

Pra Desain Pabrik Minyak Nilam dari Daun Nilam dengan Metode Ekstraksi CO₂ Superkritis

Muhammad Sidiq, Mochammad Ulwan Fahmi Ramdhani, Siti Machmudah, dan Sugeng Winardi
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
*e-mail: machmudah@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Minyak atsiri atau *essential oil* merupakan senyawa ekstrak yang diambil dari bagian tanaman melalui proses penyulingan atau ekstraksi yang dimana digunakan untuk praktik kesehatan alami, aromaterapi dan lain sebagainya. Salah satu contoh minyak atsiri ialah minyak nilam. Indonesia merupakan pemasok minyak nilam terbesar dunia dengan kontribusi 90%. Kandungan *Patchouli Alcohol* (PA) yang terkandung dalam minyak nilam menjadi primadona di pasaran eropa. Peningkatan konsumsi atau kebutuhan minyak nilam perlu diimbangi dengan ketersediaan bahan baku dalam negeri, yaitu daun nilam. Oleh karena itu, peluang untuk memasuki pasar minyak atsiri di dunia terbuka lebar. Pabrik minyak nilam ini direncanakan mulai dibangun pada tahun 2023 di Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara dan direncanakan beroperasi pada tahun 2025. Modal diperoleh dengan perbandingan 40% modal sendiri dan 60% modal pinjaman. Dari analisa perhitungan ekonomi untuk mendirikan pabrik didapat hasil-hasil sebagai berikut: total modal investasi sebesar Rp406.309.087.416/tahun, dan hasil penjualan pertahun sebesar Rp289.089.213.429/tahun. Dengan estimasi umur pabrik selama 20 tahun, didapatkan *internal rate of return* (IRR) sebesar 16,07 %, *payout time* (POT) selama 7 tahun 10 bulan, *break event point* (BEP) sebesar 38,9%. Berdasarkan analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik minyak nilam kapasitas 213 ton/tahun layak secara ekonomi. Adapun penanganan dampak lingkungan pabrik dilakukan dengan cara penataan, pemeliharaan, pengawasan dan pengendalian terhadap limbah yang dihasilkan.

Kata Kunci—Minyak Nilam, *Patchouli Alcohol*, Minyak Atsiri.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara agraris dengan kekayaan alam yang sangat melimpah, jenis tumbuhan yang dapat dibudidayakan di Indonesia sangat beragam. Dari berbagai jenis tanaman yang terdapat di Indonesia, ada yang dapat dimanfaatkan sebagai minyak atsiri melalui serangkaian proses untuk mengambil kandungan yang terdapat pada tanaman yang diinginkan hingga hasil akhir produk berupa minyak tanaman tersebut. Sekitar 20 jenis minyak atsiri Indonesia dikenal di pasar dunia, 15 minyak atsiri tersebut diantaranya sudah menjadi komoditi ekspor antara lain; minyak serai wangi, nilam, akar wangi, kenanga, alang-alang, kayu putih, daun cengkeh, pala, gaharu, kenanga, terpentin, gagang cengkeh, cendana, pala, massoi, kruing, dan lawing [1].

Tanaman nilam (*Pogostemon cabin benth*) merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Tanaman nilam merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang cukup penting sebagai komoditi ekspor Indonesia dan menyumbang devisa sekitar 60% dari total ekspor minyak atsiri nasional. Indonesia merupakan pemasok minyak nilam terbesar dunia dengan kontribusi 90% [2]. Kegunaan utama minyak atsiri yang didapatkan dari daun nilam digunakan sebagai pengikat aroma yang digunakan

Tabel 1.
Data Produksi Minyak Nilam di Indonesia

Tahun	Produksi (ton)
2016	2192
2017	2207
2018	2196
2019	2211
2020	2250

Tabel 2.
Data Ekspor Minyak Atsiri di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton)
2016	2593
2017	2628
2018	2964
2019	1332
2020	1195

pada industri parfum.

Produksi minyak nilam di Indonesia setiap tahun mengalami fluakuasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Peningkatan produksi ini dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan minyak nilam dengan ketersediaan bahan baku dalam negeri, yaitu daun nilam. Di samping itu, terdapat beberapa perusahaan di Indonesia yang memproduksi minyak nilam seperti PT. Aceh Atsiri Indonesia, PT. Indesso Aroma, PT. Eagle Indo Pharma, PT. Payan Bertrand, PT. Karimun, PT. Givaudan dan lain sebagainya. Data ekspor minyak nilam di Indonesia masih terbilang cukup tinggi seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Kegiatan ekspor minyak nilam mendominasi pasar dunia, berdasarkan data kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 90% kebutuhan minyak nilam dunia berasal dari Indonesia. Data dari Dewan Atsiri Indonesia bahwa Indonesia sama sekali tidak melakukan impor minyak nilam untuk memenuhi kebutuhannya, dengan kata lain produksi minyak nilam di Indonesia telah mampu untuk memenuhi kebutuhan domestik (dalam negeri) serta mampu mendukung kebutuhan dunia.

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Teknologi Produksi dan Seleksi Proses

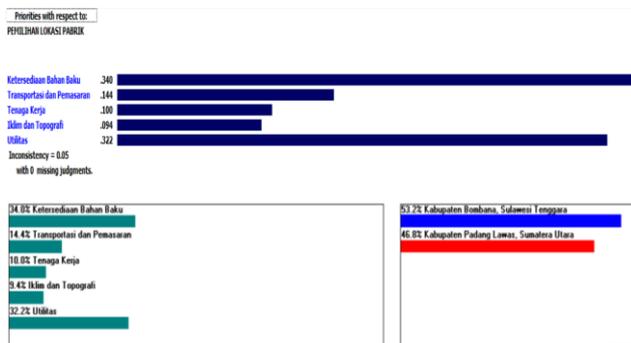
Produksi minyak atsiri biasanya dapat diproses antara dua metode yaitu metode penyulingan (distilasi) dan ekstraksi. Metode penyulingan juga terbagi menjadi 3 macam, yaitu metode distilasi air, distilasi uap, dan distilasi air dan uap. Metode distilasi air merupakan metode penyulingan dengan cara bahan baku disuling dengan air yang dididihkan dengan api secara langsung [3]. Metode distilasi uap adalah metode penyulingan dengan cara bahan baku disuling dengan uap dalam ketel penyulingan. Metode distilasi air dan uap merupakan metode penyulingan dengan cara bahan baku diletakkan pada ayakan yang terletak diatas ketel dan

Tabel 3.
Perbandingan Metode Penyulingan Minyak atsiri

Parameter	Distilasi air	Distilasi uap	Distilasi air dan uap	Ekstraksi CO ₂ Superkritis
Jumlah solvent	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Banyak
Tekanan (atm)	1	1	1	80 – 150
Suhu (°C)	100 – 110	100 – 105	100 – 105	40 – 70
Waktu (menit)	360 – 480	300	40 – 360	30 – 300
Rendemen (%)	2,61	1,66	2,4 – 3	3 – 5
Patchouli Alcohol (%)	26 – 28	22,36	24	25,34 – 36,8

Tabel 4.
Persentase Komponen Penyusun Daun Nilam

Komponen	Persentase Komponen (%)
Selulosa	4
Klorofil	10
Serat	11
Kadar Minyak	5
Kadar Air	65
Pengotor	5



Gambar 1. Hasil pembobotan dengan metode AHP untuk menentukan lokasi pendirian pabrik.

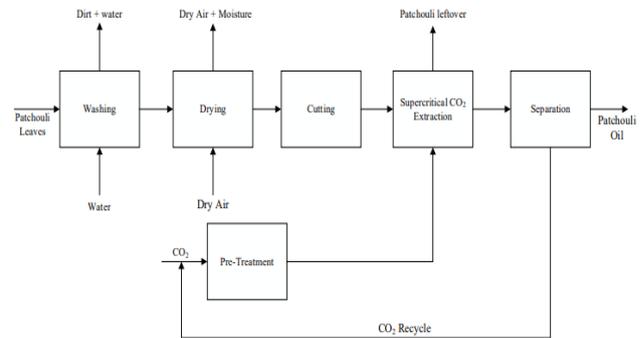
penetrasi ke dalam jaringan bahan baku [4]. Sedangkan, metode ekstraksi untuk pengolahan minyak atsiri menggunakan pelarut CO₂ superkritis [5].

Dari ketiga metode tersebut, terdapat kelebihan dan kekurangan setiap metode. Metode distilasi air memiliki proses yang mudah dan sederhana namun, alat yang digunakan besar, dan membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak. Metode distilasi uap dapat diatur suhu dan tekanan serta waktu yang singkat namun, tidak baik digunakan untuk beberapa jenis minyak yang mengalami kerusakan yang disebabkan oleh panas dan air. Metode distilasi air dan uap memiliki hasil rendemen yang lebih tinggi daripada metode distilasi lainnya, namun suhu dan tekanan sulit dikontrol. Metode ekstraksi CO₂ superkritis memiliki proses waktu yang singkat, ramah lingkungan, kemurnian dan kelarutan tinggi, toksisitas rendah namun, biaya operasi mahal [5]. Perbandingan produksi minyak atsiri terlampir pada tabel 3.

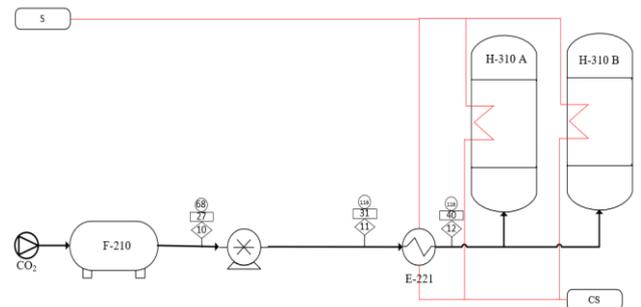
Hal yang perlu dipertimbangkan dari seleksi hasil proses ekstraksi minyak nilam, antara lain kandungan patchouli alcohol yang dihasilkan, serta kelebihan dan kekurangan selama proses berjalan. Berbagai jenis penyulingan dapat dipilih yang paling sesuai dan efisien, sehingga terpilih proses



Gambar 2. Peta lokasi didirikannya pabrik minyak nilam.



Gambar 3. Blok diagram proses pembuatan minyak nilam.

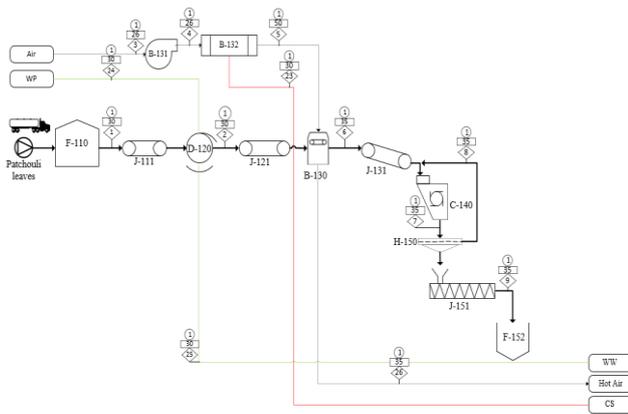


Gambar 4. Diagram alir proses pre-treatment CO₂.

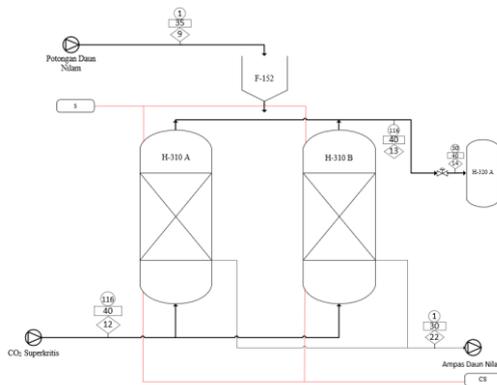
produksi minyak nilam dengan menggunakan metode ekstraksi CO₂ superkritis.

B. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku

Salah satu parameter dasar yang menjadi acuan dalam pendirian sebuah pabrik adalah ketersediaan bahan baku. Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan minyak nilam adalah daun nilam. Ketersediaan tanaman nilam di Indonesia banyak ditemui di berbagai daerah beriklim tropis seperti Indonesia diantara sebaran wilayahnya yaitu Aceh, Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan daerah-daerah lainnya. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, jumlah produksi tanaman nilam Indonesia pada tahun 2021 sebesar 15.813 ton. Bagian tanaman nilam dapat diambil minyak atsiri, yakni daun, ranting dan batang. Daun memiliki kandungan minyak atsiri yang lebih banyak daripada batang. Pabrik minyak nilam yang akan didirikan memanfaatkan daun nilam beserta ranting untuk diambil minyak atsirinya. Kandungan minyak atsiri yang dihasilkan tanaman nilam bervariasi berdasarkan jenis dan varietasnya. Nilam aceh merupakan salah satu jenis tanaman nilam yang memiliki kandungan minyak terbesar daripada jenis tanaman nilam lainnya, yaitu sekitar 5%. Kandungan minyak tersebut akan diolah lebih lanjut menjadi



Gambar 5. Diagram alir proses pre-treatment daun nilam.



Gambar 6. Diagram alir proses ekstraksi daun nilam menggunakan CO₂ superkritis.

minyak atsiri. Komposisi penyusun yang terdapat di dalam daun nilam ditunjukkan pada tabel 4 [2-5] .

C. Kapasitas Produksi

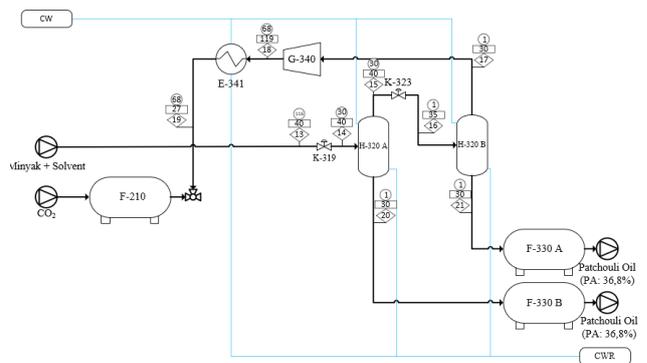
Penentuan kapasitas produksi pada umumnya berdasarkan kebutuhan minyak nilam, nilai ekspor dan impor produk di Indonesia serta ketersediaan bahan baku dalam waktu beberapa tahun terakhir yang terlampir pada tabel 1 dan tabel 2. Dengan demikian, penentuan kapasitas pabrik minyak nilam berdasarkan ketersediaan bahan baku sesuai lokasi pabrik yang didirikan dan data produksi tanaman nilam di Indonesia. Selain itu, penentuan estimasi produksi dan ekspor nilam di Indonesia dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$P_{2025} = P_{2021} (1 + i)^n \tag{1}$$

Berdasarkan pertimbangan ketersediaan bahan baku, maka ditetapkan kapasitas pabrik, yaitu sebesar 213 ton/tahun.

D. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan tolok ukur yang penting dalam keberhasilan usaha. Kesalahan pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal dan tidak ekonomis. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi suatu pabrik meliputi letak pabrik terhadap pasar, letak pabrik terhadap bahan baku, tersedianya tenaga kerja dan sarana prasarana yang mencakup listrik, air dan sarana transportasi serta kondisi geografi. Dari parameter-parameter yang telah ditentukan maka dapat dilakukan penentuan lokasi menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) menggunakan *software Expert*



Gambar 7. Diagram alir proses pemisahan minyak dari solvent CO₂ dan recycle CO₂ untuk digunakan kembali.

Tabel 5. Komponen penyusun minyak nilam

Komponen	Persentase Komponen (%)
<i>Caryophyllene</i>	7,5
<i>Seychelene</i>	11,7
<i>a - Patchoulene</i>	21,6
<i>Guaiene</i>	22,4
<i>Patchouli Alcohol</i>	36,8

Choice. Hasil pembobotan dengan metode AHP terlampir pada Gambar 1. Pabrik minyak nilam akan didirikan di Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Peta lokasi didirikannya pabrik minyak nilam dapat dilihat pada Gambar 2.

III. URAIAN PROSES

Pabrik minyak nilam dari daun nilam diproduksi dengan *close loop system* dan proses ekstraksi CO₂ superkritis. Secara umum, pembuatan minyak nilam dapat dibagi menjadi 7 tahapan, yaitu tahap pencucian daun nilam, *pre-treatment* CO₂, pengeringan daun nilam, pemotongan dan *screen*, ekstraksi CO₂ superkritis, pemisahan dan *recycle* CO₂. Blok diagram proses pembuatan minyak nilam dengan metode ekstraksi CO₂ superkritis terlampir pada gambar 3.

1) Tahap Pencucian Daun Nilam

Diagram alir proses pada tahap pencucian daun nilam disajikan pada gambar 4. Daun nilam akan dibeli langsung oleh petani perkebunan nilam setempat yang kemudian dibawa menggunakan truk yang kemudian menuju ke gudang penyimpanan (F-110). Selanjutnya, daun nilam masuk ke tahapan pencucian dengan menggunakan bantuan *belt conveyor* (J-111). Daun nilam akan dicuci menggunakan *rotary drum washer* (D-120) dengan aliran *process water* (WP). Pembersihan dilakukan dengan menyemprot air ke daun nilam basah yang bertujuan agar kotoran, parasit dan debu dapat hilang dari daun nilam. Prinsip kerja *rotary drum washer* ialah memanfaatkan momen putaran mesin dan aliran air (WP) yang deras memungkinkan dapat membantu membersihkan permukaan daun nilam. Kotoran pada permukaan daun nilam diharapkan dapat berkurang dengan adanya aliran air sehingga kotoran lebih lunak dan dengan bantuan gesekan pada drum mesin yang berlubang, permukaan daun yang kotor mendapatkan gesekan dan aliran air dari awal masuk ke dalam drum sampai dengan keluar drum. Aliran air beserta pengotor larut melewati lubang drum yang kemudian akan dibuang.

2) Tahap Pre-treatment CO₂

Karbon dioksida yang digunakan berada pada fase *liquid*. Karbon dioksida disimpan ke dalam tangki penyimpan CO₂ (F-210) dalam fase *liquid* dengan jumlah 6000 kg/jam. Karbon dioksida dinaikkan tekanannya menjadi 116,52 bar menggunakan *positive displacement pump* (L-212). Selanjutnya, karbon dioksida dipanaskan *heater* (E-221) hingga mencapai suhu kritisnya sekitar 40°C. Pemanasan *heater* menggunakan udara steam. Diagram alir proses tahap *pre-treatment* CO₂ ditunjukkan pada gambar 4.

3) Tahap Pengeringan Daun Nilam

Dari proses pencucian, daun nilam masuk ke tahapan pengeringan menggunakan *belt conveyor* (J-112). Daun nilam yang sudah dicuci kemudian akan dikeringkan menggunakan *continuous belt dryer* (B-130). Pengeringan daun nilam bertujuan untuk menurunkan kandungan air yang terdapat dalam daun nilam menjadi 10-15%. Pengeringan dilakukan menggunakan udara yang dipompa menggunakan *hot air blower* (B-131) dimana udara masih mengandung kandungan air. Kemudian, udara dimasukkan ke *hot air blower* yang sudah dilengkapi pemanas di dalamnya dengan tujuan untuk mengalirkan, memanaskan dan menurunkan *humidity* udara sehingga berkurang kandungan uap air pada udara agar berubah menjadi udara kering. Udara kering (sedikit kandungan air) yang suhunya 50°C tersebut kemudian dikontakkan dengan daun nilam di dalam *continuous belt dryer* (B-130) sehingga kandungan air dalam daun nilam mencapai 12% [2].

4) Tahap Pemotongan dan Screen

Dari proses pengeringan, daun nilam yang sudah dikeringkan masuk ke tahapan pemotongan menggunakan *belt conveyor* (J-113). Daun nilam kering kemudian dipotong menggunakan alat *rotary knife cutter* (C-140). Daun nilam kering dipotong hingga ukurannya menjadi serbuk berukuran 25 *mesh* atau 0,7 mm. Daun nilam akan yang sudah terpotong akan berbentuk seperti bola-bola sangat kecil. Oleh sebab itu, pemotongan daun nilam bertujuan untuk memperluas luas kontak antara daun nilam dan pelarut karbon dioksida (CO₂).

Setelah daun nilam dipotong, potongan daun nilam dengan berbagai ukuran diseleksi menggunakan *screen* (H-150). Apabila ukuran daun tidak memenuhi 25 *mesh*, daun nilam akan dikembalikan ke *cutter* (C-140). Proses pencucian hingga proses pemotongan dan *screening* daun nilam digambarkan pada diagram proses dapat dilihat pada Gambar 5.

5) Tahap Ekstraksi CO₂ Superkritis

Setelah daun nilam diproses sedemikian rupa dan karbon dioksida (CO₂) diproses melalui *pre-treatment*, daun nilam sebagai *solute* dan karbon dioksida (CO₂) sebagai *solvent*, dimasukkan ke dalam 2 ekstraktor (H-310 A dan H-310 B). Ekstraksi berjalan secara batch, dimana proses ekstraksi pertama terjadi pada ekstraktor (H-310 A). CO₂ (jumlahnya 3000 kg/jam) yang sudah dalam fase superkritis, pertama dialirkan pada ekstraktor H-310 A dan terjadi proses ekstraksi dengan kontak antara CO₂ dan serbuk nilam. Waktu ekstraksi berjalan selama 180 menit dan berlangsung pada kondisi operasi tekanan 116,52 bar dan suhu 40°C menghasilkan *yield* minyak sebesar 5,03% [6]. Di samping itu, pabrik minyak

nilam ini beroperasi 8 batch/hari. Selang 30 menit pada ekstraktor H-310 A, CO₂ dialirkan ke ekstraktor H-310 B untuk digunakan kembali mengekstrak daun nilam. Sebelum masuk *separator*, dipasang *back pressure regulator valve* (K-319) sebagai kontrol pengaman (*safety control*) dan menurunkan tekanan dari 116,52 bar hingga 30 bar. Proses ekstraksi CO₂ superkritis ditunjukkan pada gambar 6.

6) Tahap Pemisahan

Setelah proses ekstraksi, minyak nilam kemudian masuk ke dalam proses pemisahan menggunakan 2 *separator* (H-320 A dan H-320 B) dan dipasang *back regulator pressure valve* (K-312). Konsep pemisahan minyak nilam berdasarkan densitas, volatilitas dan titik didih pada tiap komponen dalam minyak nilam. *Separator* pertama (*flash separator*) menghasilkan hasil rendemen *patchouli oil* sebesar 5% di mana komponen *patchouli alcohol* sebesar 36,8% dan *separator* kedua menghasilkan hasil rendemen *patchouli oil* sebesar 0,02% di mana komponen *patchouli alcohol* sebesar 36,8%. Komponen penyusun minyak nilam terlampir pada Tabel 5 [7].

7) Tahap Recycle CO₂

Setelah minyak nilam dan karbon dioksida dipisahkan, karbon dioksida murni dialirkan ke *compressor* (G-330). *Compressor* digunakan untuk menaikkan tekanan dari 1 bar menjadi 68 bar. Karbon dioksida kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (E-331). *Cooler* digunakan untuk menurunkan dari 119°C menjadi 29°C. Selanjutnya, karbon dioksida yang sudah di-*recycle* dimasukkan kembali ke dalam tangki penyimpanan CO₂ (F-210). Dengan asumsi 100% *recovery* CO₂, maka kebutuhan CO₂ pada pabrik ini ialah 3000 kg/jam. Tahap pemisahan dan *recycle* CO₂ digambarkan pada diagram alir pada gambar 7.

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil dari perhitungan neraca massa, basis yang digunakan ialah kondisi waktu operasi 300 hari/tahun, 24 jam/hari, dan basis perhitungan yang digunakan ialah kg/jam. Dalam sekali operasi, dibutuhkan bahan baku (daun nilam) sebesar 590,44 kg/jam dan kebutuhan CO₂ sebesar 3000 kg/jam yang akan menghasilkan produk minyak nilam sebesar 29,52 kg/jam.

V. ANALISA EKONOMI DAN ANALISA DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN

A. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter untuk mengukur kelayakan suatu pabrik untuk didirikan atau tidak. Dalam analisa ekonomi ini, terdapat asumsi-asumsi yang digunakan berupa modal sendiri 40% dan modal pinjaman bank 60%, masa konstruksi selama 3 tahun, suku bunga bank 8,20% (BCA *Loan*). Umur pabrik diperkirakan selama 20 tahun dengan depresiasi sebesar 10%/tahun. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan CAPEX sebesar Rp406.309.087.416, OPEX sebesar Rp168.182.309.170, NPV sebesar Rp560.492.023.571. Hal ini mengindikasikan proyeksi pendapatan dan investasi lebih besar daripada proyeksi biaya yang dikeluarkan. Oleh sebab itu, pabrik ini layak didirikan dengan tingkat bunga (IRR)

16,07%, waktu pengembalian modal (POT) selama 7 tahun 10 bulan dan analisis titik imbas (BEP) sebesar 38,9%.

B. Analisa Sosial dan Lingkungan

Pembangunan pabrik berdampak di bidang sosial masyarakat. Dengan adanya industri di suatu tempat akan meningkatkan pendapatan bagi masyarakat yang ada di sekitarnya. Peningkatan pendapatan tersebut karena banyaknya masyarakat yang bekerja di sektor industri. Hal ini terjadi karena banyaknya anggota masyarakat yang terserap untuk bekerja pada sektor industri. Pabrik Minyak Nilam ini juga akan berdampak pada peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD) di Bombana, Sulawesi Tenggara.

Selain itu, pabrik minyak nilam juga berdampak negatif di bidang lingkungan. Dampak yang ditimbulkan dari adanya pembangunan pabrik ini adalah polusi udara dan pengeluaran limbah. Dalam hal mencegah dan menanggulangi pencemaran didalam dan di sekitar area pabrik, dilakukan pengelolaan dan pemantauan kualitas lingkungan sesuai dengan standar dan ketentuan perundangan yang berlaku. Adapun penanganan dampak terhadap lingkungan yaitu, program pelestarian lingkungan hidup, pengadaan unit pengolahan limbah, mengaplikasikan *reuse, reduce, recycle*, dan menerapkan sistem *Green Industry*.

VI. KESIMPULAN

Pabrik minyak nilam dibangun dengan kapasitas sebesar 213 ton/tahun. Pembangunan pabrik minyak nilam dari daun nilam direncanakan pada tahun 2023 di Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara dan mulai beroperasi pada tahun 2025 dengan umur pabrik 20 tahun. Pabrik beroperasi 300

hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 32 karyawan/hari. Dilihat dari segi ekonomi, pabrik ini layak didirikan dengan laju pengembalian modal (IRR) sebesar 16,07%, waktu pengembalian selama 7 tahun 10 bulan. Pabrik minyak nilam dengan proses ekstraksi CO₂ Superkritik layak didirikan dengan memenuhi syarat-syarat untuk mendirikan sebuah pabrik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuliani Aisyah, Pudji Hastuti, Hardjono Sastrohamidjojo, and Chusnul Hidayat, "Peningkatan kadar patchouli alkohol minyak nilam (pogostemon cablin benth) dengan menggunakan membran selulosa asetat," *AGRITECH*, vol. 30, no. 3, 2010.
- [2] Novita Setya, Aprilia Budiarti, and Mahfud, "Proses pengambilan minyak atsiri dari daun nilam dengan pemanfaatan gelombang mikro (microwave)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [3] Sumarini, N. Bayu Aji, and Solekan, "pengaruh volume air dan berat bahan pada penyulingan minyak atsiri," *J Teknol*, vol. 1, no. 1, pp. 83–88, 2008.
- [4] Anto Rimbawanto, Budi Leksono, and AYPBC Widyatmoko, "Bioteknologi Hutan untuk Produktivitas dan Konservasi Sumber Daya Hutan," in *Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi Hutan*, Yogyakarta: Kementerian Kehutanan, 2019, pp. 1–184.
- [5] Homeira Ebrahimzadeh, Yadollah Yamini, Fatemeh Sefidkon, Marzieh Chalooosi, and Seied Mahdi Pourmortazavi, "Chemical composition of the essential oil and supercritical CO₂ extracts of *Zataria multiflora* Boiss," *Food Chem*, vol. 83, no. 3, pp. 357–361, 2003.
- [6] Edi Priyo Utomo, W. Marina, and Egi Gustian, "Optimization of supercritical co₂ extraction process to improve the quality of patchouli oil by response surface methodology approach," *J Chem*, vol. 18, no. 2, pp. 235–241, 2018.
- [7] E. Guenther, *The Essential Oil*, vol. 1. New York: Van Nonstran Company, 2014. ISBN: 9781447496540.