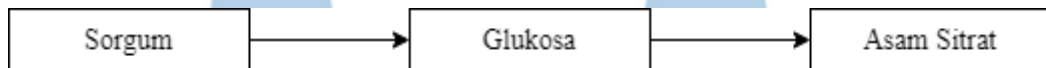


BAB II

STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Tahapan pembuatan asam sitrat dari biji sorgum terdiri dari dua tahap, yaitu proses hidrolisis pati sorgum menjadi glukosa, dan proses fermentasi glukosa menjadi asam sitrat.

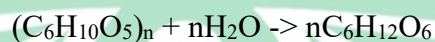


Gambar 2. 1 Garis Besar Alur Pembuatan Asam Sitrat

Pengolahan sorgum menjadi glukosa dapat dilakukan dengan metode hidrolisis pati. Hidrolisis pati terdiri dari 2 jenis, yaitu hidrolisis menggunakan asam dan hidrolisis menggunakan enzim. Setelah itu, pembuatan asam sitrat dari glukosa dapat dilakukan dengan metode fermentasi. Metode fermentasi itu sendiri terdiri dari 2 jenis, yaitu fermentasi surface dan fermentasi submerged. Karena terdapat lebih dari satu proses hidrolisis dan fermentasi, maka dilakukan seleksi proses untuk menentukan proses yang tepat dalam pengolahan biji sorgum menjadi asam sitrat.

2.1.2 Seleksi Proses Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemisahan ikatan kimia dari substansinya dengan menggunakan bantuan air. Sedangkan hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi komponen yang lebih sederhana seperti glukosa. Reaksi hidrolisis merupakan reaksi yang lambat sehingga membutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi. Proses hidrolisis pati dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu hidrolisis menggunakan katalis asam dan hidrolisis menggunakan katalis enzim (Wicakso, 2008) Reaksi hidrolisis pati dituliskan sebagai berikut :



(Mastuti & Setyawardhani, 2010)

1. Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam

Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu hidrolisis menggunakan asam pekat dan hidrolisis dengan asam encer. Hidrolisis asam pekat menghasilkan gula yang lebih tinggi dibandingkan hidrolisis dengan asam encer

dan dapat dioperasikan pada suhu rendah. Akan tetapi konsentrasi asam yang sangat tinggi dapat mempermudah korosi pada alat sehingga membutuhkan alat yang lebih mahal atau yang dibuat secara khusus. Selain itu pengambilan asam atau proses netralisasi asam yang terikut dari proses hidrolisis merupakan proses yang membutuhkan banyak energi. Sehingga untuk hidrolisis dengan katalis asam kurang disukai karena biaya yang dibutuhkan relatif tinggi (Wicakso, 2008).

Hidrolisis dengan asam encer dikenal dengan hidrolisis dua tahap dan merupakan hidrolisis yang paling umum diaplikasikan. Tahap pertama dilakukan pada kondisi dengan suhu yang tidak terlalu tinggi, kemudian tahap kedua dilakukan dengan suhu yang lebih tinggi akan tetapi dengan konsentrasi asam yang lebih rendah. Keuntungan dari penggunaan katalis asam encer adalah tidak hilangnya asam selama proses dan tidak diperlukan *recovery* asam. Sedangkan kelemahan dari asam encer adalah terjadinya degradasi gula dan produk samping yang tidak diinginkan sehingga dapat mempengaruhi jumlah glukosa yang dihasilkan dan menghambat pembentukan produk pada proses fermentasi. Umumnya asam yang digunakan pada hidrolisis asam encer yaitu asam mineral seperti H_2SO_4 dan HCl pada suhu $120^\circ - 200^\circ C$ (Osvaldo, Panca, & Faizal, 2012).

2. Hidrolisis Menggunakan Katalis Enzim

Hidrolisis menggunakan enzim terdiri dari 2 tahap, yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Proses likuifikasi mengubah pati menjadi dekstrin, kemudian proses sakarifikasi mengubah dekstrin menjadi glukosa. Proses likuifikasi diawali dengan gelatinasi pati atau pemanasan pati menggunakan air pada suhu sekitar $60^\circ C$ sehingga pati mudah larut yang ditandai dengan menurunnya viskositas larutan. Setelah proses gelatinasi, dilanjutkan dengan proses dekstrinasi yaitu penambahan enzim α -amilase dan dilakukan pemanasan pada suhu $95^\circ C$. Proses likuifikasi dihentikan ketika pati sudah menjadi cair dan berwarna coklat bening. Setelah proses likuifikasi, selanjutnya dilakukan proses sakarifikasi. Pati yang sudah melalui proses likuifikasi akan didinginkan sampai suhu $60^\circ C$. Setelah itu ditambahkan enzim glukamilase dan diaduk pada suhu $60^\circ C$ (Ratna & Yulistiani, 2015)

2.1.2 Seleksi Proses Pembuatan Asam Sitrat

Dalam proses pembuatan asam sitrat, terdapat tiga proses yang sering digunakan. Ketiga proses tersebut yaitu, proses ekstraksi, proses sintesis secara kimia, dan proses fermentasi. Ketiga proses tersebut kemudian akan diseleksi untuk diperoleh proses yang paling efisien. Adapun pertimbangan dari pemilihan proses tersebut adalah bahan baku utama yang digunakan, bahan baku penunjang, dan biaya produksi.

1. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pembuatan asam sitrat yang paling sederhana dan konvensional. Bahan baku utama yang digunakan merupakan buah-buahan genus citrus.

2. Sintesis Bahan Kimia

Proses sintesis dengan bahan kimia merupakan proses yang paling jarang digunakan. Bahan baku utama yang digunakan adalah asam akonitat. Tahap pemurnian dalam proses ini terbilang panjang dan banyak menggunakan bahan kimia lainnya. Karena penggunaan bahan-bahan kimia tersebut, proses ini jarang digunakan karena dinilai kurang aman untuk produk pangan.

3. Fermentasi

Proses fermentasi adalah proses pemecahan senyawa organik menjadi lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme. Proses fermentasi memerlukan substrat sebagai media yang mengandung banyak nutrisi untuk tumbuh mikroba selama proses fermentasi. Substrat dapat berupa substrat karbon dan substrat nitrogen (Pamungkas, 2011). Proses fermentasi menggunakan mikroorganisme merupakan proses yang paling sering digunakan dalam industri untuk pembentukan asam sitrat. Proses fermentasi pada umumnya dibagi menjadi dua, yaitu proses surface fermentation (fermentasi permukaan) dan submerged fermentation (fermentasi terendam).

a. Fermentasi Surface

Proses ini menggunakan jamur yang ditanam pada wadah bermedia cair yang dangkal. Setiap tray memiliki luas permukaan sekitar 5 m² dan kedalaman 5-20 cm yang dapat disusun bertingkat. Kondisi operasi pada proses ini relative aseptik. Inokulasi dilakukan langsung dari spora, baik dengan menambahkan suspensi cair atau dengan aliran udara. Ruangan memerlukan sirkulasi yang baik

www.itk.ac.id

untuk menjaga kadar oksigen dan pembuangan panas. Panas yang dihasilkan pada fermentasi ini cukup besar, sekitar $1\text{kJh}^{-1}\text{m}^{-3}$ dan suhu idealnya $28^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. Namun, udara yang keluar masuk ini memiliki resiko kontaminasi yang tinggi yang menyebabkan kemurnian dari produk menjadi rendah (75% gula). Proses fermentasi membutuhkan waktu 8 hingga 15 hari. Pada proses ini pH dapat turun hingga 2 sehingga memerlukan peralatan berbahan high grade aluminium atau stainless steel untuk menghindari korosi. (B. Kristiansen, 2002)

b. Fermentasi Submerged

Metode ini banyak digunakan pada industri karena tingkat produktivitasnya lebih tinggi dan menggunakan sedikit ruang. Fermentasi berlangsung selama 1 hingga 4 hari dan menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi. Temperatur produksi inokulum yaitu sekitar 30°C . Pada proses fermentasi submerged menggunakan pH dibawah 3,5 sehingga membutuhkan material *high grade stainless steel* untuk peralatannya. Pada proses submerged fermentation ini menggunakan tangki reaktor berpengaduk dengan tekanan diatas atmosfer karena mampu meningkatkan laju oksigen berpindah ke tangki fermentor dan memerlukan sistem aerasi untuk mempertahankan tingkat oksigen terlarut.

(Amalia, Nurnanda, Nuniek, & Darmawan, 2019)



Tabel 2. 1 Seleksi Proses Produksi Asam Sitrat

Pembanding	Ekstraksi	Sintesis Kimia	Fermentasi Surface	Fermentasi Submerged
Bahan Baku	Tumbuhan genus citrus	Asam Akonitat	Glukosa	Glukosa
Suhu (°C)	25-30	175 – 250	28 – 30	30 – 35
Tekanan (atm)	1	1	1	1
pH	7	11,3 – 12,5	≤ 2	≤ 3,5
Waktu	10 menit	5 – 8 jam	8 – 15 hari	1 – 4 hari
Operasi	Kontinyu	Batch atau kontinyu	Batch	Batch
Alat	Mixing Tank	Mixing Tank (Stainless Steel)	Kolom dengan tray bertingkat	Reaktor berpengaduk
Konversi	Tinggi	Tinggi	57-70%	70-85%
Kelebihan	1. Proses yang mudah dan cepat (tidak banyak proses) 2. Tidak memerlukan suhu dan tekanan tinggi	Konversi sangat tinggi	Proses memerlukan air yang lebih sedikit	1. Kemurnian tinggi 2. Produktivitas tinggi 3. Menggunakan sedikit ruang
Kekurangan	Menggunakan bahan baku dalam jumlah banyak	1. Menggunakan bahan baku yaitu asam akonitat	1. Panas yang dihasilkan cukup besar	1. Memerlukan sistem aerasi untuk

dikarenakan kandungan asam sitrat paling tinggi pada buah-buahan adalah sebanyak 11%

yang ketersediannya di Indonesia sangat minim

2. Memiliki pemurnian yang sangat panjang dan bahan kimia yang digunakan juga banyak

3. Memerlukan peralatan berbahan high grade alumunium atau stainless steel

2. Resiko kontaminan tinggi

3. Memerlukan peralatan berbahan high grade alumunium atau stainless steel

4. Ruangan memerlukan area sirkulasi pembuangan panas

5. Kemurnian produk rendah

menjaga tingkat

oksigen terlarut

2. Memerlukan peralatan berbahan high grade

alumunium atau

stainless steel

2.1.3 Seleksi Bahan Baku

Asam sitrat dapat diperoleh dengan sintesis glukosa menggunakan fermentasi ataupun ekstraksi dari bahan-bahan alam yang mengandung sitrus. Berikut beberapa jenis bahan alam yang dapat diekstrak untuk memperoleh asam sitrat.

Tabel 2. 2 Bahan Baku yang Mengandung Asam Sitrat dan Yield Hasil Ekstraksi

Bahan Baku	% Yield	Referensi
Jeruk Purut	1,92	Fajar Pratama, dkk. 2019
Buah Markisa	4,46	Azhary H Surest, dkk. 2013
Buah Nanas	8	Rezha Fergie F.A., dkk. 2013
Buah Pir	11,35	Tubagus Abdul Haq., dkk. 2016
Jeruk Siam	2,99	Amalia Prastyarini, dkk. 2013

Data diatas merupakan beberapa bahan alam yang dapat digunakan untuk memproduksi asam sitrat menggunakan metode ekstraksi sederhana dengan CaCl₂ yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Dapat dilihat ekstraksi pada buah hanya menghasilkan yield asam sitrat 1,92% hingga 11,35% dalam ±100 ml sari buah. Oleh karena itu, industri yang memproduksi asam sitrat lebih sering menggunakan metode fermentasi dengan yield yang cenderung lebih besar. Sedangkan untuk beberapa bahan baku yang dapat digunakan pembuatan asam sitrat dengan metode fermentasi dapat dilihat pada tabel berikut 2.5.

Tabel 2. 3 Bahan Baku Fermentasi Terendam dengan *Aspergillus Niger*

Bahan Baku	Mikroorganisme	% Yield	Referensi
Limbah pembuatan bir	<i>A. niger</i> ATCC 9142	78,5	Roukas & Kotzekidou, 1986
Hemiselulosa kayu	<i>A. niger</i> IMI-41874	45	Maddox et al., 1985

Sirup Kurma	<i>A. niger</i> ATTC 9142	50	Roukas & Kotzekidou, 1997
Tepung Jagung	<i>A. niger</i> IM-155	62%	Nguyen et al., 1992

Produksi asam sitrat dari sorgum menggunakan pendekatan produksi asam sitrat dengan tepung jagung dimana, yield yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 62% menggunakan mikroorganisme *Aspergillus Niger*. Sedangkan untuk limbah pembuatan bir walaupun yield yang dihasilkan tinggi namun ketersediaan bahan baku kurang memadai karena berdasarkan laporan tahunan salah satu perusahaan bir terbesar di Indonesia (PT. Multi Bintang Indonesia, Tbk.) bahwa permintaan bir di Indonesia semakin merosot yang berdampak juga pada ketersediaan limbah bir.

Pemilihan bahan baku sorgum merupakan suatu keterbaruan di bidang produksi asam sitrat. Selain ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia, sorgum yang merupakan makanan alternatif yang memiliki kandungan pati cukup banyak untuk diolah menjadi substrat dari proses produksi asam sitrat. Berikut merupakan rangkuman kelebihan dan kekurangan sorgum di bandingkan tanaman pangan lain dalam pembuatan asam sitrat.

Tabel 2. 4 Kekurangan dan Kelebihan Bahan Pangan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Sitrat

Bahan Baku	Kelebihan	Kekurangan
Sorgum	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki kandungan pati cukup tinggi yaitu 72% dan selulosa 44,6% yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa - Kandungan protein 9,5 % - Tanaman dapat tumbuh kembali setelah dipanen dan dapat dipanen 2-3 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk bahan makanan walaupun rendah kalori, sorgum memiliki rasa yang kurang enak dibandingkan dengan jagung dan padi - Penyimpanan biji sorgum cukup mudah rusak sehingga tidak bisa disimpan terlalu lama namun dapat diatasi dengan pengeringan

kali sekali tanam dalam setahun (sistem ratun).

- Tanaman lebih tahan terhadap iklim dan cuaca
- Pemanfaatan sorgum masih kurang dan masih sebatas bahan baku jajanan kecil di pasar sehingga pesaing dengan bahan baku sorgum lebih sedikit
- Lebih ramah lingkungan karena pada proses pengolahannya menghasilkan lebih sedikit limbah

Jagung

- Jumlahnya melimpah di Indonesia
- Memiliki kandungan pati 76% dan selulosa 40% yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa
- Kandungan protein 9%
- Merupakan tanaman semusim yang ditanam dan dipanen pada musim yang sama dan bukan tanaman dengan sistem ratun
- Tanaman bergantung pada iklim dan kelembaban yang baik
- Penyimpanan jagung cukup mudah rusak sehingga tidak bisa disimpan terlalu lama namun dapat diatasi dengan pengeringan
- Jagung sudah banyak dimanfaatkan untuk olahan pangan misalnya tepung jagung

Ubi Kayu	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki kandungan pati 79% yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa - Kandungan protein 3% - Harga lebih murah 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubi sudah banyak dimanfaatkan untuk olahan pangan misalnya tepung tapioka - Limbah yang dihasilkan cukup banyak, limbah padat dapat diatasi menjadi pakan ternak, sedangkan limbah cair masih menjadi masalah lingkungan. - Ubi kayu tidak dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan yang terlalu kering maupun terlalu basah serta rentan ditumbuhi jamur yang mempengaruhi kualitas ubi
----------	--	--

Produksi asam sitrat dapat menggunakan mikroorganisme bakteri, jamur mauun ragi. Dari beberapa jenis mikroorganisme tersebut tidak dapat menghasilkan asam sitrat secara komersial. Hanya *A. niger* dan khamir tertentu seperti *Saccharomycopsis sp.* yang dapat digunakan untuk produksi komersial. Namun, jamur *A. niger* tetap menjadi organisme pilihan untuk produksi komersial karena memiliki keuntungan utama yaitu: (a) kemudahan penanganannya, (b)Kemampuannya untuk memfermentasi berbagai bahan mentah dan murah, dan (c) hasil tinggi. Sekitar 80% produksi asam sitrat di dunia menggunakan jamur *Aspergillus niger* (Soccol, 2006).

Dalam proses fermentasi asam sitrat ini adalah jamur *Aspergillus niger*. Jamur ini digunakan karena mampu menghasilkan yield hingga sebesar 80%, proses inokulasinya mudah, dan pertumbuhannya cukup cepat sehingga cukup menguntungkan untuk proses pembuatan asam sitrat ini (Amalia, Nurnanda, Nuniek, & Darmawan, 2019)

2.2 Deskripsi Proses

Perancangan pabrik asam sitrat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun terdiri dari 4 tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap hidrolisis karbohidrat menjadi glukosa, tahap fermentasi glukosa menjadi asam sitrat, dan yang terakhir adalah tahap pemurnian asam sitrat.

2.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan perlakuan awal bahan baku sebelum masuk kedalam proses. Biji sorgum disimpan di dalam gudang penyimpanan kering. Selanjutnya, biji sorgum ditransportasikan dari tangki penyimpanan biji sorgum (F-101). Kemudian, dengan menggunakan *screw conveyor* (SC-101) dari gudang penyimpanan ke dalam *hammer mill* (HM-101) untuk memperkecil ukuran biji sorgum hingga ukuran <1 mm agar diperoleh tepung sorgum. Biji sorgum yang keluar dari *hammer mill* akan dipisahkan menggunakan *vibrating screen* (VS-101). Biji sorgum yang berukuran lebih dari 1 mm akan dikembalikan kedalam *hammer mill* (HM-101) untuk dihancurkan kembali. Kemudian sorgum yang lolos tahap *screen* akan melalui proses selanjutnya yaitu proses gelatinisasi.

Proses gelatinisasi bertujuan untuk melunakkan biji sorgum dengan pemanasan pada suhu 95 °C di tangki gelatinisasi (GT-101). Pada proses gelatinisasi akan terbentuk *slurry* pati. Selanjutnya *slurry* dari pati sorgum akan dihidrolisis menjadi glukosa. Proses hidrolisis ini terdiri dari 2 tahap yaitu, tahap likuifikasi, dan tahap sakarifikasi. Pada tahap likuifikasi, tepung sorgum dimasukkan kedalam tangki likuifikasi (LT-101) dan kemudian ditambahkan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) untuk menjaga kondisi pH *slurry* sorgum pada pH sekitar 5,8 - 6. Selanjutnya ditambahkan enzim alfa-amilase kemudian campuran dipanaskan dengan suhu operasi 95°C selama 2 jam sambil dilakukan pengadukan. Adapun reaksi likuifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Selanjutnya larutan dari hasil likuifikasi masuk ke tangki sakarifikasi (ST-101) yang ditambahkan dengan enzim glukoamilase untuk mempercepat proses produksi glukosa dengan suasana asam sehingga ditambahkan juga asam sulfat. Setelah itu, larutan dari tangki sakarifikasi dialirkan ke tangki sterilisasi (LS-101)

www.itk.ac.id

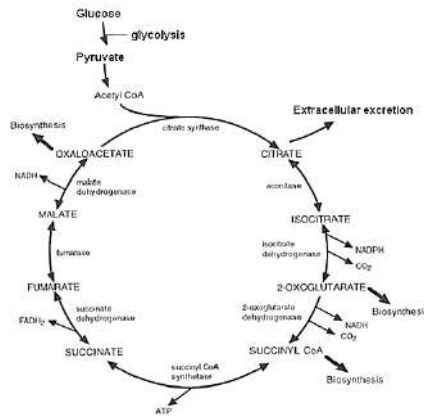
untuk disterilkan pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 20 menit. Tujuan dari sterilisasi ini adalah untuk membunuh bakteri yang ada dalam larutan sorgum. Setelah itu campuran dimasukkan kedalam *centrifuge* separator (CG-101) untuk memisahkan liquid dan solid dalam campuran dan selanjutnya dialirkan ke tangki intermediet (IT-101) sebelum ke proses selanjutnya. Aliran keluaran dibagi menjadi 2 yaitu 10% dialirkan ke seed tank atau tangki inokulum (IN-101) , dan 90% dialirkan ke tangki fermentator (FR-101).

2.2.2 Proses Fermentasi.

Didalam tangki inokulum (IN-101) jamur *Aspergillus Niger* dikembangkan dengan diberikan nutrisi. Nutrisi yang ditambahkan untuk mengembangkan jamur *Aspergillus Niger* antara lain Dikalium Fosfat, Amonium Sulfat, dan Magnesium Sulfat serta udara ke dalam seed tank. Dalam seed tank, jamur *Aspergillus Niger* di treatment agar dapat digunakan pada proses fermentasi glukosa menjadi asam sitrat. Dalam seed tank dilakukan pengadukan selama 5 jam dengan suhu 33°C dan tekanan 1 atm.

Pada fermentator 90% larutan hasil sakarifikasi dan jamur aspergillus hasil pengembangbiakkan dari tangki inokulum ditambahkan. Pada tangki fermentator juga ditambahkan nutrisi untuk jamur dan udara agar jamur dapat bernetabolisme dengan baik dan dapat menghasilkan asam sitrat. Selama fermentasi dilakukan pengadukan pada fermentasi dengan suhu 33°C selama 40 jam. Selanjutnya, hasil fermentasi ditampung pada tangki intermediet.

Pembuatan asam sitrat diperoleh dengan memproduksi ion sitrat melalui fermentasi dimana terjadi pada siklus Tri-Karboksilat (TCA) atau Siklus Krebs dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada *Aspergillus Niger*, siklus TCA terjadi di matriks mitokondria. *Aspergillus Niger* tumbuh pada temperatur toleransi 20°C - 35°C dengan kondisi idealnya 30°C. (Iqbal, 2008)



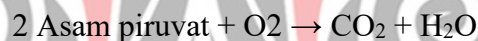
Gambar 2. 2 Siklus TCA pada *Aspergillus Niger*

(Iqbal, 2008)

Dalam metabolisme jamur pada tahap awal, terjadi glikolisis aerobik yaitu pemecahan glukosa mejadi CO₂ dan H₂O dengan hasil akhir berupa dua molekul asam piruvat, dua ATP dan 4H. Reaksi secara singkat dituliskan seperti berikut:



Asam piruvat yang terbentuk kemudian dikonversi menjadi molekul asetilkoenzim A (asetil KoA).



(Iqbal, 2008)

Sitrat dapat dikeluarkan dari sel melalui ekskresi agar tidak lanjut pada tahap siklus TCA berikutnya. Namun, pada kondisi tertentu ketika siklus berlanjut hingga membentuk oksaloasetat yang kemudian sitrat dapat dihasilkan dari kondensasi oksaloasetat dengan enzim asetil KoA.

(Iqbal Q, 2008)

Reaksi yang terjadi pada proses fermentasi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut :

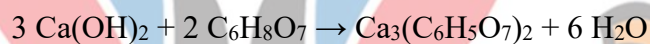


Dalam proses sintesis sitrat dibutuhkan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, magnesium dan oksigen untuk menunjang metabolisme jamur. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tersebut, amonium sulfat (NH₄)₂SO₄ sebagai sumber nitrogen dan Dikalium fosfat (K₂HPO₄) sebagai sumber fosfor, Magnesium sulfat sebagai sumber magnesium, serta aliran udara ditambahkan ke dalam fermentator untuk memenuhi kebutuhan oksigen (Iqbal, 2008).

Pada proses fermentasi terendam (submerged fermentation) dapat dilakukan dengan sistem *batch* atau semi-kontinu dan inkubasi berlangsung selama 40 jam pada suhu 33°C. Selanjutnya, hasil fermentasi tersebut disaring menggunakan *Press Filter* dan filtrate dialirkan ke *mixing tank* untuk proses selanjutnya. Sedangkan, cake hasil filtrasi ditampung pada tangka penampungan limbah padat.

2.2.3 Proses Pemurnian Asam Sitrat

Selanjutnya, filtrat asam sitrat dimasukkan kedalam tangki berpengaduk dan ditambahkan kalsium hidroksida. Tujuan penambahan kalsium hidroksida adalah untuk memisahkan asam sitrat dengan kandungan lainnya dengan cara membentuk endapan kalsium sitrat ($\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$). Adapun reaksi pembentukan kalsium sitrat adalah sebagai berikut :



Kalsium sitrat akan dipisahkan dengan kandungan lainnya pada unit *rotary vakum filter*. Kemudian, endapan kalsium sitrat ditambahkan asam sulfat (H_2SO_4) untuk memisahkan asam sitrat dari kalsium sitrat dengan cara pembentukan padatan kalsium sulfat CaSO_4 . Adapun reaksi yang terjadi dalam pembentukan padatan kalsium sulfat adalah sebagai berikut :



Selanjutnya dilakukan pemisahan kalsium sulfat dan asam sitrat dengan *centrifuge* (CG-102). Kemudian larutan asam sitrat akan dimasukkan kedalam kolom adsorber untuk diadsorbsi menggunakan karbon aktif yang bertujuan untuk dekolorisasi. Kemudian larutan dari kolom adsorbs (AD-101) akan dialirkan kedalam ion exchange untuk menyerap ion - ion yang terdapat dalam larutan. Selanjutnya asam sitrat dari ion exchange (IE-101) akan masuk kedalam evaporator untuk mengurangi kadar air asam sitrat, selanjutnya asam sitrat dimasukkan kedalam *crystallizer* untuk membentuk padatan kristal asam sitrat. Kristal asam sitrat yang masih basah dikeringkan pada *rotary dryer* (RD-101). Kristal yang masih berukuran besar akan dipisahkan menggunakan *vibrating screen* (VS-102) dan

kemudian akan dikemas pada ruangan pengemasan dan akan disimpan pada gudang penyimpanan untuk kemudian didistribusikan ke konsumen.

2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.3.1 Bahan Baku

Adapun bahan baku dan bahan tambahan yang digunakan pada proses pembuatan asam sitrat adalah sebagai berikut.

1. Sorgum

Nama Latin	:	Sorghum bicolor (L.) Moench
Berat Biji	:	8 – 35 mg
Diameter biji	:	3 - 4 mm ^[11]
Suhu pertumbuhan optimum	:	25°-30°C
pH pertumbuhan optimum	:	5,5 -7,5
Kandungan nutrisi per 100 gram	:	Kalori : 33 kal
	:	Protein : 11 g
	:	Lemak : 3,30 g
	:	Karbohidrat : 73 g
	:	Air : 11,20 %
	:	Serat : 2,30%
	:	Ca : 28 mg
:	P : 287 mg	
:	Fe : 4,40 mg ^[9]	

2. Aspergillus Nigger

Suhu optimum	:	6° - 8°C
Suhu Maksimum	:	45 - 47 °C
pH pertumbuhan optimum	:	6,5
Harga	:	Rp. 350.000/kg

3. Air (H₂O)

Berat molekul	: 18 gr/mol
Densitas	: 1,000 gr/cm ³
C _p	: 1 kal/gr °C
Titik didih	: 100 °C

4. Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Berat molekul	: 192 gr/mol
pH	: 12,6 (20°C)
Densitas	: 2,24 g/cm ³ (20°C)
Specific gravity	: 1,54 (20°C)
Kelarutan dalam air	: 1,7 gr/l (20°C)

5. Enzim α-Amylase

Wujud	: Padat
Berat molekul	: 192 gr/mol
Densitas	: 100 - 200 kg/m ³
Temperatur optimum	: 80-85°C
pH optimum	: 6 – 6,5
Kelarutan dalam air	: 10 g/l

6. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Berat molekul	: 98,08 g/mol
pH	: 0,3 pada 49 g/l (25 °C)
Densitas	: 1,84 g/cm ³ (20 °C)
Specific gravity	: 1,84 (20°C)
Kelarutan	: Larut dalam air

Viskositas : 24 mPa.s (20 °C)

www.itk.ac.id

7. Dikalium Fosfat (K_2HPO_4)

Berat molekul : 136,08 g/mol
Ukuran partikel : < 0,045 mm
Titik Lebur : 253 °C
pH : 4,2 - 4,6 pada 20 g/l 20 °C
Densitas : 2,33 g/cm³ (21,5 °C)
Specific gravity : 2,3 (20°C)
Kelarutan : 208 g/l pada 20,0 °C
Viskositas : 24 mPa.s (20 °C)

8. Amonium Sulfat ($(NH_4)_2SO_4$)

Berat molekul : 132 g/mol
Densitas : 1,77 g/mL
Titik Leleh : 280°C
pH : 4,2 - 4,6 pada 20 g/l 20 °C
Kelarutan : Larut dalam air

9. Magnesium Sulfat ($MgSO_4$)

Berat molekul : 120,37 g/mol
Densitas : 2,66 g/cm³
Titik lebur : 1124 °C
Specific gravity : 1,68 (20°C)
Kelarutan : 710 g/l (20°C)

www.itk.ac.id

10. Udara

Komponen penyusun	Oksigen	Nitrogen
Rumus molekul	O ₂	N ₂
Komposisi	21 %	79%
Wujud	Gas	Gas
Berat molekul	32 gr/mol	28.02 gr/mol
Densitas gas	1,33 kg/m ³	0.072 (lb/ft ³)
Titik leleh	-218,8°C	-210.01°C (-346°F)
Titik didih	- 182,92 °C	196°C (-320.8°F)
Suhu kritis	154.59 K, 5.043 MPa	126.19 K, 3.3978 MPa
Kalor peleburan	0.444 kJ/mol ⁻¹	0.72 kJ·mol ⁻¹

11. Enzim Glukoamilase

Densitas	: 100 - 200 kg/m ³
Temperatur optimum	: 60 °C
pH optimum	: 4,5 – 5
Densitas	: 1,15 kg/liter
Kelarutan dalam air	: mudah larut

2.3.2 Produk

Spesifikasi Produk yang dihasilkan pada proses pembuatan asam sitrat adalah sebagai berikut.

1. Asam Sitrat (C₆H₈O₇)

Berat molekul	: 192 gr/mol
Densitas bulk	: 560 kg/m ³
Titik lebur	: 153°C
Titik didih	: 175°C
Specific gravity	: 1,54 (20°C)

Kelarutan : 207,7 gr/100 ml (25°C)

Berikut syarat mutu asam sitrat berdasarkan SNI 19-0428-1989:

Uraian	Persyaratan
Kadar Asam Sitrat, %	Min. 99,5 %
Sisa Pemijaran, %	0,05
Logam berat, sebagai Pb, ppm	Maks, 10
Zat yang mudah mengarang	Memenuhi syarat uji
Kalsium	Memenuhi syarat uji
Asam iso sitrat	Memenuhi syarat uji
Oksalat	Memenuhi syarat uji
Sulfat	Memenuhi syarat uji
Hidrokarbon aromatic polisiklik	Memenuhi syarat uji
Ukuran	24 mesh

2. Kalsium Sulfat (CaSO₄)

Berat molekul : 174,26 g/mol
Densitas bulk : 2,66 g/cm³ (20°C)
Titik lebur : 1069 °C
Titik didih : 1689 °C
Kelarutan : 630 g/l (20°C)