

Evaluasi Kehilangan Bahan selama Proses Produksi Gondorukem Berdasarkan Analisis Neraca Massa

Awaly Ilham Dewantoro* dan Selly Harnesa Putri

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia
Email: mail.dewantoro@gmail.com

Abstrak

Gondorukem menjadi produk utama dari pengolahan getah pinus yang dikenal sebagai salah satu komoditas unggulan ekspor Indonesia. Peningkatan permintaan terhadap gondorukem terjadi pada setiap tahunnya karena produk ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri. Permintaan yang semakin meningkat menyebabkan kapasitas produksi gondorukem perlu ditingkatkan, termasuk pada Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi yang merupakan pabrik pengolahan getah pinus milik Perum Perhutani. Peningkatan kapasitas produksi secara langsung mempengaruhi kinerja produksi yang meliputi manajemen proses dan desain produksi, khususnya yang berkaitan dengan jumlah kehilangan bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah kehilangan bahan berupa larutan getah selama proses produksi berlangsung di PGT Sindangwangi. Metode yang digunakan meliputi observasi langsung mengenai tahapan produksi dan pendekatan analisis perhitungan neraca massa sehingga dapat teridentifikasi setiap komponen dalam aliran massa bahan di setiap unit proses. Proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi terdiri dari tiga tahapan utama yang diuraikan ke dalam lima unit proses. Kelima unit proses yang terdiri dari unit penerimaan getah, unit pengenceran, unit pencucian dan pengendapan, unit penampungan, dan unit pemasakan kemudian dianalisis mengenai input dan output aliran massa bahan pada setiap unitnya. Hasil analisis menunjukkan larutan getah yang hilang selama proses produksi gondorukem yaitu sebesar 0,03% dari jumlah bahan baku yang diolah. Angka tersebut memenuhi kriteria jumlah kehilangan bahan yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu $\leq 0,50\%$ (per bahan baku yang diolah).

Kata kunci : Aliran Massa Bahan, Gondorukem, Larutan Getah, PGT Sindangwangi

Abstract

Material Losses Evaluation during Gum Rosin Production Process based on Mass Balance Analysis

Gum rosin is the main product of pine resin processing and known as leading commodities export in Indonesia. The increasing demand for gum rosin occurs every year because this product is widely used in various industry. The increasing demand caused the production capacity to be increased, including PGT Sindangwangi which is one of pine resin processing owned by Perum Perhutani. Increased production capacity affected to production performance its consist to process management and production design, especially related to material losses. This study aims to evaluate the amount of material losses in the form of pine gum solution during production processes in PGT Sindangwangi. Research methods deployed direct observation on production process and an analytical approach of mass balance calculation its could be identified material composition on each mass flow. Production processes at PGT Sindangwangi consist to three main stages processes then divided into five process units. The five units consist to pine sap receiving unit, dilution unit, settling unit, shelter unit, and distillation unit were then analysed based on material mass flow inputs and outputs in each unit. The results of analysis showed the amount of material loss during gum rosin production process is 0.03% of raw materials. The value was qualified to company criteria about an amount of material losses about $\leq 0,50\%$ (per raw materials amount).

Keywords: Material Mass Flow, Gum Rosin, Pine Gum Solution, PGT Sindangwangi

PENDAHULUAN

Produk utama dalam pengolahan getah pohon pinus (*Pinus merkusii*) dikenal sebagai gondorukem atau *gum rosin*. Produk ini merupakan salah satu komoditas unggulan hasil hutan bukan kayu yang berbentuk padat dan berwarna kuning kecokelatan. Menurut Kharismawati *et al.* (2016), gondorukem menjadi salah satu primadona ekspor Indonesia karena sebanyak 8% kebutuhan gondorukem dunia dapat dipasok oleh Indonesia. Angka tersebut mengantarkan Indonesia menjadi produsen gondorukem terbesar ketiga di dunia setelah Tiongkok dan Brasil (Perhutani, 2018). Kebutuhan dunia terhadap gondorukem terbilang sangat besar karena produk ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku ataupun bahan tambahan dalam industri kosmetik, pulp dan kertas, pewarnaan batik, perekat, hingga aplikasi biomaterial (Khadafi *et al.*, 2014).

Beragam pemanfaatan gondorukem pada berbagai sektor industri menyebabkan permintaan terhadap produk ini terus mengalami kenaikan setiap tahunnya. Permintaan gondorukem yang terus-menerus naik menyebabkan diperlukannya peningkatan terhadap kapasitas produksi agar kebutuhan produk ini dapat terpenuhi. Peningkatan terhadap kapasitas produksi gondorukem perlu dirancang ulang dan disesuaikan dengan tahapan unit operasi yang diterapkan karena dapat mempengaruhi kinerja produksi. Menurut Dananjaya & Sudaryanto (2015), kinerja produksi dipengaruhi secara linier oleh manajemen proses dan rancangan produksi sehingga proses yang berlangsung dapat berjalan secara efektif dan efisien. Adapun penerapan proses produksi yang efektif dan efisien bertujuan agar dihasilkan gondorukem berkualitas dan berkuantitas tinggi.

Perum Perhutani berperan sebagai perusahaan pengelola sumberdaya hutan dan pengolah getah pinus menjadi gondorukem terbesar di Indonesia. Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi merupakan salah satu pabrik pengolah getah pinus menjadi gondorukem milik Perum Perhutani yang terletak di Nagreg, Jawa Barat. PGT Sindangwangi telah meningkatkan kapasitas produksi yang menimbulkan proses produksi menjadi kurang optimal, sehingga Kharismawati *et al.* (2016)

menilai perlu dilakukannya evaluasi dan perbaikan. Proses produksi yang kurang optimal merupakan salah satu indikator kinerja produksi tidak berjalan secara efektif dan efisien. Berdasarkan studi pendahuluan terhadap data produksi gondorukem di PGT Sindangwangi, terdapat kehilangan bahan selama proses produksi yang tidak terukur dan teridentifikasi secara pasti. Adanya bahan yang hilang selama proses produksi berlangsung menjadi salah satu kelemahan dari manajemen proses yang diterapkan, sehingga kinerja produksi dinilai tidak berjalan secara efektif dan efisien (Dananjaya & Sudaryanto, 2015).

Kehilangan bahan selama proses produksi dapat dievaluasi jumlahnya dan diidentifikasi jenis bahannya dengan melakukan pendekatan analisis perhitungan neraca massa. Neraca massa adalah perhitungan dari keseluruhan aliran massa bahan yang masuk, keluar, dan terakumulasi dari suatu unit operasi pada jangka waktu tertentu (Hadiyarti *et al.*, 2018). Adapun prinsip dari perhitungan neraca massa didasarkan pada hukum kekekalan massa, sehingga jumlah massa bahan yang masuk akan sama dengan jumlah massa bahan yang keluar (Sugiharto *et al.*, 2016).

Evaluasi dan perbaikan proses produksi berdasarkan hasil pendekatan analisis perhitungan neraca massa telah digunakan dalam beberapa penelitian terdahulu. Evaluasi proses produksi minyak atsiri nilam telah dilakukan oleh Harahap *et al.* (2019) yang dipadukan dengan studi literatur dapat memperbaiki proses produksi dan meningkatkan kuantitas hasil produksi. Pendekatan analisis perhitungan neraca massa berhasil digunakan oleh Primaningtyas & Widyorini (2020) untuk menentukan jumlah kehilangan getah yang kemudian dapat didaur ulang ke dalam proses produksi gondorukem di PGT Sapuran. Adapun perhitungan neraca massa pada industri kelapa sawit diketahui dapat digunakan untuk menentukan efisiensi proses produksi pada setiap unit operasinya (Hadiyarti *et al.*, 2018).

Masalah kehilangan bahan selama proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi dapat menghambat kinerja produksi. Hal tersebut perlu diatasi agar tidak menimbulkan permasalahan lain yang merugikan seperti kurangnya kuantitas produksi dan turunnya efisiensi produksi yang berkaitan dengan kinerja produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan

mengidentifikasi bahan yang hilang selama proses produksi gondorukem menggunakan pendekatan analisis perhitungan neraca massa. Adapun hasil analisis yang didapatkan dapat digunakan dalam perbaikan kinerja dan proses produksi gondorukem, khususnya di PGT Sindangwangi.

METODOLOGI

Tahap Pengambilan Data

PGT Sindangwangi dijadikan sebagai subjek utama dalam penelitian ini. Tahap pengambilan data mengikuti prosedur dari Harahap *et al.* (2019) meliputi observasi langsung terhadap proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi yang dilengkapi dengan data dari hasil studi literatur. Observasi terhadap proses produksi gondorukem dilakukan pada bulan Januari hingga Februari 2021. Data yang didapatkan dari observasi langsung meliputi data hasil pengujian getah, data input dan output pada setiap unit operasi yang tercatat dalam Berita Acara Produksi (BAP), kapasitas peralatan produksi, dan kondisi operasi yang digunakan. Adapun data yang terkumpul kemudian digunakan dalam pendekatan analisis perhitungan neraca massa agar diketahui aliran massa bahan yang masuk dan keluar secara matematis.

Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa didasarkan pada hukum kekekalan massa sehingga keseluruhan bahan yang diolah akan memiliki jumlah massa yang sama, baik sebagai keseluruhan input maupun keseluruhan output. Penggunaan pendekatan analisis dalam penelitian ini diasumsikan pada kondisi proses yang sudah tunak (*steady state*), sehingga dapat digunakan persamaan perhitungan neraca massa yang terdapat dalam Geankoplis (1993) dan ditunjukkan pada persamaan (1). Pada persamaan perhitungan neraca massa $\sum \dot{m}_{input}$ menunjukkan jumlah keseluruhan aliran massa yang masuk (kg/jam) dan $\sum \dot{m}_{output}$ menunjukkan jumlah keseluruhan aliran massa yang keluar.

$$\sum \dot{m}_{input} = \sum \dot{m}_{output} \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Proses Produksi Gondorukem

Proses produksi di PGT Sindangwangi megolah getah pinus menjadi gondorukem dalam

tiga tahapan utama. Ketiga tahapan tersebut terdiri dari tahap penerimaan bahan, tahap pengolahan getah, dan tahap pemasakan larutan getah. Tahap penerimaan bahan terdiri dari unit penerimaan bahan yang didalamnya terdapat kegiatan pengkodisian dan pengujian kualitas getah. Tahap pengolahan getah bertujuan untuk menyiapkan larutan getah yang diolah pada unit pengenceran, unit pencucian dan pengendapan, serta unit penampungan. Tahapan terakhir adalah tahap pemasakan larutan getah yang terdiri dari unit pemasakan dan bertujuan untuk memisahkan antara komponen asam resin yang kemudian menjadi gondorukem dengan komponen minyak terpentin. Adapun rangkaian proses produksi gondorukem berdasarkan unit-unit operasi dalam ketiga tahapan tersebut tersaji pada Gambar 1.

Neraca Massa Proses Produksi Gondorukem

Unit Penerimaan Getah

Unit penerimaan getah menjadi unit operasi pertama dalam proses produksi gondorukem. PGT Sindangwangi mendapatkan pasokan getah dari berbagai Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) yang berada di wilayah kerja Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten. Getah yang diterima perlu diuji karena diketahui masih mengandung kotoran dan air yang mempengaruhi kualitasnya. Pengujian terhadap getah dilakukan secara visual dan laboratorium, kemudian hasilnya menjadi dasar penentuan mutu getah yang sesuai dengan SNI 7873:2016. Perbedaan mutu getah yang diterima dapat menentukan proses penampungan getah ke dalam 13 bak yang berbeda (kapasitas bak total 440 ton).

Getah mutu II menjadi getah yang paling banyak diterima oleh PGT Sindangwangi selama masa observasi penelitian dilakukan. Pengujian dilakukan terhadap getah yang menunjukkan adanya kandungan air sebanyak 9,60% dan kandungan kotoran total sebanyak 6,72%. Kandungan air dan pengotor dalam getah sangat dipeharuhi oleh perbedaan musim dan saat musim penghujan jumlahnya lebih tinggi daripada musim kemarau (Kharismawati *et al.*, 2016). Keberadaan kandungan air dan pengotor yang tinggi berkorelasi dengan jumlah keluaran limbah yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai efisiensi proses. Menurut Hidayat *et*

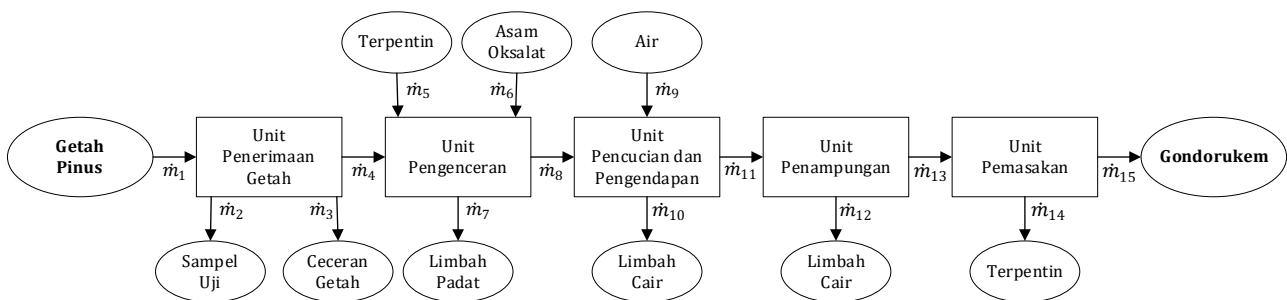
al. (2021), pengotor pada getah yang berupa kandungan mineral dan ion logam sukar untuk direduksi daripada kotoran padat seperti serasah dan dapat mengakibatkan kualitas gondorukem menurun.

Perhitungan neraca massa pada unit penerimaan getah disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi, aliran massa bahan yang keluar (\dot{m}_4) dari unit penerimaan getah sebesar 2.500,00 kg/jam. Menurut Kharismawati et al. (2016), pada unit penerimaan getah di PGT Sindangwangi terdapat pengambilan sampel uji ($\dot{m}_2 = 0,01\%$) dan diketahui getah yang tercecer atau tersendat pada talang ($\dot{m}_3 = 1,01\%$) sehingga tidak dapat mengalir ke unit operasi selanjutnya. Banyaknya getah yang diambil sebagai sampel uji dan tertahan sebagai ceceran masing-masing sebesar 0,25 kg/jam dan 25,25 kg/jam. Data-data tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan neraca massa untuk menentukan besar aliran massa bahan yang masuk pada unit penerimaan getah. Hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa getah yang diterima (\dot{m}_1) dalam unit operasi ini sebesar 2.525,50 kg/jam.

Unit Pengenceran

Unit pengenceran menjadi unit operasi pertama dalam tahap pengolahan getah. Getah yang diterima dari unit operasi sebelumnya perlu diencerkan untuk memudahkan proses dan reaksi pemisahan antara getah dengan limbah padat atau serasah. Pengenceran getah memiliki tujuan lain yaitu untuk memudahkan proses pencucian pada unit operasi selanjutnya. Proses pengenceran getah dilakukan pada tangki *melter* berkapasitas 3 m³ pada kondisi $P_{steam} = 3 \text{ kg/cm}^2$, $T = 70-80^\circ\text{C}$, dan $t = 10-25$ menit. Pada unit operasi ini menghasilkan dua jenis output yaitu campuran larutan getah (\dot{m}_8) sebagai output utama dan serasah sebanyak 4,01% sebagai limbah padat (\dot{m}_7).

Beberapa bahan pendukung ditambahkan ke dalam tangki *melter* selama proses pengenceran berlangsung. Bahan-bahan tersebut meliputi terpentin yang berfungsi untuk mengencerkan getah dan asam oksalat yang berfungsi untuk mengikat ion-ion mineral pada getah. Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi, laju aliran massa terpentin (\dot{m}_5) yang masuk sebanyak 850,00 kg/jam dan asam oksalat (\dot{m}_6) sebanyak 6,25 kg/jam. Asam



Gambar 1. Rangkaian dan model neraca massa proses produksi gondorukem

Simbol \dot{m}_n menunjukkan aliran massa bahan pada urutan ke-n dalam model neraca massa (kg/jam)

Tabel 1. Neraca massa komponen pada unit penerimaan getah

Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
	\dot{m}_1	\dot{m}_2	\dot{m}_3	\dot{m}_4
Getah	2.113,34	0,21	21,13	2.092,00
Air	242,45	0,02	2,42	240,00
Ion Mineral	68,44	0,01	0,68	67,75
Serasah	101,27	0,01	1,01	100,25
Subtotal	2.525,50	0,25	25,25	2.500,00
Total	2.525,50		2.525,50	

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}_n) dalam kg/jam.

Tabel 2. Neraca massa komponen pada unit pengenceran getah

Komponen	Aliran Masuk			Aliran Keluar	
	\dot{m}_4	\dot{m}_5	\dot{m}_6	\dot{m}_7	\dot{m}_8
Getah	2.092,00	-	-	-	2.942,00
Air	240,00	-	62,50	-	302,50
Ion Mineral	67,75	-	-	-	67,75
Serasah	100,25	-	-	100,25	-
Terpentin	-	850,00	-	-	-
Asam Oksalat	-	-	6,25	-	6,25
Subtotal	2.500,00	850,00	68,75	100,25	3.318,50
Total		3.418,75		3.418,75	

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}_n) dalam kg/jam.

oksalat yang dimasukkan pada unit operasi ini dilarutkan terlebih dahulu dalam air dengan perbandingan 1:10 (b/v).

Peningkatan jumlah massa getah terjadi akibat adanya penambahan terpentin selama proses pengenceran. Menurut Kuspradini *et al.* (2016), terpentin merupakan salah satu komponen dari getah pinus berupa α -pinena yang dapat diakumulasikan jumlahnya sebagai massa getah. Pernyataan tersebut diperkuat dengan hasil identifikasi kandungan gondorukem sebagai produk lain dari pengolahan getah pinus yang mengandung kariofilena, asam pimaric, asam dehidroabietic, asam abietic, dan α -pinena (Hidayat *et al.*, 2021). Oleh karena itu, keberadaan terpentin untuk mengencerkan getah kemudian diakumulasikan sebagai massa getah.

Proses pengenceran getah di PGT Sindangwangi hanya melakukan penambahan bahan dan penyaringan terhadap limbah padat. Pengendapan tidak dilakukan pada unit operasi ini sehingga campuran larutan getah langsung dialirkan menuju unit operasi selanjutnya. Adapun larutan asam oksalat yang telah ditambahkan ke dalam tangki *melter* diketahui masih terlarut dalam campuran larutan getah. Data dan temuan yang didapatkan selama observasi kemudian digunakan dalam pendekatan analisis perhitungan neraca massa. Hasil perhitungan neraca massa tersaji pada Tabel 2 dengan aliran massa campuran larutan getah (\dot{m}_8) sebesar 3.318,50 kg/jam.

Unit Pencucian dan Pengendapan

Unit pencucian dan pengendapan menjadi unit operasi selanjutnya dalam tahap pengolahan getah. Proses pencucian dan pengendapan campuran larutan getah (\dot{m}_8) dilakukan pada tangki *settler* yang memiliki kapasitas total 7 m³. Campuran larutan getah (\dot{m}_8) yang dialirkan dari tangki *melter* diendapkan terlebih dahulu selama 5-10 menit dan kemudian ditambahkan air (\dot{m}_9) hangat dengan suhu 70-80°C sebanyak 12.000 liter per hari untuk proses pencucian. Campuran larutan di dalam tangki *settler* dihomogenkan dengan cara diaduk menggunakan agitator pada kecepatan rendah ($\omega = 10-20$ rpm; $t = 2-5$ menit) yang bertujuan agar asam oksalat dapat mengikat pengotor getah yang berupa ion-ion mineral. Pengendapan dilakukan kembali setelah proses pencucian dan pengadukan selesai selama 10-15 menit agar larutan getah terpisahkan dari suspensi pengotor.

Suspensi pengotor yang terendap selama pengendapan kemudian dibuang sebagai limbah cair (\dot{m}_{10}). Menurut Primaningtyas & Widyorini (2020), limbah cair yang terbuang setelah proses pengendapan diketahui mengandung larutan getah dan air yang ikut terbuang. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab kehilangan bahan yang terjadi selama proses produksi gondorukem berlangsung. Larutan getah yang ikut terbuang disebabkan oleh waktu pengendapan yang terbilang singkat sehingga reaksi pengikatan pengotor ion-ion mineral oleh asam oksalat tidak

berjalan optimal. Adapun waktu pengendapan yang efisien berdasarkan hasil penelitian dari Apriandi & Syafii (2019) yaitu selama 2 jam, sehingga pengendapan yang dilakukan oleh PGT Sindangwangi dinilai sangat singkat dan hasilnya tidak optimal.

$$P_a + \frac{1}{2}\rho_a v_a^2 + \rho_a g h_a = P_b + \frac{1}{2}\rho_b v_b^2 + \rho_b g h_b \quad (3)$$

$$v_b = \sqrt{2gh_a} \quad (4)$$

$$\dot{m}_{10} = \rho A_b v_b \quad (5)$$

$$\dot{m}_{10} = \rho \cdot \frac{1}{4}\pi d_b^2 \cdot \sqrt{2gh_a} \quad (6)$$

Tangki *settler* yang digunakan pada unit operasi ini diketahui tidak memiliki instalasi *flowmeter* pada saluran pembuangannya. Hal tersebut menyebabkan tidak adanya pengukuran terhadap jumlah massa limbah cair (\dot{m}_{10}) yang terbuang. Selain itu, limbah cair (\dot{m}_{10}) yang terbuang dalam unit operasi ini masih mengandung larutan getah yang tidak diketahui pasti jumlah massa yang ikut terbuang. Banyaknya massa yang terbuang pada unit operasi ini dapat ditentukan dengan menerapkan pendekatan analisis perhitungan mekanika fluida (Primaningtyas & Widyorini, 2020). Beberapa persamaan mekanika fluida mengikuti McCabe *et al.* (1993) yang meliputi persamaan Bernoulli dan persamaan laju alir massa yang masing-masing dapat dilihat pada persamaan (3) dan persamaan (4).

Persamaan (6) kemudian digunakan untuk menentukan banyaknya massa yang terbuang sebagai limbah cair (\dot{m}_{10}) pada unit operasi ini. Berdasarkan hasil perhitungan, massa buangan limbah cair (\dot{m}_{10}) yaitu sebanyak 1.005,83 kg/jam.

Perhitungan kemudian dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah *batch* pengendapan yaitu sebanyak 30 *batch*/hari dan total waktu pembuangan limbah setiap *batch*-nya yaitu 30 detik/*batch*. Air yang ditambahkan dalam proses pencucian di unit operasi ini diestimasikan sebanyak 80% ikut terbuang sebagai limbah cair berdasarkan BAP PGT Sindangwangi. Asam oksalat yang terkandung pada campuran larutan getah diasumsikan terbuang sempurna dan sebanyak 25% pengotor ion-ion mineral ikut terbuang (Primaningtyas & Widyorini, 2020). Pembuangan limbah cair pada unit operasi ini dilakukan sebanyak dua kali per *batch* proses sehingga dapat diestimasikan jumlah pengotor yang ikut terbuang menjadi dua kali lipatnya atau 50%.

Data-data yang didapatkan dari observasi dan pendekatan analisis perhitungan kemudian digunakan untuk menentukan aliran massa larutan getah (\dot{m}_{11}). Hasil perhitungan neraca massa dapat dilihat pada Tabel 3 dan menunjukkan bahwa aliran massa larutan getah (\dot{m}_{11}) yang keluar dari tangki *settler* yaitu sebesar 2.812,67 kg/jam. Larutan getah yang diketahui telah bersih dan minim akan pengotor ion-ion mineral dialirkan menuju unit operasi selanjutnya.

Unit Penampungan

Unit penampungan menjadi unit operasi terakhir dalam tahapan pengolahan getah di PGT Sindangwangi. Larutan getah (\dot{m}_{11}) dari unit operasi sebelumnya dipindahkan menuju tangki penampungan yang memiliki total kapasitas sebesar 25 m³. Tujuan dari penampungan larutan getah dalam proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi adalah untuk mempersiapkan larutan getah hingga memenuhi volume minimal agar dapat segera dilakukan proses pemasakan.

Tabel 3. Neraca massa komponen bahan pada unit pencucian dan pengendapan

Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
	\dot{m}_8	\dot{m}_9	\dot{m}_{10}	\dot{m}_{11}
Getah	2.942,00	-	565,70	2.376,30
Air	302,50	500,00	400,00	402,50
Ion Mineral	67,75	-	33,88	33,88
Asam Oksalat	6,25	-	6,25	-
Subtotal	3.318,50	500,00	1.005,83	2.812,67
Total	3.818,50		3.818,50	

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}_n) dalam kg/jam.

Tabel 4. Neraca massa komponen pada unit penampungan

Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar
	\dot{m}_{11}	\dot{m}_{12}	\dot{m}_{13}
Getah	2.376,30	285,00	2.091,29
Air	402,50	9,79	392,71
Ion Mineral	33,88	33,17	0,71
Subtotal	2.812,67	327,96	2.484,71
Total	2.812,67		2.812,67

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}_n) dalam kg/jam.

Hal tersebut menyebabkan adanya waktu tunggu dan terjadi pengendapan alami dari sisa suspensi pengotor dalam larutan getah. Endapan yang terbentuk secara alami kemudian dibuang melalui saluran pembuangan yang terletak di bagian dasar tangki penampung.

Endapan yang terbuang dalam unit operasi ini dikategorikan sebagai limbah cair (\dot{m}_{12}). Hal tersebut dikarenakan limbah masih mengandung sebagian kecil getah dan air yang teridentifikasi pada bak pembuangan yang dimiliki tangki penampung. Banyaknya massa limbah cair (\dot{m}_{12}) yang terbuang dapat langsung ditentukan menggunakan pendekatan analisis perhitungan neraca massa. Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi, banyaknya aliran massa larutan getah (\dot{m}_{13}) yang dipindahkan ke unit operasi selanjutnya yaitu sebesar 2.484,71 kg/jam. Adapun aliran massa masuk yang berupa larutan getah (\dot{m}_{11}) dari unit operasi pencucian dan pengendapan yaitu sebesar 2.812,67 kg/jam. Hasil perhitungan neraca massa tersaji pada Tabel 4 dan menunjukkan banyaknya limbah cair (\dot{m}_{12}) yang terbuang pada unit operasi ini sebanyak 327,69 kg/jam.

Larutan getah yang dipindahkan ke unit operasi selanjutnya diketahui masih mengandung sebagian kecil suspensi pengotor. Hal tersebut teridentifikasi dari mutu gondorukem yang dihasilkan saat observasi dilakukan. Gondorukem yang dihasilkan pada proses produksi ini memiliki kandungan suspensi pengotor sebanyak 0,03% yang masuk ke dalam kategori mutu WW (suspensi pengotor $\leq 0,05\%$) berdasarkan SNI 7636:2011.

Unit Pemasakan

Tahap pemasakan larutan getah menjadi tahapan paling akhir dalam proses produksi gondorukem. Tahap ini hanya terdiri dari unit pemasakan yang dilakukan pada tangki pemasak

berkapasitas 12 m³ dengan instalasi *steam* dan pompa vakum yang terpasang dalam sistem tangki. Instalasi *steam* yang terpasang terdiri dari sistem *open* dan *closed steam* yang masing-masing digunakan pada tekanan 1,5 kg/cm² dan 8 kg/cm². Adanya instalasi *steam* pada sistem tangki pemasak digunakan untuk menaikkan suhu larutan getah yang berada dalam tangki hingga mencapai 120-150°C. Adapun instalasi pompa vakum digunakan untuk menyedot campuran antara air dan terpentin pada tekanan vakum sebesar -40 s.d. -60 mmHg.

Penarikan larutan getah merupakan istilah yang digunakan di PGT Sindangwangi untuk proses pengambilan larutan getah dari unit operasi sebelumnya. Terdapat dua jenis penarikan larutan getah yang meliputi penarikan awal (7 m³) dan penarikan tambahan (1-2 m³) yang dapat dilakukan sebanyak 2-4 kali penarikan. Larutan getah yang telah mengisi ruang pada tangki pemasak, kemudian dipanaskan pada suhu 140-150°C. Penetapan rentang suhu pemasakan tersebut bertujuan untuk menjaga kualitas gondorukem yang dihasilkan. Menurut Hidayat *et al.* (2021), suhu pemasakan dapat mempengaruhi warna gondorukem karena masih adanya suspensi pengotor dan senyawa asam resin dengan bobot molekul tinggi tidak dapat tersabunkan. Warna gondorukem yang gelap dapat menurunkan mutu kualitas dari produk yang dihasilkan. Selain itu, terdapat proses penarikan uap air dan terpentin menggunakan pompa vakum saat proses pemasakan larutan getah selesai dilakukan.

Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi, gondorukem (\dot{m}_{15}) dan terpentin yang dihasilkan pada proses produksi ini masing-masing sebanyak 1.765,75 kg/jam dan 326,25 kg/jam. Tabel 5 menunjukkan adanya selisih sebesar 392,71 kg/jam pada hasil pendekatan analisis perhitungan neraca massa yang teridentifikasi sebagai uap air

terkondensasi. Fokus penelitian ini adalah proses produksi gondorukem, sehingga terpentin dan uap air yang terkondensasi dikategorikan sebagai terpentin kasar (\dot{m}_{14}). Gondorukem yang dihasilkan dalam proses produksi ini diketahui memiliki mutu WW dengan kandungan suspensi pengotor $\leq 0,05\%$. Adapun hasil analisis menunjukkan suspensi pengotor dalam gondorukem sebanyak 0,71 kg/jam atau 0,04% dari massa akumulasi gondorukem.

Neraca Massa Keseluruhan

Neraca massa keseluruhan digunakan sebagai rangkuman dari seluruh aliran bahan yang masuk dan keluar dari proses produksi gondorukem. Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi dan hasil analisis, terdapat empat jenis aliran massa bahan yang masuk dan enam jenis aliran massa bahan yang keluar selama proses produksi gondorukem dilakukan. Empat jenis aliran massa bahan yang masuk meliputi getah pinus (\dot{m}_1), terpentin (\dot{m}_5), larutan asam oksalat (\dot{m}_6), dan air (\dot{m}_9). Enam jenis aliran massa bahan yang keluar meliputi sampel uji getah (\dot{m}_3), ceceran getah (\dot{m}_3), limbah padat (\dot{m}_7), limbah cair (\dot{m}_{10} dan \dot{m}_{12}), terpentin kasar (\dot{m}_{14}), dan gondorukem (\dot{m}_{15}).

Kehilangan Bahan selama Proses Produksi

Kehilangan bahan (*material losses*) tidak dapat dihindarkan dalam suatu proses produksi termasuk dalam produksi gondorukem. Berdasarkan BAP PGT Sindangwangi pada bulan Januari 2021, jumlah kehilangan bahan selama proses produksi gondorukem diketahui sebanyak 0,61% atau 367 kg/hari. Pihak PGT Sindangwangi mengasumsikan jumlah kehilangan tersebut

sebagai jumlah getah yang ikut terbuang pada limbah cair. Adapun besar kehilangan bahan yang telah ditetapkan yaitu $\leq 0,50\%$ sehingga angka kehilangan bahan pada BAP bulan Januari 2021 tergolong sangat tinggi. Hal tersebut dapat menjadi sumber kerugian yang dialami oleh PGT Sindangwangi.

Hasil pendekatan analisis perhitungan neraca massa menunjukkan jumlah kehilangan bahan yang berbeda dari BAP PGT Sindangwangi. Berdasarkan Tabel 6, jumlah limbah cair yang dikeluarkan selama proses produksi gondorukem sebesar 1.333,79 kg/jam atau sebanding dengan 32.010,96 kg/hari. Angka tersebut diketahui terdiri dari beberapa komponen limbah cair yang meliputi getah, air, dan suspensi pengotor ion-ion mineral. Banyaknya getah yang hilang kemudian diidentifikasi menggunakan neraca massa komponen aliran limbah cair \dot{m}_{10} dan \dot{m}_{12} yang masing-masing terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Getah yang ikut terbuang dalam limbah cair setelah dikalkulasikan yaitu sebanyak 850,71 kg/jam atau sebanding dengan 20 ton/hari.

Getah yang ikut terbuang dalam limbah cair merupakan campuran getah yang telah diencerkan oleh terpentin. Penggunaan terpentin dalam proses produksi gondorukem yaitu sebagai bahan pendukung produksi yang dapat diasumsikan keluar dari proses produksi secara sempurna. Asumsi tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan sehingga massa getah yang ikut terbuang dalam limbah cair yaitu sebanyak 0,71 kg/jam. Angka tersebut menunjukkan kehilangan bahan selama proses produksi hanya sebesar 0,03% atau sebanding dengan 17,04 kg/hari pada kapasitas produksi harian 60 ton getah/hari.

Tabel 5. Neraca massa per komponen bahan pada unit pemasakan

Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar
	\dot{m}_{13}	\dot{m}_{14}	\dot{m}_{15}
Getah	2.091,71	-	-
Air	392,71	392,71	-
Ion Mineral	0,71	-	0,71
Gondorukem	-	-	1.765,75
Terpentin	-	326,25	-
Subtotal	2.484,71	718,96	1.765,75
Total	2.484,71		2.484,71

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}_n) dalam kg/jam.

Tabel 6. Neraca massa keseluruhan proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi

No.	Input Bahan	\dot{m}	No.	Output Bahan	\dot{m}
1.	Getah Pinus	2.525,50	1.	Gondorukem	1.765,75
2.	Terpentin	850,00	2.	Terpentin Kasar	718,96
3.	Asam Oksalat	68,75	3.	Limbah Cair	1.333,79
4.	Air	500,00	4.	Serasah	100,25
			5.	Sampel Uji	0,25
			6.	Ceceran Getah	25,25
Total		3.944,25	Total		3.944,25

Keterangan: satuan aliran massa (\dot{m}) dalam kg/jam.

Jumlah kehilangan bahan antara hasil analisis dengan BAP PGT Sindangwangi memiliki selisih yang cukup besar. Adapun kelemahan dari data BAP PGT Sindangwangi yaitu tidak teridentifikasinya komponen-komponen yang ikut terbuang dalam limbah, sehingga dilakukan evaluasi menggunakan pendekatan analisis perhitungan neraca massa. Adapun hasil analisis menunjukkan bahwa proses produksi gondorukem di PGT Sindangwangi telah sesuai dengan ketentuan jumlah kehilangan bahan dari Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten.

KESIMPULAN

Pendekatan analisis perhitungan neraca massa pada proses produksi gondorukem dapat digunakan untuk menentukan jumlah kehilangan bahan dan efisiensi proses. Jumlah kehilangan bahan yang terjadi selama proses produksi hanya sebesar 0,03% dari jumlah bahan baku yang diolah. Angka tersebut telah memenuhi ketentuan batas maksimum kehilangan bahan yaitu $\leq 0,50\%$ dan lebih kecil dari data BAP PGT Sindangwangi yang tidak teridentifikasi komponen-komponennya yaitu sebesar 0,61%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PGT Sindangwangi, Perum Perhutani KPH Bandung Utara, dan Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk menyelenggarakan penelitian mengenai proses produksi gondorukem dalam pelaksanaan mata kuliah Praktik Kerja Lapangan (PKL) Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, A.K. & Syafii, W. 2019. Pengaruh waktu pengendapan dan kadar oksalat pada pemurnian getah pinus terhadap kualitas gondorukem. Institut Pertanian Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 7363: 2011 Gondorukem. Indonesia, p. 17.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 7837: 2016 Getah pinus. Indonesia, pp. 1–10.
- Dananjaya, R.H. & Sudaryanto, B. 2015. Analisis pengaruh faktor-faktor total quality management (TQM) terhadap kinerja bisnis perusahaan (Studi pada emapt pabrik gondorukem terpentin Perhutani Unit 1 Jawa Tengah). *Diponegoro Journal of Management*, 4(4):1–13.
- Geankoplis, C.J. 1993. Transport processes and unit operations. Third Edit. Prentice-Hall International, Inc.
- Hadiyarti, Y., Akbar, A.R. & Udiantoro. 2018. Kajian neraca massa pada industri kelapa sawit studi kasus di PT. Alam Tri Abadi Kec. Murung Pudak, Kab. Tabalong, Kalimantan Selatan, *Inovasi Agroindustri*, 1(2):1–11.
- Harahap, B.M., Dewantoro, A.I. & Alfajri, M.R.N. 2019. Evaluasi dan perbaikan proses produksi minyak atsiri nilam berbasis neraca massa (Studi kasus CV Anugerah Essential Oil, Sumedang). *Jurnal Industri Pertanian*, 01(2):21–27.
- Hidayat, R.A.N., Nugroho, S., Dewajani, H. & Yuni, A. 2021. Peningkatan kualitas gondorukem dengan penambahan chelating agent dan adsorben pada proses pengolahan getah karet (Pinus merkusii) di PT. Perhutani Anugerah Kimia, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2):390–399. DOI: 10.33795/distilat.

- v7i2.255.
- Khadafi, M., Rostika, I. & Hidayat, T. 2014. Pengolahan gondorukem menjadi bahan pendauran sebagai aditif pada pembuatan kertas, *Jurnal Selulosa*, 4(1):17–24. DOI: 10.25269/jsel.v4i01.53.
- Kharismawati, D., Indrasti, N.S. & Suprihatin. 2016. Strategi implementasi produksi bersih untuk meningkatkan kinerja industri gondorukem (Studi kasus Nagreg Jawa Barat), *Jurnal Aplikasi Manajemen*, 14(4):705–713.
- Kuspradini, H., Rosamah, E., Sukaton, E., Arung, E.T. & Kusuma, I.W. 2016. Pengenalan jenis getah: gum - lateks - resin. Samarinda: Mulawarman University Press.
- McCabe, W.L., Smith, J.C. & Harriott, P. 1993. Unit operations of chemical engineering. Fifth Edit. McGraw Hill Chemical Engineering Series.
- Perhutani, P. 2018. Laporan Tahunan Perum Perhutani 2018. Available at: <https://perhutani.co.id/laporan/>.
- Primaningtyas, A. & Widyorini, R. 2020. Evaluasi proses produksi industri gondorukem dari tinjauan aliran massa dan energi (Studi kasus PGT Sapuran). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 12(1):39–52. doi: 10.24111/jrihh.v12i1.5996.
- Sugiharto, R., Suroso, E. & Dermawan, B. 2016. 'Tinjauan neraca massa pada proses pengomposan tandan kosong kelapa swait dengan penambahan air limbah pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 21(1):51–62.