

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Saat ini peralatan berbahan polistirena digunakan hampir di semua aspek kehidupan manusia. Pada umumnya polistirena dibuat dari bahan baku stirena yang berasal dari minyak bumi. Dengan semakin meningkatnya jumlah produksi peralatan berbahan polistirena, semakin meningkat juga kebutuhan akan minyak bumi. Hal ini menyebabkan semakin berkurangnya persediaan minyak bumi di Indonesia. Selain itu, dalam proses pembuatan polistirena berbahan baku minyak bumi digunakan proses *cracking* yang menghasilkan CO₂ yang tidak ramah terhadap lingkungan. Polistirena juga tidak dapat terurai secara alami (*non biodegradable*)^[1].

Seiring dengan berjalannya waktu, para ilmuwan mencoba mencari cara yang baru untuk membuat stirena. Pada bulan September 2004, Geoffrey Coates, seorang profesor kimia yang berasal dari Universitas Cornell di Amerika Serikat beserta beberapa rekannya telah menemukan cara yang baru untuk membuat polimer menggunakan limonene oksida dan karbon dioksida dengan bantuan katalis. Polimer yang dihasilkan oleh reaksi limonene oksida dengan CO₂ adalah polimer yang disebut polilimonene karbonat. Polimer ini memiliki sifat yang serupa dengan polistirena. Limonene oksida sendiri merupakan hasil reaksi dari limonene dan tersier butil hidroperoksida^[2,3].

Limonene umumnya didapatkan pada buah-buahan jeruk. Dari hasil percobaan, diketahui bahwa kulit jeruk mengandung minyak jeruk dengan kadar limonene yang tinggi yaitu sekitar 90-95%. Dengan memproduksi limonene oksida dari bahan minyak jeruk berarti tidak dibutuhkan minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan polistirena yang berarti dapat menghemat persediaan minyak bumi dan mengurangi impor minyak bumi Indonesia. Selain itu proses ini tidak menghasilkan emisi CO₂ di atmosfer yang berarti mengurangi efek rumah kaca dan pemanasan global. Pembuatan limonene oksida dari minyak kulit jeruk ini sangat ramah lingkungan karena dari sumber yang dapat diperbaharui dapat dibuat plastik dengan kualitas yang sangat baik^[4].

I.2. Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Jeruk

Tanaman jeruk pada umumnya berada di daerah subtropis dan tropis. Karena hal tersebut, maka hampir seluruh wilayah Indonesia dapat ditanami jeruk. Lokasi terbaik penanaman jeruk adalah pada ketinggian 400 m di atas permukaan air laut^[5].

Jeruk mengandung vitamin C yang sangat tinggi. Selain itu, di dalam jeruk juga mengandung beberapa komponen lain seperti folacin, kalsium, potasium, thiamin, niacin, dan magnesium. Umumnya buah jeruk digunakan untuk minuman jus^[5].

Buah jeruk terdiri dari lapisan flavedo yang terdiri dari pigmen warna pada kulit luar buah dan minyak *sequiesterpene* yang melindungi buah dari serangga dan

mikroorganisme. Tepat di bawah lapisan flavedo terdapat lapisan albedo yang berwarna putih dan berbentuk spons. Adanya kombinasi dari albedo dan flavedo dalam jeruk menyebabkan kulit jeruk dapat dengan mudah dikupas^[5]. Di bawah kedua lapisan tersebut terdapat bagian daging buah jeruk (*endocarp*). Bagian daging ini dipisahkan oleh material membran. Umumnya buah jeruk mempunyai 9-13 segmen. Di bagian dalam tiap-tiap segmen terdapat kantung sari buah (*juice sacs*)^[5].

Jeruk memiliki beraneka ragam jenis, beberapa diantaranya yang secara umum dibudidayakan di Indonesia adalah jeruk keprok/mandarin (*Citrus aurtifolia*), jeruk manis (*Citrus sinensis*), jeruk besar/pummelo (*Citrus grandis*), jeruk *rootstock* (*Citrus limon*), jeruk nipis (*Citrus aurantium*), dan jeruk Siem (*Citrus microcarpa*)^[13,65]. Dari berbagai macam jenis tersebut, diperoleh data bahwa 80% dari total jeruk yang diproduksi di Indonesia adalah jenis jeruk keprok, sehingga bahan baku yang akan digunakan dalam Pra Rencama Pabrik Limonene Oksida ini adalah dari bahan baku kulit jeruk keprok^[12,13].

I.2.1.1. Jeruk Keprok (*Citrus aurtifolia*)^[6]

Tanaman jeruk keprok berasal dari Cina dan Vietnam. Saat ini, tanaman jeruk keprok dapat ditemui di seluruh daerah tropis dan subtropis di dunia. Rasadari buah tanaman jeruk keprok adalah segar dan manis. Di Indonesia, jeruk keprok ini dapat ditemui di dataran tinggi di Batu, Malang, Berastagi dan Lembang.

Tanaman jeruk ini baik dikembangkan di dataran tinggi antara 700 – 1200 m di atas permukaan laut dengan iklim yang relatif kering. Curah hujan dari daerah pengelola jeruk keprok sekitar 1500 – 2000 mm per tahun dengan musim kemarau 3 – 6 bulan. Jenis tanah yang cocok adalah tanah andosol atau yang banyak mengandung bahan organik dengan pH 5,5 – 6,5.

Jeruk keprok merupakan jenis jeruk yang terpenting, terutama dalam industri sari buah. Semua jeruk keprok mempunyai ciri spesifik yaitu daunnya lebar, tebal, tumbuh kekar dan umumnya daunnya bersayap. Jeruk ini memiliki bunga berwarna putih, tumbuh di ujung tunas/ujung cabang, buahnya bulat sampai lonjong dan kulit buahnya agak sukar dikupas.

I.2.2. Minyak Jeruk

Minyak jeruk merupakan salah satu minyak atsiri atau yang disebut juga dengan *essential oils*, *ethereal oils*, atau *volatile oils* merupakan senyawa yang volatil dan tidak larut dalam air. Minyak jeruk merupakan ekstrak alami dari bagian tanaman jeruk, baik berasal dari daging buah ataupun kulit buah. Akan tetapi, minyak jeruk paling banyak ditemui pada bagian flavedo di kulit buah jeruk^[5], sehingga Pabrik Limonene Oksida dari Bahan Baku Kulit Jeruk Keprok akan mengambil *essential oil* yang berada di kulit jeruknya.

Kulit jeruk memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan buah jeruk itu sendiri. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan komposisinya terutama dalam hal kandungan asam isositrik, *ash*, mineral, pektin, flavonoid, klorida, fosfat, kloramin-T, arginin^[7].

Pada minyak kulit jeruk, ditemukan 111 konstituen volatil termasuk 5 asam, 26 alkohol, 25 aldehida, 16 ester, 6 keton dan 31 hidrokarbon. Selain itu, terdapat sekitar 1,5 % komponen nonvolatil berupa *wax*, *coumarin*, *flavonoid*, *carotenoid*, *tocopherol*, *sterol* dan asam lemak. Hidrokarbon merupakan komponen terbesar pada minyak jeruk dan biasanya ditemui dalam bentuk *d-limonene* (95%). Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak kulit jeruk yang ditunjukkan pada Tabel I.1.

Tabel I.1. Komponen-komponen dalam minyak jeruk^[5,13]

Komponen	Jumlah Yang Terkandung (%)
<i>d-limonene</i>	95
<i>myrcene</i>	2
<i>noctanal</i>	1
<i>linalyl acetate</i>	0,5
<i>pinene</i>	0,4
<i>decanal</i>	0,3
<i>sabinene</i>	0,2
<i>terpinene</i>	0,1
<i>geranial</i>	0,1
<i>neral</i>	0,1
<i>sitronelal</i>	0,1
<i>dodecanal</i>	0,1
<i>linalool</i>	0,05
<i>valensen</i>	0,02
<i>sinnsial</i>	0,02
<i>sinensial</i>	0,01

Beberapa sifat fisika minyak jeruk pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Tidak berwarna, tetapi warnanya dapat berubah menjadi kuning, coklat, dan merah karena proses penguapan dan oksidasi
2. Bau: jeruk

3. Rasa: manis, pedas, asam, pahit dan ada pula yang mempunyai rasa sangat masam (seperti membakar) yang biasanya dihasilkan oleh *d*-limonene dalam jumlah yang cukup besar.
4. Kelarutan: larut dalam etanol 90% dan sulit larut dalam air.
5. Berat jenis: berkisar antara 0,840 – 0,844 pada 21°C. Untuk *d*-limonene murni, berat jenisnya adalah 0,8419.
6. Indeks bias: berkisar antara 1,4710 – 1,4740 pada 20°C. Untuk *d*-limonene murni, indeks biasnya adalah 1,4727.
7. Putaran optik: berkisar antara +94° - +99° pada suhu 25°C.
8. Absorbansi (pada 315 nm): $\leq 0,01$

I.2.3. Limonene^[5]

Limonene merupakan cairan bening sampai kuning muda pada suhu ruang dengan bau jeruk yang kuat. Limonene pada umumnya ditemui pada beberapa jenis buah, uatamanya adalah jeruk. Limonene pada umumnya digunakan sebagai pelarut pada industri, perasa dan wangi-wangian pada makanan.



Gambar I.1. Struktur Atom Limonene

Limonene didapatkan dengan mengekstrak minyak jeruk dari buah dan kulit jeruk. Minyak jeruk ini kemudian didestilasi untuk mendapatkan limonene. Limonene adalah senyawa yang tahan terhadap hidrolisis, akan tetapi limonene dapat mengalami proses biodegradasi pada kondisi aerob. Limonene memiliki dua isomer optis yaitu d-limonene dan l-limonene serta campuran dipentene.

Data sifat fisika dan kimia dari ketiga senyawa ini dapat dilihat pada Tabel I.2. di bawah ini.

Tabel I.2. Data Sifat Fisika Kimia d-limonene, l-limonene dan dipentene^[5]

CAS no.	138-86-3
Nama Kimia	1-metil-4-(1-metiletenil) sikloheksena
Rumus Kimia	C ₁₀ H ₁₆
Berat Molekul	136,23
Titik Leleh (oC)	- 95,9
Titik Didih (°C)	175,5 – 176,0
Densitas (g/cm³ pada 20 °C)	0,8402
Tekanan Uap (Pa pada 20 °C)	190
Log K_{ow}	4,83

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa tekanan uap dari limonene tinggi sedangkan kelarutannya dalam air rendah. Hal ini menunjukkan bahwa limonene adalah senyawa yang memiliki kecepatan penguapan yang tinggi.

I.2.4. Tersier Butil Hidroperoksida (TBHP / C₄H₁₀O₂)^[8]

TBHP merupakan suatu cairan yang berwarna bening sampai kuning jernih. TBHP yang beredar di pasaran saat ini memiliki kemurnian sekitar 69 – 71%.

Umumnya, TBHP ini digunakan sebagai katalis pada proses polimerisasi dan pengenalan grup peroksida ke dalam molekul organik. Beberapa sifat fisika kimia dari TBHP adalah sebagai berikut:

1. Warna: liquid cair bening
2. Titik didih: 96°C
3. *Specific gravity*: 0,93
4. Tekanan uap: 22 (pada 21°C)
5. *Flash point*: 43°C
6. Densitas uap: 3,1
7. Kelarutan: cukup mudah larut dalam air
8. pH: 4,3

I.2.5. Limonene Oksida^[2]

Limonene oksida adalah salah satu dari beberapa produk yang dibentuk dari limonene melalui proses oksidasi. Limonene oksida umumnya diproduksi dalam jumlah kecil jika melewati proses oksidasi dengan udara. Akan tetapi, pembentukan limonene oksida ini dapat dipercepat dengan menggunakan reaksi antara limonene dengan tetra butil hidroperoksida menggunakan katalis silika dan aseton. Limonene oksida memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

- Warna: bening
- Titik leleh: 2°C
- Titik didih: 177°C

- *Specific gravity*: 0,922
- Kelarutan dalam air: tidak larut

I.2.6. Tersier Butanol / Tersier Butil Alkohol (TBA)^[9,10]

Tersier butanol, atau 2-metil-2-propanol, adalah alkohol tersier yang merupakan salah satu dari empat isomer dari butanol. TBA adalah liquid tidak berwarna dengan bau seperti kamfer. Senyawa ini sangat mudah larut dalam air dan juga larut dalam etanol dan dietil eter. TBA ini memiliki titik leleh sekitar 25,69°C dan titik didih 82,4°C. Sifat-sifat TBA lain dapat dilihat sebagai berikut:

- Densitas uap = 2,55
- *Specific gravity* = 0,78086
- Tekanan uap = 41,67 mmHg pada 25°C

I.3. Analisa Pasar (*Market Analysis*)

I.3.1. Perkiraan Kebutuhan Pasar

Semakin hari persediaan minyak bumi yang terkandung di alam Indonesia makin terbatas, sedangkan minyak bumi termasuk dalam sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Jika penggunaan minyak bumi tidak dibatasi dan diperhitungkan dengan benar, maka dunia khususnya Indonesia akan kehabisan minyak bumi. Oleh karena itu pengembangan pabrik limonene oksida berbahan baku minyak jeruk ini memiliki prospek yang cerah dalam dunia industri di Indonesia.

Produksi limonene oksida ini sangat bergantung terhadap bahan baku jeruk. Oleh karena itu, pasar limonene oksida ini dikhususkan untuk pabrik penghasil polilimonene karbonat yang menggunakan limonene oksida sebagai bahan baku.

I.3.2. Daya Saing Produk

Produk limonene oksida belum ada di Indonesia, bahkan produk ini baru saja dikembangkan di Amerika Serikat. Jadi sampai saat ini masih belum ada pabrik sejenis yang dapat menyaingi, sehingga pesaing terdekatnya adalah pabrik-pabrik yang menggunakan bahan baku minyak bumi untuk menghasilkan stirena.

I.4. Menentukan Kapasitas Produksi

Kapasitas Pabrik Limonene Oksida dari Bahan Kulit Jeruk Keprak ditentukan berdasarkan jumlah bahan baku kulit jeruk keprak yang tersedia di Indonesia. Pabrik akan didirikan di Jawa Timur sehingga bahan baku akan diambil dari perkebunan-perkebunan yang terdapat di pulau Jawa. Pada tahun 2005, produksi jeruk di pulau Jawa sebesar 450.683 ton/tahun^[11].

Diperoleh data bahwa 80% dari total jeruk yang diproduksi di Indonesia adalah jenis jeruk keprak. Sehingga jeruk keprak yang diproduksi di Jawa pada tahun 2005 adalah $80\% \times 450.683 \text{ ton/tahun} = 360.546,4 \text{ ton/tahun}$ ^[12,13].

Dari total jumlah jeruk keprak yang diproduksi di pulau Jawa, dianggap 50% nya dijual ke masyarakat dan dijual ke pabrik – pabrik seperti pabrik parfum dan manisan. Karena pulau Jawa merupakan penghasil jeruk terbesar di Indonesia

setelah Sumatera Utara, dapat dipastikan bahwa banyak pabrik minuman (yang menggunakan bahan baku jeruk) yang mengambil bahan baku dari pulau Jawa. Oleh karena itu dianggap 50% dari total jumlah jeruk keprok yang dihasilkan di pulau Jawa dijual ke pabrik minuman, sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$50\% \times 360.546,4 \text{ ton/tahun} = 180.273,2 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik Limonene oksida membutuhkan bahan baku berupa kulit jeruknya saja, sehingga pabrik akan memperoleh bahan baku dari pabrik-pabrik minuman di pulau Jawa yang menggunakan jeruk keprok. Dari hasil percobaan di laboratorium didapatkan bahwa massa kulit jeruk adalah sebesar 37,8% dari massa jeruk totalnya, sehingga massa kulit jeruk yang didapatkan pabrik Limonene Oksida adalah 37,8% dari 180.273,2 ton/tahun yang berarti 68.143,27 ton kulit jeruk/tahun atau 7,887 ton kulit jeruk/jam.

Dalam perhitungan, digunakan jumlah bahan baku kulit jeruk yang masuk proses produksi adalah sebanyak 10 ton/jam dengan anggapan bahwa berdasarkan data yang didapatkan, produksi jeruk di Indonesia akan meningkat sekitar 22%^[14] tiap tahunnya, sehingga pada saat pabrik ini beroperasi, bahan baku kulit jeruk keprok sebanyak 10 ton/jam dapat tercukupi^[12].

BAB II
DESKRIPSI PROSES

BAB II

DESKRIPSI PROSES

II.1. Pertimbangan Pemilihan Proses

Secara umum terdapat 3 macam proses memperoleh minyak jeruk dari kulit jeruk, yaitu:

1. Destilasi

Destilasi adalah suatu proses yang bertujuan memisahkan suatu campuran fase liquid yang *miscible* dan mudah menguap (*volatile*) menjadi komponen masing-masing. Syarat sebagai dasar dari pemisahan suatu komponen larutan dengan destilasi adalah komposisi fase uapnya harus berbeda dengan komposisi fase liquidnya pada saat terjadi kesetimbangan^[15].

Terdapat 3 macam tipe destilasi, yaitu *water distillation*, *water and steam distillation*, dan *direct steam distillation* (destilasi uap). Pada metode *water distillation*, bahan dikontakkan secara langsung dengan air mendidih. Pada metode *water and steam distillation*, bahan diletakkan di atas *grid*, dan bagian bawah *grid* terdapat air yang dipanaskan yang akan menghasilkan *saturated steam* yang akan berkontak dengan material tersebut. Untuk metode *direct steam distillation*, material diletakkan di atas *grid* dan kemudian dari bawah *grid* langsung dialirkan *saturated* atau *superheated steam*. Metode *direct steam distillation* digunakan karena metode ini lebih ekonomis dan sederhana dibandingkan dengan metode destilasi yang lainnya, selain itu dengan metode

direct steam distillation akan dihasilkan minyak jeruk dengan kualitas yang baik^[16].

Tabel II.1. Keuntungan dan Kerugian Beberapa Macam Metode Destilasi

No.	<i>Water distillation</i>	<i>Water & Steam Distillation</i>	<i>Direct Steam Distillation</i>
1.	Bahan dikontakkan secara langsung dengan air mendidih ^[17] .	Bahan diletakkan di atas <i>grid</i> dan di bagian bawah <i>grid</i> terdapat air yang dipanaskan yang akan menghasilkan <i>saturated steam</i> yang akan berkontak dengan material tersebut ^[17] .	Material diletakkan di atas <i>grid</i> dan kemudian dari bawah <i>grid</i> langsung dialirkan <i>saturated</i> atau <i>superheated steam</i> ^[17] .
2.	Tidak dibutuhkan suhu yang tinggi ^[18] .	Membutuhkan suhu yang cukup tinggi.	Metode <i>steam distillation</i> bekerja dengan prinsip bahwa dua komponen yang <i>immiscible</i> (tidak saling larut) saat dicampur akan menurunkan titik didih tiap komponennya, sehingga tidak dibutuhkan suhu yang tinggi dalam prosesnya untuk menguapkan <i>essential oil</i> ^[17] .
3.	Metode ini dapat melindungi minyak yang terekstrak karena air yang mengelilingi bertindak sebagai perintang untuk mencegah minyak agar tidak menjadi terlalu panas ^[16] .	Dalam proses ini banyak steam yang terkondensasi di bahan, sehingga bahan menjadi basah, melekat satu dengan yang lain, dan akan menghasilkan minyak dengan sangat lambat ^[16] .	Dapat menghasilkan kualitas minyak yang baik ^[20] .
4.	Sederhana dan ekonomis ^[18] .	Kurang ekonomis karena membutuhkan waktu proses yang lama ^[16] .	Sederhana dan ekonomis ^[19] .

2. Ekstraksi padat cair (*Leaching*)

Ekstraksi padat cair (*leaching*) adalah proses untuk memisahkan salah satu atau lebih komponen yang terkandung di dalam fase *solid* dengan menggunakan fase *liquid* atau pelarut yang sesuai. Dalam proses *leaching*, terjadi kontak antara dua fase yang menyebabkan solut berdifusi dari fase *solid* ke fase *liquid*. Pada proses ini, zat yang diekstrak harus memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut sedangkan *solid* inert tidak boleh larut dalam pelarut. Pada proses *leaching*, ada beberapa langkah yang terjadi dalam keseluruhan prosesnya. Pelarut berpindah dari *bulk* larutan pelarut menuju ke permukaan *solid*. Selanjutnya, pelarut berdifusi ke dalam *solid* sehingga solut larut dalam pelarut. Kemudian solut berdifusi melalui campuran *solid*-pelarut menuju ke permukaan partikel. Akhirnya, solut berpindah menuju ke *bulk* larutan^[18].

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam *leaching* adalah:

- Ukuran partikel

Ukuran partikel yang lebih kecil akan memperbesar luas permukaan kontak antara partikel dengan *liquid*, sehingga laju perpindahan massa semakin besar^[21] dan proses *leaching* menjadi lebih cepat^[22].

- Pelarut

Pelarut yang baik adalah pelarut yang tidak merusak solut atau residu, viskositasnya rendah agar dapat tersirkulasi dengan baik, harganya relatif murah, memiliki titik didih rendah, murni dan tidak berbahaya^[22].

- Suhu Operasi

Kelarutan solut yang diekstraksi akan bertambah dengan makin tingginya suhu sehingga memperbesar kecepatan difusi. Kenaikan suhu akan meningkatkan kecepatan ekstraksi, akan tetapi suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan bahan yang diproses^[21,22].

- Pengadukan

Dengan pengadukan yang makin kuat, kecepatan difusi makin meningkat dan tahanan perpindahan massa pada permukaan partikel selama proses leaching berlangsung, akan semakin berkurang^[23].

3. Pengepresan

Minyak atsiri dapat diperoleh secara mekanis dengan cara pengepresan. Biasanya dilakukan terhadap bahan berupa biji, buah, dan kulit buah dari tanaman jeruk. Cara ini hanya dilakukan apabila kandungan minyak atsiri dalam bahan cukup banyak (30-70%), sehingga dapat dilihat tetes-tetes minyaknya dengan mata telanjang atau dapat ditekan tangan.

Dua cara umum dalam pengepresan mekanis, yaitu^[24]:

- *Hydraulic pressing* (pengepresan hidrolis), dimana bahan dipress dengan tekanan sekitar 2000 lb/inch² tanpa menggunakan media pemanas sehingga cara ini sering juga disebut sebagai *cold pressing*.
- *Expeller pressing* (pengepresan berulir) dimana untuk mengambil minyak atau lemak perlu dilakukan proses pemanasan atau *tempering* terlebih dahulu pada suhu sekitar 115,5°C dan tekanan 15000 – 20000 lb/inch².

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengepresan antara lain^[24]:

- Tekanan yang digunakan

Semakin besar tekanan yang digunakan, maka jumlah minyak atsiri yang dihasilkan akan semakin banyak sampai minyak atsiri yang ada di dalam kulit jeruk habis.

- Ukuran partikel

Untuk kulit yang ukurannya relatif besar harus dikecilkan agar mudah dibentuk menjadi *flake* yang memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat mudah dipress dan akan meningkatkan *yield* minyak.

- *Moisture content*

Moisture content pada bahan berpengaruh terhadap *yield* minyak hasil pengepresan. Semakin besar *moisture content* maka *yield* minyak yang dihasilkan akan lebih rendah, namun dibutuhkan tekanan pengepresan yang lebih kecil.

- Suhu dan waktu pemanasan

Suhu dan waktu pemanasan mempengaruhi *yield*, karena dengan pemanasan ini dapat memecah sel tumbuhan dan dapat juga mengkoagulasi protein yang ada dalam kulit sehingga viskositas minyak turun dan mempercepat aliran minyak keluar. Pada suhu yang tinggi dan lama mungkin akan memberi efek negatif pada kualitas minyak hasil pengepresan.

4. *Supercritical Fluid Extraction (SFE)*

Dalam proses ini, bahan baku dimasukkan ke dalam ekstraktor vertikal yang mempunyai kondisi operasi optimum pada 100 bar, 40°C. Sementara itu, CO₂ *food grade* dengan tingkat kemurnian 99,9% pada kondisi superkritis (100 bar, 40°C) dikontakkan secara langsung dengan bahan baku dengan kecepatan 3,2 kg/jam.kg bahan selama 150 menit.

Keuntungan dari metode SFE adalah tingkat efisiensi ekstraksi yang dihasilkan sangat tinggi (hingga mencapai 99%) jika dibandingkan dengan menggunakan metode destilasi uap yang mencapai 30-40%^[26,27]. Selain itu, metode ini menggunakan suhu operasi yang rendah sehingga mencegah produk dari kerusakan karena suhu yang tinggi, dan menggunakan pelarut yang ramah. Dalam pengambilan terpene dari minyak jeruk, hal yang diutamakan adalah untuk tetap menjaga rasa dan bau serta meminimalkan degradasi/kerusakan yang dapat menghasilkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti rasa pahit^[20]. Dibandingkan dengan metode-metode lain yang biasa digunakan untuk mengambil *essential oil*, SFE adalah yang terbaik, tetapi biaya alatnya masih terlalu mahal untuk sebuah pabrik di Indonesia.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan oleh Kurniawan dan Kurniawan^[25], dengan membandingkan antara proses destilasi, ekstraksi, dan *pressing*, didapatkan bahwa untuk mengambil minyak jeruk dari kulit jeruk, yang dapat memberikan kadar limonene terbesar adalah dengan proses destilasi yaitu sebesar 94,70%. Sedangkan dengan menggunakan proses pengepresan dan

leaching diperoleh kadar limonene sebesar 1,453% dan 0,013%. Oleh karena itu dipilih proses destilasi untuk mengambil minyak jeruk dari kulit jeruk.

II. 2. Uraian Proses

Proses produksi Limonene Oksida dari Bahan Baku Kulit Jeruk terdiri dari beberapa tahapan proses sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan baku kulit jeruk keprok.
2. Proses pengambilan minyak jeruk dari kulitnya.
3. Pemisahan limonene dari campuran minyak jeruk.
4. Mereaksikan limonene dengan TBHP dan pemurnian produk limonene oksida.

Prosesnya adalah sebagai berikut:

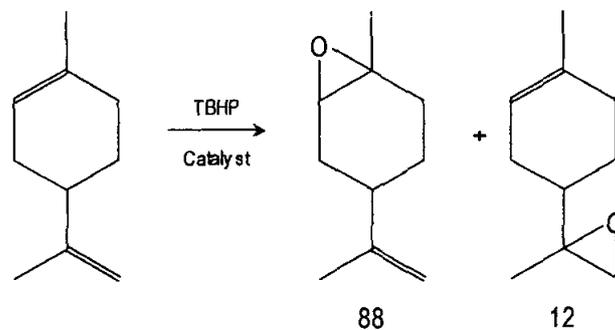
Bahan baku berupa kulit jeruk dibawa dari Gudang Bahan Baku Kulit Jeruk Keprok (F-110) menuju Tangki Pencuci (F-120) dengan menggunakan *Belt Conveyor* (J-121). Di dalam Tangki Pencuci (F-120), kulit jeruk dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel agar tidak mengganggu proses destilasi uap. Hasil keluaran dari tangki pencuci dilewatkan *filter* untuk mempermudah pemisahan kulit jeruk dari air pencuci. *Filter* tersebut merupakan alat pelengkap yang terpasang pada Tangki Pencuci (F-120). Kulit jeruk yang telah bersih dari kotoran dibawa menuju *TrayDryer* (B-130) dengan menggunakan *Bucket Elevator* (J-131). *Traydryer* berfungsi mengeringkan kulit jeruk dengan menggunakan udara kering pada suhu 40°C yang dihasilkan oleh Menara Adsorber (D-132) yang berisi silika gel. Udara yang masuk menara

adsorber sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *Air Heater* (Q-133), sehingga udara luar yang suhunya 28°C meningkat menjadi 40°C saat memasuki Menara Adsorber (D-132). Selanjutnya, kulit jeruk yang keluar diperkecil ukurannya dengan menggunakan *Rotary Cutter* (C-140) hingga mencapai ukuran 1 cm. Partikel kulit jeruk yang *oversize* pada *Screen* (C-150) akan dikembalikan menuju *Rotary Cutter* (C-140), sedangkan partikel kulit jeruk yang *undersize* dibawa oleh *Bucket Elevator* (J-211) menuju Menara Destilasi Uap (D-210).

Untuk proses destilasi uap digunakan *steam saturated* pada suhu 100°C. Steam yang dilewatkan pada kulit jeruk akan mengambil/mengekstrak minyak dari dalam kulit jeruk. Hasilnya berupa uap campuran antara *steam* dan *essential oil* yang dikondensasikan di dalam Kondensor Destilasi Uap (E-212) yang kemudian dilewatkan melalui *Steam Jet Ejector* (G-213) untuk membantu mengeluarkan semua uap yang keluar dari Menara Destilasi Uap (D-210). Setelah itu, kondensat diendapkan dan direfrigerasi di dalam *Settling Tank yang dilengkapi dengan Refrigerasi* (H-220). *Refrigerant* yang digunakan di dalam *Settling Tank* (H-220) adalah etana karena etana dapat membekukan hingga suhu -61°C. Etana sebagai *refrigerant* dialirkan dari Unit Penyediaan *Refrigerant* masuk ke dalam jaket *Settling Tank* (H-220) pada suhu -88°C. Di dalam *Settling tank* (H-220), limonene dipisahkan dari komponen-komponen lain yang terkandung di dalam minyak jeruk dengan cara pengendapan dan pembekuan. Karena limonene mempunyai titik beku yang lebih rendah (-95,5°C) dibandingkan dengan komponen-komponen lain yang terkandung di dalam minyak jeruk, maka

komponen-komponen lain akan membeku dan mengendap di bagian bawah tangki. Limonene yang terletak di lapisan bagian atas dapat dialirkan menuju ke Tangki penampung Limonene Sementara (F-230).

Limonene kemudian direaksikan dengan tersier butil hidroperoksida (TBHP) dengan menggunakan katalis solid silika (20 mesh)^[61] dalam pelarut inert aseton di dalam Reaktor (R-310). TBHP yang digunakan disimpan di dalam Tangki TBHP (F-314), sedangkan aseton dan silika disimpan di dalam Tangki Aseton dan Silika (F-312). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar II.1. Reaksi Limonene dengan Tersier Butil Hidroperoksida (TBHP)

Dengan konversi 75% dari reaksi di atas dihasilkan produk limonene oksida dan tersier butil alkohol (TBA), serta sisa reaktan limonene, TBHP, dan solid silika-aseton. Agar tidak mengganggu proses pemisahan selanjutnya, maka solid silika dipisahkan terlebih dahulu dari campuran dengan menggunakan *Plate and Frame Filter Press* (H-320). Campuran tanpa solid silika yang keluar dari *Plate and Frame Filter Press* (H-320) dibawa menuju Menara Destilasi (D-330) untuk memisahkan produk limonene oksida dari campuran. Dari Menara Destilasi (D-330), dihasilkan fase uap berupa komponen TBHP, TBA, dan aseton, yang kemudian dimasukkan ke dalam Kondensor Destilasi (E-331) untuk dikondensasi

(D-330), dihasilkan fase uap berupa komponen TBHP, TBA, dan aseton, yang kemudian dimasukkan ke dalam Kondensor Destilasi (E-331) untuk dikondensasi dan dilewatkan pada *Steam Jet Ejector* (G-332). Setelah itu kondensat ditampung terlebih dahulu di dalam Akumulator (F-333) sebelum dipindahkan ke dalam Tangki TBHP, TBA, dan Aseton (F-350) sebagai produk sampingan dari proses produksi. Selain fase uap, dari hasil proses destilasi juga dihasilkan fase liquid yang merupakan produk utama dari proses produksi, yaitu campuran limonene oksida, sedikit limonene, dan TBHP. Sebagian hasil liquid di-*reboiler* menggunakan *Reboiler* Destilasi (E-334) untuk dimasukkan kembali ke dalam Menara Destilasi (D-330), dan sebagian lagi ditampung di dalam Tangki Penampung Produk (F-340) untuk dipasarkan.