

Proses Pembuatan Asam Sitrat dari Molasses dengan Metode Submerged Fermentation

Irsalina Wilda Amalia, Dianita Nurnanda, Nuniek Hendriane, dan Raden Darmawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: nuniek@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Asam sitrat merupakan salah satu bahan tambahan makanan minuman yang paling sering digunakan para produsen, karena mudah didapatkan dan keamanannya bagi kesehatan. Namun kebutuhan para produsen terhadap asam sitrat tersebut belum dapat tercukupi sepenuhnya, sehingga dibutuhkan proses pembuatan Asam Sitrat yang baru untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dari beberapa pertimbangan dapat disimpulkan bahwa lokasi proses pembuatan Asam Sitrat ini akan dibangun di Kota Mojokerto, tepatnya di Kawasan Industri Ngoro. Asam sitrat sendiri dapat dibuat menggunakan beberapa proses, yaitu *Submerged fermentation* dan *Surface fermentation*. Setelah membandingkan kedua proses tersebut maka dipilih proses *submerged fermentation* untuk produksi asam sitrat karena lahan yang dibutuhkan lebih sedikit, proses fermentasi selama 1-4 hari, pH nya rendah, produksinya tinggi, serta kemurnian produknya tinggi. Secara umum, proses pembuatan asam sitrat memiliki 3 tahapan utama. Pada proses *pre-treatment*, jamur *Aspergillus niger* dipersiapkan terlebih dahulu dan dilakukan pengolahan awal pada molasses seperti penghilangan impurities dan pengenceran dimana molasses merupakan bahan baku utama pada proses pembuatan asam sitrat ini. Pada tahapan proses fermentasi, dilakukan proses fermentasi dimana jamur *Aspergillus niger* mampu menghasilkan asam sitrat dengan yield yang cukup tinggi dan pada tahapan *packaging*, asam sitrat dimurnikan semaksimal mungkin, baik dengan proses evaporasi, *drying* dan kristalisasi, yang kemudian dilakukan proses *packaging*. Dengan kapasitas produksi sebesar 57.337,33 ton/tahun dan tenaga kerja sebanyak 269 orang, dibutuhkan bahan baku molasses sebanyak 16.000 kg/jam. Proses pembuatan asam sitrat ini memiliki modal yang berasal dari 40% modal sendiri dan 60% modal pinjaman dengan bunga sebesar 9,75% per tahun dan laju inflasi sebesar 3,28%. Dari hasil analisa ekonomi, didapatkan total modal investasi sebesar Rp.643.732.628.147, IRR sebesar 37,63%, POT 4,45 tahun dan *Break Even Point* (BEP) 30,30 %.

Kata Kunci—Asam Sitrat, *Aspergillus niger*, Fermentasi, Molasses, *Submerged Fermentation*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan sebuah negara yang memiliki jumlah penduduk hingga tahun 2019 ini sebanyak 267 juta penduduk, dengan usia produktif mencapai 183,36 juta penduduk atau 68,7% dari total populasi penduduk di Indonesia [1]. Luas wilayah Indonesia sendiri sebesar 7,81 juta km² yang terdiri dari 2,01 juta km² daratan, 3,25 juta km² lautan dan 2,55 juta km² Zona Ekonomi Eksklusif [2]. Dengan luas wilayah sebesar itu dan jumlah penduduk sebanyak itu, tentu saja persaingan dagang di berbagai sektor pun akan semakin ketat dan akan cukup membahayakan bagi pihak yang kurang menambahkan inovasi pada produknya. Salah satu sektor yang saat ini

cukup banyak diminati para wirausahawan adalah sektor makanan dan minuman. Mereka pun mulai melakukan berbagai cara untuk mendapatkan perhatian dari para pecinta kuliner, salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambahan pada produk makanan minumannya. Asam sitrat merupakan salah satu bahan tambahan makanan minuman yang paling sering digunakan, selain karena mudah didapatkan, juga karena keamanannya bagi kesehatan.

Asam sitrat merupakan asam organik yang banyak digunakan pada industri di dunia maupun di Indonesia. Konsumsi di Indonesia menyatakan 65% untuk industri makanan dan minuman, 20% untuk industri deterjen rumah tangga, dan 15% untuk industri tekstil, farmasi, kosmetik dan lainnya. Karena pemanfaatan asam sitrat yang tinggi dalam industri maka tentu saja kebutuhan asam sitrat di dalam maupun luar negeri masih sangat besar [3]. Kebutuhan impor asam sitrat hingga tahun 2017 saja mencapai 38.402.185 kg/tahun, produksi asam sitrat pada tahun 2017 hanya sebesar 7.881.624 kg/tahun, dan yang diekspor pada tahun 2017 sebesar 248.281 kg/tahun. Sedangkan kebutuhan konsumsi asam sitrat di Indonesia dari berbagai sektor pada tahun 2017 mencapai 208.200.607 kg/tahun, tentu saja jumlah ini sangat besar dan belum terpenuhi dengan baik [4]. Dari beberapa macam bahan baku yang digunakan dalam memproduksi asam sitrat, pada proses pembuatan asam sitrat ini digunakan tetes tebu (*cane molasses*) sebagai bahan baku untuk produksi asam sitrat. Pemilihan ini didasarkan pada ketersediaan molasses sebagai produk samping dari pabrik gula sangatlah besar, seperti data ketersediaan molasses pada tahun 2015 di PG.Gempolkerp sebesar 25.638 ton [5]. Pemilihan molasses ini sekaligus untuk memanfaatkan produk samping dari pabrik gula agar memiliki nilai ekonomis tinggi, melakukan diversifikasi produk tetes tebu, karena sejauh ini tetes tebu hanya digunakan untuk pembuatan alkohol, MSG, pupuk, dan lain-lain.

Sedangkan untuk mikroorganisme yang kami gunakan 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.

Dari data-data yang didapatkan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan asam sitrat setiap tahunnya semakin bertambah banyak, oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan asam sitrat baik di dalam maupun di luar negeri yang masih sangat besar, maka perlu dilakukan proses pembuatan asam sitrat di dalam negeri.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Untuk membuat suatu produk, diperlukan seleksi proses yang akan digunakan untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Pemilihan proses ini dilakukan agar nantinya proses dapat berjalan dengan efisien sesuai dengan pertimbangan aspek – aspek yang ada, seperti bahan baku utama, bahan baku penunjang, sistem utilitas, hingga biaya produksi yang dibutuhkan. Dalam proses pembuatan asam sitrat ini terdapat tiga proses yang sering digunakan, yaitu ekstraksi sederhana, proses Sintesa secara Kimia, dan proses Fermentasi menggunakan mikroorganisme

Dari tiga proses diatas terdapat beberapa perbedaan yang cukup menonjol seperti dari segi teknologinya dan bahan – bahan yang digunakan. Oleh karena itu akan dijabarkan masing-masing proses sebagai berikut :

A. Ekstraksi Sederhana

Ekstraksi sederhana merupakan proses produksi asam sitrat yang masih konvensional, dengan bahan baku jeruk, nanas, pir dan buah dengan rasa masam lainnya. Metode ini telah lama ditinggalkan, karena metode baru yang telah dikembangkan.

B. Proses Sintesa secara Kimia

Proses sintesa secara kimia masih belum sepenuhnya diterima konsumen karena menggunakan bahan-bahan kimia yang dinilai kurang aman bagi produk pangan yang dihasilkan.

C. Proses Fermentasi menggunakan Mikroorganisme

Produksi asam sitrat melalui fermentasi menggunakan mikroorganisme dinilai prospektif untuk diterapkan pada skala industri [3]. Proses fermentasi terdiri dari 2 tahap, fasa pertumbuhan miselium dan fasa pembentukan produk. Tahapan ini dibedakan atas laju penyerapan karbohidrat. Sedangkan media fermentasi yang digunakan terdiri dari nutrisi untuk menyokong pertumbuhan mikroba yang mengandung sumber karbon, nitrogen, fosfor, air dan udara. Proses fermentasi ini dipengaruhi oleh pH, suhu, kecepatan pengadukan, dan aerasi. Proses fermentasi pembuatan asam sitrat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu proses *surface fermentation* (fermentasi permukaan) dan proses *submerged fermentation* (fermentasi terendam).

Secara alami asam sitrat adalah produk primer yang tidak diekskresi oleh mikroorganisme dalam jumlah banyak. Dari beberapa jamur yang digunakan, dipilih *Aspergillus niger* karena mampu meminimalkan produk samping yang tidak diinginkan, seperti asam oksalat, asam isositrat, dan asam glukonat [3].

D. Pemilihan Proses

Untuk proses pembuatan asam sitrat ini dipilih proses fermentasi menggunakan mikroorganisme. Proses fermentasi yang dipilih ini terbagi menjadi 2 proses, yaitu proses *surface fermentation* dan proses *submerged fermentation*.

Surface fermentation pernah dilaksanakan di Jepang menggunakan mikroorganisme *Aspergillus niger* pada dedak padi, dapat juga dilakukan dalam larutan liquid dalam sebuah panci maupun stainless steel. Namun sebenarnya, *Aspergillus niger* sendiri mampu menghasilkan asam sitrat meskipun terdapat kandungan logam yang tinggi pada dedak padi yang digunakan. Cara yang digunakan dalam

Tabel 1. Komposisi Nutrien

| Komponen | gr/L larutan |
|--------------------------------------|--------------|
| MgSO ₄ .7H ₂ O | 1,52 |
| KH ₂ PO ₄ | 3,04 |
| KCl | 1,52 |
| NaNO ₃ | 7,65 |

pembentukan asam sitratnya sendiri dengan cara ekstraksi menggunakan proses pencucian yang kemudian diendapkan dari larutan yang dapat menghasilkan kalsium sitrat [6]. Pada proses ini tray yang digunakan berbahan high grade aluminium atau stainless steel untuk menghindari korosi selama proses produksi karena pH akan sangat turun signifikan hingga 2. Bahan baku yang digunakan dapat berupa *cane molasses* dan *beet molasses*. Salah satu faktor penting dalam produksi asam sitrat adalah sistem aerasi untuk proses oksigenasi dan *heat removal*. Pertumbuhan mikroorganisme membutuhkan waktu 12 jam. Dengan bahan baku 1 kg/m².hari didapatkan rendemen hingga 80% dari bahan baku awal.

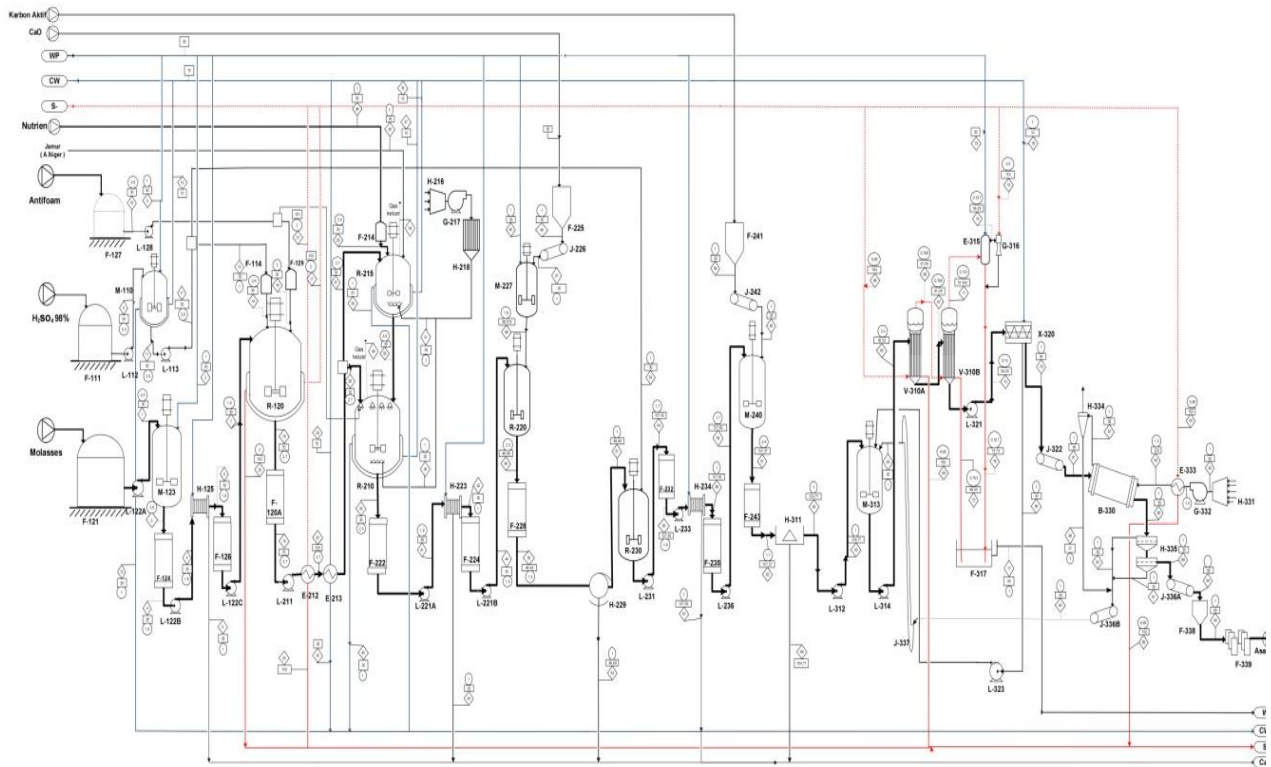
Submerged fermentation merupakan salah satu proses pembentukan asam sitrat menggunakan fermentor untuk fermentasi. Molasses yang mengandung sumber-sumber karbohidrat, dilakukan proses ion exchange dengan menambahkan juga MgSO₄, 7H₂O dan KH₂PO₄ sekitar 1 % dan 0.05-2 %. Pada proses ini menggunakan pH dibawah 3.5 [6]. Pada proses *submerged fermentation* ini juga menggunakan material high grade stainless steel untuk peralatannya. Hal ini karena asam sitrat mampu melarutkan ion logam dan keberadaan Mangan (Mn) didalam stainless steel. Selain itu, jika menggunakan inferior grade maka dikawatirkan akan menyebabkan korosi. Reaktor para proses *submerged fermentation* ini menggunakan tekanan diatas atmosfer karena mampu meningkatkan laju oksigen berpindah ke tangki fermentor.

Diantara kedua proses diatas, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan untuk masing-masing proses fermentasi, dimana untuk *Submerged Fermentation* waktu fermentasinya selama 1-4 hari saja dan menghasilkan kemurnian produk yang tinggi, sedangkan *Surface Fermentation* waktu fermentasinya selama 8-15 hari dan kemurnian produknya rendah, sehingga dipilihlah proses *Submerged Fermentation* [7]. Pada *Submerged Fermentation* digunakan alat utama berupa tangki fermentor berpengaduk. Untuk penggunaan alat utama ini dibedakan menjadi dua, yaitu *Stirred Tank Fermentor* dan *Air Lift Fermentor*.

Kelebihan dari *stirred tank fermentor* diantaranya campuran media dan kultur mikroorganisme tetap homogen dan proses perpindahan massa dan panasnya dapat dikontrol dengan baik. Sedangkan untuk *air lift fermentor* mempunyai kadar oksigen terlarut yang tinggi dan yield yang lebih tinggi [6]. Berdasarkan beberapa perbandingan yang telah disebutkan di atas, maka kami memutuskan untuk memilih Proses *Submerged Fermentation* menggunakan *Stirred Tank Fermentor*.

E. Uraian Proses

Metode untuk proses pembuatan asam sitrat ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahapan persiapan, tahapan



Gambar 1. Process Flow Diagram Pembuatan Asam Sitrat dari Molasses

pembiakan jamur, tahapan fermentasi, serta tahapan pengolahan dan pengemasan produk, dimana setiap tahapan tersebut akan dijelaskan dibawah ini :

Tahap Persiapan

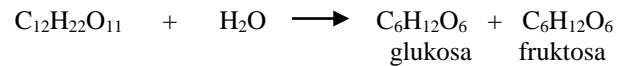
Untuk *pre-treatment* larutan H₂SO₄ 98% dipompa menggunakan pompa (L-112) menuju Tangki Pengenceran H₂SO₄ (M-110) untuk diencerkan hingga konsentrasi 12% menggunakan air proses. Dimana proses pengenceran ini merupakan reaksi eksotermis yang menghasilkan panas, dengan suhu tinggi sehingga perlu digunakan air pendingin untuk menjaga kondisi suhunya stabil 30°C. Larutan H₂SO₄ 12% ini sebagian akan ditampung didalam tangki *Overhead Tank* H₂SO₄ (F-114) untuk proses hidrolisa dan sebagian dialirkan menuju Tangki *Acidulation* (R-240) untuk pengasaman.

Molasses dari Tangki Penampung Molasses (F-121) dipompa menggunakan pompa (L-122A) menuju Tangki Pengenceran Molasses (M-123) untuk mendapatkan kandungan gula sebesar 18 % dalam larutan sesuai dengan syarat inokulum yang akan menuju *Seed Tank* (R-215) dan *Fermentor* (R-210) yang kemudian ditampung didalam tangki Penampung Pengencer Molasses (F-124). Kemudian molasses dipompa menggunakan pompa (L-122B) menuju *Filter Press I* (H-125) untuk dipisahkan dengan zat pengotornya. Hasil filtrasi berupa cake akan dibuang, sedangkan filtratnya akan disimpan didalam tangki Penampung *Filter Press I* (F-126).

Tahap Pembiakan Jamur

Molasses hasil filtrasi tersebut dipompa menggunakan pompa (L-122C) menuju Tangki Hidrolisa (R-120) serta ditambahkan larutan H₂SO₄ 12% dari tangki *Overhead Tank*

H₂SO₄ (F-114) dan larutan antifoam dari tangki *Overhead Tank* Antifoam (F-129) yang dipompa menggunakan pompa (L-128) dari Tangki Penyimpan Antifoam (F-127). Penambahan H₂SO₄ 12 % bertujuan untuk menurunkan pH hingga 2 untuk proses fermentasi, serta karena proses hidrolisa akan berjalan optimal pada kondisi asam. Sedangkan penambahan antifoam bertujuan untuk mengurangi *foaming* selama proses hidrolisa dan meminimalisir adanya *entrainment*. Untuk antifoam yang digunakan adalah kalsium alginat. Pada tangki Hidrolisa (R-120) dilakukan pemanasan menggunakan *saturated steam* 150°C dengan tekanan 475,8 Kpa untuk diperoleh kondisi optimal hidrolisa sukrosa pada suhu 70°C selama 80 menit. Pada tahapan ini, sukrosa akan terhidrolisa menjadi glukosa dan fruktosa dalam suasana asam, dengan reaksi sebagai berikut :



Molasses dari Tangki Hidrolisa (R-120) kemudian dipompa menggunakan pompa (L-211) untuk disterilkan di *Heat Exchanger Sterillizer* (E-212) menggunakan *saturated steam* 150°C hingga suhu 100°C dan kemudian didinginkan dalam *Cooler* (E-213) hingga 32°C untuk dialirkan menjadi 2 bagian yakni kedalam *Seed Tank* (R-215) dan kedalam *Fermentor* (R-210) dengan perbandingan 1 : 10 dengan komposisi yang sama. Pada *Seed Tank* (R-215) ditambahkan jamur *Aspergillus niger* dengan perbandingan 5 : 1000 terhadap massa larutan didalam *Seed Tank* dan nutrien yang ditambahkan dari tangki penampung (F-214). Waktu pembibitan adalah sekitar 18-30 jam dalam hal ini digunakan waktu pembibitan 24 jam yang berlangsung

secara aerob sehingga ditambahkan udara untuk proses aerasi.

Pada Tangki ini terjadi pembiakan *Aspergillus Niger* dan proses adaptasi sebelum memasuki Tangki *Fermentor* (R-210). Namun pada proses ini juga terbentuk asam sitrat dengan jumlah sedikit. Komposisi nutrien yang digunakan sebagai media pembibitan dan fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

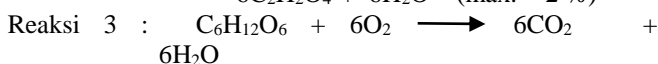
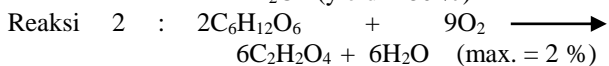
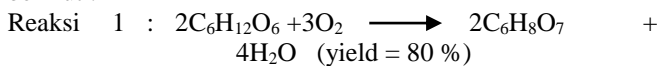
Didalam *Seed Tank* (R-215) selain ditambahkan nutrien, dan jamur *Aspergillus niger* juga dialirkan udara dari atmosfer untuk membentuk suasana aerob karena sesuai dengan sifat jamur *Aspergillus niger* untuk perkembangbiakan yang optimal dibutuhkan udara dalam jumlah sedikit.

[8]

Udara yang digunakan berasal dari udara atmosfer yang disaring didalam *Air Filter* I (H-216) dan dikompres menggunakan *Compressor* (G-217) yang kemudian dialirkan menuju *Microfilter* (H-218) untuk memfiltrasi biomassa yang terkandung didalam udara atmosfer sebelum masuk kedalam *Seed Tank* (R-215) agar pembibitan menjadi optimal.

Tahap Fermentasi

Pada Tangki *Fermentor* (R-210), molasses akan terfermentasikan menjadi asam sitrat dengan kondisi operasi yang sama dengan *Seed Tank* (R-215). Temperatur operasi yang digunakan 30 °C dan tekanan operasi 1 psig lebih tinggi dari tekanan luar agar gas dalam *Fermentor* dapat dikeluarkan. Fermentasi berlangsung selama 24 jam dengan menghasilkan produk samping berupa asam oksalat. Reaksi yang terjadi dalam *Fermentor* (R-210) adalah sebagai berikut :

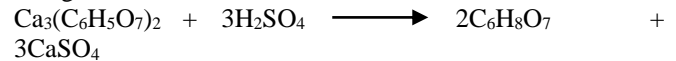


Kemudian larutan hasil fermentasi untuk ditampung didalam Tangki Penampung *Fermentor* (F-222) dan dipompa menggunakan pompa (L-221B) menuju *Filter Press* II (H-223) untuk memisahkan biomassa yang terkandung dalam larutan. Hasil filtrasi ini akan ditampung didalam Tangki Penampung *Filter Press* II (F-224). Larutan ini kemudian dialirkan menuju Tangki Pengendapan (R-220) menggunakan pompa (L-221C). Proses selanjutnya adalah *recovery* asam sitrat melalui proses pengendapan didalam Tangki Pengendapan (R-220).

Tangki Pengendapan (R-220) digunakan untuk mereaksikan larutan hasil filtrasi dengan *lime* (Ca(OH)₂) dari *Slaker* (Ca(OH)₂) (M-227). Di dalam *Slaker* (M-227) terjadi reaksi antara CaO yang berasal dari *Hopper* CaO (F-225) dan dialirkan menggunakan *Belt Conveyor* CaO (J-226) dengan *Water Process*. Pada proses *recovery* asam sitrat ini reaksi yang terjadi pada larutan dilakukan selama 3 jam untuk menghasilkan konversi reaksi asam sitrat yang optimal. Proses ini menghasilkan endapan kalsium oksalat dan kalsium sitrat terkandung dalam larutan.

Kemudian *cake* hasil pemisahan filtrasi (kalsium sitrat) dimasukkan ke Tangki Pengasaman (R-230) dengan

H₂SO₄12% untuk memperoleh asam sitrat kembali. Reaksi yang terjadi didalam Tangki Pengasaman (R-230) adalah sebagai berikut :



Larutan hasil pengasaman akan dipompa menggunakan pompa (L-231) dan ditampung didalam Tangki Penampung Tangki Pengasaman (F-232) kemudian dipompa menggunakan pompa (L-233) menuju *Filter Press* III (H-234) untuk memisahkan kalsium sulfat. *Cake* yang dihasilkan ditampung pada Tangki Penampung *Filter Press* III (F-235) dan dialirkan menggunakan pompa (L-236) menuju Tangki *Decolorization* (M-250) untuk memutihkan asam sitrat menggunakan karbon aktif. Karbon aktif ini berasal dari *Hopper* Karbon Aktif (F-241) yang dialirkan menggunakan *Belt Conveyor* Karbon Aktif (J-242) yang kemudian ditambahkan ke dalam Tangki *Decolorization* (M-240). Asam sitrat yang telah diputihkan akan ditampung didalam Tangki Penampung Tangki *Decolorization* (F-243).

Tahap Pengolahan dan Pengemasan Produk

Larutan dari Tangki Penampung Tangki *Decolorization* (F-243) dialirkan menuju *Centrifuge* (H-311) untuk memisahkan karbon aktif dan komponen yang terabsorpsi sebagai *cake*. Berikutnya, filtrat akan dipompa menggunakan pompa (L-312) menuju *Mixer* (M-313) untuk dicampur dengan larutan *recycle* (*mother liquor*) dari *Centrifuge* (H-311) dan asam sitrat yang tidak sesuai spesifikasi dari *Screen* (H-335). Kemudian larutan dari *Mixer* (M-314) dipompa menggunakan pompa (L-314) menuju *double effect Evaporator* (V-310A&B) yang dioperasikan secara vakum untuk menguapkan kandungan air sehingga konsentrasi asam sitrat naik. Untuk mendapatkan kondisi vakum tersebut, digunakan *Steam Jet Ejector* (G-316) dan *Barometric Condensor* (E-315). Steam yang berasal dari evaporator, dikondensasi menggunakan *Barometric Condensor* (E-317) dengan mengontakkannya dengan *Cooling Water*. Kondensat yang dihasilkan oleh *Barometric Condensor* (E-315) ditampung pada *Hot Whell* sebelum dibuang ke *Waste Water Treatment*. Larutan dari evaporator dialirkan ke *Crystallizer* (X-320) menggunakan pompa (L-321) untuk mendapatkan kristal asam sitrat monohidrat pada suhu 30°C.

Kristal asam sitrat ini kemudian dimasukkan kedalam *Rotary Dryer* (B-330) menggunakan *Belt Conveyor* (J-322), sedangkan larutan induknya dipompa ke *Mixer* kembali menggunakan pompa (L-324). Pada *Rotary Dryer*, dialirkan udara panas dengan suhu 120°C sehingga dihasilkan kristal dengan kadar air 5%. Udara yang digunakan berasal dari udara atmosfer yang disaring didalam *Air Filter* II (H-331) dan dihisap menggunakan *Blower* (G-332) kemudian dipanaskan menggunakan *Heater* Udara (E-333) sebelum masuk kedalam *Rotary Dryer* (B-330). Udara panas yang telah digunakan, sebelum dibuang ke atmosfer, diolah terlebih dahulu di *Cyclone* (H-334). Kristal yang terbentuk akan dialirkan ke *Screen* (H-335) untuk dilakukan *screening*. Produk asam sitrat yang tidak sesuai spesifikasi akan *direcycle* dalam *Mixer* (M-313) menggunakan *Undersize* dan *Oversize Belt Conveyor* (J-336A) dan *Undersize* dan *Oversize Bucket Elevator* (J-337). Sedangkan produk yang sesuai spesifikasi akan dialirkan menuju *Hopper* Asam Sitrat (F-338) menggunakan *Belt*

Conveyor Produk (J-336B) untuk kemudian dilakukan pengemasan didalam *Packaging* Asam Sitrat (F-339).

III. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

A. Neraca Massa

Pada proses pembuatan Asam Sitrat ini kapasitas yang digunakan sebesar 7239,562 kg/jam atau sebesar 57337,33 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku Molasses sebesar 16000 kg/jam, dengan waktu operasi selama 330 hari/tahun dan jam kerja selama 24 jam/hari.

B. Neraca Energi

Pada proses pembuatan Asam Sitrat yang berkapasitas 57337,33 ton/tahun ini dibutuhkan energi yang diperoleh dari *steam* sebesar 20723074,58 kg/jam, listrik sebesar 216,45 kWh, air proses sebesar 726968,04 kg/jam dan air pendingin sebesar 2909212,22 kg/jam.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari analisis ekonomi yang telah dilakukan dalam pembuatan Asam Sitrat dengan kapasitas 57337,33 ton/tahun, dibutuhkan biaya produksi sebesar Rp 1.101.035.193.043 dengan *Total Cost Investment* sebesar Rp 643.732.628.147 dengan pembagian modal sebesar 40% dari modal sendiri dan 60% dari modal pinjaman. Untuk keuntungan yang didapatkan rata – rata per tahun sebesar Rp 180.876.782.797 dengan harga penjualan Asam Sitrat sebesar Rp 24.000 per kg. Proses pembuatan Asam Sitrat ini memiliki *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 37,63% per tahun, *Pay Out Time* (POT) 4,450 tahun, *Return On Investment* (ROI) 28,10% dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 30,30% pada suku bunga sebesar 9,75% per tahun dan laju inflasi sebesar 3,32% per tahun.

V. KESIMPULAN

Proses Pembuatan Asam Sitrat dari Molasses dengan Metode *Submerged Fermentation* ini beroperasi secara semi-kontinyu dengan kapasitas produksi sebesar 57.337,33 ton / tahun, membutuhkan bahan baku molasses sebanyak 16.000 kg/jam, nutrien, H₂SO₄ 98 %, antifoam, jamur *Aspergillus niger*, CaO, dan karbon aktif. Jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 269 orang. Laju pengembalian modal (IRR) sebesar 37,63 %, waktu pengembalian modal (POT) yang dibutuhkan selama 4,45 tahun dan titik impas (BEP) nya sebesar 30,30%. Produk asam sitrat yang dihasilkan ini memiliki ukuran 16 mesh, berwarna putih dan berbentuk kristal monohidrat, serta memiliki kandungan air sebesar 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Laporan Kependudukan dan Ketenagakerjaan*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (2019).
- [2] *Data Rujukan Wilayah Kelautan Indonesia*, Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2017).
- [3] K.S. Sasmitaloka, "Produksi Asam Sitrat Oleh *Aspergillus Niger* pada Kultivasi Media Cair," *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 5, No. 3 (2017), 116-122.
- [4] *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor Menurut Komoditi HS*, Badan Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia (2017).
- [5] R. Novianti, Y. Syaikat, M. Ekayani. Nilai Ekonomi Pemanfaatan By-Products Industri Gula di Pabrik Gula Gempolkerp. Mojokerto, Jawa Timur, Thesis Report, Master Programme in Economic and Management, Institut Teknologi Pertanian, Bogor, Indonesia (2017).
- [6] N. Okafor, *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology*. Science Publisher, New Hampshire, United States (2007).
- [7] B. Kristiansen, J. Linden, M. Matthey, *Citric Acid Biotechnology*, 1st Edition, Taylor and Francis, London, England (2002)
- [8] F. Veana J.L. Martínez-Hernández, C.J.L. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, G. Michelena, "Utilization of Molasses and Sugar Cane Bagasse for Production of Fungal Invertase in Solid State Fermentation Using *Aspergillus Niger* GH1," *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol. 45, No. 2 (2014.), 373-377.