pencernaan dan membawanya keluar. Sedangkan serat tidak larut dapat membantu masalah pencernaan seperti sembelit dan menjaga kesehatan organ-organ pencernaan. Manfaat lain dari serat bagi tubuh adalah membantu mengendalikan kadar gula, membantu menurunkan berat badan, dan mengurangi resiko kanker [7].

Ada satu zat penting yang terkandung dalam tepung porang, yakni glukomanan. Glukomanan adalah zat yang baik untuk diet dan kesehatan. Kandungan glukomanan pada tepung porang biasa dikenal sebagai *Konjac Glucomannan* (KGM). Manfaat dari KGM adalah mengurangi kolesterol darah, memperlambat pengosongan perut, mempercepat rasa kenyang sehingga cocok untuk makanan diet dan bagi penderita diabetes, serta sebagai pengganti agar-agar dan gelatin [8]. Namun, umbi porang memiliki pengotor lainnya (Tabel 1), seperti pati, serat kasar, lemak, protein, kalsium oksalat, abu, yang perlu dihilangkan dalam proses industri.

Jumlah produsen tepung porang yang belum banyak menyebabkan Indonesia saat ini masih melakukan impor tepung glukomanan dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku farmasi. Di sisi lain, untuk kegiatan ekspor, Indonesia sudah melakukan ekspor olahan tanaman porang dalam bentuk chips (*Konjac Chips*) ke negara lain seperti Jepang, Australia, dan China. Pada tahun 2012, Indonesia belum bisa memenuhi seluruh permintaan ekspor porang ke China, Jepang, Australia, Sri Langka, Malaysia, Korea, New Zealand, dan Italia [9]. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia perlu meningkatkan produksi untuk memenuhi permintaan pasar luar negeri.

Di Jepang, tepung porang diolah menjadi *konnyaku* dan mie *shirataki*. Masyarakat Jepang telah mengonsumsi *konnyaku* selama kurang lebih 1500 tahun, karena memiliki khasiat kesehatan yang baik. *Konnyaku* dengan kandungan glukomanan yang tinggi mampu menstabilkan kadar kolesterol dan mencegah tekanan darah tinggi, karena glukomannan merupakan polisakarida dengan berat molekul yang tinggi sehingga dapat menunda rasa lapar ketika dikonsumsi. Hal tersebut dapat menyebabkan penyerapan gula secara bertahap sehingga dapat mengurangi kadar gula dalam darah.

Harga *konnyaku* terbilang cukup mahal dibandingkan dengan produk olahan porang lainnya. Harga porang basah saat ini telah mencapai Rp. 10.000 per kilogram. Kemudian

untuk olahan chips porang atau porang yang telah diiris dandikeringkan dijual di pasaran dengan harga Rp. 55.000 per kilogram. Sedangkan tepung porang yang di ekspor ke luar negeri di jual dengan harga Rp. 200.000 sampai dengan Rp. 250.000 per kilogram. Untuk harga *konnyaku* di Jepang dijual dengan harga sekitar Rp. 56.800 untuk 1 kemasan dengan berat 250 gram. Dalam sebuah penelitian disebutkan bahwa untuk 3 gram tepung glukomanan ditambahkan dengan 100 ml air dan 0,3 gram CaO akan menghasilkan 55 gram *konnyaku*. Dapat dilihat bahwa harga dari olahan porang terus meningkat seiring dengan bertambahnya nilai guna produk.

Jepang merupakan salah satu negara dengan kebutuhan *konnyaku* yang tinggi. Berdasarkan data dari Statistik Perdagangan Jepang, pada tahun 2010 hingga 2019 menunjukkan adanya peningkatan jumlah impor *konnyaku blocks* ke Jepang. Pada tahun 2019, jumlah impor *konnyaku* mencapai 14.335 ton/tahun. Kemudian untuk jumlah konsumsinya mencapai 174.000 ton/tahun. Angka konsumsi dan impor yang cukup tinggi membuat penulis menentukan target pasar yaitu Negara Jepang. Hal ini juga dikarenakan *konnyaku* merupakan salah satu makanan pokok masyarakat Jepang.

Ketersediaan bahan baku dan serta *supply-demand* produk merupakan faktor penting dalam perancangan sebuah pabrik. Ketersediaan bahan baku di sebuah lokasi diperlukan untuk menentukan letak lokasi pabrik akan dibangun. Selain ketersediaan, kualitas bahan baku juga penting untuk diperhatikan karena tujuan dibangunnya sebuah pabrik adalah menghasilkan sebuah produk yang akan dipasarkan untuk masyarakat. Kualitas bahan baku juga dipertimbangkan dalam perancangan industri, karena erat kaitannya dengan proses dan produk yang dihasilkan. Karena diinginkan untuk membuat industri tepung sehat yang bisa mensubstitusi gandum, pemilihan bahan baku utama mengacu pada kadar glukomanan (KGM). Dari beberapa jenis umbi-umbian, porang memiliki kadar glukomanan yang cukup tinggi sehingga dipilih menjadi bahan baku utama. Adapun bahan baku pendukung meliputi: air, NaCl, natrium metabisulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), enzim α -Amylase, K_2HPO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan etanol. Kualitas produk merupakan hal penting karena dalam perencanaan pabrik perlu memperhatikan aspek mutu atau kualitas produk yang sesuai dengan negara tujuan. Produk yang diinginkan dari pabrik ini adalah *konnyaku* yang

Tabel 1.
Komposisi Kimia Umbi Porang

Kandungan Unsur Kimia	Kadar (%)
Air	83,3
Glukomanan	3,58
Pati	7,65
Protein	0,92
Lemak	0,02
Serat	2,5
Kalsium oksalat	0,19
Abu	1,22
Logam berat (Cu)	0,09

merupakan makanan diet tinggi glukomanan untuk diekspor ke negara Jepang. *Konnyaku blocks* akan dikemas dengan kemasan plastik kedap udara yang memiliki bobot 250 gram. Komposisi *konnyaku* tiap 100 gram, dapat dilihat pada Tabel 2.

Pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor yang mempengaruhi keberhasilan karena berkaitan erat dengan efisiensi ekonomi. Lokasi yang ideal untuk pendirian suatu pabrik perlu didukung oleh insfraktur yang diciptakan oleh pemerintah daerah setempat, sehingga mampu menarik investor untuk mendirikan pabrik di daerah tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, pada Kabupaten Nganjuk terdapat 759 hektar tanah dengan estimasi produksi umbi porang sebesar 30.360 ton per tahun [10]. Perhatikan Tabel 3. Adapun faktor utama dan faktor khusus yang menentukan pemilihan lokasi pabrik, antara lain:

1. Ketersediaan Lahan dan Bahan Baku
2. Lokasi Pemasaran
3. Sumber Energi Listrik dan Air
4. Sumber Tenaga Kerja
5. Aksesibilitas dan Fasilitas transportasi
6. Hukum dan Peraturan perundang-undangan
7. Iklim dan Topografi

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Pada Gambar 1 menjelaskan mengenai proses pembuatan *konnyaku* dari umbi porang. Proses tersebut dapat dibagi menjadi tiga tahapan proses yaitu sebagai berikut :

1. Proses pembuatan tepung porang dari umbi porang.
2. Proses pemurnian glukomanan dari tepung porang.
3. Proses pembuatan *konnyaku*.

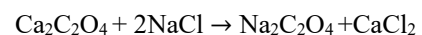
A. Proses Pembuatan Tepung Porang dari Porang

Umbi porang dari gudang penyimpanan bahan baku dikirim menggunakan *conveyor belt* menuju mesin pengupas kulit. Digunakan alat transportasi *conveyor belt* karena sifat bahan yang diumpangkan berupa padatan yang tidak lengket dan berukuran sedang, sehingga lebih baik diumpangkan dengan *conveyor belt* dibandingkan *screw conveyor*[11].

Kemudian umbi porang yang sudah terpisah dari kulitnya dikirim ke mesin pencuci, yaitu mesin *rotary drum washer I* yang bertujuan menghilangkan pengotor (tanah dan pasir) yang menempel pada umbi porang dengan menggunakan alat *conveyor belt*. Setelah itu, dilakukan proses pencucian menggunakan air proses dengan suhu ruang (30 °C).. Setelah itu, dilakukan proses pencucian menggunakan air proses dengan suhu ruang. Umbi porang yang telah dicuci bersih kemudian dikirim menggunakan *conveyor belt* menuju *chipper* untuk dikecilkan ukurannya menjadi *chips* dengan ketebalan 1-2 mm. Pengecilan ini bertujuan untuk

memperbesar luas kontak, sehingga reaksi yang dialami oleh *chips* porang bisa lebih cepat.

Kemudian *chips* porang basah dibawa dengan *belt conveyor* menuju ke bak perendaman. Dalam bak perendaman dilakukan proses perendaman *chips* porang basah dengan larutan NaCl 5% selama 20 menit. Larutan NaCl 5% dialirkan dari *static mixer*. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan kalsium oksalat yang ada didalam umbi porang. Kalsium oksalat berdampak kurang baik untuk tubuh karena dapat menyebabkan rasa gatal pada kulit, iritasi kulit, hingga gagal ginjal jika ditimbun dalam tubuh secara masif dan terus menerus. Karena kalsium oksalat memiliki sifat yang tidak larut dalam air , maka harus ditambahkan larutan garam (NaCl) agar bereaksi. Reaksi yang terjadi dalam proses perendaman ini sesuai dengan reaksi berikut:



Hasil dari reaksi tersebut merupakan *impurities* Natrium Oksalat dan Kalsium Klorida yang bersifat dapat larut dalam air, sehingga dapat dialirkan menuju *wastewater treatment plant*. Setelah dilakukan perendaman untuk menghapus kalsium oksalat, *chips* porang basah dikirim menuju *rotary drum washer II* untuk dicuci kembali menggunakan air proses dengan suhu ruang hingga bersih.

Chips porang basah yang telah selesai proses *pre-treatment* dibawa menggunakan *conveyor belt* menuju *crusher* untuk dilakukan proses pengecilan ukuran sebelum menuju proses pemurnian. Pengecilan dilakukan agar luas kontak partikel semakin besar dan proses pemurnian bisa berlangsung lebih efektif. Dengan pengecilan ukuran tersebut, pengotor pada permukaan glukomanan juga dapat dibuang pada tahapan berikutnya. Setelah itu, tepung glukomanan basah akan dibawa oleh *screw conveyor* untuk disimpan sementara dalam tangki penyimpanan glukomanan guna memberikan waktu tunggu dan transisi dari proses kontinyu menuju *batch* pada pemurnian tepung glukomanan.

B. Proses Pemurnian Glukomanan dari Tepung Porang

Granula glukomanan hasil *pre-treatment* selanjutnya dikirim menuju ke proses pemurnian dengan dua tahap utama, yaitu : Hidrolisis menggunakan enzim α -amilase, dan ekstraksi glukomannan menggunakan etanol.

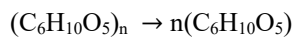
Granula glukomanan dikirim menuju *mixing tank* enzim α -amilase tipe *batch stirred tank reactor* menggunakan *screw conveyor*. Pemilihan alat transportasi jenis *screw conveyor* karena bentuk dari bahan yang diumpangkan adalah granula dengan kandungan air yang tinggi sehingga diperlukan *screw* untuk mendorong granula manan agar dapat berpindah tempat. Apabila digunakan *belt conveyor* maka bahan akan banyak yang terbuang dan lengket pada *conveyor* [11].

Tabel 2.
Komposisi *konnyaku* per 100 gram

Komponen	Kuantitatif
Kalori	5 kcal
Air	97,3 g
Protein	0,1 g
Karbohidrat	2,3 g
Lemak	0 g
Sodium	10 mg
Potassium	60 mg
Kalsium	43 mg
Vitamin	3,6 mg

Hidrolisis pati dengan enzim α -amilase bertujuan untuk memecah rantai pati yang menyelubungi glukomanan, dan melepaskan granula manan. Digunakan enzim α -amilase karena sifat enzim yang sangat spesifik, sehingga α -amilase hanya akan memutus ikatan α -1,4 glukosida pada pati, dan menyisakan ikatan β -1,4 yang menghubungkan manosa dan glukosa sebagai penyusun glukomanan, yang menyebabkan senyawa tersebut tidak ikut terhidrolisis [12].

Hidrolisis ini terjadi pada *batch stirred tank reactor α -amilase*. Pati akan terhidrolisis menjadi amilosa dan amilopektin [13]. Reaksinya ditunjukkan persamaan berikut



Sehingga untuk hidrolisis pada *batch stirred tank reactor α -amilase*, ditambahkan larutan enzim α -amilase dalam fosfat dari Mixing Tank Fosfat dan Enzim α -amilase ke dalam. Sebelumnya enzim α -amilase dan K_2HPO_4 memiliki fasa padat, masing-masing dialirkan dari Hopper dan Bin Enzim α -Amilase dan Hopper dan Bin K_2HPO_4 untuk membentuk 3,9% fraksi massa enzim α -amilase dalam larutan fosfat 0,1 M. Untuk proses pengkondisian proses hidrolisis, pH bernilai 6 dijaga dengan pemberian buffer fosfat. Hal itu agar enzim α -amilase dapat bekerja maksimal dengan pH yang relative konstan, karena aktivitas enzim sensitif terhadap perubahan pH. pH 6 sendiri masuk dalam rentang pH optimal untuk kinerja enzim α -amilase [14].

Adapun untuk pengkondisian suhu, dilakukan pengadukan konstan selama 2 jam dan dialirkan *steam* ke dalam *reactor jacket* supaya suhu di dalam reaktor naik menjadi 55°C. Pengadukan selain bertugas menjaga suhu operasi tetap 55°C, juga bisa untuk meningkatkan kontak antar molekul campuran sehingga hidrolisis lebih maksimal. Suhu 55°C digunakan karena selain suhu itu masuk dalam rentang suhu optimum proses hidrolisis (50°C-70°C), karena didapatkan hasil glukomanan yang paling optimal, serta viskositas tertinggi berada pada kondisi operasi tersebut. Selain itu, meskipun reaksi ini sifatnya eksotermis sehingga umumnya reaktor membutuhkan pendingin, tapi pada reaktor ini digunakan pemanas. Penentuan hal itu harus kembali meninjau aliran masuk dan keluar juga. Pada reaksi ini suhu yang masuk (30°C) lebih kecil dari suhu optimum proses (55°C). Oleh karena itu pada reaktor ini menggunakan pemanas dengan tujuan menaikkan suhu aliran masuk hingga mencapai suhu optimum [15].

Campuran dipindahkan menuju *disk stack centrifuge* untuk proses pemisahan. *Centrifuge* bekerja dengan konsep pengendapan. Di mana kecepatan putar ini akan memisahkan molekul berdasarkan berat molekulnya sehingga akan terbentuk lapisan-lapisan dengan zat yang memiliki berat molekul paling besar ada di lapisan paling bawah. *Centrifuge* dijalankan selama 20 menit dengan kecepatan 7500 rpm.

Kemudian endapan yang berisi glucomannan, sisa pati, protein, serat kasar; yang mana berat molekul mereka lebih besar sehingga ada di lapisan bawah dan membentuk larutan kental; dibawa menuju *mixing tank* menggunakan *screw conveyor* dan *bucket elevator*. Sedangkan amilosa, amilopektin, air, K_2HPO_4 , dan enzim α -amilase yang berada pada lapisan atas (cair), dibawa menuju WWTP.

Senyawa $Na_2S_2O_5$ ditambahkan dari *hopper* dan *bin* Natrium-Metabisulfit ke dalam *static mixer* kemudian dialirkan aquadest hingga konsentrasi larutan $Na_2S_2O_5$ menjadi 7,5% (b/b). Campuran dilakukan pengadukan selama 30 menit pada suhu ruang. Natrium metabisulfit ditambahkan sebelum proses pemurnian lanjutan menggunakan etanol, karena dapat meningkatkan derajat putih tepung porang sehingga memenuhi standar mutu pangan, dengan cara mencegah efek pencoklatan karena reaksi lanjutan pada tahap pembentukan pigmen melanoidin [16]. Campuran kemudian dilakukan proses pemisahan antara $Na_2S_2O_5$ dan larutan yang mengandung glukomanan (*supernatant*). Larutan yang mengandung endapan natrium metabisulfit kemudian dialirkan menuju *rotary drum vacuum filter* untuk dipisahkan fase solid dan liquidnya. Hasil pemisahan berupa padatan yang merupakan endapan natrium metabisulfit, selanjutnya akan dibawa menuju unit pengolahan limbah padat. Sedangkan hasil pemisahan berupa larutan (*supernatant*) akan dialirkan menuju ke *mixing tank* etanol menggunakan *centrifugal pump*.

Dalam *mixing tank*, *supernatant* dikontakkan dengan etanol 95% yang dialirkan dari tangki penyimpanan etanol. Rasio etanol yang dikontakkan adalah 25 ml etanol per gram tepung glukomanan. Proses ini bertujuan untuk mengendapkan glukomanan yang sebelumnya terlarut di dalam air, agar terbentuk granula glukomanan yang akan menghasilkan *high grade glucomannan*. Dipilih etanol sebagai pelarut karena beberapa hal: Polaritas etanol paling besar di antara alkohol jenis lainnya, glukomanan dan serat kasar yang merupakan polisakarida dengan polaritas dan berat molekul lebih kecil dibandingkan pati, serta etanol adalah solvent yang sering digunakan dalam industri pangan karena aman untuk proses mapun konsumsi. Penambahan etanol mengurangi polaritas larutan, sehingga glukomanan akan mengendap lebih dahulu dan menyisakan impurities lain (abu, logam, lemak, dan sisa pati) yang terlarut dalam etanol. Proses perendaman ini dilakukan selama 15 menit dengan suhu ruang dengan pengadukan konstan.

Larutan yang mengandung endapan granula glukomanan dialirkan menuju *disk stack centrifuge* untuk dipisahkan fase padat dan cairnya. Hasil pemisahan berupa cairan yang mengandung etanol, air, dibawa menuju unit distilasi. Larutan *supernatant* yang masih mengandung etanol dipisahkan dengan menara distilasi sehingga didapatkan

Tabel 3.
Luas Lahan dan Estimasi Produksi Porang per Tahun

Wilayah	LUAS LAHAN (HA)	Estimasi Produksi (Ton)
Perum Perhutani Unit I Jawa Timur		
KPH Jember	121	4.840
KPH Nganjuk	759	30.360
KPH Padangan	3,9	156
KPH Saradan	615	24.600
KPH Bojonegoro	35,3	1.412
Madiun	70	2.800
Perum Perhutani Unit II Jawa Tengah		
KPH Blora	150	6.000
Cepu	480	19.200
Mantingan	50	2.000
Randublatung	520	20.800

etanol 95% yang akan dialirkan kembali menuju tangki penyimpanan etanol dengan *centrifugal pump*. Sedangkan hasil pemisahan berupa padatan granula glukomanan akan dibawa menuju ke *tunnel dryer* dengan *screw conveyer*.

Granula glukomanan basah kemudian dikeringkan dalam *tunnel dryer* dengan suhu 50°C selama 8 jam. Pengeringan ini akan menghasilkan granula glukomanan kering dengan kadar air 3,69%. Namun bentuk dari granula ini masih cukup besar sehingga perlu untuk dilakukan penggilingan dan pengayakan kembali agar ukurannya seragam. Granula glukomanan kering kemudian dibawa menuju ke *ball mill* melalui *screw conveyer*. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan glukomanan dengan ukuran yang lebih kecil untuk mempermudah proses pengayakan. *Ball mill* digunakan karena bisa mereduksi ukuran partikel dan umum digunakan dalam industri tepung [11]. Setelah itu glukomanan dialirkan menuju *screen* berukuran 80 mesh untuk diayak dan disamakan ukurannya. Proses pemurnian selesai dan menghasilkan *high grade glucomannan* (glukomanan dan serat kasar larut air) yang memiliki kadar 92,51%.

C. Proses Pembuatan Konnyaku

Hasil dari glukomanan dan serat kasar kemudian dibawa ke tangki penyimpanan dengan *screw conveyer* dan *bucket elevator*. Tahapan proses selanjutnya adalah proses pembuatan konnyaku. Dimana glukomanan yang telah dihasilkan dialirkan dari tangki penyimpanan tepung glukomanan ke *z-blade mixer* dengan *screw conveyer* dan *bucket elevator* untuk kemudian ditambahkan air proses (pada suhu 30°C) sejumlah 85 gram per 5 gram tepung. Campuran ini kemudian diaduk hingga homogen dengan pengadukan konstan selama 8 menit. Setelah itu, campuran ini didiamkan di dalam *z-blade mixer* selama 90 menit pada suhu ruang agar terjadi proses pengembangan adonan dan akan terbentuk pasta konnyaku. Lalu ditambahkan 6 gram larutan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) per 5 gram tepung dari tangki penyimpanan kedalam pasta konnyaku. Kalsium hidroksida ini berfungsi sebagai koagulan alkaline. Kemampuan glukomanan mengikat air akan menjadi lebih stabil dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ karena akan membentuk gel yang bersifat *thermo-irreversible* yang bersifat stabil hingga suhu pemanasan 100°C. Digunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai koagulan menurut U.S. *patent application number* 16/328960 karena mampu mencegah kontaminasi mikroba dengan meningkatkan pH produk sehingga mampu menstabilkan tingkat keasaman. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dipilih karena merupakan food grade yang aman untuk makanan, selain itu ion Ca^{2+} memiliki *denser electrostatic charge* dibandingkan dengan K^+ karena

memiliki 2 ion. selain itu, Ca^{2+} terhubung dengan ikatan dipol kuat dengan molekul air serta gugus -OH dalam KGM sehingga mampu menghasilkan ikatan yang lebih kuat dengan air dibandingkan dengan K^+ dalam KOH. Dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -KGM memiliki elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan KOH-KGM karena adanya deasetilasi dari KGM yang menyebabkan interaksi intermolekular melalui ikatan hidrogen sehingga menyebabkan terbentuknya matriks yang lebih rapat [17]. Kemudian dilakukan pengadonan selama 2 menit hingga tercampur sempurna. Adonan kemudian di cetak dengan *block former machine*. Lalu dibawa ke bak sterilisasi menggunakan *belt conveyer* untuk disterilkan selama 30 menit dengan direndam dengan air sanitasi bersuhu 80°C untuk membunuh bakteri atau kuman yang ada. Lalu produk didistribusikan dengan *conveyer belt* ke dalam gudang produk dan produk didiamkan selama satu malam sebelum siap untuk diedarkan ke pasaran.

III. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa dan neraca energi pada pabrik *konnyaku* dari umbi porang dibutuhkan bahan baku dan bahan pendukung, antara lain umbi porang 9.820 ton/tahun, etanol 95% 22.656 ton/tahun, natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$): 631,181 ton/tahun, natrium klorida (NaCl) 830,365 ton/tahun, α -Amilase 414,345 ton/tahun, K_2HPO_4 175,61 ton/tahun, dan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 4,52 ton/tahun untuk menghasilkan produk *konnyaku blocks* sebanyak 10.000 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan nilai dari Total Capital Investment pabrik ini sebesar Rp 440.909.029.759,83 dengan bunga 8,00% per tahun. Dengan Harga Pokok Penjualan (HPP) sebesar Rp 30.389.283,13 per ton. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 38,33% dan BEP sebesar 23,42% dimana pengembalian modalnya selama 4 tahun 10 bulan. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari segi teknis, kapasitas rancangan pabrik konnyaku direncanakan 10.000 ton/tahun dengan metode kombinasi hidrolisa enzim α -amilase dan ekstraksi etanol, pembangunan dimulai pada tahun 2023 di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur dan direncanakan mulai beroperasi

pada tahun 2025. Bentuk hukum perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yang direncanakan sistem lini dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 286 orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenperin, "Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Republik Indonesia," Jakarta: Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian, 2015.
- [2] G. McDonald dan S. Meylinah, "Indonesia Grain and Feed Annual Report 2019," USDA Foreign Agricultural Service, 2019.
- [3] V. Giaccone, G. M. lo Dico, dan L. Pantano, "First report on the presence of alloxan in bleached flour by LC-MS/MS," *Biodiversity Journal*, vol. 10, no. 4, hlm. 493–494, Des 2019, doi: 10.31396/Biodiv.Jour.2019.10.4.493.494.
- [4] J. A. S. Carson *dkk.*, "Dietary cholesterol and cardiovascular risk: a science advisory from the american heart association," *Circulation*, vol. 141, no. 3, Jan 2020, doi: 10.1161/CIR.0000000000000743.
- [5] R. Sari dan Suhartati, "Tumbuhan porang: prospek budidaya sebagai salah satu sistem sgroforestry," *Info Teknis EBONI*, vol. 12, no. 2, hlm. 97–110, 2015.
- [6] P. R. Shewry dan S. J. Hey, "The contribution of wheat to human diet and health," *Food and Energy Security*, vol. 4, no. 3, hlm. 178–202, Okt 2015, doi: 10.1002/fes3.64.
- [7] T. M. Barber, S. Kabisch, A. F. H. Pfeiffer, dan M. O. Weickert, "The health benefits of dietary fibre," *Nutrients*, vol. 12, no. 10, hlm. 3209, Okt 2020, doi: 10.3390/nu12103209.
- [8] M. Chua, T. C. Baldwin, T. J. Hocking, dan K. Chan, "Traditional uses and potential health benefits of *amorphophallus konjac* K. Koch ex N.E.Br.," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 128, no. 2, hlm. 268–278, Mar 2010, doi: 10.1016/j.jep.2010.01.021.
- [9] Hartoyo, "Budidaya dan Pemasaran Porang Di Desa Klangon," Prosiding Inovasi Pengelolaan Hutan Lestari Berbasis Hasil Hutan Non-kayu, Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta, 2012.
- [10] N. Saleh, S. Rahayuningsih, B. S. Radji, E. Ginting, D. Harnowo, dan I. J. Mejaya, *Tanaman Porang (Pengenalannya, Budidaya, dan Pemanfaatannya)*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman, 2015.
- [11] S. M. Walas, *Chemical Process Equipment and Design Selection*. Wiley, 1990.
- [12] D. H. Wardhani, J. A. Vázquez, D. A. Ramdani, A. Lutfiati, N. Aryanti, dan H. Cahyono, "Enzymatic purification of glucomannan from *amorphophallus onchophyllus* using α -amylase," *Bioscience Journal*, hlm. 277–288, 2019, doi: 10.14393/BJ-v35n1a2019-41766.
- [13] R. W. Missen, C. A. Mims, dan B. A. Saville, *Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics (1 ed.)*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [14] D. H. Wardhani, N. Aryanti, F. Murvianto, dan K. D. Yogananda, "Peningkatan kualitas glukomanan dari *amorphophallus onchophyllus* secara enzimatis dengan α -amilase," *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [15] K. Haryani, Suharto, Suryanto, Sarana, dan Santosa, "Pemutihan Tepung Porang (*Amorphophallus onchophyllus*) Menggunakan Natrium Metabisulfit dan Vitamin C," Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif, 2016.
- [16] Gregory. K. McMillan, *Advances in Reactor Measurement and Control*. International Society of Automation, Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif, 2015.
- [17] Y.-C. Huang, C.-Y. Yang, H.-W. Chu, W.-C. Wu, dan J.-S. Tsai, "Effect of alkali on konjac glucomannan film and its application on wound healing," *Cellulose*, vol. 22, no. 1, hlm. 737–747, Feb 2015, doi: 10.1007/s10570-014-0512-z.