

**PENJERNIHAN MALTODEKSTRIN SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN TEKNIK
ADSORPSI DAN FILTRASI MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DAN ZEOLIT**

OLEH:

DEWI NUR MAWADDAH UMAR

G311 14 308



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**PENJERNIHAN MALTODEKSTRIN SAGU (*Metroxylon sp.*) DENGAN TEKNIK
ADSORPSI DAN FILTRASI MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DAN ZEOLIT**

OLEH:

DEWI NUR MAWADDAH UMAR

G311 14 308

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL : PENJERNIHAN MALTODEKSTRIN SAGU (*Metroxylon sp.*)
DENGAN TEKNIK ADSORPSI DAN FILTRASI
MENGUNAKAN ARANG AKTIF DAN ZEOLIT
NAMA : DEWI NUR MAWADDAH UMAR
STAMBUK : G311 14 308
PROGRAM STUDI : ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN

Disetujui

1. Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



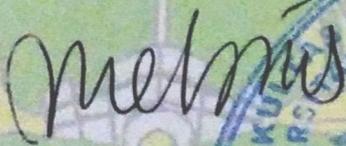
Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS
NIP. 19621231 198803 1 020



Dr. Muhammad Asfar, S.TP., M.Si
NIP. 19850427 201504 1 002

Mengetahui,

2. Ketua Departemen Teknologi Pertanian



Prof. Dr. Ir. H. Meta Mahendradatta
NIP. 19660917 199112 2 001



Tanggal Lulus : Desember 2020

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Nur Mawaddah Umar
NIM : G311 14 308
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jenjang Pendidikan : S1

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul “**Penjernihan Maltodekstrin Sagu (*Metroxylon sp.*) Dengan Teknik Adsorpsi Dan Filtrasi Menggunakan Arang Aktif Dan Zeolit**” adalah **BENAR** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan atau pemikiran orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 06 Januari 2021



(Dewi Nur Mawaddah Umar)

Penjernihan Maltodekstrin Sagu (*Metroxylon sp.*) Dengan Teknik Adsorpsi dan Filtrasi Menggunakan Arang Aktif dan Zeolit

¹⁾Dewi Nur Mawaddah Umar ²⁾Amran Laga ³⁾Muhammad Asfar

RINGKASAN

Maltodekstrin merupakan senyawa hasil hidrolisis pati yang dihasilkan dari proses pemotongan rantai pati menggunakan enzim α -amilase. Salah satu sumber pati potensial untuk ekstraksi maltodekstrin adalah pati sagu dengan rendemen 3-4 kali lebih besar dibandingkan dengan sumber pati lainnya. Maltodekstrin yang dihasilkan dari tepung sagu memiliki warna coklat kehitaman, merupakan warna yang tidak diharapkan pada produk maltodekstrin. Oleh karena itu perlu dilakukan proses penjernihan untuk menghilangkan warna tersebut, salah satunya dengan menggunakan metode penjernihan menggunakan zeolit dan arang aktif. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana tahapan proses yang dapat memurnikan warna dari maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu, penggunaan konsentrasi arang aktif terbaik, dan mengetahui metode aktivasi zeolit terbaik. Perlakuan pada penelitian ini yaitu variasi metode aktivasi zeolit (metode aktivasi fisik dan metode aktivasi kimia) dan variasi konsentrasi arang aktif (1%, 2%, 3%, dan 4%) yang digunakan pada proses penjernihan. Parameter yang diamati adalah tingkat kejernihan, gula pereduksi, dekstrosa ekuivalen, pati sisa, dan total padatan. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) yang terdiri dari dua faktor dengan dua kali ulangan, faktor A (metode aktivasi zeolit) sebagai petak utama dan faktor B (konsentrasi arang aktif) sebagai anak petak. Data hasil penelitian diolah menggunakan analisa sidik ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS 21, apabila hasilnya berpengaruh nyata maka diuji lanjut menggunakan uji Duncan (DMRT). Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa metode aktivasi zeolit hanya berpengaruh nyata terhadap tingkat kejernihan maltodekstrin. Perlakuan konsentrasi arang aktif terbaik pada penjernihan maltodekstrin secara umum yaitu pada konsentrasi 2% b/v dari segi parameter kadar gula pereduksi yaitu 206,8 g/L dan dekstrosa ekuivalen yaitu 76,16%. Metode aktivasi zeolit terbaik yaitu menggunakan metode aktivasi fisik dari segi parameter tingkat kejernihan maltodekstrin dengan nilai 98,01 %T.

Kata kunci: arang aktif, maltodekstrin, penjernihan, tepung sagu, zeolit

Purification of Sago Maltodextrin (*Metroxylon sp.*) With Adsorption and Filtration Techniques Using Activated Charcoal and Zeolite

¹Dewi Nur Mawaddah Umar ²Amran Laga ³Muhammad Asfar

ABSTRACT

Maltodextrin is a starch hydrolysis compound produced by cutting starch chains using the α -amylase enzyme. One of the potential starch sources for maltodextrin extraction is sago starch with a yield 3-4 times greater than other starch sources. Maltodextrin, which is produced from sago flour, has a blackish brown color, which is an unexpected color for maltodextrin products. Therefore it is necessary to carry out a purification process to remove the color, with a purification method using zeolite and activated charcoal. The purpose of this research is to find out how the process that can purify the color of maltodextrin from hydrolysis of sago starch, what the best activated charcoal concentration, and determine the best zeolite activation method. The treatments in this study were variations of zeolite activation methods (physical activation methods and chemical activation methods) and variations in the concentration of activated charcoal (1%, 2%, 3%, and 4%) used in the purification process. The parameters observed were clarity level, reducing sugar, dextrose equivalent, residual starch, and total solids. This research was designed using a separate plot design (RPT) which consisted of two factors with two replications, factor A (zeolite activation method) as the main plot and factor B (activated charcoal concentration) as subplots. The research data were processed using analysis of variance (ANOVA) with the SPSS 21 application, if the results had a significant effect, then it was further tested using the Duncan test (DMRT). The analysis of variance showed that the zeolite activation method only had a significant effect on the clarity level of maltodextrin. The best treatment of activated charcoal concentration in maltodextrin purification was at a concentration of 2% w/v in terms of parameters of reducing sugar content, 206.8 g/L and dextrose equivalent, 76.16%. The best zeolite activation method is using the physical activation method in terms of the clarity level parameter of maltodextrin with a value of 98.01% T.

Key words: activated charcoal, maltodextrin, purification, sago flour, zeolite

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis diberikan kesempatan, kekuatan, dan kemudahan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa dicurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. yang telah mengeluarkan kita dari zaman jahiliyah dan telah mengantarkan kita menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Skripsi hasil penelitian dengan judul **“Penjernihan Maltodekstrin Sagu (*Metroxylon sp.*) Dengan Teknik Adsorpsi dan Filtrasi Menggunakan Arang Aktif dan Zeolit”** disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana Teknologi Pertanian (STP) pada Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS** dan **Dr. Muhammad Asfar, S.TP., M.Si** selaku pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, kritikan, motivasi, serta kesabaran dan ketabahannya dalam menghadapi penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini, dan juga meluangkan waktunya untuk memberikan saran serta masukan demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Melalui kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Pertanian dan para Wakil Dekan, Karyawan dan Staf dalam lingkup Fakultas Pertanian atas bantuannya dalam pengurusan berkas-berkas administrasi selama penulis menempuh pendidikan.
2. Ketua Departemen Teknologi Pertanian, Ketua Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, Staf Dosen, Staf Pegawai dan Laboran Departemen Teknologi Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan serta bantuan kepada penulis selama menempuh jalur pendidikan.

3. Ketua Panitia Seminar Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Bapak **Dr. Muhammad Asfar, S.TP, M.Si** atas bantuan dan waktunya dalam pengurusan berkas penyelenggaraan seminar.
4. Ketua Panitia Ujian Sarjana Bapak **Andi Dirpan, STP., M.Si., PhD** atas atas bantuan dan waktunya dalam pengurusan berkas penyelenggaraan ujian sarjana.
5. Dosen Penguji Ujian Sarjana Ibu **Muspirah Djalal, S.TP., M.Sc** dan Ibu **Dr. Ir. Andi Hasisah, M.Si** yang telah meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan saran untuk penyempurnaan skripsi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. semoga skripsi ini dapat menjadi sumbangsih ilmu pengetahuan dan dapat memberikan manfaat bagi pembaca, terkhususnya bagi penulis.

Makassar, Desember 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari kehadiran orang-orang hebat disekeliling penulis. Oleh karena itu, secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluargaku tercinta Ayahanda **Abd. Karim D. Umar** dan Ibunda **Rusmin Husain** yang selama ini telah memberikan kasih sayang, perhatian, *support* baik dari segi materil maupun non materil. Terima kasih sudah mengasuh dan mendidik sedari kecil sehingga penulis dapat tumbuh hingga saat ini. Terima kasih atas kesabaran, ketabahan, pengertiannya, dan doanya selama penulis menempuh pendidikan hingga penyelesaian skripsi. Terima kasih juga kepada Kakak **Arif Alauddin Umar** yang sering menjadi motivasi penulis. Terima kasih atas dukungan dan pengertiannya. Kalian adalah sumber motivasi dan kekuatan bagi penulis. *I hope that I can make you proud of me.*
2. Partner penelitian penulis **Budiawati Nur Muzakkir** yang sama-sama menjadi pejuang *running* maltodekstrin, serta para penghuni Teaching Industry lainnya atas bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian. Juga kepada **Bu Mia, Kak Nana**, Laboran lab **Bu Ati, Kak Asmi, Bu Yuli**, dan para penghuni lab yang membantu selama proses penelitian penulis.
3. Kepada orang-orang yang telah membantu dan menemani selama proses penelitian yang tidak dapat disebutkan satu persatu namanya, baik proses *running* maltodekstrin di Teaching Industry, aktivasi pasir (terutama proses mencuci), aktivasi zeolit, *running* penjernihan, proses analisa di lab ITP, terutama yang banyak membantu mengangkutkan zeolit bolak balik Teaching Industry dan Lab ITP.
4. Perempuan-perempuan hebat **Ayu Hafidzah, Irma Kamaruddin, Linda Nur Ikawati, Nani Rahayu Usman, Nurmayanti, Nur Rizki Ramadhani** yang telah menjadi *inner circle* penulis dari kita MABA sampai sekarang. Terima kasih atas *support*, kehadirannya dan momen suka duka yang telah kita lalui bersama.
5. Teman-teman seperjuangan ITP 2014 **Abul, Hadi, Hilda, Irwan, Ika, Mutia, Pupe** dan Bakar 2014 **Alil, Liem, Rama, Uci, Yaya** dan semua teman-teman **ITP 2014** dan **Bakar 2014** yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih atas momen suka duka yang telah kita lalui bersama, bantuan, motivasi, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Tim **Cairmen Lubis** terbaik **Kerina Muli Sitepu** dan **Siti Syuhada Dwi Arista** yang telah memberikan hadiah tak terduga di akhir masa studi penulis. Terima kasih sudah

berjuang bersama sehingga kita dapat lolos PIMNAS 31 (yang sangat tidak terduga) ke jogja dan bonus trip koreanya. Terima kasih sudah bekerja keras, menahan lelah, beban, tekanan, meluangkan waktu liburnya dan terima kasih juga sudah membantu sehingga penulis dapat mengerjakan baik penelitian PKM maupun penelitian skripsi pada waktu bersamaan. Maaf belum bisa mendapatkan medali untuk tim kita.

7. Kepada **Yuniar Pascawati Ismail** yang selalu ada sehingga mengobati sepi di tanah rantauan. Terima kasih selalu jadi *partner in crime* disegala situasi dan kondisi.
8. Kepada **Nur Annisa Jabal** dan **Dela Anggraini Limbalo** terima kasih telah menjadi *support system* bagi penulis. *I did'n know what will happen if I don't have you.*
9. Kepada **Adityo S. Nento** dan **Farendza M. Muda** yang selalu menjadi teman cerita dan diskusi mulai dari hal *random* sampai topik *urgent*, mulai dari obrolan santai hingga serius. Terima kasih sudah ada dari dulu sampai sekarang, terutama atas support, motivasi, dan menjadi pendengar setia dikala suka dan duka.
10. Kepada teman-teman **Metamorf Unhas Ata, Qanitah, Yuli, Aan, Qowwy, Amal, Isa, Onay, Bayu, Nanda, rijal** yang selalu mengingatkan dalam kebaikan. Kalian orang-orang hebat yang menjadi motivasi bagi penulis.
11. Teman-teman **RSBI SPENSA** yang tidak pernah berubah walau jarak memisahkan **Citra, Livi, Nia**, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu, terima kasih atas 13 tahun pertemanan kita.
12. Kepada **kakak-kakak senior** dan **adik-adik junior KMD TP UH** yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih telah berproses bersama penulis. Semua pengalaman baik pengkaderan, kepanitiaan, OPKL, dan ber-Himatepanya akan menjadi momen berharga bagi penulis.
13. Kepada teman-teman yang penulis dapatkan dan temui baik dari momen-momen **KKN (Ara dan Ojie), PIMNAS 30 (fildza, Aulia, Dwiki, Hasan, Mustakar, Sahrul, Juned)** maupun **UKM** dan Organisasi lainnya selama masa Pendidikan yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih sudah memberikan warna tersendiri bagi kehidupan kampus penulis.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama lengkap Dewi Nur Mawaddah Umar lahir di Gorontalo 13 April 1996. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Abd. Karim D. Umar dan Rusmin Husain.

Pendidikan formal yang pernah dijalani adalah:

1. Taman Kanak-kanak Bustanul Atfal II, Gorontalo (2002)
2. SDN 30 Kota Selatan, Gorontalo (2002-2008)
3. SMP Negeri 1 Kota Gorontalo, Gorontalo (2008-2011)
4. MAN Insan Cendekia Gorontalo, Gorontalo (2011-2014)

Pada tahun 2014 penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Hasanuddin Program Strata Satu (S1) melalui jalur SBMPTN dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif di beberapa organisasi seperti HIMPUNAN Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA-UH), UKM Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (KPI), PIK Heart Unhas, Model United Nation (MUN) Universitas Hasanuddin dan PKM Corner Unhas.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Pati	3
II.2 Maltodekstrin	5
II.3 Metode Penjernihan	10
II.4 Zeolit	11
II.5 Arang Aktif	13
III. METODE PENELITIAN	17
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
III.2 Alat dan Bahan	17
III.3 Prosedur Penelitian.....	17
III.3.1 Pembuatan Maltodekstrin	17
III.3.3 Aktivasi Zeolit (Amri dan Utomo, 2017)	17
III.3.3 Aktivasi Pasir.....	18
III.3.3 Metode Penjernihan Arang Aktif-Zeolit.....	18
III.4 Desain Penelitian.....	18
III.5 Rancangan Penelitian	22
III.6 Parameter Pengamatan	22
III.6.1 Penentuan Kadar Gula Pereduksi Metode DNS (Miller, 1959)	22

III.6.2	Penentuan Dekstrosa Ekuivalen (Devita, 2013; Triyono, 2006).....	23
III.6.3	Penentuan Kadar Pati Sisa Metode Iod (Laga, 2001).....	23
III.6.4	Penentuan Kadar Air dan Total Padatan Metode Oven (AOAC, 2005).....	23
III.6.5	Pengukuran Tingkat Kejernihan Maltodekstrin	24
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
IV.1	Tingkat Kejernihan.....	25
IV.2	Gula Pereduksi	26
IV.3	Dekstrosa Ekuivalen.....	28
IV.4	Pati Sisa	29
IV.5	Total Padatan.....	30
V.	PENUTUP	32
V.1	Simpulan.....	32
V.2	Saran	32
	DAFTAR PUSTAKA.....	33
	LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisikokimia Pati Sagu Kering dan Basah	5
Tabel 2. Syarat Mutu Maltodekstrin (SNI 7599:2010)	8
Tabel 3. Syarat Mutu Arang Aktif (SII No.0258-79).....	14

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Amilosa dan Amilopektin (Chafid dan Kusumawardhani, 2010).....	3
Gambar 2.	Komponen Penyusun Maltodekstrin (Dziedzic dan Kearsley, 1995)	6
Gambar 3.	Mekanisme Kerja Enzim α -amilase (Tester <i>et al.</i> , 2004).....	7
Gambar 4.	Rantai Struktur Zeolit (Irvantino, 2013)	12
Gambar 5.	Ilustrasi Skema Struktur Arang aktif (Sitorus, 2014).....	13
Gambar 6.	Struktur Kimia Arang aktif (Sitorus, 2014)	14
Gambar 7.	Diagram Alir Pembuatan Maltodekstin Tepung Sagu	19
Gambar 8.	Diagram Alir Prosedur Aktivasi Zeolit	20
Gambar 9.	Diagram Alir Prosedur Aktivasi Pasir.....	21
Gambar 10.	Diagram Alir Prosedur Penjernihan Maltodekstrin.....	21
Gambar 11.	Hubungan Metode Aktivasi Zeolit terhadap Tingkat Kejernihan (%T) Maltodekstrin	26
Gambar 12.	Hubungan Konsetrasi Arang Aktif terhadap Kadar Gula Pereduksi (g/L) Maltodekstrin	27
Gambar 13.	Hubungan Konsetrasi Arang Aktif terhadap Nilai Dekstosa Ekuivalen (%) Maltodekstrin	29
Gambar 14.	Hubungan Metode Aktivasi Zeolit dan Konsetrasi Arang Aktif terhadap Nilai Total Padatan (%) Maltodekstrin.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Nilai Pengujian Sampel Maltodekstrin Sebelum Proses Penjernihan	37
Lampiran 2.	Nilai Rekap Tingkat Kejernihan, Gula Pereduksi, Dekstrosa Ekuivalen, dan Total Padatan pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	37
Lampiran 3.	Hasil Nilai Tingkat Kejernihan (%T) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	38
Lampiran 4.	Nilai Rataan Tingkat Kejernihan (%T) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	38
Lampiran 5.	Hasil Analisa Sidik Ragam Tingkat Kejernihan (%T) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	39
Lampiran 6.	Nilai Gula Pereduksi (g/L) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	39
Lampiran 7.	Nilai Rataan Gula Pereduksi (g/L) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	40
Lampiran 8.	Hasil Analisa Sidik Ragam Gula Pereduksi (g/L) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	40
Lampiran 9.	Hasil Uji Duncan Gula Pereduksi (g/L) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	40
Lampiran 10.	Nilai Dekstrosa Ekuivalen (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	41
Lampiran 11.	Nilai Rataan Dekstrosa Ekuivalen (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	41
Lampiran 12.	Hasil Analisa Sidik Ragam Dekstrosa Ekuivalen (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	42
Lampiran 13.	Hasil Uji Duncan Dekstrosa Ekuivalen (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	42

Lampiran 14. Nilai Total Padatan (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	43
Lampiran 15. Nilai Rataan Total Padatan (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin	43
Lampiran 16. Hasil Analisa Sidik Ragam Total Padatan (%) terhadap Jenis Aktivasi Zeolit dan Konsentrasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Maltodekstrin.....	43
Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian.....	44

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pati merupakan salah satu jenis karbohidrat yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri pangan. Pati memiliki sifat dan karakteristik yang dapat digunakan pada proses pengolahan berbagai jenis produk pangan. Namun sifat pati alami masih memiliki banyak kekurangan dan terbatas penggunaannya. Pati alami mempunyai beberapa kekurangan pada karakteristiknya seperti membutuhkan waktu yang lama dalam pemasakan sehingga membutuhkan energi tinggi, pasta yang terbentuk keras dan tidak bening, selain itu sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam. Beberapa kekurangan pada sifat alami pati menjadi alasan dilakukannya proses modifikasi pati atau biokonversi pati sehingga menghasilkan produk pati termodifikasi yang sifat fisikokimianya dapat diatur sesuai karakteristik yang diinginkan. Salah satu bentuk biokonversi pati adalah maltodekstrin (Derosya dan Kasim, 2017; Triyono, 2006).

Maltodekstrin merupakan senyawa hasil hidrolisis pati yang dihasilkan dari proses pemotongan rantai pati menggunakan enzim α -amilase. Maltodekstrin mempunyai kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan baik terhadap perlakuan mekanis, serta daya pengentalannya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi. Selain itu, kecerahannya lebih tinggi, warna patinya lebih putih, kekentalannya lebih tinggi, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regangnya rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi lebih rendah (Derosya dan Kasim, 2017; Triyono, 2006).

Maltodekstrin dapat diperoleh dari berbagai sumber pati seperti jagung, singkong, dan tapioka. Namun salah satu sumber pati potensial yang belum termanfaatkan sebagai sumber ekstraksi maltodekstrin adalah pati sagu. Rendemen pati yang dimiliki oleh sagu 3-4 kali lebih besar dibandingkan dengan sumber pati lainnya, sehingga pati sagu merupakan salah satu sumber potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku maltodekstrin (Derosya dan Kasim, 2017; Bujang, 2014). Pada proses pengolahannya, maltodekstrin yang dihasilkan dari tepung sagu memiliki kelemahan dari segi warnanya yaitu coklat kehitaman yang tidak diinginkan karena akan mempengaruhi warna produk pangan pada pengaplikasiannya (Sunari, dkk., 2016). Warna coklat kehitaman pada maltodekstrin hasil hidrolisa tepung sagu disebabkan adanya reaksi *browning* pada proses pengolahannya akibat kandungan karbohidrat sagu yang tinggi (Ega dan Lopulalan, 2015).

Maltodekstrin yang diinginkan oleh industri haruslah memiliki karakteristik warna putih kekuningan sehingga dapat diaplikasikan pada berbagai produk pangan karena tidak akan mempengaruhi warna dari produk pangan tersebut (Derosya dan Kasim, 2017; Triyono, 2006). Oleh karena itu, perlu dilakukan proses penjernihan maltodekstrin hasil hidrolisa pati agar warna coklat kehitaman yang dihasilkan dapat direduksi, sehingga karakteristik warna maltodekstrin yang diinginkan oleh industri dapat dipenuhi.

Salah satu bahan yang dapat digunakan pada proses penjernihan adalah zeolit dan arang aktif. Zeolit dan arang aktif memiliki sifat dan fungsi untuk penjernihan karena dapat mengikat berbagai macam zat yang biasanya menjadi pengotor dalam berbagai macam produk (Nurhayati dan Utomo, 2016; Pari, dkk., 2017). Zeolit dan arang aktif sudah sering digunakan dalam proses penjernihan gula, polisakarida, minyak, maupun air minum. Oleh karena itu, kombinasi keduanya diharapkan dapat memurnikan warna coklat kehitaman dari maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu.

I.2 Rumusan Masalah

Warna coklat kehitaman merupakan warna yang tidak diharapkan pada produk maltodekstrin. Oleh karena itu perlu dilakukan proses penjernihan untuk menghilangkan warna tersebut. Proses penjernihan yang dilakukan dapat memanfaatkan sifat adsorben dari zeolit dan arang aktif yang telah umum diaplikasikan pada proses penjernihan.

I.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

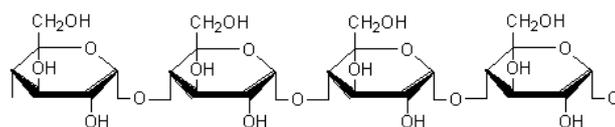
1. Untuk mengetahui bagaimana tahapan proses yang dapat memurnikan warna dari maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu.
2. Untuk mengetahui konsentrasi arang aktif terbaik pada penjernihan maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu.
3. Untuk mengetahui metode aktivasi zeolit terbaik pada penjernihan maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai referensi untuk proses penjernihan warna coklat kehitaman dari maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat menjadi *pilot project* untuk industri penjernihan maltodekstrin hasil hidrolisis tepung sagu.

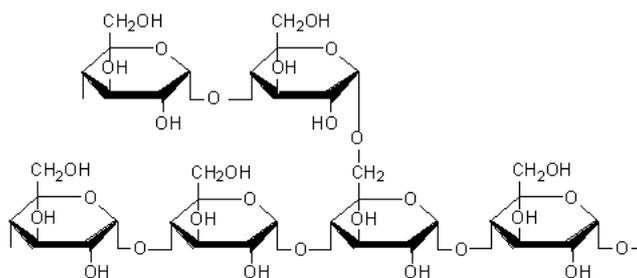
II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pati

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai karbonnya, serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa memiliki struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glukosa sebanyak 4-5% dari berat total (Winarno, 2008). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 1.



Amilosa



Amilopektin

Gambar 1. Struktur Amilosa dan Amilopektin (Chafid dan Kusumawardhani, 2010)

Amilosa merupakan polisakarida, yang tersusun dari glukosa sebagai monomernya. Setiap monomer terhubung dengan ikatan α -(1,4) glikosidik. Amilosa adalah polimer yang tidak bercabang. Dalam proses pemasakan, amilosa memberi efek keras bagi tepung atau pati. Sedangkan amilopektin berbeda dengan amilosa terlihat dari karakteristik fisiknya, walaupun tersusun dari monomer yang sama, secara struktural amilopektin terbentuk dari rantai glukosa yang terikat dengan ikatan α -(1,4) glikosidik, namun pada amilopektin terbentuk cabang-cabang (sekitar tiap 20 mata rantai glukosa) dengan ikatan α -(1,6) glikosidik. Selain itu, berbeda dengan amilosa, amilopektin tidak akan larut dalam air (Chafid dan Kusumawardhani, 2010).

Terdapat beberapa enzim yang dapat menghidrolisis pati seperti α -amilase, β -amilase, dan fosforilase. Enzim β -amilase dapat memecah pati menjadi fraksi-fraksi yang lebih kecil, misalnya pemecahan amilosa menjadi maltosa. Dibanding β -amilase, α -amilase, memiliki kemampuan untuk menghidrolisis pati menjadi fraksi-fraksi molekul yang terdiri atas 6-7 unit glukosa. Selain itu, enzim fosforilase mampu memecah ikatan 1,4-glukosidik pati dengan bantuan asam atau ion fosfat, sedangkan enzim amilase memerlukan bantuan air (Winarno, 2008).

Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula yang berbeda. Jenis pati dapat dibedakan karena memiliki bentuk, ukuran, letak hilum, dan sifat *birefringent* yang berbeda. Pati dapat tergelatinisasi apabila dimasukkan ke dalam air dan dipanaskan. Gelatinisasi adalah proses pembengkakan granula pati akibat masuknya air ke dalam granula pati. Sifat ini juga yang menyebabkan pati dapat membentuk gel, sol, dan pasta (Winarno, 2008). Namun sifat pati alami memiliki beberapa kekurangan untuk dapat diaplikasikan di industri, seperti gel yang terbentuk tidak bening, tidak stabil, dan membutuhkan suhu yang tinggi untuk proses pemasakan (Derosya dan Kasim, 2017; Triyono, 2006). Pati alami memiliki keterbatasan dalam kegunaannya untuk aplikasi komersial, salah satunya adalah sifatnya yang tidak larut dalam air dingin (Hay, 2002; Husniati, 2009; Winarno, 2008).

Pati dapat diperoleh dari berbagai sumber tanaman, seperti dari beras, jagung, singkong, kentang, dan sagu (Winarno, 2008). Sumber pati komersial biasanya berasal dari jagung dan singkong, namun sagu memiliki potensi karena rendemen pati yang dihasilkan 3-4 kali lebih besar dibandingkan jagung (Derosya dan Kasim, 2017; Bujang, 2014). Sagu sangat potensial sebagai sumber pati karena merupakan salah satu tanaman penghasil pati dengan ketersediaan yang melimpah di Indonesia. Potensi sagu di Indonesia menempati $\pm 50\%$ potensi sagu dunia dengan produktivitas 25 ton/ha setiap tahunnya. Komponen penting dari tepung sagu adalah karbohidrat. Karbohidrat sagu lebih tinggi dibanding beras merah dan jagung, yaitu sekitar 95% dari bahan keringnya, sedangkan beras merah hanya mengandung karbohidrat sekitar 75% dan jagung hanya sekitar 64% (Bujang, 2014; Derosya dan Kasim, 2017; Karim *et al.*, 2008). Selain itu, pemanfaatan sagu masih rendah yaitu sekitar 15-20%, berbeda dengan jagung dan singkong yang sudah dikomersialkan dan menjadi berbagai energi alternatif (Derosya dan Kasim, 2017).

Produktivitas pati sagu kering dapat mencapai 25 ton/ha/tahun dibanding ubi kayu 1,5 ton/ha/tahun dan jagung 5,5 ton/ha/tahun. Satu batang pohon sagu dapat menghasilkan pati kering hingga 200 kg. Produksi pati sagu sangat bervariasi, tergantung jenis dan

lingkungan tempat sagu tumbuh. Di Riau, produksi pati sagu dari setiap pohon berkisar 150-300 kg, di Sulawesi Tenggara 200-450 kg, sedangkan di Kalimantan Barat 175-210 kg per pohon (Haryanto dan Pangloli, 1992; Maherawati, dkk., 2011).

Pati sagu merupakan hasil ekstraksi empulur pohon sagu (*Metroxylon sp.*) yang sudah tua (berumur 8-16) tahun. Komponen terbesar yang terkandung dalam sagu adalah pati. Pati sagu memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis pati-pati yang lain. Beberapa karakteristik penting dari pati sagu antara lain memiliki bentuk granulanya elips, ukuran granulanya 20-60 μm , kandungan amilosa/amilopektinnya 27/73%, *range* suhu gelatinasinya 60-72 $^{\circ}\text{C}$, *entalpy* gelatinisasi 15-17 J/g, dan termasuk tipe C pada pola X-ray diffraction (Ahmad dan Williams, 1998; Chafid dan Kusumawardhani, 2010). Sifat fisikokimia pati sagu berbeda ketika berada dalam kondisi basah dan dalam kondisi kering seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisikokimia Pati Sagu Kering dan Basah

No.	Sifat Fisikokimia	Satuan	Pati Sagu Basah	Pati Sagu Kering
1	Bentuk granula	-	Bulat, lonjong (oval), oval terpotong	Bulat, lonjong (oval), oval terpotong
2	Ukuran granula	μm	5,0-57,5	7,5-55,0
3	Kadar amilosa	%	27,45	28,84
4	Kadar amilopektin	%	72,55	71,16
5	Suhu gelatinisasi	$^{\circ}\text{C}$	66,0-73,0	65,0-71,5
6	Daya serap pati terhadap air	%	11,10	51,34

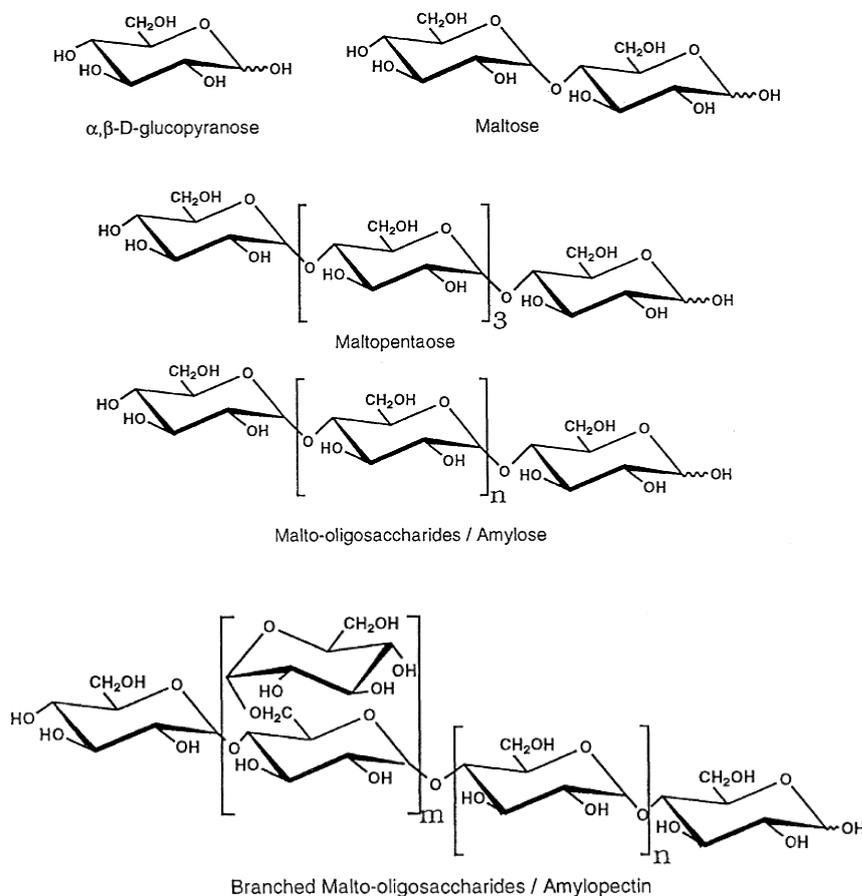
Sumber: Jading, dkk. (2010)

II.2 Maltodekstrin

Maltodekstrin adalah salah satu produk modifikasi pati dengan cara hidrolisis secara enzimatis atau hidrolisis asam. Indonesia sendiri saat ini masih mengimpor pati termodifikasi termasuk maltodekstrin untuk memenuhi kebutuhan industri terutama obat-obatan dan pangan dengan nilai impor tahun 2015 adalah US\$5.2 juta (Kementerian Perindustrian, 2016). Maltodekstrin komersial menggunakan pati jangung dan tapioka sebagai bahan baku, namun sagu memiliki potensi rendemen 3-4 kali lebih besar rendemen dibandingkan jagung (Derosya dan Kasim, 2017; Bujang, 2014).

Maltodekstrin pada dasarnya merupakan senyawa hasil hidrolisis pati yang tidak sempurna atau disebut hidrolisis parsial, yang terdiri dari campuran gula-gula dalam bentuk sederhana (mono dan disakarida) dalam jumlah kecil, oligosakarida dengan rantai pendek dalam jumlah relatif tinggi serta sejumlah kecil oligosakarida berantai panjang. Maltodekstrin mengandung unit α -D-glukosa yang sebagian besar terikat melalui ikatan

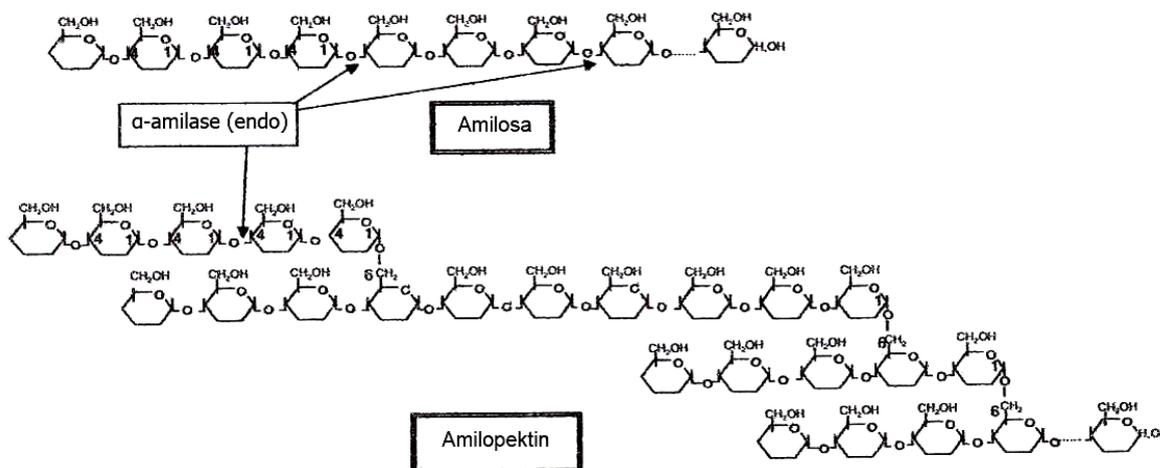
-(1,4) glikosidik. Maltodekstrin merupakan campuran dari glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin. Rumus umum maltodekstrin adalah $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$ (Chafid dan Kusumawardhani, 2010). Struktur kimia dari komponen penyusun maltodekstrin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen Penyusun Maltodekstrin (Dziedzic dan Kearsley, 1995)

Maltodekstrin merupakan produk hidrolisis parsial, sehingga proses hidrolisisnya berhenti hanya sampai likuifikasi. Pada tahap likuifikasi terjadi pemecahan ikatan α -1,4-glikosidik oleh enzim α -amilase pada bagian dalam rantai polisakarida secara acak sehingga dihasilkan glukosa, maltosa, maltodekstrin dan α -limit dekstrin. Enzim α -amilase merupakan enzim yang menghidrolisis secara khas melalui bagian dalam dengan memproduksi oligosakarida dari konfigurasi α yang memutus ikatan α -1,4-glikosidik pada amilosa, amilopektin, dan glikogen. Ikatan α -1,6-glikosidik tidak dapat diputus oleh α -amilase, tetapi dapat dibuat menjadi cabang-cabang yang lebih pendek (Chafid dan Kusumawardhani, 2010; Griffin dan Brooks, 1989).

Enzim α -amilase merupakan endoenzim yang menghidrolisis ikatan α -(1,4)-glikosida dari bagian dalam secara acak baik pada amilosa maupun amilopektin. Enzim α -amilase disebut juga dengan *α -retaining double displacement*. Enzim α -amilase dibedakan menjadi dua golongan yaitu termostabil (tahan panas) dan termolabil (tidak tahan panas). Aktivitas enzim α -amilase dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah pH dan suhu. Enzim α -amilase mempunyai kondisi optimum pada suhu 90-105°C dengan pH 5,6-6,0. Enzim α -amilase termodifikasi dapat bekerja pada suhu hingga 105-110°C dengan kisaran pH 5,1-5,6 selama 60-180 menit. Suhu yang terlampau tinggi dari kondisi optimum akan mengganggu dan merusak enzim, sedangkan pemberian suhu yang terlampau rendah dari kondisi optimum akan menyebabkan gelatinisasi pati tidak sempurna. Mekanisme kerja enzim α -amilase dalam memecah pati amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Kerja Enzim α -amilase (Tester *et al.*, 2004)

Maltodekstrin ditinjau dari aspek sifat kimia, memiliki kelarutan yang baik, dapat membentuk film, memiliki higroskopisitas rendah, sebagai pendispersi, menghambat kristalisasi dan memiliki daya ikat kuat (Sunari, dkk., 2016). Selain itu, kelebihan maltodekstrin adalah dapat membentuk koloid bila dipanaskan dan mempunyai kemampuan sebagai perekat dan tidak bersifat toksik (Husniati 2009; Jufri, 2004).

Kualitas maltodekstrin dipresentasikan ke dalam nilai DE (*Dextrose Equivalent*) sesuai dengan spesifisitas Pharmacopeial standar USPNF XVII untuk produk maltodekstrin yang mempunyai kisaran DE 5-20 (Husniati 2009; Jufri, 2004). *Dextrose Equivalent* (DE) adalah besaran yang menyatakan nilai total pereduksi pati atau produk modifikasi pati dalam satuan persen. Pada hidrolisis sempurna, pati seluruhnya dikonversi

menjadi dektrosa, derajat konversi tersebut dinyatakan dengan *Dextrose Equivalent* (DE), dari larutan tersebut diberi indeks 100. Secara komersial penggunaan pati dipengaruhi oleh nilai DE. Semakin besar DE berarti semakin besar juga persentase pati yang berubah menjadi gula pereduksi (Chafid dan Kusumawardhani, 2010).

Harga DE mempengaruhi karakteristik maltodekstrin. Jika harga DE tinggi maka harga *hygroscopicity*, *plasticity*, *sweetness*, *solubility*, dan *osmolality* juga tinggi. Selain itu pati akan lebih mudah mengalami proses *browning*. Namun jika harga DE turun, yang akan meningkat adalah berat molekul, *viscosity*, *cohesiveness*, dan *film-forming properties*. Selain itu, harga DE rendah mengakibatkan pembentukan kristal gula yang besar dapat dicegah (Chafid dan Kusumawardhani, 2010; Kuntz, 1997). Syarat mutu maltodekstrin berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (SNI 7599:2010) ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu Maltodekstrin (SNI 7599:2010)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan		
			I	II	III
1	Organolektik:				
	- Warna	-	Putih	Putih	Putih
	- Bau	-	Tak Berbau	Tak Berbau	Tak Berbau
	- Rasa	-	Manis	Manis	Manis
2	Gula Pereduksi	% (b/b)	11,0 s.d. 15,0	17,0 s.d. 20,0	28,0 s.d. 31,0
3	Kadar Air	% (b/b)	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5
4	Kadar Abu	% (b/b)	Maks. 0,5	Maks. 0,5	Maks. 0,5
5	Rapat Curah	% (b/b)	0,30 s.d. 0,55	0,45 s.d. 0,60	0,60 s.d. 0,69
6	pH (20% dalam air)	-	4,5 s.d. 5,5	4,5 s.d. 5,5	4,5 s.d. 5,5
7	Sulfur dioksida, SO ₂	mg/kg	Maks. 20	Maks. 20	Maks. 20
8	Cemaran Logam:				
	- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,5	Maks. 0,5	Maks. 0,5
	- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 10
	- Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
	- Arsen (As)	mg/kg	Maks. 1	Maks. 1	Maks. 1
9	Cemaran Mikroba:	Koloni/g	Maks. 100	Maks. 100	Maks. 100
	- Angka Lempeng Total		Maks. 10	Maks. 10	Maks. 10
	- Kapang dan Khamir	Koloni/g	Negatif	Negatif	Negatif
	- <i>Escherichia coli</i>	Koloni/g	Negatif	Negatif	Negatif
	- <i>Salmonella</i>	Koloni/g	Negatif	Negatif	Negatif
10	Status organisme hasil rekayasa genetika	-	Negatif	Negatif	Negatif

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2010)

Pada proses hidrolisis pati, terdapat tiga tahapan dalam mengkonversi pati yaitu tahap gelatinisasi, likuifikasi dan sakarifikasi (Chafid dan Kusumawardhani, 2010; Shi *et al.*, 2000). Tahap gelatinisasi merupakan tahap pembentukan suspensi kental dari granula pati,

tahap likuifikasi yaitu hidrolisis pati parsial yang ditandai dengan menurunnya viskositas, sedangkan sakarifikasi merupakan proses lebih lanjut dari hidrolisis untuk menghasilkan glukosa (Chafid dan Kusumawardhani, 2010).

Berbagai cara hidrolisis pati telah dikembangkan diantaranya yaitu hidrolisis asam, hidrolisis enzim, dan kombinasi asam dan enzim. Hidrolisis pati menggunakan asam memiliki proses yang lebih sederhana, namun memerlukan persyaratan peralatan yang rumit seperti tahan panas dan tekanan tinggi. Berbeda dengan hidrolisis enzimatik, selain kondisi proses yang tidak ekstrim, pemakaian enzim dapat menghasilkan rendemen dan mutu larutan glukosa yang lebih tinggi dibandingkan hidrolisis secara asam. Pada hidrolisis secara enzimatik, ikatan pati dipotong sesuai dengan jenis enzim yang digunakan. Sedangkan apabila menggunakan asam, pemotongan dilakukan secara acak (Chafid dan Kusumawardhani, 2010). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses hidrolisis pati antara lain yaitu konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, suhu, pH dan lama proses hidrolisis (Jariyah, 2002).

Secara teori, maltodekstin dapat dibuat dengan dua cara yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis secara enzimatik. Hidrolisis asam menghasilkan lebih banyak produk yang tidak terkontrol, glukosa bebas dan kecenderungan yang tinggi untuk membentuk retrogradasi. Beberapa produk maltodekstrin yang dihasilkan dari hidrolisis asam dengan DE rendah membentuk agregat tidak larut dan lebih tidak disukai. Oleh karena itu, untuk tujuan komersial hidrolisis enzimatik lebih disukai karena produk yang dihasilkan lebih terkontrol dengan nilai DE yang diinginkan (Husniati, 2009). Selain itu, hidrolisis enzim mengurangi dampak lingkungan dan keamanan pangan dari proses hidrolisis asam. Penggunaan enzim juga lebih disukai industri karena efisiensi biaya yang digunakan (Derosya dan Kasim, 2017; Hermiati *et al.*, 2010).

Menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 7599:2010), maltodekstrin dibagi menjadi "Tipe MDX-12" memiliki kadar gula pereduksi (DE) 11% sampai 15%, "Tipe MDX-18" memiliki kadar gula pereduksi (DE) 17% sampai 20%, "Tipe MDX-29" memiliki kadar gula pereduksi (DE) 28% sampai 31%. Maltodekstrin dipergunakan antara lain untuk bahan tambahan pada industri makanan (termasuk makanan bayi), minuman, kimia dan farmasi.

Pada industri maltodekstrin dapat berfungsi sebagai bahan pengisi, pengental, dan pengemulsi pada produk dan dapat berfungsi sebagai penyalut proses sistem mikro enkapsulasi dengan bantuan pengering semprot. Penambahan maltodekstrin pada pengolahan produk dapat meningkatkan kualitas baik dari penampakan secara fisik, rasa,

konsistensi, warna, zat gizi atau pun proses pengolahan yang lebih mudah dan cepat. Salah satu contoh penggunaan maltodekstrin adalah sebagai bahan pengisi dalam pembuatan permen gum (Triyono, 2008).

Pemanfaatan maltodekstrin dalam produk pangan digunakan untuk pangan rendah kalori seperti pada produk roti yang digunakan sebagai pengganti gula atau lemak. Maltodekstrin juga digunakan sebagai bahan pengisi pada produk-produk tepung atau kosmetik, sebagai pengental, sebagai pengisi dalam produk susu bubuk, dan digunakan pada produk minuman seperti minuman berenergi dan minuman Prebiotik. Pada produk pangan beku maltodekstrin digunakan untuk mengikat air, sehingga dapat mempertahankan produk pangan beku selama penyimpanan. Selain itu maltodekstrin juga digunakan pada industri farmasi dan kertas. Pada industri farmasi, maltodekstrin digunakan sebagai bahan pembawa zat aktif obat, dan digunakan sebagai pengental atau bahan pengisi pada obat-obatan (Derosya dan Kasim, 2017; Marta, dkk., 2017; Triyono, 2008).

II.3 Metode Penjernihan

Proses penjernihan adalah proses untuk membuang atau menghilangkan zat organik dan anorganik yang bukan merupakan komponen penyusun dari suatu bahan. Misalnya membuang atau menghilangkan zat organik dan anorganik bukan gula yang terdapat dalam nira gula kasar (*crude*), sehingga diperoleh nira gula dengan kadar sukrosa yang maksimum dan jernih (Suryadarma dan Raharja, 2007). Beberapa metode penjernihan yang umum digunakan adalah penjernihan menggunakan arang aktif dan zeolit. Hampir 60% produksi arang aktif di dunia digunakan pada industri-industri gula dan pembersih minyak dan lemak, kimia dan farmasi. Penggunaan arang aktif secara umum (Sitorus, 2014) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Industri Gula

Pemakaian arang aktif pada industri gula dimulai pada tahun 1974 di Inggris. Selain untuk menghilangkan zat-zat warna, arang aktif juga dapat menyerap senyawa-senyawa nitrogen, sehingga proses penyaringan menjadi lebih sempurna. Basa yang timbul pada proses penguapan akan berkurang serta akan mempercepat proses kristalisasi. Pada industri gula bit dan glukosa, ternyata pemakaian arang aktif memberikan hasil lebih memuaskan dan operasionalnya lebih fleksibel.

2. Industri Minyak dan Lemak

Pada pengolahan minyak nabati, hasil yang lebih ekonomis akan diperoleh bila pada proses penjernihannya digunakan campuran arang aktif. Dalam hal ini fungsi arang

aktif adalah menghilangkan zat-zat warna dan feroksid. Untuk minyak yang mengalami hidrolisa, pemakaian arang aktif berfungsi untuk menghilangkan katalis yang masih tersisa pada minyak. Pada umumnya penjernihan dengan arang aktif dilaksanakan pada temperatur 70-120 °C.

3. Industri Kimia dan Farmasi

Arang aktif digunakan untuk menyerap kotoran-kotoran yang tidak diinginkan yang berupa koloid. Arang aktif dapat juga berfungsi sebagai filter sehingga proses kristalisasi dapat dipercepat. Penggunaan arang aktif dalam industri kimia dan farmasi sering dijumpai dalam pembuatan kafein, asam sitrat, gliserin, asam laktat, dan antibiotika penisilin dan streptomisin.

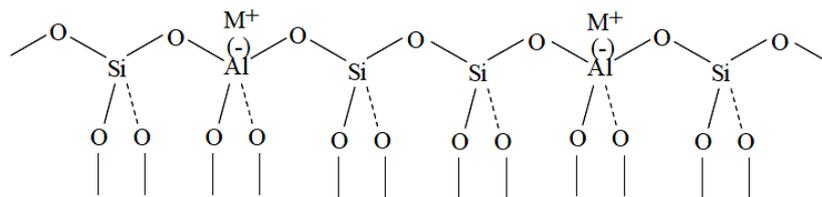
Selain memanfaatkan arang aktif, beberapa metode penjernihan yang umum dilakukan adalah dengan penyaringan menggunakan zeolit. Penggunaan zeolit paling umum dilakukan pada proses penjernihan air untuk menurunkan tingkat kesadahan. Zeolit pada proses penyaringan air berfungsi sebagai penukar ion (*ion exchange*). Yang dimaksud pertukaran ion adalah proses pertukaran ion-ion dari suatu larutan elektrolit dengan ion dari zeolit. Pertukaran hanya dapat terjadi diantara ion-ion yang sejenis dan berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Pertukaran kation berlangsung bila kation yang bergerak dan bermuatan positif terikat pada gugus yang bermuatan negatif saling bertukar dengan kation lain yang terdapat dalam larutan, demikian sebaliknya dengan anion. Zeolit dapat membersihkan dan membuang senyawa pengotor dan menjerap logam-logam penyebab kesadahan air (Srihapsari, 2006).

II.4 Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang tersusun dari kerangka silika-alumina yang mengandung Si-O dan Al-O tetrahedral dari ion logam dan alkali tanah secara tiga dimensi, setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral. Zeolit merupakan kelompok mineral alumina silika terhidrasi yang secara umum memiliki rumus empiris $M_x.D_y.(Al_x+2y.Si_x+2y.O_{2n}).mH_2O$. Notasi M dan D adalah K, Na, atau kation monovalen lainnya, x dan y adalah bilangan tertentu, n adalah muatan dari ion logam, dan m merupakan jumlah molekul air kristal yang selalu berubah-ubah. Mineral zeolit berbentuk kristal yang terdapat di dalam rongga batuan basalt (Irvantino, 2013; Nurhayati dan Utomo, 2016; Susanti dan Panjaitan, 2010; Togar, 2012; Trisunaryanti, dkk., 2005).

Zeolit mempunyai kerangka struktur tiga dimensi tersusun atas unit-unit tetrahedron $(AlO_4)^5-$ dan $(SiO_4)^4-$ yang saling berikatan melalui atom oksigen, membentuk pori-pori

dengan ukuran pori antara 2 sampai 8 Å, tergantung pada jenis mineralnya. Ion Si bervalensi 4 sedangkan Al bervalensi 3. Pada struktur zeolit Si⁴⁺ dapat diganti dengan Al³⁺ sehingga terbentuk muatan berlebih pada Al. Hal ini mengakibatkan struktur zeolit kelebihan muatan negatif. Untuk menetralkan muatan negatif kerangka zeolit, zeolit mengikat kation-kation alkali atau alkali tanah seperti Na⁺, K⁺, Ca²⁺, atau Sr²⁺. Kation-kation tersebut terletak diluar tetrahedral, dapat bergerak bebas dalam rongga-rongga zeolit dan dapat dipertukarkan dengan kation-kation lain (Irvantino, 2013; Togar, 2012; Tsitsishivili and Andronikashvili, 1992). Rantai struktur zeolit secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rantai Struktur Zeolit (Irvantino, 2013)

Zeolit memiliki bentuk Kristal yang teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar dan sangat baik digunakan sebagai adsorben maupun katalis (Nurhayati dan Utomo, 2016). Struktur berongga pada zeolit biasanya diisi oleh air serta kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, senyawa penukar ion, sebagai filter dan katalis. Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penjerap gas atau cairan (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000; Srihapsari, 2006).

Zeolit yang terdehidrasi akan mempunyai struktur pori yang terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga kemampuan mengadsorb molekul lain selain air semakin tinggi. Ukuran pori ini menentukan ukuran molekul yang dapat teradsorpsi. Sifat ini yang menyebabkan zeolit mempunyai kemampuan penyaringan sangat spesifik yang dapat digunakan untuk pemurnian dan pemisahan (Togar, 2012).

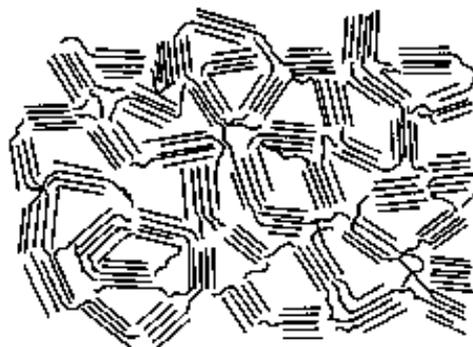
Zeolit alam banyak bercampur dengan materi pengotor (*impurities*) selain zeolit, baik kristalin maupun amorfus. Oleh karena itu, zeolit alam perlu diaktivasi dan dimodifikasi guna meningkatkan karakternya terutama aktivitas katalitiknya (Nurhayati dan Utomo, 2016; Trisunaryanti, dkk., 2005). Zeolit perlu diaktivasi untuk mengurangi

pengotor-pengotor yang menutupi pori dan rongga. Dengan demikian diharapkan luas permukaan zeolit tersebut akan semakin besar (Amri dan Utomo, 2017).

Proses aktivasi zeolit ini dilakukan dengan cara fisika dan kimia. Tujuan dari proses fisika yaitu menghilangkan pengotor-pengotor yang bersifat fisik seperti pasir, tanah, dan lain sebagainya. Sedangkan proses kimia bertujuan untuk melarutkan pengotor yang bersifat asam maupun basa. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan asam kuat encer dan basa kuat encer. Pengotor yang bersifat basa akan larut pada pencucian dengan larutan asam dan pengotor yang bersifat asam akan larut pada pencucian dengan larutan basa (Amri dan Utomo, 2017).

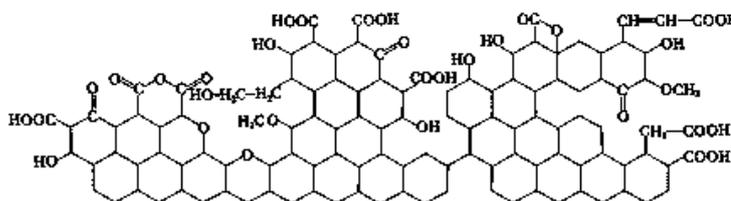
II.5 Arang Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah suatu bahan hasil proses pirolisis arang pada suhu 600-900°C. Dengan kata lain, arang aktif adalah arang yang telah diaktivasi dengan cara kimia atau fisika. Struktur dasar arang aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Unsur karbon (C) pada arang aktif mampu menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik sebagai larutan maupun sebagai gas. Hal ini disebabkan karena atom-atom C tersebut terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya, yang mirip dengan grafit. Struktur arang aktif membentuk pelat-pelat datar yang terkumpul satu sama lain membentuk kristal dengan susunan tidak beraturan (amorf), dengan jarak antar pelatnya acak. Luas permukaannya berkisar antara 300 m²/g hingga 3500 m²/g, sehingga permukaan arang aktif bersifat non polar. Arang aktif juga memiliki struktur pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben (Badan Litbang Pertanian, 2011; Jamilatun dan Setyawan, 2014; Sitorus, 2014; Solovyov *et al.*, 2002; Sudibandriyo, 2003; Pari, dkk., 2017; Taryana, 2002). Skema struktur arang aktif dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi Skema Struktur Arang aktif (Sitorus, 2014)

Selain terdiri dari atom karbon, arang aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku arang aktif. Selain itu, gugus fungsi pada arang aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Selain karena struktur porinya, keberadaan gugus fungsional kimiawi di permukaan arang aktif menjadikan permukaan arang aktif reaktif secara kimia, kapasitas dan daya serapnya yang besar, dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Pari, dkk., 2017; Sitorus 2014). Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil pori-pori arang aktif, luas permukaan semakin besar, sehingga kecepatan adsorpsi bertambah (Badan Litbang Pertanian, 2011; Jamilatun dan Setyawan, 2014; Sitorus, 2014; Taryana, 2002). Struktur kimia arang aktif dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Kimia Arang aktif (Sitorus, 2014)

Menurut SII No.0258-79, arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti kadar air, kadar abu, dan kekerasan. Sifat-sifat tersebut akan menentukan mutu dan kualitas dari arang aktif. Persyaratan mutu arang aktif dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Arang Aktif (SII No.0258-79)

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			I	II
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Maks 15	Maks 25
2	Air	%	Maks 4,4	Maks 15
3	Abu	%	Maks 2,5	Maks 10
4	Daya serap terhadap I ₂	Mg/g	Min 750	Min 750
5	Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65
6	Daya serap terhadap benzene	%	Min 25	-
7	Daya serap terhadap methylene blue	Mg/g	Min 60	Min 120
8	Keraatan jenis curah	-	0,45-0,55	0,30-0,35
9	Lolos ukuran mesh 325	%	-	Min 90
10	Jarak mesh	%	90	-
11	Kekerasan	%	80	-

Sumber: Sitorus, 2014.

Perbedaan mendasar arang dengan arang aktif terletak pada bentuk pori-porinya. Pori-pori arang aktif lebih besar dan bercabang serta berbentuk zig-zag. Proses aktivasi dapat menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon. Oleh karena itu arang aktif mampu melakukan adsorpsi karena permukaannya lebih luas dan pori-porinya telah terbuka (Badan Litbang Pertanian, 2011; Baker *et al.*, 1997; Cooney, 1980; Sahara, dkk., 2016; Pari, dkk., 2017).

Proses pembuatan arang aktif secara umum terdiri dari dua tahapan, yaitu karbonisasi dan aktivasi baik secara kimia, maupun fisika. Karbonisasi merupakan proses pirolisis atau pembakaran tidak sempurna dari bahan dasar yang digunakan tanpa adanya udara, biasanya pada temperatur 500-800 °C. Hasil karbonisasi merupakan bahan penyerap yang kurang aktif. Oleh karena itu proses aktivasi sangat dibutuhkan untuk mengubah arang menjadi arang aktif yang porositas dan luas permukaan spesifiknya besar (Badan Litbang Pertanian, 2011; Cooney, 1980; Jankowska *et al.*, 1991; Sahara, dkk., 2016; Setiawati dan Suroto, 2010).

Terdapat berbagai bahan aktivator dalam pembuatan arang aktif. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan logam alkali hidroksida, senyawa karbonat, sulfida, $ZnCl_2$, asam sulfat, asam fosfat, dan natrium klorida yang merupakan penyerap air atau *dehydrating agent*. Pada tahap awal pembuatan arang aktif, tempurung kelapa dibersihkan dengan menggunakan sabut kemudian dibentuk kecil-kecil lalu dikeringkan di panas matahari sampai kadar air sekitar 10%, kemudian dimasukkan dalam reaktor dan dikarbonisasi sampai mencapai suhu 600 °C selama 4 jam. Arang hasil karbonisasi yang telah digerus dan diayak dengan ukuran 30-60 mesh. Tepung arang dicuci dengan HCl 0,1 N lalu dibilas dengan air hangat sampai pH filtrat netral selanjutnya dikeringkan pada oven suhu 105 °C selama 3 jam (Setiawati dan Suroto, 2010).

Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Pada umumnya arang aktif dapat di aktivasi dengan 2 cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dengan hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, $CaCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan aktivasi fisika yang merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu 800°C hingga 900°C (Jamilatun dan Setyawan, 2014; Kim *et al.*, 1996).

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Yang dimaksud dengan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Proses yang melibatkan oksidasi selektif dari bahan baku dengan udara, juga digunakan baik untuk pembuatan arang aktif sebagai pemucat maupun sebagai penyerap uap. Bahan baku dikarbonisasi pada temperatur 400-500°C untuk mengeliminasi zat-zat yang mudah menguap. Kemudian dioksidasi dengan gas pada 800-1000°C untuk mengembangkan pori dan luas permukaan. Adapun pembuatan arang aktif melalui dua cara (Jamilatun dan Setyawan, 2014) yaitu:

1. Proses Kimia

Bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat padatan. Selanjutnya padatan tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperature 100°C. Arang aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 300°C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia. Pada aktivasi kimia ini arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktivasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktivasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900°C selama 1-2 jam.

2. Proses Fisika

Bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Selanjutnya arang tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur 1000°C yang disertai pengaliran uap. Pada aktivasi fisika menggunakan gas aktivasi misalnya uap air atau CO₂ yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada temperatur 800-1100°C.