p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Perancangan industri skala menengah minyak tamanu dan produk sampingnya

Ika Amalia Kartika[1,2*], Adil Akbar Muhammad[2], Rofiq Yanu Faisya[2], Fachrezky Novalsyah[2]

[1]*Teknik Kimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia*
[2]*Teknik Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia*

Article history
Diterima:
4 November 2024
Diperbaiki:
25 April 2025
Disetujui:
5 Mei 2025

Keyword
Business model canvas; calophyllum; feasibility study; tamanu oil.

ABSTRACT

Tamanu oil is rich in active compounds beyond just fatty acids, including calophyllolide, inophyllums, calanolides, tamanolides, and coumarins, all of which offer antioxidant, anti-aging, anti-inflammatory, anti-UV, and anti-bacterial benefits. This makes tamanu oil a promising ingredient for skincare products such as facial oils, soaps, and shampoos. The oil can be produced by mechanical and/or solvent extraction. This research aimed to develop a medium-scale tamanu oil industry and its by-products from Calophyllum fruits, identify suitable production technologies, design a business model *using the business model canvas, and conduct a feasibility analysis. The feasibility analysis was carried out by taking into account technical and technological, market and marketing, environmental, management and organizational, and financial aspects. The financial aspect included determining the B/C ratio, payback period, net present value, and return of investment. The production process tested in this study utilized fresh Calophyllum seeds and employed hot screw pressing along with binary solvents for extraction. The outputs from processing 1000 kg of calophyllum fruits included 141 kg of virgin tamanu oil, 57 kg of tamanu oil, 7.05 kg of resin, 594 kg of biopellets, and 142.2 kg of animal feed. The feasibility study indicated a positive net present value, a B/C ratio of 1.53, a payback period of 1.04 years, and a return on investment of 95.31%, confirming that establishing and operating a tamanu oil industry and its byproducts from calophyllum fruits is viable.*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : ikaamalia@apps.ipb.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i1.27947

PENDAHULUAN

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan tanaman serba guna, dan banyak tumbuh di sepanjang pesisir pantai sampai dengan ketinggian 200 mdpl. Umumnya tanaman nyamplung digunakan sebagai *windbreaker* di lahan kritis atau wilayah marginal sekitar pantai. Tanaman ini sering tumbuh liar, dapat mencapai ketinggian hingga 20 m dengan diameter batang sekitar 1,5 m, dan tumbuh berkelompok dengan cabang rendah dekat permukaan tanah (Bustomi et al. 2008). Selain sebagai tanaman konservasi dan penghijauan, tanaman ini memiliki segudang manfaat, mulai dari batang, bunga, buah, hingga daunnya. Masyarakat pesisir menggunakan batang tanaman nyamplung untuk dijadikan perahu, papan, peti, dan sebagainya. Bunga tanaman ini dapat digunakan untuk memproduksi minyak atsiri, sedangkan daunnya memiliki khasiat meredakan radang mata, serta sebagai bahan obat-obatan. Tanaman nyamplung juga menghasilkan produk turunan dari kayu dan non-kayu, termasuk biji yang dapat dimanfaatkan untuk minyak (Leksono et al. 2014a). Biji nyamplung adalah bagian yang paling banyak dimanfaatkan, dan produktivitasnya mencapai 40-150 kg per pohon per tahun atau kurang lebih 20 ton per hektar per tahun. Biji ini mengandung sekitar 58% minyak (db) dan 28% resin (db) (Kartika et al. 2018).

Minyak nyamplung atau lebih dikenal dengan nama minyak *tamanu* mengandung asam lemak jenuh dan tak jenuh, seperti asam palmitat (C16:0), asam stearat (C18:0), asam arakhidat (C20:0), asam palmitoleat (C16:1), asam oleat (C18:1), asam linoleat (C18:2), dan asam gadoleat (C20:1) (Debaut et al. 2005). Minyak *tamanu* juga mengandung senyawa-senyawa aktif. Menurut Leu (2009) dan Ansel et al. (2016), komponen senyawa aktif minyak dan resin *tamanu* secara umum, diantaranya inofilum (C, D, E, P), kalanolid (A, B, D), tamanolid (D, P). Selain itu, minyak nyamplung juga mengandung kumarin, keton, kalofilolid, xanton, flavonoid, triterpenoid, dan senyawa-senyawa fenolik dan polifenolik, yang bermanfaat sebagai antioksidan (Liu et al. 2015). Pada saat ini minyak *tamanu* sering dimanfaatkan sebagai minyak urut atau pijat, obat jerawat, penyembuh luka, dan obat gatal-gatal. Berdasarkan kandungan senyawa-senyawa aktif tersebut, minyak *tamanu* potensial dijadikan sebagai produk yang bernilai jual lebih tinggi, seperti produk kosmetika perawatan kulit (Rakotomalala et al. 2018).

Perhatian masyarakat terhadap kesehatan kulit telah memicu kemunculan produk-produk kosmetika yang tidak hanya menawarkan kecantikan namun juga kesehatan. Produk kosmetika merupakan bentuk sediaan farmasi yang penggunaannya sangat luas. Penggunaan produk kosmetika dengan memanfaatkan ekstrak dari bahan alam sebagai sumber antioksidan telah dilakukan oleh berbagai kalangan produsen kosmetika. Salah satu produk kosmetika berbasis minyak adalah *face oil* dimana produk ini diklaim dapat menjaga dan memperbaiki kulit wajah dengan memanfaatkan kandungan senyawa-senyawa aktifnya (Lin et al. 2017; Vaughn et al. 2018; Poljšak et al. 2020). Umumnya minyak yang digunakan sebagai bahan baku *face oil*, yaitu *olive oil* dan *jojoba oil*. Minyak tersebut diketahui memiliki banyak manfaat untuk kulit dan rambut. Minyak *tamanu* juga memiliki potensi untuk dijadikan *face oil* karena terdapat banyak senyawa aktif di dalamnya sehingga produk turunannya dapat bernilai jual lebih tinggi jika dibandingkan dengan aplikasinya saat ini. Oleh karena itu, industri minyak *tamanu*yang berorientasi pada produk-produk kosmetika perlu dikembangkan. Di samping itu, limbah yang diperoleh dari proses produksi minyak *tamanu* juga perlu dimanfaatkan dan diolah menjadi produk-produk bernilai tambah tinggi.

Pembangunan Industri Kecil dan Menengah (IKM) untuk minyak nyamplung merupakan langkah strategis dalam memanfaatkan potensi sumber daya alam Indonesia secara berkelanjutan dan memperkuat struktur ekonomi nasional. Industri kecil dan menengah selama ini dapat menyerap tenaga kerja yang cukup signifikan sehingga pengembangan IKM minyak nyamplung diharapkan dapat menciptakan lapangan kerja, mengurangi pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, selain penguatan ekonomi lokal, mendorong inovasi dan daya saing, pemberdayaan masyarakat dan diversifikasi produk. Lebih lanjut industri kecil dan menengah memungkinkan transfer teknologi dan pengetahuan kepada masyarakat lokal melalui pelatihan dan pendampingan. Hal ini akan meningkatkan kapasitas sumber daya manusia dan mendorong inovasi dalam pengolahan minyak nyamplung. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang industri skala menengah minyak *tamanu* dan produk sampingnya yang berbasis buah nyamplung, menentukan teknologi proses produksi minyak *tamanu* yang cocok, merancang model bisnis, dan menganalisis studi kelayakannya.

METODE

Teknologi proses yang digunakan dalam perancangan industri minyak tamanu ini adalah proses ekstraksi minyak tamanu dari biji nyamplung segar menggunakan *screw press* pada suhu 80-90°C dengan laju *input* bahan 5 kg/jam dimana kondisi proses ini diadopsi dari hasil penelitian Amelia et al. (2024), dan ampas yang dihasilkan dari proses ini selanjutnya diekstraksi dengan pelarut biner untuk mendapatkan minyak dan resin. Proses ekstraksi minyak dengan pelarut biner dilakukan menggunakan campuran n-heksan dan metanol pada perbandingan 5:2 (v/v) selama 5 jam, suhu 50°C dan kecepatan pengadukan sekitar 385 rpm dimana kondisi proses ini diadopsi dari hasil penelitian Kartika et al. (2022).

Perancangan industri skala menengah terhadap teknologi proses tersebut dilakukan mulai dari pemilihan alat, pengaturan tata letak, penentuan kapasitas dan *timeline* produksi, jumlah tenaga kerja, sampai perhitungan biaya produksinya. Perancangan model bisnisnya dilakukan menggunakan BMC (*Business Model Canvas*) yang meliputi segmentasi konsumen, produk, kegiatan operasional, dan rancangan keuangan. Selanjutnya, analisis kelayakan terhadap pendirian industri minyak tamanu ini dilakukan dengan memperhitungkan aspek-aspek teknis dan teknologi, pasar dan pemasaran, lingkungan, manajemen dan organisasi, serta finansial. Aspek pasar dan pemasaran meliputi jumlah target pasar yang potensial. Aspek teknis dan teknologi mencakup pemilihan lokasi industri, ketersediaan bahan baku, teknologi proses, kebutuhan ruang, serta kebutuhan mesin dan peralatan. Aspek manajemen dan organisasi meliputi bentuk usaha yang didirikan, perizinan, pajak, dan kebutuhan tenaga kerja. Aspek lingkungan meliputi analisis limbah yang dihasilkan dan pengolahannya. Aspek finansial meliputi penentuan nilai-nilai B/C *ratio, Payback Period* (PBP), *Net Present Value* (NPV), dan *Return of Investment* (ROI).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Buah nyamplung terdiri dari 53% cangkang dan 47% biji. Cangkangnya berbentuk bulat, tebal, keras, dan berwarna coklat dan kekuningan, sedangkan bijinya berwarna kuning pucat. Cangkang dan biji memiliki karakteristik yang berbeda, cangkang didominasi oleh serat kasar dan karbohidrat yang membuat strukturnya lebih keras, sedangkan biji didominasi oleh lemak/minyak (Tabel 1). Biji nyamplung potensial untuk menjadi sumber minyak nabati karena kandungan minyaknya yang tinggi, sedangkan cangkang dapat dimanfaatkan menjadi pupuk kompos, arang aktif, biobriket, dan lain-lain (Wibowo et al. 2010; Amelia et al. 2023).

Tabel 1 Karakteristik cangkang dan biji nyamplung

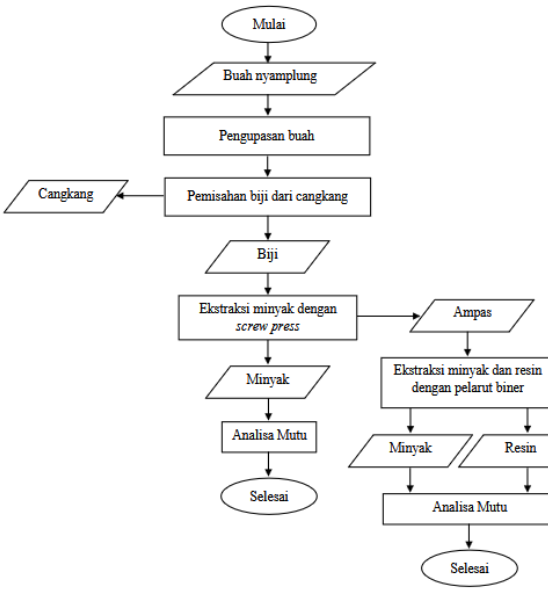
Parameter	Cangkang	Biji
Protein (%bb)	0,602	3,19
Lemak (%bb)	0,29	42,22
Air (%bb)	15,98	31,05
Serat Kasar (%bb)	42,11	22,2
Abu (%bb)	0,86	1,16
Karbohidrat (%bb)	59,84	0,18

Penggunaan bahan baku berupa biji segar merupakan inovasi baru pada industri minyak *tamanu* (Amelia et al. 2024). Selain tidak memerlukan proses pengeringan biji yang lama, mutu minyak *tamanu* yang dihasilkan dapat terjaga dengan baik. Karakteristik mutu antara biji segar dengan biji kering sangat berbeda. Biji segar memiliki kandungan senyawa aktif yang baik mutunya karena terhindar dari proses hidrolisis dan oksidasi (Liu et al. 2015; Julianto 2019). Cangkang buah nyamplung memiliki kandungan serat kasar yang tinggi dimana hal ini potensial untuk dijadikan sebagai biomassa seperti briket arang atau biopelet. Di lain pihak, ampas nyamplung memiliki kandungan protein yang cukup untuk campuran pakan ternak. Menurut Kartika et al. (2018), ampas yang diperoleh dari proses ekstraksi minyak nyamplung menggunakan pelarut biner mengandung protein sekitar 13-15% dan karbohidrat sekitar 35-45%. Pemanfaatan produk samping yang optimal dapat menghilangkan limbah pada industri sehingga meningkatkan pendapatan industri dan menciptakan industri yang *zero waste*.

Teknologi Proses

Rancangan teknologi proses yang cocok untuk bahan baku biji nyamplung segar adalah minyak pertama-tama diekstraksi secara mekanis menggunakan *screw press* pada suhu moderat, selanjutnya ekstraksi dengan pelarut biner dijadikan sebagai ekstraksi kedua karena proses ini dapat mengekstraksi seluruh minyak dan resin yang masih tersisa pada ampas. Rancangan teknologi proses tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Proses pemisahan minyak dari resin dapat dil-

akukan melalui ekstraksi dengan pelarut biner dimana kedua pelarut tersebut mempunyai polaritas yang berbeda. Minyak dan resin yang terpisah memiliki potensi pemanfaatannya masing-masing. Minyak dapat diolah lebih lanjut menjadi produk-produk oleokimia, dan resin memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber antioksidan. Resin memiliki kandungan kumarin yang relatif tinggi dimana kumarin adalah antioksidan kuat.



Gambar 1Teknologi proses ekstraksi minyak dan resin dari biji nyamplung segar

Model Bisnis

Penentuan model bisnis dilakukan menggunakan metode BMC (*Business Model Canvas*). Pembuatan model bisnis merupakan salah satu poin penting dalam pembuatan dan perencanaan suatu industri. *Business model canvas* merupakan suatu cara yang sederhana namun akurat untuk mengimplementasikan model bisnis yang sudah ada maupun model bisnis yang baru (Osterwalder dan Pigneur 2010). Pembuatan bisnis model kanvas sendiri memiliki 9 blok atau elemen yang memiliki makna serta peran tersendiri, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Customer Segment

Segmentasi konsumen dari industri ini merupakan fokus utama dari suatu bisnis. Berikut merupakan hasil observasi untuk segmentasi konsumen berdasarkan produk yang dihasilkan dari industri ini:

Produk minyak dan resin

Produksi utama dari industri ini yaitu minyak dan resin nabati yang memiliki mutu yang tinggi. Menurut Raharivelomanana et al. (2018), karakteristik minyak nyamplung yang baik kaya akan asam lemak oleat, linoleat, palmitat dan stearat, serta memiliki densitas sekitar 0,890-0,934 g/cm^3, bilangan asam sekitar 13-46 mg KOH/g, bilangan iod sekitar 82-98 mg I_2/g, bilangan penyabunan sekitar 183-206 mg KOH/g, kadar senyawa tak tersabunkan sekitar 0,15-0,85%, dan kadar resin sekitar 10-20%. Selain itu, minyak tersebut mempunyai aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *S. aureus*, *S. epidermidis* dan *P. acnes*, selain aktivitasnya sebagai antioksidan, anti-inflamasi, anti-UV dan *wound healing* berkat kandungan senyawa-senyawa kumarin, keton, kalofilolid, triterpenoid, flavonoid, xanton, dan fenolik. pH minyak nyamplung untuk memenuhi SNI 16-4399-1996 tentang Sediaan Tabir Surya adalah sekitar 4,5-8. Resin nyamplung utamanya tersusun atas turunan-turunan senyawa neoflavonoid dan pirano-kumarin (Leu 2009), serta memiliki bilangan asam sekitar 73-195 mg KOH/g, kadar total fenol sekitar 3-10% ekuivalen asam galat dan aktivitas antioksidan 2-14 mg asam askorbat/g (Kartika et al. 2017, 2018, 2021, 2022). Produk minyak dan resin nyamplung nantinya dapat dijual kepada perusahaan yang membutuhkannya. Target pasar dari produk minyak dan resin adalah perusahaan kosmetik, farmasi, dan lain-lainnya yang membeli *virgin tamanu oil*, *tamanu oil*, dan *tamanu* resin untuk digunakan sebagai bahan baku produk kosmetik ataupun dijual secara B2B.

Produk biopelet

Perusahaan tertentu yang menggunakan biopelet sebagai bahan bakar alami, seperti penyulingan minyak atsiri menjadi segmentasi konsumen dari produk ini karena industri ini memproduksi serta menjual produk biopelet dari cangkang buah nyamplung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alami untuk industri lain yang membutuhkan. Jika dibandingkan dengan bahan bakar berupa balok kayu, biopelet lebih efisien dan efektif, serta mudah dalam pengaplikasiannya (Amelia et al. 2023).

Produk pakan ternak

Target pasar dari produk pakan ternak adalah peternak yang membutuhkan bahan tambahan pakan dengan kandungan protein sedang dan harga

yang murah. Pakan ternak dalam bentuk silinder atau biasa disebut pelet dapat memudahkan peternak meracik pakan, tidak boros pakan, dan relatif disukai oleh hewan ternak dalam bentuk pelet (Leksono et al. 2014b).

Value Propositions

Nilai yang ditawarkan dari industri ini merupakan suatu hal yang nantinya akan didapatkan oleh konsumen apabila produk yang diproduksi dipasarkan. Nilai ini mencakup mutu produk *virgin tamanu oil* yang memiliki bahan aktif melimpah dari biji segar, tersertifikasi halal dan BPOM, memiliki mutu ekspor, serta murni tanpa campuran. Nilai-nilai ini nantinya akan menjadikan produk yang diproduksi akan lebih mudah untuk dipasarkan karena berbeda dari produk minyak nyamplung lainnya dan menjadi keunggulan produk dari industri ini.

Channels

Cara dan mekanisme yang menghubungkan antar pelanggan atau konsumen dengan industri ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

Media sosial

Media sosial merupakan suatu cara untuk industri ini memasarkan dan mempromosikan produk untuk nantinya dapat dilihat oleh konsumen. Media sosial yang akan industri ini kembangkan meliputi pemasaran melalui Instagram, *Whatsapp Business*, dan berbagai jenis *e-commerce*.

Online Store

Online store merupakan tempat untuk industri ini dapat melakukan kegiatan jual-beli terhadap produk yang diproduksi. Hal ini bertujuan supaya konsumen dapat dengan mudah membeli produk tanpa harus melakukan kegiatan *offline* dan menjangkau konsumen atau perusahan di luar daerah yang membutuhkan produk dari industri ini.

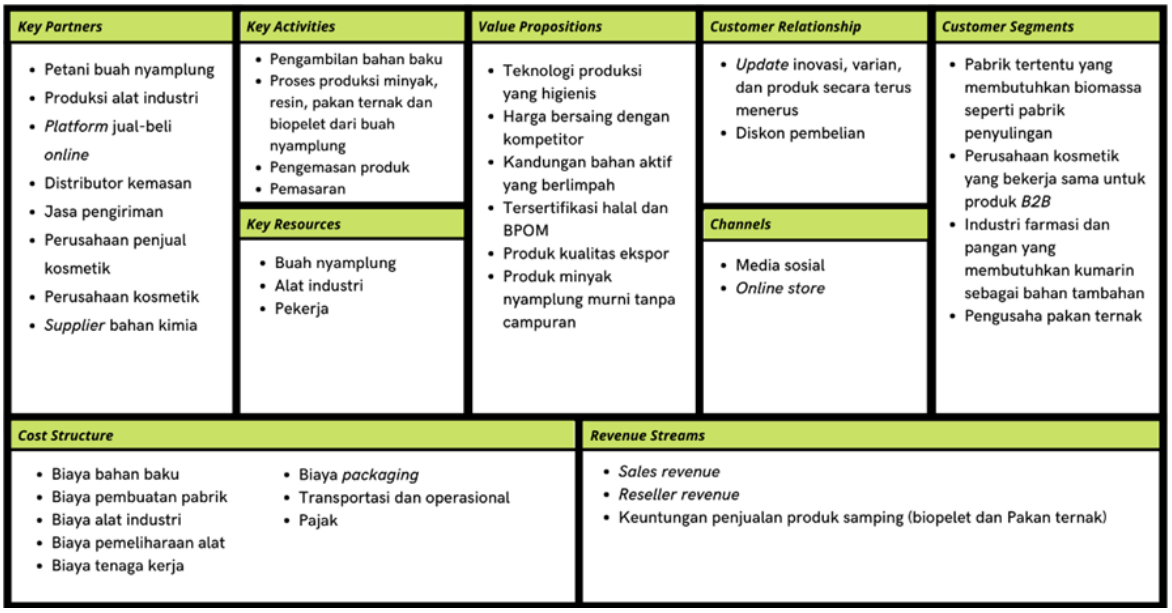
Customer Relationship

Update inovasi, varian, dan produk

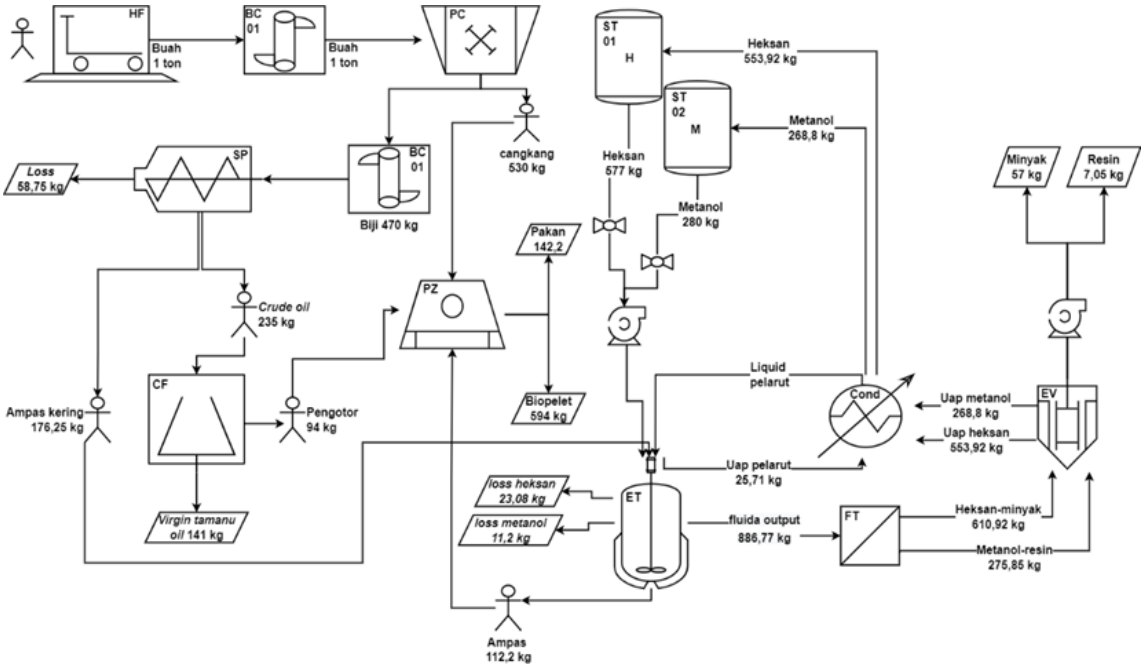
Update inovasi produk dilakukan untuk memperoleh produk yang cocok dengan kebutuhan dan preferensi pasar. *Update* inovasi ini dilakukan agar konsumen lebih mudah untuk memberikan improvisasi dari produk serta *adding point* secara berkala.

Penjaminan mutu produk

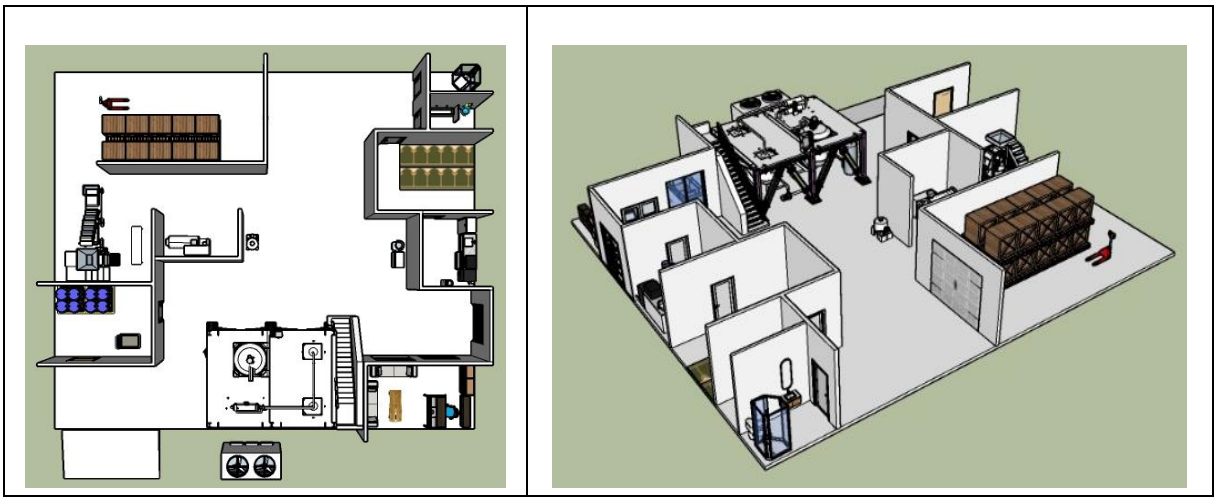
Penjaminan mutu produk ini mencakup kegiatan jaminan mutu dari produk yang nantinya dapat tersertifikasi seperti halal dan BPOM. Selain hal tersebut, penjaminan mutu produk akan tertera pada laman media sosial industri ini dengan melampirkan hasil laboratorium dari mutu produk.



Gambar 2 Elemen-elemen dalam BMC untuk industri minyak tamanu dan produk sampingnya berbasis buah nyamplung



Gambar 3 Diagram alir proses produksi minyak tamanu dan produk sampingnya



Gambar 4 Activity relationship chart dan rancangan layout 3D industri minyak tamanu

Diskon pembelian

Diskon pembelian untuk produk ini meliputi potongan harga untuk konsumen yang membeli produk dalam jumlah besar, *reseller*, maupun industri B2B. Besaran pemberian potongan harga ini akan diberikan sesuai dengan ketentuan industri dan negosiasi dengan staf pemasaran.

Revenue Stream

Menurut Osterwalder dan Pigneur (2010), ada berbagai cara untuk meraih keuntungan dari setiap segmen, yaitu melalui penjualan produk, biaya penggunaan, dan lisensi. Untuk industri ini keuntungan dapat diperoleh dari:

Sales revenue

Penjualan produk *virgin tamanu oil*, *tamanu oil* dan resin menjadi cara utama untuk memperoleh keuntungan. Penjualan dilakukan secara *online* dan dipasarkan melalui media sosial untuk memudahkan konsumen dalam memperoleh produk.

Reseller revenue

Penjualan produk menggunakan jasa *reseller* merupakan cara untuk memperoleh keuntungan selain dari penjualan produk secara langsung kepada konsumen. Dengan bantuan *reseller*, produk akan lebih mudah terjual dengan catatan perlu biaya tambahan untuk membagi keuntungan dengan *reseller*.

Keuntungan penjualan produk samping

Keuntungan dari penjualan produk samping yang dimaksud yaitu melakukan penjualan produk samping yang dihasilkan oleh industri ini berupa biopelet dan pakan ternak. Produk samping ini nantinya dapat menambah keuntungan dari industri ini.

Key Resources

Sumber daya merupakan hal terpenting dalam mengoperasikan model bisnis yang mana sumber daya ini dapat berupa sesuatu yang berbentuk fisik dan intelektual. Industri ini memiliki sumber daya berupa buah nyamplung sebagai bahan baku utama, alat industri sebagai alat pembantu dalam pembuatan produk, serta pekerja yang merupakan elemen untuk memproduksi dan memasarkan produk.

Key Activities

Aktivitas ini berkaitan dengan produktivitas bisnis, khususnya kaitan antara produk dan cara menghasilkan atau memproduksinya. *Key activities* yang ada pada industri ini meliputi:

Pengambilan bahan baku

Pengambilan bahan baku merupakan proses penting di industri ini karena ini merupakan proses yang pertama dilakukan di industri ini untuk menghasilkan produk. Pengambilan bahan baku di industri ini meliputi pemilihan buah nyamplung yang memiliki mutu baik, dan pengiriman buah nyamplung dari kebun ke industri.

Proses produksi

Proses produksi di industri ini meliputi ekstraksi minyak yang dilakukan melalui kombinasi ekstraksi secara mekanik dan dengan pelarut biner, dan peletisasi cangkang buah nyamplung dan ampas yang dihasilkan dari proses ekstraksi minyak agar menjadi produk yang bernilai jual lebih tinggi.

Pengemasan

Pengemasan dilakukan pada seluruh produk yang diproduksi oleh industri ini dengan masing-masing kemasan didesain sebaik mungkin untuk menjaga mutu produk sampai ke konsumen. Kemasan yang digunakan pada industri ini akan disesuaikan dengan produk yang dijual dan mengedepankan keamanan dan terjaganya mutu produk.

Pemasaran

Pemasaran dilakukan untuk memasarkan dan mempromosikan produk penjualan yang mencakup kegiatan periklanan, penjualan, dan pengiriman kepada konsumen atau bisnis lain. Pemasaran produk pada industri ini dilakukan oleh divisi khusus yang menangani promosi dan pemasaran, dan akan dipasarkan secara *online* via media sosial dan *e-commerce*.

Key Partners

Key partners adalah pihak-pihak yang akan bekerja bersama-sama dengan tujuan untuk menyokong atau memajukan industri dari segi sumber daya, teknologi, produksi, dan distribusi. Selain itu, konsumen juga dapat menjadi *partner* kerjasama untuk keberlangsungan industri ini. *Key partners* dalam industri ini mencakup petani buah nyamplung, produktor alat industri, *platform* jual-beli *online* atau *e-commerce*, distributor kemasan, jasa pengiriman, hingga konsumen dari industri ini yaitu perusahaan penjual kosmetik, serta perusahaan kosmetik itu sendiri.

Cost Structure

Biaya pengeluaran industri mencakup biaya pengeluaran tetap maupun tidak tetap. Biaya pengeluaran tetap mencakup biaya pengeluaran untuk membeli bahan baku per hari, pemeliharaan alat, tenaga kerja per bulan, biaya promosi, biaya pengemasan, dan biaya operasional. Untuk biaya pengeluaran tidak tetap atau cukup dikeluarkannya 1 atau 2 kali per tahun mencakup biaya pembuatan pabrik, alat industri, pembelian alat transportasi atau operasional, serta pajak.

Perancangan Industri dan Mutu Produk

Model bisnis untuk industri ini selanjutnya diaplikasikan pada rancangan teknologi proses yang diterapkan untuk menganalisis biayanya. Perancangan teknologi proses yang dilakukan mulai dari skala laboratorium kemudian ditingkatkan ke skala industri menengah dengan kapasitas produksi 1 ton buah nyamplung per hari. Tahapan perancangan ini adalah perancangan diagram alir, penentuan neraca massa, perancangan tata letak dan penentuan alat sehingga dari tahapan tersebut didapatkan diagram alir proses yang berisikan lini proses produksi dan neraca massa (Gambar 3), 3D model tata letak pabrik yang memiliki komponen ruangan dan alat atau mesin yang digunakan (Gambar 4).

Pemilihan lokasi yang digunakan untuk merancang industri minyak tamanu ini mempertimbangkan beberapa aspek seperti kemudahan fasilitas, kemudahan transportasi, keamanan, dan perizinan (Stevenson 2011). Ketersediaan bahan baku dalam proses produksi menjadi bagian dari aspek kemudahan fasilitas dan transportasi. Bahan baku yang digunakan selain buah nyamplung adalah pelarut metanol dan n-heksan, yang digunakan untuk mengekstraksi sisa minyak dan resin yang masih terkandung dalam ampas hasil dari ekstraksi mekanik. Ketersediaan pelarut n-heksan dan metanol banyak ditemukan di pasaran, dan untuk menjaga stok pelarut ini dapat dilakukan kerja sama dengan perusahaan penyedia bahan kimia, seperti Brataco.

Proses produksi minyak tamanu dimulai dari pemisahan cangkang buah dari bijinya. Biji yang diperoleh dari proses ini sebanyak 470 kg dan cangkang 530 kg. Cangkang dimanfaatkan untuk pembuatan biopelet dengan cara penambahan 64 kg pengotor hasil sentrifugasi, kemudian campuran dipeletkan menggunakan *pelletizer* dan diperoleh biopelet sebesar 594 kg. Bijinya diekstraksi dengan dua tahapan berbeda. Tahap pertama menggunakan *screw press,* dan rendemen minyak yang diperoleh sebesar 141 kg *virgin tamanu oil* dan 176,25 kg ampas. Ampas yang dihasilkan dari ekstraksi tahap pertama kemudian diekstraksi dengan pelarut biner (campuran n-heksan dan metanol) di tahap kedua. Rendemen minyak yang diperoleh pada tahap kedua sebesar 57 kg *tamanu oil,* 7 kg resin dan 112,2 kg ampas. Ampas dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak dan diperoleh pakan ternak sebesar 142,2 kg.

Minyak hasil ekstraksi biji nyamplung terbagi menjadi dua, yaitu minyak hasil ekstraksi pertama dan kedua (Tabel 2). Minyak nyamplung yang diekstraksi secara mekanis disebut *virgin tamanu oil,* dan minyak yang diekstraksi dengan pelarut disebut *tamanu oil*.

Berdasarkan Tabel 2, kadar air minyak *tamanu* yang dihasilkan dari kedua metode ekstraksi ini relatif sama sedangkan densitasnya menunjukkan perbedaan dimana densitas minyak yang dihasilkan dari ekstraksi dengan *screw press* lebih tinggi daripada yang diperoleh dengan pelarut. Hal ini dikarenakan kandungan resin dalam minyak yang diperoleh dengan ekstraksi secara mekanik lebih tinggi daripada yang diperoleh dengan pelarut.

Bilangan asam minyak yang dihasilkan dari ekstraksi dengan pelarut biner sekitar 15 mg KOH/g, sedangkan yang dihasilkan dari ekstraksi secara mekanik sekitar 31 mg KOH/g. Tingginya bilangan asam ini dipengaruhi oleh resin yang terkandung dalam minyak hasil ekstraksi secara mekanik.

Bilangan iod minyak tamanu hasil dari kedua proses ekstraksi ini relatif rendah. Menurut Kartika et al. (2017), bilangan iod yang rendah (<100 mg I_2/g) termasuk golongan minyak non-pengering, dan minyak ini cocok untuk bahan baku produk kosmetika dan farmasi. Bilangan iod yang rendah memiliki sifat yang lebih stabil dibanding minyak nyamplung dengan bilangan iod tinggi karena ikatan rangkap pada asam lemak sangat mudah bereaksi dengan oksigen.

Tabel 2 Mutu minyak tamanu hasil ekstraksi dengan *screw press* dan pelarut biner

Parameter	*Screw Press*	Pelarut Biner
Kadar air (%bb)	0,31	0,36
Densitas (g/cm³)	0,944	0,922
Bilangan asam (mg KOH/g)	30,73	14,97
Bilangan iod (mg I_2/g)	50,0	38,2
Kadar total fenolik (mg ekuivalen asam galat/g)	3,01	0,39
pH	5,26	4,05
Aktivitas antioksidan (mg ekuivalen asam askorbat/g)	2,27	1,52
Inhibisi antioksidan (%)	62,87	40,14
Warna :		
L	46,54	49,28
a* (merah)	3,96	5,58
b* (kuning)	7,76	9,9

Penggunaan biji nyamplung segar sebagai bahan baku dapat menjaga mutu minyak tamanu yang dihasilkan dari ekstraksi secara mekanik. Kadar total fenol mendeteksi keberadaan senyawa-senyawa aktif seperti antioksidan. Efektivitas dari senyawa-senyawa ini dapat dilihat dari aktivitasnya. Kadar total fenol, aktivitas dan inhibisi antioksidan minyak tamanu hasil ekstraksi secara mekanik lebih tinggi daripada yang diperoleh dengan pelarut. Hal ini dikarenakan kandungan resin dalam minyak yang diperoleh dengan ekstraksi secara mekanik lebih tinggi daripada yang diperoleh dengan pelarut dimana senyawa-senyawa aktif tersebut banyak terkandung dalam resin. Kadar total fenol dan kemampuan inhibisi antioksidan dari *virgin tamanu oil* yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tinggi daripada yang ditemukan penelitian sebelumnya (1,21-2,64 mg ekuivalen asam galat/g dan inhibisi antioksidan 48-57%) (Amelia et al. 2024).

pH yang dihasilkan berkisar antara 4-5,3. Menurut SNI 16-4399-1996 tentang Sediaan Tabir Surya, pH yang diperbolehkan adalah 4,5-8. Dengan demikin berdasarkan pHnya, minyak tamanu hasil ekstraksi secara mekanik lebih potensial untuk kosmetika.

Minyak tamanu yang diperoleh dari kedua metode ekstraksi ini mempunyai warna relatif sama, yaitu merah kekuningan tetapi intensitas warna merah dan kuning dari minyak yang dihasilkan dengan *screw press* lebih rendah daripada yang diperoleh dengan pelarut. Warna merupakan salah satu parameter sensori yang dibutuhkan oleh suatu produk untuk menjadi daya tarik konsumen.

Resin nyamplung lebih banyak memiliki kandungan senyawa-senyawa aktif daripada minyak. Menurut Kartika et al. (2021) resin nyamplung yang dihasilkan melalui proses ekstraksi dengan pelarut biner memiliki kadar total fenol sekitar 40-52 mg ekuivalen asam galat/g, aktivitas antioksidan sekitar 9,2-14 mg ekuivalen asam askorbat/g dan inhibisi antioksidan sekitar 60-90%. Salah satu senyawa aktif yang banyak terkandung pada biji nyamplung, khususnya bagian resinnya, adalah kumarin (0,1-0,4%) (Leksono et al. 2013). Kumarin merupakan senyawa fenilpropanoid yang berkhasiat sebagai anti kanker, antioksidan, anti inflamasi, anti HIV, antikoagulan, antibakteri, analgesik, serta sistem kekebalan tubuh (Riveiro 2010; Basile et al. 2009; Wu et al. 2009; Gacche et al. 2006; Konstantina et al. 2004). Berdasarkan klaim terhadap kumarin, resin nyamplung dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku di industri farmasi.

Buah nyamplung memiliki lapisan cangkang (endokarpium) di dalamnya yang melindungi biji dari air dan udara yang masuk. Menurut Leksono et al. (2014), cangkang nyamplung dapat dijadikan sebagai bahan baku biomassa. Perekat yang digunakan pada proses peletisasi cangkang adalah gum atau getah yang dianggap sebagai pengotor pada proses pemisahan minyak. Pengotor tersebut bersifat lengket sehingga dapat digunakan sebagai perekat. Untuk mendapatkan pelet, biomassa harus dimanpatkan dimana proses ini dapat meningkatkan kerapatan bahan dan kapasitas panas, serta mengurangi jumlah abu dalam bahan bakar (Saptoadi 2006).

Berdasarkan Tabel 1, kadar serat kasar cangkang nyamplung sekitar 42% dan kadar airnya sekitar 16%. Menurut SNI 8021-2014 tentang pelet kayu, produk pelet mempunyai kadar air maksimal sebesar 12%. Untuk memenuhi standar tersebut, kadar air cangkang perlu diturunkan terlebih dahulu melalui pengeringan. Selain itu, kadar airnya juga dapat diturunkan pada saat proses peletisasi yang mana panas diterapkan dalam proses tersebut.

Kadar abu menandakan jumlah abu yang diperoleh setelah dilakukan pembakaran. Cangkang nyamplung yang diuji mempunyai kadar abu sekitar 0,86%, sedangkan menurut SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu, maksimal kadar abu adalah 8%. Berdasarkan hal tersebut cangkang nyamplung menyisakan sedikit abu setelah pembakaran sehingga potensial dijadikan sebagai biopelet.

Nilai kalor dan kadar zat terbang merupakan parameter penting pada biopelet. Menurut Wibowo et al. (2017), biopelet yang dibuat dari cangkang nyamplung dengan kadar air 4% menghasilkan nilai kalor sebesar 6.258,87 kal/g dan kadar zat terbang sebesar 25,43%. Hal ini memenuhi SNI 8021-2014 yang menetapkan nilai kalor minimal sebesar 4.000 kal/g dan kadar zat terbang maksimal sebesar 80%. Berdasarkan hal tersebut cangkang nyamplung yang dihasilkan dari industri minyak tamanu ini kemungkinan juga memiliki nilai kalor yang tinggi dan kadar zat terbang yang rendah, namun untuk memenuhi standar tersebut kadar air cangkang perlu diturunkan terlebih dahulu melalui pengeringan.

Ampas dapat dijadikan sebagai bahan campuran pakan ternak. Bahan baku untuk pembuatan pakan ternak umumnya dilihat dari kandungan protein. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Kartika et al. 2018), ampas yang dihasilkan dari proses ekstraksi minyak nyamplung dengan pelarut biner mengandung protein sekitar 14%. Dibandingkan bekatul yang kadar proteinnya sekitar 11-13%, kandungan protein ampas nyamplung relatif sama sehingga ampas nyamplung potensial dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Untuk pendirian industri minyak tamanu skala menengah ini tentunya memerlukan alat dan mesin, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Peralatan yang digunakan mulai dari penimbangan buah nyamplung menggunakan alat berupa *pallet* timbangan, kemudian buah nyamplung dialirkan ke dalam mesin pengupas cangkang dengan bantuan *bucket conveyor* untuk memisahkan cangkang dari bijinya. Biji yang telah terpisah kemudian diekstraksi untuk mendapatkan minyak sedangkan cangkang dijadikan biopelet dengan bantuan mesin *pelletizer*.

Tabel 3 Jenis dan jumlah alat dalam perancangan industri minyak *tamanu*

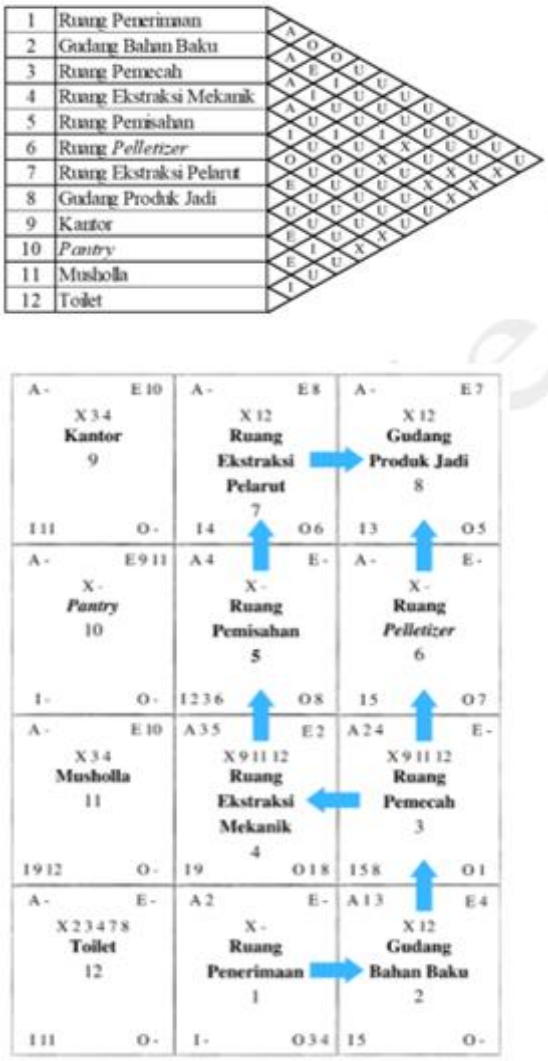
Jenis Alat	Jumlah
Mesin pengupas cangkang	1
Screw press	1
Oil centrifuge	1
Bucket conveyor	1
Pelletizer	1
Pallet timbangan	1
Extractor tank	1
Heat exchanger	1
Evaporator	1
Solvent tank (350 L) metanol	1
Glass level	4
Solvent tank (900 L) heksan	1
Kondensor horizontal	2
Centrifugal pump	1
Centrifugal pump (*explosion proof*)	1
Vacuum pump	1
Boiler tank	1
Cooling tower	1
Piping + control button	1

Ekstraksi yang dilakukan pada tahap pertama menggunakan *screw press* pada suhu 80-90°C. Minyak yang diperoleh dari tahap ini mengandung pengotor sehingga perlu dipisahkan dari pengotornya menggunakan *oil centrifuge.* Proses pemisahan pengotor dengan metode sentrifugasi pada dasarnya adalah memanfaatkan putaran sentrifugal untuk memisahkan partikel-partikel yang massa jenisnya berbeda.

Ampas yang diperoleh dari hasil ekstraksi tahap pertama masih mengandung minyak, oleh karena itu ampas dimanfaatkan untuk bahan baku ekstraksi tahap berikutnya. Proses ekstraksi dengan pelarut dimulai dari pencampuran bahan baku berupa ampas dengan campuran pelarut n-heksan dan metanol pada perbandingan 1:5:2 (b/v/v) di dalam *extractor tank*. Proses ekstraksi dalam *extractor tank* dilakukan selama 5 jam pada suhu 50°C. Hasil ekstraksi berupa campuran fasa minyak-heksan dan fasa resin-metanol dievaporasi untuk memisahkan minyak dan resin dengan pelarut menggunakan *heat exchanger*. Pelarut yang menguap dari proses evaporasi kemudian didinginkan kembali menggunakan kondensor. Kebutuhan panas yang digunakan selama proses ekstraksi disuplai dari mesin *boiler*. Proses pendinginan pada kondensor menggunakan air yang disuplai dari *cooling tower*. Pelarut yang digunakan untuk kebutuhan ekstraksi disimpan di dalam dua tangki penyimpanan pelarut yaitu tangki n-heksan dan tangki metanol. Sistem ekstraksi pelarut yang dirancang sudah terintegrasi dengan jalur pipa tiap mesin, dan terdapat pusat kontrol yang dapat digunakan untuk memudahkan pengoperasian alat dan mesin. Ampas yang dihasilkan dari proses ekstraksi dengan pelarut dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dengan cara dipadatkan untuk menjadi pakan ternak menggunakan mesin *pelletizer*.

Lokasi untuk pendirian industri ditetapkan di Kawasan Industri Jababeka yang berada di Kabupaten Bekasi. Penetapan ini didasarkan pada aspek penilaian faktor obyektif, yaitu Peraturan Daerah (Perda) Provinsi Jawa Barat No. 8 Tahun 2018 tentang Rencana Pembangunan Industri Provinsi Jawa Barat Tahun 2018-2038. Selain itu, dilakukan juga studi literatur terhadap penelitian yang terkait (Putro 2021), dan juga beberapa data tambahan dari artikel di media massa. Faktor-faktor obyektif yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya biaya transportasi bahan baku, biaya produksi, biaya pekerja, harga bangunan, dan harga lahan. Selain faktor obyektif, penetapan lokasi industri minyak nyamplung juga didasarkan atas faktor subyektif dimana faktor ini mempertimbangkan kebijakan daerah terkait industri, ketersediaan fasilitas industri (pemadam kebakaran, kesehatan, dan keamanan), ketersediaan

sumber air baku, kemudahan transportasi, dan ketersediaan sarana pembuangan limbah. Penentuan faktor-faktor subyektif tersebut berdasarkan PP Kemenperin No. 40 Tahun 2016 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri.



Gambar 5 *Activity relationship chart* dan dimension block diagram industri minyak tamanu

Tata letak industri minyak *tamanu* dirancang menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP). Menurut Budianto dan Cahyana (2021), metode SLP dalam penyusunan tata letak suatu industri merupakan cara yang efektif untuk mendapatkan aliran barang yang efisien dengan cara memperhitungkan urutan proses dan derajat kedekatan antar unit pelayanan yang ada pada fasilitas yang akan dirancang. Penyusunan tata letak dimulai dengan membuat *Activity Relationship Chart* (ARC), yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan menganalisis derajat kedekatan antara berbagai stasiun atau ruang dalam fasilitas industri. (Gambar 5). Setelah penyusunan ARC dapat diperoleh derajat relatif antar aktivitas menggunakan perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) (Wahyudi 2021) dimana ini digunakan untuk menentukan total biaya perpindahan yang paling rendah. Selanjutnya, ilustrasi *Dimension Block Diagram* (DBD) dibuat untuk memahami arah aliran material dari bahan baku hingga menjadi produk akhir (Gambar 5).

Kebutuhan Ruang dan Tenaga Kerja

Total area yang dibutuhkan ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan alat dan juga memperhatikan *allowance* tiap ruang produksi untuk akses mobilitas selama produksi berlangsung. Jumlah total luas area yang dibutuhkan untuk industri minyak *tamanu* adalah 340 m^2 (Tabel 4).

Kebutuhan tenaga kerja dibagi menjadi dua jenis: tenaga kerja langsung dan tidak langsung. Tenaga kerja langsung adalah mereka yang terlibat secara langsung dalam proses produksi dan penggunaan alat-alat industri. Sementara itu, tenaga kerja tidak langsung adalah mereka yang tidak terlibat langsung dalam proses produksi tetapi memiliki pekerjaan untuk menjalankan administrasi perusahaan, keuangan, pemasaran, hingga keamanan. Kebutuhan tenaga kerja ditentukan berdasarkan dari proses produksi dan kebutuhan untuk pengelolaan perusahaan agar tidak terlalu banyak dan boros biaya.

Tabel 4 Kebutuhan luas area industri

Ruangan	Luasan (m^2)
Kantor	30
Pantry	12
Musholla	24
Toilet	16
Ruang penerimaan	28
Gudang bahan baku	50
Ruang pemecah	25
Gudang produk jadi	51
Ruang pemisah	20
Ruang ekstraksi mekanik	16
Ruang *pelletizer*	18
Ruang ekstraksi pelarut	50
Total	340

Pekerja tidak langsung membutuhkan kualifikasi pendidikan minimal S1. Posisi yang berkaitan dengan proses produksi membutuhkan kualifikasi pendidikan minimal D3. Selanjutnya posisi

yang berkaitan dengan tugas sederhana membutuhkan kualifikasi pendidikan minimal SMA/SMK. Perekrutan tenaga kerja dilakukan dengan cara membuka lowongan pekerjaan di berbagai media tetapi tetap mengutamakan tenaga kerja di sekitar lokasi industri untuk memudahkan mobilitas dan minimasi biaya. Untuk gaji pekerja non kantor yang sebanyak 11 orang terhitung Rp 426.000.000 per tahun, sedangkan untuk pekerja kantor sebanyak 9 orang terhitung Rp 334.800.000 per tahun.

Pembiayaan dan Kelayakan Finansial

Biaya investasi adalah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan suatu industri, mencakup biaya pra-investasi, pembangunan, mesin produksi, fasilitas pendukung, serta biaya lainnya. Biaya pra-investasi meliputi biaya untuk perizinan pendirian perusahaan, akta perusahaan, pembuatan IMB, dan UPL-UKL untuk lingkungan hidup. Penggunaan dokumen UPL-UKL diterapkan pada industri ini sebab industri ini memiliki dampak kecil atau dapat ditangani dengan mudah untuk masalah limbah. Hal ini dikarenakan industri ini mengolah limbah atau produk sampingnya untuk dijual. Selain itu, pemanfaatan limbah ini menambah pendapatan industri ini. Hasil perhitungan menunjukkan biaya investasi yang diperlukan sebesar Rp 3.033.466.092 dengan pendapatan sebesar Rp 5.924.724.490.

Biaya operasional adalah pengeluaran yang diperlukan oleh perusahaan atau industri untuk melaksanakan proses produksi. Biaya ini terbagi menjadi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap terdiri dari biaya-biaya tenaga kerja, kemasan, pemeliharaan alat dan bangunan. Biaya tenaga kerja adalah pengeluaran yang diberikan sebagai gaji kepada karyawan yang bekerja di industri ini. Biaya pemeliharaan bangunan menggunakan asumsi 5% dari total biaya bangunan, dan biaya pemeliharaan alat diasumsikan 10% dari total biaya alat. Biaya variabel mencakup pengeluaran untuk bahan baku, listrik, air dan PGN.

Biaya operasional pada tahun pertama diasumsikan lebih rendah daripada tahun-tahun berikutnya dikarenakan pada awal tahun industri dioperasikan sebagai tahap percobaan. Hal ini berkaitan dengan proses produksi yang bersifat *trial and error*, pelatihan pekerja, uji coba alat, serta kegiatan lainya. Oleh karena itu, industri ini menggunakan kapasitas 80% pada 6 bulan pertama dan kapasitas 90% pada 6 bulan berikutnya. Kapasitas 100% baru diterapkan pada tahun berikutnya. Oleh karena itu, biaya operasional yang dibutuhkan pada tahun pertama sebesar Rp 2.130.639.322, sedangkan pada tahun kedua dan seterusnya dibutuhkan biaya sebesar Rp 2.506.634.497.

Berdasarkan biaya-biaya tersebut di atas, Harga Pokok Produk (HPP) dihitung dengan cara membagi total biaya pengeluaran untuk menghasilkan produk dengan jumlah produk yang diproduksi dalam waktu 1 tahun. Untuk perhitungan harga pokok produk dilakukan menggunakan 5 komponen produk yaitu *virgin tamanu oil*, *tamanu oil*, *tamanu* resin, biopelet, dan pakan ternak. Masing-masing produk memiliki perbedaan dari jumlah biaya pengeluaran yang mencakup biaya alat, biaya bahan baku, biaya pegawai, kebutuhan tempat, dan kebutuhan kemasan yang digunakan. Hasil perhitungan HPP menunjukkan nilai sebesar Rp 93.801 (Tabel 5).

Selanjutnya nilai laba rugi diproyeksikan untuk mengetahui tingkat keuntungan dari industri minyak *tamanu* ini. Proyeksi laba rugi menyajikan nilai pendapatan dan nilai beban dari pendapatan tersebut dalam jangka waktu tertentu. Terdapat empat komponen yang ada pada proyeksi laba rugi, yaitu besaran pendapatan, besaran pengeluaran, nilai keuntungan, dan keuntungan kumulatif. Umur industri minyak *tamanu* ini diasumsikan 10 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan industri minyak *tamanu* diproyeksi memberikan keuntungan dari tahun pertama hingga tahun ke-9 sebesar Rp 3.464.726.763, sedangkan pada tahun ke-10 keuntungannya diproyeksi sebesar Rp 788.090.981 (Tabel 6) Kelayakan finansial pada industri ini dilakukan menggunakan 4 kriteria, yaitu nilai *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), B/C *ratio*, dan nilai *Return of Investment* (ROI). Pada perancangan industri minyak *tamanu* ini mendapatkan hasil nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 8.628.252.106 dengan syarat penilaian NPV > 0, nilai B/C *ratio* mendapatkan hasil 1,53% dengan syarat penilaian B/C *ratio* > 1, *Payback Period* (PBP) mendapatkan hasil 1,04 tahun dengan syarat PBP < umur proyek yang diasumsikan (10 tahun), dan *Return of Investment* (ROI) mendapatkan nilai sebesar 95,31%. Dari penilaian studi kelayakan tersebut maka industri ini dikatakan layak untuk dibangun dan dioperasikan.

Tabel 5 Harga pokok produk yang dihasilkan oleh industri minyak *tamanu*

Produk	Jumlah Produk	Biaya Pengeluaran (Rp)	HPP (Rp)
Virgin tamanu oil	36.378	3.412.282.859	93.801
Tamanu oil	14.706	1.269.191.051	86.304
Resin	1.806	112.998.000	62.568
Biopelet	153.252	39.180.800	256
Pakan ternak	36.636	39.180.800	1.069

Tabel 6 Proyeksi laba rugi industri minyak tamanu

Tahun	Pendapata	Pengeluaran	Keuntungan
0	Rp 0	Rp 5.422.726.510	-Rp 5.422.726.510
1	Rp 5.924.724.490	Rp 2.510.997.727	Rp 3.413.726.763
2	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
3	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
4	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
5	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
6	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
7	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
8	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
9	Rp 5.924.724.490	Rp 2.459.997.727	Rp 3.464.726.763
10	Rp 5.924.724.490	Rp 5.136.633.510	Rp 788.090.981

KESIMPULAN

Teknologi proses untuk memproduksi minyak *tamanu* dari biji nyamplung segar adalah kombinasi proses ekstraksi secara mekanik dengan *screw press* dan ekstraksi dengan pelarut biner. Produk yang dihasilkan dari 1 ton biji segar yang diolah adalah *virgin tamanu oil* sebesar 141 kg, *tamanu oil* sebesar 57 kg, resin sebesar 7,05 kg, biopelet sebesar 594 kg, dan pakan sebesar 142,2 kg dengan mutu minyak nyamplung yang sesuai dengan SNI 2016-4399-1996. Hasil analisis biaya untuk teknologi proses ini mendapatkan biaya investasi sebesar Rp 3.033.466.092, pendapatan bersih sebesar Rp 5.924.724.490, *payback period* sebesar 1,04 tahun, *return of investment* sebesar 95,31%, serta *net present value* bernilai positif, dan B/C *ratio* bernilai 1,53. Dengan demikian pembangunan dan pengoperasian industri minyak *tamanu* ini adalah layak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi untuk dukungan dana dalam pelaksanaan Penelitian Terapan sesuai kontrak nomor: 027/E5/PG.02.00.PL/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia, O., Sailah, I., Kartika, I.A., Suparno, O., Bindar, Y., 2023. Utilizing nyamplung oil extraction byproducts for sustainable processes: prospects and challenges of the zero waste industry. European Chemical Bulletin 12, 1655-1661.

Amelia, O., Sailah, I., Kartika, I.A., Suparno, O., Bindar, Y., 2024. Virgin callophyllum oil as an antioxidant potential and potential cosmetic active ingredient. South African Journal of Botany 165, 331-338.

Ansel, J.L., Lupo, E., Mijouin, L., Guillot, S., Butaud, J.F., Ho, R., Lecellier, G., Raharivelomanana, P., Pichon, C., 2016. Biological activity of Polynesian *Calophyllum inophyllum* oil extract on human skin cells. Planta Medica 82, 961-966.

Bustomi, S., Rostiwati, T., Sudradjat, R., Leksono, B., Kosasih, A.S., Anggraeni, I., Syamsuwida, D., Lisnawati, Y., Mile, Y., Djaenudin, D., Mahfudz, Rahman, E., 2008. Nyamplung *(Calophyllum inophyllum L.)* Sumber Energi Biofuel yang Potensial. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta.

Debaut, V.J., Jean, Y.B., Greentech, S.A., 2005. Tamanol a Stimulan for Collagen Synthesis

for Use in Antiwrinkle and Antistretch Mark Products Cosmetic and Toiletries Manufacture World Wide. Greentech, France.

Gacche, R.N., Gond, D.S., Dhole, N.A., Dawane, B.S., 2006. Coumarin schiff-bases: as antioxidant and possibly anti-inflammatory agents. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry 21, 157-161.

Julianto, T.S., 2019. Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Kartika, I.A., Sari, D.D.K., Pahan, A.F., Suparno, O., Ariono, D., 2017. Ekstraksi minyak dan resin nyamplung dengan campuran pelarut heksan-etanol. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 27, 161-171.

Kartika, I.A., Cerny, M., Vandenbossche, V., Rigal, L., Sablayrolles, C., Vialle, C., Suparno, O., Ariono, D., Evon, Ph., 2018. Direct *Calophyllum* oil extraction and resin separation with a binary solvent of n-hexane and methanol mixture. Fuel 221, 159-164.

Kartika, I.A., Cerny, M., Vandenbossche, V., Evon, Ph., Trisunaryanti, W., Mukti, R.R., Hartati, Yuliana, N.D., Sailah, I., 2021. Optimisation of concurrent *Calophyllum* oil-resin extraction and separation. Research in Agricultural Engineering 67, 84-91.

Kartika, I.A., Fataya, I., Yunus, M., Yuliana, N.D., 2022. Optimasi proses ekstraksi minyak dan resin nyampung dengan pelarut biner menggunakan *response surface method*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 32, 21-31.

Konstantina, C.F., Dimitra, J.H., Konstantinos, E.L., Demetrios, N.N., 2004. Natural and synthetic coumarin derivatives with anti inflammatory/antioxidant activities. Current Pharmaceutical Design 10, 3813-3833.

Leksono, B., Hendrati, R.L., Windyarini, E., Hasnah, T., 2013. Coumarins content of seed and crude oil of nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) from forest stands in Indonesia. International Seminar "Forests & Medicinal Plants for Better Human Welfare" September 2013, Bogor Indonesia.

Leksono, B., Hendrati, R.L., Windyarini, E., Hasnah, T., 2014a. Variation of biofuel potential of 12 *Calophyllum inophyllum* populations in Indonesia. Indonesian Journal of Forestry Research 1, 127-138.

Leksono, B., Hendrati, R.L., Windyarini, E., Hasnah, T., 2014b. Budidaya Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) untuk Bioenergi dan Prospek Pemanfaatan Lainnya. IPB Press, Bogor.

Leu, T., 2009. Contribution à la connaissance de la flore polynésienne: évaluation de l'intérêt pharmacologique de quelques plantes médicinales et étude phytochimique du Tamanu (*Calophyllum inophyllum* L.-Clusiaceae). Disertasi. Papeete: Université de la Polynésie Française.

Lin, T.K., Zhong, L., Santiago, J.L., 2017. Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. International Journal of Molecular Sciences 19, 70-90.

Liu, W., Liu, Y., Chen, Z., Chiou, W., Tsai, Y., Chen, C., 2015. Calophyllolide content in *Calophyllum inophyllum* at different stage of maturity and its osteogenic activity. Molecules 20, 12314-12327.

Osterwalder, A., Pigneur, Y., 2012. Business Model Generation, Cetakan ke-12. Gramedia, Jakarta.

Poljšak, N., Kreft, S., Kočevar Glavač, N., 2020. Vegetable butters and oils in skin wound healing: Scientific evidence for new opportunities in dermatology. Phytotherapy Research 34, 254-269.

Putro, K.P., 2021. Studi kelayakan pendirian industri minyak dan resin nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Raharivelomanana, P., Ansel, J., Lupo, E., Mijouin, L., Guillot, S., Butaud, J., Ho, R., Lecellier, G., Pichon, C., 2018. Tamanu oil and skin active properties: from traditional to modern cosmetic uses. OCL 25, 1-6.

Riveiro, M.E., Kimpe, N.D., Moglioni, A., Vázquez, R., Monczor, F., Shayo, C., Davio, C., 2010. Coumarins: old compounds with novel promising therapeutic perspectives. Current Medicinal Chemistry 17, 1325-1338.

Saptoadi, H., 2008. The best biobriquette dimension and its particle size. *Asian* Journal Energy Environment 9, 161-175.

Stevenson, W.J., 2011. Operations Management, 11th Edition. McGraw-Hill, New York.

Vaughn, A.R., Clark, A.K., Sivamani, R.K., Shi, V.Y., 2018. Natural oils for skin-barrier repair: Ancient compounds now backed by modern science. American Journal of Clinical Dermatology 19, 103-117.

Wibowo, S., Syafii, W., Pari, G., 2010. Karakteristik arang aktif tempurung biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn). JPHH 28, 43-54.

Wu, L., Wang, X., Xu, W., Farzaneh, F., Xu, R., 2009. The structure and pharmacological functions of coumarins and their derivatives. Current Medicinal Chemistry 16, 4236-4260.