

TUGAS AKHIR
EVALUASI KINERJA ALAT *SCRUBBER* (V-1103 A)
DI PLANT 1 (PABRIK GONDORUKEM DAN *TERPENTINE*)
PERHUTANI *PINE CHEMICAL INDUSTRY* (PPCI)
PERUM PERHUTANI
PEMALANG



Disusun oleh :

Bima Saputra

NPM: 021190055

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
2022

Catatan

1. Di dalam scrubber terdapat tiga lapisan yang terbentuk setelah pencucian, lapisan tengah merupakan kotoran halus pemisah antara lapisan atas (getah) dan lapisan bawah (air).
2. Pengotor halus (kotoran halus) yang ada di dalam getah, dapat terpisah terbawa oleh air ke bagian bawah setelah getah diencerkan dengan penambahan terpentin dan dinaikkan suhunya sekitar 60°C kemudian agitasi untuk pencucian sempurna. Kotoran halus terbawa oleh air ke bagian bawah karena memiliki densitas yang lebih besar, sementara getah bersih dengan densitas lebih ringan akan terangkat ke bagian atas. Kotoran halus yang dimaksud merupakan campuran dari air, minyak, dan pengotornya (getah tanpa mutu), dari sinilah alat ini dapat dikatakan sebagai alat scrubber.
3. Tinjauan pustaka agar diperbaharui dengan mencari referensi terbaru.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA ALAT SCRUBBER (V-1103 A)
DI PLANT 1 (PABRIK GONDORUKEM DAN TERPENTINE)
PERHUTANI PINE CHEMICAL INDUSTRY (PPCI)
PERUM PERHUTANI
PEMATANG**

Disusun Oleh :

Bima Saputra

NPM. 021190055

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan oleh

Dosen Pembimbing I

Tanggal : _____ 2022

Yuli Ristianingsih, S.T., M.Eng.

NIK. 1 9850713 201212 2 001

Dosen Pembimbing II

Tanggal : _____ 2022

Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng.

NIP. 19890829 201903 2 022

Tugas Akhir

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber (V-1103 A) Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem Dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Pemalang

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Bima Saputra

NPM. 021190055

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal :

2022

Pembimbing Utama <u>Yuli Ristianingsih, S.T.,M.Eng.</u> NIP. 1 9850713 201212 2 001	Pembimbing Pendamping <u>Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng.</u> NIP. 19890829 201903 2 022
Penguji I <u>Ir. Bambang Sugiarto, MT.</u> NIP. 1 9630913 199303 1 001	Penguji II <u>Ir. Danang Java, MT.</u> NIP. 1 9610528 199203 1 001

Laporan ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Koordinator Prodi D3 Teknik Kimia

Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng.

NIP. 19830922 202121 2 004

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Adi Ilcham, S.T., M.T

NIP. 19710806 202121 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Tugas akhir ini dibuat bertujuan untuk melaporkan kegiatan pada saat kerja praktik di Perhutani *Pine Chemical Industry* serta untuk mendapatkan gelar Ahli Madya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberi dukungan dan kesempatan kepada penulis, antara lain:

1. Orang tua saya, atas semua dukungan baik moral dan material.
2. Bapak Dr. Adi Ilcham, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
3. Ibu Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Ibu Yuli Ristianingsih S.T., M.Eng. dan Ibu Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Bapak Wikanto Argo selaku Manager PPCI Pemalang.
6. Bapak Edi Cahyono selaku pembimbing lapangan dan mentor di PPCI Pemalang.
7. Para staff dan karyawan di PPCI Pemalang.
8. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran sangat diharapkan guna koreksi untuk penulis agar selanjutnya lebih baik lagi. Semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 12 Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB I PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI	1
I.1 Profil Perusahaan.....	1
I.1.1 Sejarah Perusahaan.....	1
I.1.2 Produk Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT).....	2
I.2 Sistem Produksi	5
I.2.1 Bahan Baku Pembuatan Gondorukem dan Terpentin (PGT)	6
I.2.2 Pre-treatment Bahan Baku.....	9
I.2.3 Deskripsi Proses Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT)	9
I.2.4 Spesifikasi Alat Utama Unit PGT	13
I.2.5 Unit Utilitas	15
I.2.6 Pengolahan Limbah	20
BAB II TUGAS KHUSUS	25
II.1 Latar Belakang.....	25
II.2 Tujuan.....	26
II.3 Tinjauan Pustaka	26

Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang

II.3.1	Tanaman Pinus (Pinus Merkusii Jungh. Et de Vries).....	26
II.3.2	Gondorukem	27
II.3.3	Terpentine.....	28
II.3.4	Asam Oksalat.....	29
II.3.5	Air Panas	29
II.3.6	Scrubbing.....	30
II.3.7	Srubber	30
II.3.8	Neraca Massa.....	32
II.3.9	Neraca Panas	33
II.4	Data Lapangan.....	34
II.5	Metode.....	36
II.6	Pembahasan	40
BAB III KESIMPULAN DAN SARAN		43
III.1	Kesimpulan.....	43
III.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN.....		46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Klasifikasi Mutu Terpentin (SNI 7633:2020)	4
Tabel 1. 2 Syarat Umum Terpentin (SNI 7633:2020)	5
Tabel 1. 3 Syarat Khusus Mutu Terpentin (SNI 7633:2020)	5
Tabel 1. 4 Syarat Mutu Getah Pinus (SNI 7837:2016)	7
Tabel 1. 5 Karakteristik senyawa air (Samahir Laili, 2018).....	7
Tabel 1. 6 Karakteristik Senyawa Asam Oksalat (Munajat, 2018)	8
Tabel 1. 7 Karakteristik garam industri (NaCl) (A Martina, 2015).....	8
Tabel 2. 1 Standar Mutu Terpentine (SNI 7633:2011).....	28
Tabel 2. 2 Karakteristik senyawa asam oksalat.....	29
Tabel 2. 3 Karakteristik senyawa air	29
Tabel 2. 4 Tabel nilai Cp komponen cair	36
Tabel 2. 5 Tabel Neraca Massa Scrubber	39
Tabel 2. 6 Tabel Neraca Panas Scrubber	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir Proses PPCI Pemalang.....	6
Gambar 1. 2 PEFD Proses Produksi Gondorukem dan Terpentin.....	11
Gambar 1. 3 Blok Diagram Pengolahan Limbah Cair.....	20
Gambar 2. 1 Struktur Kimia Komponen Gondorukem.....	27
Gambar 2. 2 Scrubber (V-1103A).....	30
Gambar 2. 3 Diagram Neraca Massa.....	32
Gambar 2. 4 Skema Neraca Massa.....	36
Gambar 2. 5 Skema Neraca Panas.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. <i>Process Engineer Flow Diagram</i>	47
Lampiran B. Perhitungan.....	48
Lampiran C. Surat tugas.....	61
Lampiran D. Sertifikat.....	62

ABSTRAK

Perhutani *Pine Chemical Industri* yang terletak di Kecamatan Pemalang Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah. Merupakan tempat pengolahan getah pinus menjadi produk gondorukem, terpentin, dan derivatifnya. Beberapa tahapan proses pengolahan gondorukem dan terpentin meliputi proses pengenceran, pencucian, dan pemasakan. Pabrik utama yaitu pabrik gondorukem dan terpentin (PGT) dengan bahan baku getah pinus menjadi produk gum rosin dan terpentin.

Tujuan dari laporan ini adalah mengevaluasi kinerja alat *scrubber* V-1103 A di Pabrik 1 Gondorukem dan Terpentine (PGT) dengan menghitung neraca massa, neraca panas serta efisiensi. *Scrubber* merupakan suatu variasi alat yang digunakan untuk memisahkan partikel partikel solid dari udara atau gas dengan dibantu oleh suatu cairan. Istilah "*scrubber*" mengacu pada perangkat pengendalian polusi yang menggunakan cairan untuk mencuci polutan yang tidak diinginkan dari aliran gas. Namun, di Perhutani *Pine Chemical Industry* (PPCI) Pemalang, *scrubber* berfungsi untuk memisahkan kotoran halus dan besi oksalat dari getah pinus dengan bantuan hot water (air panas).

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil neraca massa dari komponen masuk dan komponen keluar pada *scrubber* sebesar 4325,875 kg/jam. Pada neraca panas, total panas pada arus masuk sebesar 362624,667 kJ/jam dan total panas arus keluar 336881,211 kJ/jam. Hasil perhitungan neraca panas di unit *scrubber* menghasilkan *heat loss* sebesar 25743,45615 kJ/jam, dan dari perhitungan efisiensi *scrubber* didapatkan efisiensi sebesar 92,9%.

Kata kunci: Neraca massa, Neraca panas, Scrubber.

BAB I

PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI

I.1 Profil Perusahaan

Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) adalah suatu industri kimia milik Perhutani yang mengolah bahan baku berupa getah pinus menjadi produk gondorukem (*gum rosin*), terpentin dan produk derivatifnya seperti, α -pinene, δ -carene, α -terpineol, dan cineol. PPCI Pemalang merupakan pabrik milik Perum Perhutani dibawah Kesatuan Bisnis Mandiri Industri Hasil Hutan Buka Kayu Jawa Tengah Divisi Komersial Hasil Hutan Bukan Kayu. Perhutani Pine Chemical Industry terletak di Kecamatan Pemalang Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah.

Perhutani Pine Chemical Industry mengolah getah pinus menjadi derivat gondorukem dan terpentin. Perhutani Pine Chemical Industry memiliki 4 pabrik utama yaitu pabrik gondorukem dan terpentin (PGT), pabrik fraksinasi terpentin (PFT), pabrik gliserol rosin ester (PGRE) dan pabrik terpineol pinene (PTP). Kapasitas getah pinus yang diolah sebesar 24.500 ton/tahun, dengan produk antara lain, gondorukem 17.150 ton/tahun, terpentin 3.675 ton/tahun, α -pinene 6.000 ton/tahun, dipentene 1225 ton/tahun, GRE 18.000 ton/tahun, terpineol 1.800 ton/tahun, dan cineol 180 ton/tahun.

I.1.1 Sejarah Perusahaan

PPCI Pemalang didirikan bermula dari suatu *project* bernama Pabrik Derivat Gondorukem Terpentin (PDGT) Pemalang yang merupakan wujud komitmen pengembangan industri hilir hutan yang telah dirancang dalam *masterplan roadmap* bisnis perusahaan dengan motto “*Become a DOMINANT PLAYER in Gum Rosin dan Turpentine Derivative*”.

Latar belakang pendirian PPCI Pemalang adalah dimana terdapat bahan baku serta bahan penunjang, berupa getah pinus yang tersedia dengan baik dan teknologi prosesnya sederhana, namun belum

termanfaatkan secara maksimal. Kebutuhan pasar yang tinggi juga faktor yang penting karena nilai tambah produk yang tinggi dan kebutuhan dunia akan produk derivat dari terpentin dan gondorukem sangat tinggi. PPCI Pemalang merupakan satu satunya pabrik terbesar pengolah hasil turunan dari terpentin dan gondorukem di kawasan Asia Tenggara.

Project PDGT Pemalang didirikan oleh Perum Perhutani dengan *main contractor* PT Rekayasa Industri. Riwayat pendirian pabrik derivat gondorukem dan terpentin Pemalang bermula dari kegiatan *feasibility study* (FS) oleh PT. Pasadena *Engineering* Indonesia pada tahun 2010. Kemudian keluar surat persetujuan dari Kementerian BUMN pada Mei 2011, yang dilanjutkan penetapan lokasi pabrik derivat di Pemalang. Pada Desember 2011 *ground breaking* pembangunan Pabrik diresmikan oleh Menteri BUMN. Konstruksi dimulai Februari 2012 oleh PT. Rekayasa Industri. *Project* selesai pada Oktober 2013 dan kemudian *Project* PDGT Pemalang berganti nama menjadi Perhutani *Pine Chemical Industry* (PPCI) Pemalang.

I.1.2 Produk Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT)

A. Gondorukem

Gondorukem (*gum rosin*) adalah produk bawah hasil pemasakan getah pinus. Gondorukem nantinya dapat diolah lebih lanjut membentuk *Gliserol Rosin Ester* (GRE). Gondorukem dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk campuran cat, vernis, politur kayu, lem, kosmetik, ban, batik, tinta, plastik, kembang api, kertas, sabun, industri semen dan bahan lapisan kabel.

Tabel 1. 1 Syarat Umum Mutu Gondorukem (SNI 7636:2020)

No.	Uraian	Mutu
1.	Bilangan asam	160-200
2.	Bilangan penyabunan	170-200

Tabel 1. 2 Karakteristik Senyawa Gondorukem (Munajat, 2018)

Komponen	Keterangan
Rumus molekul	C ₁₉ H ₂₉ COOH
Bentuk fisik	Massa lengket, tidak tembus cahaya
Kenampakan	Berwarna kekuningan
Titik lunak	70-80 °C
Bilangan asam	160-190 mg KOH/g
Bilangan penyabunan	170-220 mg KOH/g
Bilangan iod	5-25 m/yod
Kelarutan dalam air	Tidak larut
Bau	Memiliki bau yang khas

Tabel 1. 3 Syarat Khusus Mutu Gondorukem (SNI 7636:2020)

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan				
			Super	Utama	Pertama	Kedua	Ketiga
1.	Warna : Metode <i>Gardner</i> Angka kolorimeter	-	XB ≤ 5	X 5,1 – 6	WW 6,1 – 7	WG 7,1 – 8	N 8,1 – 9
2.	Titik lunak	°C	≥ 78	≥ 78	≥ 78	≥ 76	≥ 74
3.	Kadar bahan tak larut toluena	%	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,05	≤ 0,07	≤ 0,1
4.	Kadar abu	%	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,08
5.	Bagian yang menguap	%	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2,5	≤ 3

Tabel 1. 4 Klasifikasi Mutu Gondorukem (SNI 7636:2020)

Klasifikasi mutu	Tanda mutu	
	Dokumen	Kemasan
Super (S)	XB	XB
Utama (U)	X	X
Pertama (P)	WW	WW
Kedua (D)	WG	WG
Ketiga (T)	N	N

B. Terpentin

Terpentin adalah nama yang diberikan pada sebagian besar oleo resin *semi-fluid* yang diperoleh dari pohon pinus. Zat yang diperoleh dari pohon ini terdiri dari 75-90% resin dan 10-25% minyak. Jika didistilasi, substansi ini akan menghasilkan terpentin ($C_{10}H_{16}$). Kegunaan terpentin adalah untuk bahan baku industri kosmetik, minyak cat, campuran bahan pelarut, antiseptik, kamper dan farmasi. Terpentin, eksudat resin atau ekstrak yang diperoleh dari pohon konifer, terutama dari genus pinus. Terpentin adalah zat setengah cair yang terdiri dari resin dilarutkan dalam minyak atsiri. Campuran ini dapat dipisahkan dengan berbagai teknik distilasi menjadi bagian yang mudah menguap disebut minyak terpentin dan bagian yang tidak menguap disebut resin (Panduan Pelaksanaan Laboratorium Instruksional)

Tabel 1. 1 Klasifikasi Mutu Terpentin (SNI 7633:2020)

Mutu	Tanda mutu	
	Dokumen	Kemasan
Utama	A	A
Pertama	B	B

Tabel 1. 2 Syarat Umum Terpentin (SNI 7633:2020)

Persyaratan	Keterangan
Bentuk	Cair
Bau	Memiliki bau khas terpentin
Bobot jenis (25°C)	0,848 mg/L - 0,865 mg/L
Indeks Bias (20°C)	1,464 - 1,478
Titik nyala	33 - 38°C

Tabel 1. 3 Syarat Khusus Mutu Terpentin (SNI 7633:2020)

No.	Spesifikasi	Satuan	Mutu	
			Mutu A	Mutu B
1.	Warna	-	Jernih	Tidak dipersyaratkan
2.	Putaran optis pada suhu 27,5°C	°	≥ +32	< +32
3.	Sisa Penguapan	%	≤ 2	> 2
4.	Bilangan asam	-	≤ 2,0	> 2,0
5.	Kadar α -pinene	%	≥ 80	< 80

I.2 Sistem Produksi

Pengolahan getah pinus pada pabrik Perhutani *Pine Chemical Industry* (PPCI) Pemalang terdiri dari 4 pabrik utama yaitu pabrik gondorukem dan terpentin (PGT) dengan bahan baku getah pinus menjadi produk gum rosin dan Terpentin. Pabrik fraksinasi terpentin (PFT) dengan bahan baku terpentin menjadi produk α -Pinene dan δ -Carene. Pabrik glycerol rosin ester (PGRE) dengan bahan baku gum rosin menjadi produk glycerol rosin ester (GRE), dan pabrik terpineol pinen (PTP) dengan bahan baku Terpentin menjadi produk α -Terpineol dan cineol. Pabrik 1 dan 2 merupakan pabrik yang aktif beroperasi

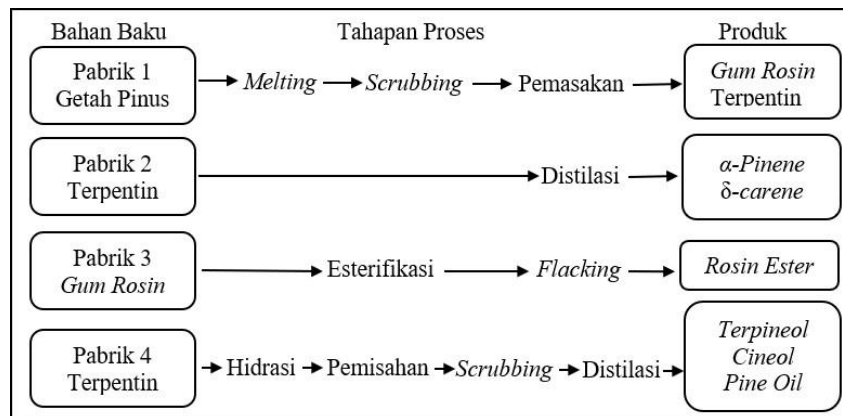
Tugas Akhir

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang



dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sedangkan untuk pabrik 3 dan 4 tidak beroperasi.

Proses utama PPCI ini adalah pemisahan berdasarkan sifat fisik, reaksi esterifikasi, dan reaksi hidrasi dengan didukung oleh sistem utilitas seperti *steam*, *hot oil*, *nitrogen supply*, *compressor*, *hot water*, dan *cooling water*. Sistem kontrol pabrik PPCI mencakup semua peralatan proses dan utilitas. Sistem operasi pada PPCI ini menggunakan sistem operasi kontinyu dan batch. Sistem operasi kontinyu terdapat di pabrik 2, kemudian di pabrik 4 saat sudah masuk kolom fraksinasi, sedangkan untuk sistem operasi secara batch terdapat di pabrik 1 dan 3, juga di pabrik 4 saat proses dehidrasi (sebelum masuk kolom fraksinasi). Secara garis besar diagram alir proses sebagaimana dalam gambar di bawah ini.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Proses PPCI Pemalang

I.2.1 Bahan Baku Pembuatan Gondorukem dan Terpentin (PGT)

1. Getah Pinus

Bahan Baku dalam proses pengolahan getah pinus di Pabrik Perhutani *Pine Chemical Industry* Pemalang, berupa getah dari tanaman pinus (pinus merkusii). Getah yang berasal dari pohon pinus berwarna kuning pekat dan lengket yang terdiri dari campuran bahan kimia yang kompleks. Unsur- unsur terpenting yang menyusun getah pinus adalah asam pimaric dan asam abietic pada gondorukem serta senyawa terpen pada terpentin. Campuran bahan tersebut larut dalam

alkohol, bensin, ether, dan sejumlah pelarut organik lainnya, tetapi tidak larut dalam air. Syarat mutu getah pinus dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. 4 Syarat Mutu Getah Pinus (SNI 7837:2016)

Karakteristik	Satuan	Mutu				
		Super Premium	Premium	Golongan I	Golongan II	Tolak Uji
Warna	-	Putih	Putih	Putih	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan
Kadar air (ka) dan kadar kotoran (kk)	% (volume)	$0 < ka+kk \leq 5$	$5 < ka+kk \leq 10$	$10 < ka+kk \leq 14$	$14 < ka+kk \leq 18$	$ka+kk > 18$

2. Terpentin

Terpentin pada pembuatan gondorukem dan terpentin ini berfungsi sebagai pelarut getah pinus menjadi soft rosin agar mudah dalam perlakuan transfer dan proses antara setiap unit prosesnya. Selain itu, terpentin ini dapat memisahkan antara kotoran dan kadar air pada getah agar tidak menurunkan produk kualitas gondorukem baik warna maupun kadar uap.

3. Hot Water (Air Panas)

Tabel 1. 5 Karakteristik senyawa air (Samahir Laili, 2018)

Komponen	Keterangan
Rumus Molekul	H ₂ O
Berat Molekul	18,02 g/mol
Kenampakan	tidak berwarna
Densitas	1 g/cm ³
Titik Leleh	0 °C (273,15 K) (32 °F)
Titik Didih	(100°C) (373,15 K) (212 °F)
Titik Beku	0 °C
Viskositas (20 °C)	1,002

Hot Water ini berfungsi pada proses pemisahan kadar kotoran halus pada soft rosin sebelum dilakukan pemasakan/pemisahan gondorukem dan terpentin pada soft rosin.

4. Asam Oksalat

Asam oksalat berfungsi untuk membersihkan getah dari zat pengotor terutama unsur besi pada saat dilakukan penyadapan getah pinus dari pohonnya dan menjernihkan larutan getah.

Tabel 1. 6 Karakteristik Senyawa Asam Oksalat (Munajat, 2018)

Komponen	Keterangan
Rumus molekul	$C_2H_2O_4$
Berat molekul	90,04 g/mol
Kenampakan	Berbentuk kristal, berwarna
Warna	putih
Densitas	1,897 g/cm ³
Titik leleh	187°C

5. Garam Industri

Tabel 1. 7 Karakteristik garam industri (NaCl) (A Martina, 2015)

Komponen	Keterangan
Rumus Molekul	NaCl
Berat Molekul	58,44 g/mol
Kenampakan	Berbentuk bubuk kristal padat, berwarna putih
Titik Leleh	801 °C (1473,8 °F)
Titik Didih	1413 °C (2575 °F)
Specific gravity	2,165
Kelarutan dalam air	Larut dalam air dingin dan air panas
Kelarutan dalam senyawa lain	larut dalam gliserol, dan ammonia, sangat sedikit larut dalam alcohol, tidak larut dalam asam klorida

Garam industri (NaCl atau Na_2SO_4) berfungsi untuk mengikat kadar air pada terpentin atau sebagai pendehidrasi.

I.2.2 Pre-treatment Bahan Baku

Membersihkan bahan baku dari kotoran sebelum ditampung dalam bak getah. Getah akan dilakukan uji kualitas dan penimbangan sesuai dengan mutu perhutani. Getah pinus diklasifikasikan menjadi 5 golongan, yaitu getah mutu Super Premium, getah mutu Premium, getah golongan I, getah golongan II dan getah tolak uji. Selanjutnya getah mutu Super Premium di tampung dalam bak tersendiri sedangkan getah mutu Premium, getah mutu golongan I, dan getah mutu golongan II dicampur dalam bak getah yang sama dan selanjutnya dilakukan proses produksi selanjutnya.

I.2.3 Deskripsi Proses Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT)

Setelah melalui uji kualitas getah dialirkan keluar dari BPG secara gravitasi melalui saluran terbuka. Konstruksi saluran terbuat dari beton dan seluruh permukaan dilapisi dengan lantai keramik. Desain saluran terbuka untuk mengantisipasi sifat getah yang mudah menggumpal dan bisa menyumbat sauran penutup. Akan tetapi saluran gravitasi terbuka sangat memungkinkan kotoran (debu, tanah dan lain-lain) masuk kedalamnya, kecepatan aliran rendah sehingga perlu penampung aliran yang luas. Talang getah adalah bak penampung yang dilengkapi dengan pintu yang sejenis dengan pintu air untuk menakar getah yang dialirkan. Di talang getah asam oksalat ditambahkan sebanyak 4 kg dalam 100 L air untuk menghilangkan ion besi yang terdapat dalam getah. Selain untuk menghilangkan ion besi, penambahan asam oksalat di talang getah membuat warna produk gondorukem yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik. Pada awalnya asam oksalat ditambahkan pada unit *scrubber*. Namun, karena dianggap kurang efektif karena rendahnya

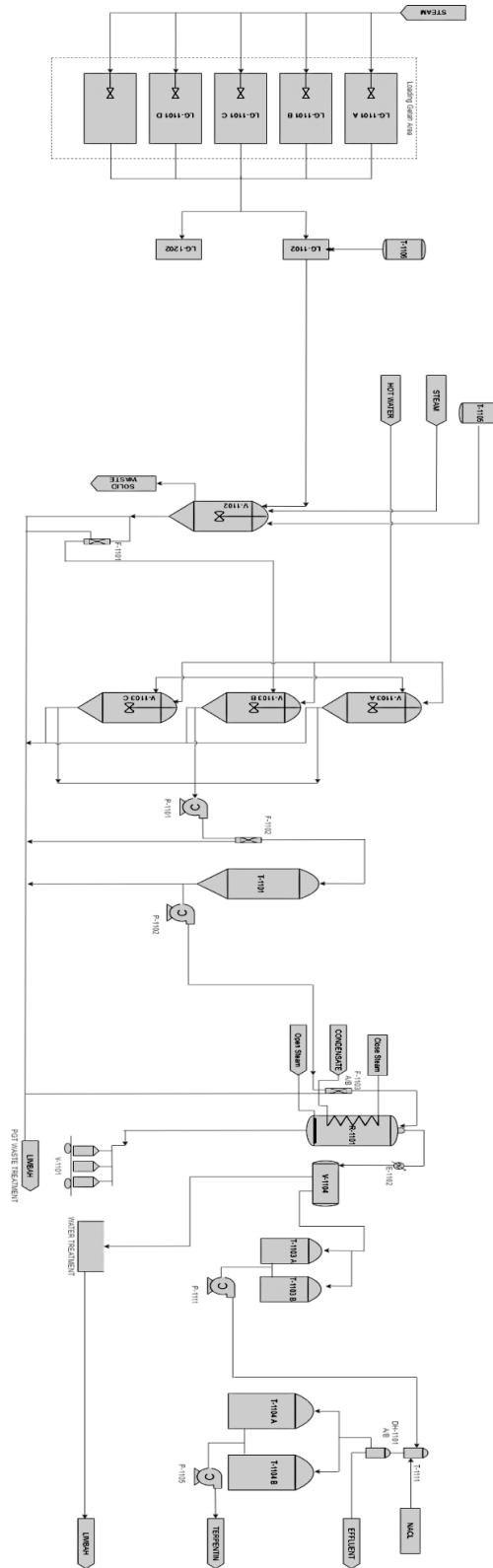
waktu kontak antara asam oksalat dan getah, maka penambahan asam oksalat dilakukan di talang getah.

Bahan baku berupa getah pinus dialirkan melalui bak ukur (talang) yang dikontakkan dengan steam yang memiliki tekanan 3-5 barg ke tangki melter (V-1102/1202). Fungsi dari unit melter adalah untuk mengencerkan getah sehingga getah menjadi lebih mudah terpisah dari pengotor kasarnya dengan ukuran lebih besar dari 80 mesh akan tertahan, kemudian akan dibersihkan dari unit melter setiap 2-3 kali proses pengenceran. Di dalam unit melter, getah pinus dicampurkan dengan terpentin dari proses pemasakan sebanyak 30-40% getah pinus. Tujuan dari penambahan terpentin adalah untuk membantu proses pengenceran getah agar lebih mudah dalam melakukan *handling* terutama dalam proses transfer antar unit proses, selain itu dapat lebih mudah dalam melakukan pemisahan kotoran serta air dari produk gondorukem dan terpentin.

Campuran getah, terpentin, dan asam oksalat kemudian diaduk dan dipanaskan menggunakan live steam hingga mencapai suhu 70-80 °C pada tekanan 3-5 barg dan kecepatan pengadukan 30-40 rpm selama 15 menit. Rentang temperatur ini merupakan temperatur optimum untuk proses pemisahan getah pinus dari pengotor kasarnya. Temperatur pada unit melter yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya fenomena browning (kecoklatan) pada getahnya. Kemudian getah yang telah terpisah dari pengotornya akan ditransfer ke unit scrubber untuk memisahkan kotoran halus yang masih terkandung dalam getah.

Proses pemisahan kotoran halus pada getah dimulai dengan proses pencucian dengan air bertemperatur 40-50 °C selama 15 menit. Penambahan air dilakukan sebanyak 1 kali untuk getah yang baru diolah, sedangkan dan 2 sampai 3 kali untuk getah dari tangka OPR (getah yang ikut terbuang bersama kotoran halus). Penambahan pertama dilakukan dengan penambahan 700 L air, penambahan kedua dan ketiga masing-masing 500 L air. Setelah proses pencucian selesai, campuran air dan

Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI)
Perum Perhutani Pematang



Gambar 1. 2 PEFD Proses Produksi Gondorukem dan Terpentin

getah didekantasi selama 30 menit. Dari proses dekantasi akan terbentuk 3 fasa, fasa bawah merupakan campuran air dan pengotor, fasa tengah merupakan jonjot (kotoran halus), dan fasa paling atas merupakan getah. Setelah proses dekantasi selesai, dilakukan proses *draining* untuk memisahkan campuran air dan pengotor halus, serta jonjot dari getah.

Getah yang terpisah dari pengotor, kemudian dialirkan ke unit *soft rosin tank* (T-1101/1201) melalui *wire mesh* yang berfungsi sebagai filter. Sedangkan jonjot, air pencucian dan pengotor halus dialirkan ke PGT *waste* untuk dipisahkan. Selanjutnya getah yang telah melalui *wire mesh* disebut sebagai *soft rosin*. Jumlah *soft rosin* yang ditampung dalam *soft rosin tank* berjumlah 6-7 batch proses pencucian getah, mulai dari *melter* hingga *scrubber*. Kemudian setelah terjadi 6-7 kali *batch* pencucian getah, *soft rosin* dialirkan menuju unit pemasakan. Proses pemasakan *soft rosin* dilakukan dengan menggunakan live steam dengan tekanan 3-5 barg dan close steam dengan tekanan 7-8 barg yang dialirkan di dalam tangki pemasakan sehingga terjadi proses pemisahan secara fisik terpentin sebagai produk atas dan gondorukem sebagai produk bawah.

Proses pemasakan dilakukan selama 3-4 jam pada temperatur 130-145 °C dan tekanan -0,9 barg. Prinsip pemasakan yang digunakan adalah evaporasi temperatur pemasakan yang melebihi titik didih terpentin akan menguapkan terpentin dan memasuki kondensor, sedangkan gondorukem tetap di dalam tangki untuk dicetak. Uap yang tidak terkondensasi akan dikeluarkan dari tangki dengan menggunakan pompa vakum untuk mencegah akumulasi uap dalam tangki. Akumulasi uap mengganggu proses kesetimbangan sehingga menyebabkan terpentin sulit menguap. Kondensor pada pabrik 1 PPCI berjumlah 2 unit, yaitu *main condenser* (E-1101/1201) dan *after condenser* (E-1103/1203). Jumlah kondensor yang lebih dari 1 akan mencegah kerusakan pompa vakum akibat air yang masuk ketika *main condenser* kelebihan kapasitas. Terpentin yang menguap dari tangki pemasakan akan memasuki *main*

condenser kemudian *after condenser* dan dialirkan ke tangki barometrik untuk menstabilkan tekanan air dan selanjutnya ditampung di tangki separator (V-1104/1204).

Tangki separator memisahkan air dan terpentin. Air akan dikeluarkan dari bagian bawah tangki, sedangkan terpentin yang telah terpisah dipompa menuju tangki *buffer* untuk dialirkan ke tangki dehidrator untuk memisahkan terpentin dengan kandungan air yang masih terbawa dengan menggunakan NaCl sebanyak 11,25 untuk setiap 2,5 ton getah. Terpentin yang telah terpisah kemudian disimpan di tangki penyimpanan terpentin (T-1108 A/B/C).

I.2.4 Spesifikasi Alat Utama Unit PGT

1. Melter (V-1102)

Fungsi	: Pengenceran getah dengan terpentin
Jenis Aliran	: Turbulen
Tipe	: Vessel
Kapasitas	: 4.60 m ³
Tebal	: ¼"
Dimensi	: ID 1550 x 2440 T/T
Bahan	: SS-304
Alat Pendukung	: Motor stirred, perforated plated
Cara Kerja	: Getah pinus dialirkan melalui bak ukur (talang). Setelah penuh isi talang dialirkan secara gravitasi ke tangki melter. Getah pinus dialirkan ke tangki melter melalui pipa berdiameter 8 inch. Proses pengenceran di dalam melter ialah mencampurkan 2,5 ton getah dengan Terpentin 1 ton, kemudian dipanaskan dengan temperatur 70°C dan diaduk menggunakan agitator selama 30 menit dengan kecepatan putar 30-40 rpm.

Tugas Akhir

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang



2. Scrubber (V1103 A/B/C)

Fungsi	: Proses pencucian dengan asam oksalat
Jumlah	: 3 Unit
Jenis Aliran	: Turbulen
Tipe	: Vessel
Kapasitas	: 5.76 m ³
Tebal	: 5 mm
Dimensi	: ID 1550 x 3050 T/T
Bahan	: SS-304
Alat Pendukung	: Motor stirred
Cara Kerja	: Proses pencucian pada tangki <i>scrubber</i> berlangsung selama 1 jam (termasuk pengendapan 15 menit, dan transfer 20 menit). Kondisi operasi dipertahankan pada temperatur 60-70°C menggunakan steam dengan tekanan 2 bar.

3. Reactor (R-1101)

Fungsi	: Pemasak <i>soft rosin</i>
Tipe	: <i>Vessel</i>
Kapasitas	: 23 m ³
Dimensi <i>shell</i>	: ID 2550 x 4580 T/T
Tebal	: 12 mm
Bahan	: <i>SS-304</i>
Alat pendukung	: <i>Coil heater, heatisolation, open steam, vacuum.</i>
Cara kerja	: Proses pemasakan dilakukan pada reaktor dengan cara distilasi, yang bertujuan untuk memisahkan antara gondorukem, terpentin, dan air. Proses pemasakan getah dilakukan secara <i>batch</i> , yang masing-masing berlangsung selama 2-3 jam dengan temperatur 130-140°C dan tekanan vakum (-0,9 bar). Proses pemasakan

dilakukan secara tidak langsung (*indirect*) menggunakan *closed steam* dan proses pemasakan secara langsung (*direct*).

I.2.5 Unit Utilitas

Utilitas merupakan unit yang menyediakan bahan penunjang suatu operasi agar proses dapat berjalan lancar. Utilitas di Perhutani *Pine Chemical Industry* (PPCI) Pemalang meliputi unit-unit sebagai berikut :

1. Unit Penyediaan Air

Unit water treatment bertugas untuk menyediakan keperluan air

yang digunakan untuk keperluan teknis dan non teknis, misalnya air pendingin, air boiler, air proses, dan pemadam kebakaran. Total air yang dapat diperoleh dari sumur deep well sekitar 672m³/hari. Sumber air baku diambil dari sumur deep well yang berjumlah 2 unit dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Sumber air sungai dan laut tidak memadai
2. Penggunaan air PDAM memerlukan biaya lebih mahal dan tidak bisa diandalkan bila sewaktu waktu mati.
3. Sumur deep well ditanam hingga kedalaman 100-150 meter sehingga tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas sumur warga.
4. Pengelolaan sumur deep well relatif mudah
5. Air sumur deep well relatif jernih.
6. Ketersediaan air yang mencukupi.

Adapun unit penyediaan air dapat digolongkan menjadi 3 bagian, yaitu antara lain :

a. Penyediaan Air Proses

Unit ini bertugas menghasilkan air bersih yang memenuhi persyaratan sebagai air proses yang bebas dari zat kimia yang mengganggu proses industri, termasuk air untuk ketel uap yang menghasilkan energi panas untuk proses produksi. Secara umum

proses pengolahan air proses pada plant ini melalui tahap-tahap sebagai berikut :

i. Presedimentasi

Tahap ini bertujuan sebagai pengendap awal berupa kotoran yang tersuspensi misalnya lumpur, sampah ukuran kecil, dan lain-lain yang terdapat dalam air dari sumur. Presedimentasi dilakukan dengan mengalirkan air ke dalam bak penampung (water pond) dengan kapasitas 240 m³ dan didiamkan beberapa saat agar terjadi pengendapan. Selain itu bak penampungan di tambahkan chlorine yang berfungsi sebagai desinfektan untuk mikroba yang terkandung dalam air.

ii. Filtrasi

Filtrasi bertujuan untuk menyaring kotoran yang masih terkandung dalam air. Pada proses ini menggunakan multimedia filter dengan media penyaring berupa karbon aktif dan resin. Setelah melewati tahap-tahap tersebut, air proses kemudian ditampung di water process tank dan kemudian di distribusikan untuk keperluan operasi di plant, antara lain :

- a. Service water plant 60m³/hari.
- b. Make up Cooling Tower 322,35 m³/hari.

b. Penyediaan Air Pendingin (Cooling water)

Air dari sumur deep well dipompa ke bak penampungan (water pond) kemudian ditampung di water process tank dan di pompa ke cooling tower.

Di unit proses di PPCI Pemalang air pendingin digunakan sebagai media pendingin pada kondensor, pendingin flacker, dan cooler. Pada unit terpeneol air pendingin yang digunakan sebagai media pendingin adalah chiller.

Air pendingin yang telah digunakan suhunya ± 34 °C oleh unit proses dialirkan cooling tower dengan bantuan pompa. Dari cooling tower air didinginkan dengan mengontakkan udara hingga suhu air ± 28 °C selanjutnya ditampung di bak air pendingin dan disirkulasikan lagi ke unit proses.

c. Penyediaan Air Pemadam Kebakaran (Fire fighting)

Air untuk pemadam kebakaran dipompa dari sumur deep well menuju water pond dengan kapasitas 240 m³. Proses air pemadam dilakukan melalui pengendapan dan penambahan chlorine pada water pond sebagai desinfektan. Setelah pengotor-pengotor mengendap, air didistribusikan menuju hydrant-hydrant yang ada di plant.

2. Unit Penyedia Steam

Proses penyediaan steam untuk kebutuhan di PPCI Pemalang menggunakan 2 unit boiler jenis fire tube dengan kapasitas masing-masing 4 ton/jam menggunakan dual fuel yaitu menggunakan bahan bakar CNG atau marine fuel oil (MFO) dan keluar dari boiler sudah berubah menjadi steam (uap bertekanan) yang berada pada keadaan superheated steam dan mempunyai suhu 185 °C dan tekanan ± 8 bar. Steam dari *scrubber* ini digunakan untuk :

a. Kebutuhan Utilitas

1. Media pemanas untuk deaerator, yaitu untuk menghilangkan kandungan oksigen terlarut dalam air umpan boiler
2. Media pemanas bahan bakar MFO yang dipanaskan hingga mencapai flash point agar mudah terbakar
3. Proses atomizing untuk membuat kabut minyak bakar agar minyak bakar lebih mudah berkontak dengan oksigen sehingga menjadi lebih mudah terbakar.

b. Kebutuhan unit proses

1. Media transfer cairan soft rosin pada unit PGT, karena viskositas cairan yang tinggi dan perlu pemanasan agar tidak mengental saat transfer.
2. Media pemanas pada plant 1 dan plant 3 berupa tubing pada instalasi perpipaan yang bertujuan memanaskan sambungan pada pipa karena fluida yang ditransfer bersifat mengeras jika pada suhu 40°C.
3. Unit Penyedia Udara Tekan
Unit ini menyediakan udara tekan berupa plant air, instrument air, dan gas N₂ yang selanjutnya digunakan sebagai:
 - a. Instrument air digunakan sebagai media instrumentasi pneumatic
 - b. Plant air Media kerja yang lain, misalnya pada unit filter press, udara tekan digunakan untuk mengeringkan produk setelah proses pencucian.
 - c. Gas N₂ bertekanan sebagai media pendorong cairan pada saat proses transfer antar unit dan membantu pada saat proses pembuatan gliserol rosin ester agar produk yang dihasilkan tidak teroksidasi pada saat pemasakan.

Penyediaan udara tekan dilakukan dengan cara memasukkan udara atmosfer ke dalam kompresor sehingga akan menghasilkan plant air dengan tekanan antara 8,3 – 9,3 bar. Untuk instrument air, dihasilkan dari plant air yang diproses lebih lanjut melalui penyarigan dan pengeringan yang bertujuan menghilangkan kandungan air dalam udara. Untuk memproduksi N₂ murni, instrument air diproses dengan N₂ generator untuk memisahkan kandungan gas lain yang ada dalam udara sehingga didapat N₂ murni 99%.

4. Unit Penyedia Tenaga Listrik

Power house bertugas untuk menyediakan tenaga listrik yang dibutuhkan PPCI Pemalang maupun untuk umum. Listrik yang dibutuhkan dipasok seluruhnya oleh PLN sebesar 20 kV. Kebutuhan listrik di PPCI Pemalang dipergunakan untuk keperluan:

- a. Operasi pada plant 721 kW (36%)
 1. Unit PGT 141,5 kW
 2. Unit kolom fraksinasi 149,5 kW
 3. Unit GRE 189,6 k
 4. Unit terpineol 185 kW
 5. Laboratorium 11 kW
 6. Warehouse 66,84 kW
- b. Utility 1273 kW (64%)
 1. Water treatment process 59 kW
 2. Boiler 78 kW
 3. Cooling tower 600 kW
 4. TOH 170 kW
 5. Cooling oil 36 kW
 6. Fuel system 20 kW
 7. Unit udara tekan 182 kW
 8. Waste water treatment process 59 kW
 9. Fire hydrant 69 kW

PPCI Pemalang juga memiliki diesel engine generator kapasitas 450 kVA menggunakan penggerak mula berupa mesin diesel dengan bahan bakar solar yang digunakan hanya pada saat

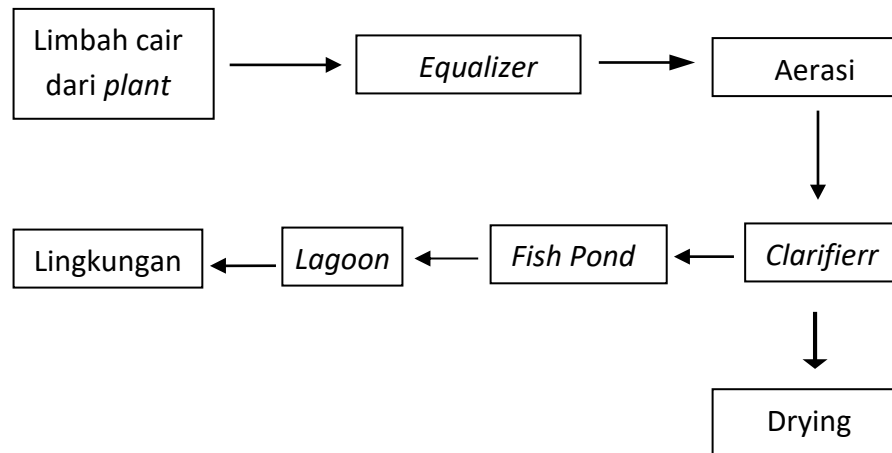
keadaan mati listrik dari PLN, namun penggunaannya hanya untuk penerangan dan supply listrik main office saja.

I.2.6 Pengolahan Limbah

Limbah merupakan suatu masalah yang ditimbulkan dari proses produksi yang memerlukan suatu penanganan khusus, agar tidak terjadi pencemaran di lingkungan sekitarnya. Pada dasarnya limbah Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Pemalang berupa limbah cair dan limbah padat

a. Unit Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair di PPCI Pemalang secara sederhana ditunjukkan oleh blok diagram berikut ini:



Gambar 1. 3 Blok Diagram Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair yang berasal dari plant diolah dalam suatu tempat pengolahan limbah yaitu unit waste water treatment process (WWTP). Dalam unit WWTP ada beberapa tahapan proses, diantaranya:

1. Bak Equalsasi A & B

Limbah yang berasal dari plant di PPCI Pemalang di tampung dalam bak equalisasi A sehingga air limbah akan

seragam. Air limbah yang seragam sangat diperlukan untuk menentukan reagen yang tepat dalam proses pengolahan. Bak equalizer pada umumnya berbentuk segi empat. Selain itu bak equalisasi juga digunakan untuk mengontrol pH air limbah sebelum diproses lebih lanjut. Bak equalizer B merupakan sebuah bak penampung yang berfungsi sebagai penetral limbah asam dan basa yang berasal dari limbah plant. Pengolahan yang dilakukan terhadap limbah yang terlalu asam adalah dengan penambahan Caustic, sedangkan pengolahan yang dilakukan untuk limbah yang terlalu basa berupa penambahan Asam. Asam dan basa ini berpengaruh pada pertumbuhan bakteri yang digunakan untuk mengolah limbah ini. Jika terlalu basa maka bakteri akan terhambat perkembangannya, sedangkan jika terlalu asam bakteri akan mati.

2. Tangki Pemurnian

Pada bak ini terdapat penambahan tawas 1-2 kg untuk menggumpalkan kotoran-kotoran dan kapur 2-4 kg sebagai penetral air yang bersifat asam. Setelah proses pencampuran air pada tangki pemurnian dialirkan ke bak pengendap. Pengendapan berlangsung selama 2-3 jam.

3. Bak Aerasi

Bak aerasi merupakan proses lanjutan dari bak pengendap. Air belum mengandung oksigen sehingga dalam bak aerasi ini akan diproses dengan cara menambah/melarutkan oksigen ke dalam air. Dalam bak ini ditambahkan urea sebanyak 0,2-1,2 kg dan gula pasir sebanyak 0,4-1,5 kg pada setiap kolamnya. Fungsi dari penambahan urea dan gula pasir ini sebagai sumber bagi bakteri untuk menghasilkan energi untuk mendekomposisi zat organik yang ada dalam air limbah tersebut. Sehingga berfungsi

untuk menurunkan parameter COD dan BOD. COD yang terkandung di dalam bakaerasi berkisar $\pm 2.000-3.000$ ppm.

4. Clarifier

Clarifier berfungsi untuk memisahkan sejumlah kecil partikel-partikel halus yang menghasilkan liquid yang jernih yang bebas partikel-partikel solid atau suspensi. Selama proses pengolahan berlangsung, air dalam clarifier akan mengisi bak-bak yang terdapat pada clarifier dan partikel-partikel padatan akan mengenai sekat dan akan mengendap sehingga air pada bagian permukaan akan mengalir ke bak selanjutnya dan mengenai sekat-sekat selanjutnya yang pada tiap sekat nilai kekeruhan (turbidity) air akan berkurang sehingga diperoleh air produk yang lebih jernih dibandingkan dengan air *input*.

5. Drying Bed

Partikel-partikel padatan yang mengendap dibawah clarifier akan di transfer menuju drying bed. Pada bak ini lumpur akan dikeringkan dengan bantuan sinar matahari. Jika masih terdapat lumpur aktif (lumpur yang masih mengandung bakteri) maka akan dikembalikan kembali ke bak aerasi.

6. Fish Pond

Pada bak ini digunakan indikator ikan sebagai pengukuran pencemaran air limbah. Jika ikan pada bak ini ikan mati diartikan angka COD masih tinggi.

7. Lagoon

Air limbah dimasukkan ke dalam lagoon dengan waktu tinggal yang cukup lama agar terjadi pemurnian secara biologis alami sesuai dengan derajat pengolahan yang ditentukan. Jika air limbah masih mengandung COD yang tinggi akan dikembalikan lagi

menuju bak aerasi untuk diproses ulang sampai kandungan COD pada lagoon sesuai dengan derajat pengolahan yang di tentukan. Jika kandungan COD pada final lagoon sudah di bawah angka 250, air limbah aman untuk dibuang ke lingkungan.

b. Unit Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang ada di PPCI Pemalang berasal dari berbagai unit, baik dari aktifitas manusia, proses produksi, maupun yang terjadi secara alamiah. Limbah padat tersebut di antaranya adalah dedaunan, ranting, berbagai jenis plastik, kertas, kaleng-kaleng, limbah padat yang mengandung B-3 dan lain sebagainya. Limbah padat yang dihasilkan oleh PPCI Pemalang ditampung sementara pada tiga buah tong sampah dengan warna hijau, kuning, dan hitam yang diletakkan di seluruh area PPCI Pemalang.

Adapun karakteristik dan jenis sampah yang dibuang ke dalam tong sampah sementara tersebut berbeda-beda sesuai dengan warna tong sampah tersebut, yaitu sebagai berikut :

Warna hijau : untuk jenis sampah organik, berupa dedaunan, serta jenis sampah yang mudah terurai.

Warna kuning : untuk jenis sampah anorganik, berupa plastik, kaleng, botol, serta jenis sampah yang tidak mudah terurai.

Warna hitam : untuk jenis sampah yang mengandung B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Setelah ditampung sementara pada tong sampah tersebut, maka dilakukan pengelolaan sampah lebih lanjut untuk sampah yang dihasilkan pada PPCI Pemalang. Pengelolaan sampah lebih lanjut tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Untuk sampah organik dan anorganik dibuang ke TPS (tempat pembuangan sementara) yang telah ada di pabrik. Dari TPS sampah organik dan anorganik diangkut oleh Pemda setempat menuju ke

- TPA (tempat pembuangan akhir). Pengangkutan dan pembuangan sampah ke TPA ini dilakukan setiap minggu sekali.
- Untuk limbah yang mengandung B-3 di serahkan kepada pengelola limbah yang dikelola oleh KLH (kementerian lingkungan hidup) agar tidak mencemari tanah dan air tanah di lingkungan kerja dan masyarakat PPCI Pemalang jika dibiarkan saja di TPS .
 - Selain metode pengolahan limbah padat di atas, dapat pula ditambahkan dengan metode pengolahan limbah yang lain yang dikenal dengan sebutan 3R. Metode 3R ini terdiri dari Reduce, Reuse, dan Recycle. Berikut ini akan dijelaskan arti dari masing-masing istilah tersebut :
 - a. Reduce : Pengurangan sampah yang dimulai dari sumber sampah.
 - b. Reuse : Penggunaan ulang barang-barang yang akan dibuang atau sudah lama tidak digunakan untuk fungsi yang sama.
 - c. Recycle : Pendaur-ulangan sampah menjadi suatu barang atau produk baru yang bermanfaat

BAB II
TUGAS KHUSUS

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber (V-1103 A) Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem Dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Pemalang

II.1 Latar Belakang

Perum Perhutani merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara di Indonesia pada bidang kehutanan yang mengelola sumber daya hutan, salah satunya berupa getah. Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) merupakan bagian dari Kesatuan Bisnis Mandiri Industri Hasil Hutan Bukan Kayu (KBM-IIHBK) yang merupakan bagian dari Perum Perhutani yang mengelola getah pinus menjadi gondorukem, *terpentine*, dan produk turunannya. Produk yang dihasilkan oleh PPCI Pemalang ini antara lain gondorukem, *terpentine*, *α-pinene*, *delta carene*, *gliserol rosin ester*, *α-terpineol*, dan *cineol*.

Gondorukem atau *Gum Rosin* merupakan hasil dari pemisahan getah pinus dan *terpentine*. Gondorukem dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai bahan campuran cat, vernis, politer kayu, lem, kosmetik, ban, batik, tinta, plastik, kembang api, kertas, sabun, industri semen dan bahan lapisan kabel.

Terpentine yang dihasilkan oleh Pabrik 1 atau Pabrik Gondorukem dan *Terpentine* (PGT) digunakan sebagai cat, pernis, pelapis, dan pelarut organik. *Terpentine* diperoleh dari pemisahan getah pinus sebagai produk ringan.

Unit Pabrik Gondorukem dan *Terpentine* (PGT) merupakan unit yang mengolah getah pinus menjadi produk gondorukem dengan hasil samping *terpentine*. Proses produksi gondorukem dan *terpentine* di Unit PGT menggunakan metode distilasi uap dengan tekanan vakum. Rangkaian proses

produksi yang dilakukan meliputi pelarutan getah pinus pada talang getah, kemudian disalurkan ke tangki *melter* dan ditambahkan *terpentine* untuk pemisahan getah dengan kotoran kasar yang ada dalam getah pinus. Setelah proses pelarutan, disalurkan ke *scrubber* untuk proses pencucian dengan air panas dan pengendapan. Pada proses pengendapan terpisah menjadi 3 lapisan dari paling bawah terdapat air panas, kotoran halus (*jonjot*), dan paling atas *soft rosin*. Air panas dan kotoran halus dibuang ke bak penampung limbah, sedangkan *soft rosin* disalurkan ke tangki penampung. Setelah terkumpul sebanyak 5 *batch*, disalurkan ke tangki distilasi uap getah pinus dengan tekanan vakum. Pada tangki distilasi dilakukan pemisahan *terpentine* dan air, dan pemurnian produk *terpentine* sebagai destilat.

II.2 Tujuan

Tujuan dari laporan ini adalah mengevaluasi kinerja alat *scrubber* V-1103 A di Pabrik 1 Gondorukem dan Terpentine (PGT) dengan menghitung neraca massa, neraca panas serta efisiensi.

II.3 Tinjauan Pustaka

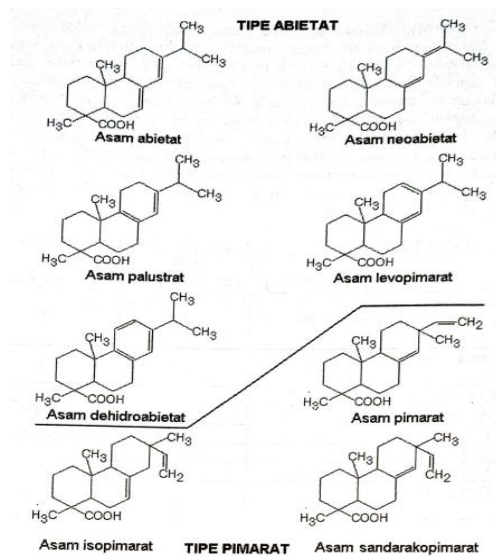
II.3.1 Tanaman Pinus (*Pinus Merkusii* Jungh. Et de Vries)

Pinus merkusii Jungh. Et de Vries merupakan satu satunya jenis pinus yang tumbuh asli di Indonesia (Istomo, 2000). Pada bagian batang pinus dapat disadap untuk diambil getahnya dan diproses lebih lanjut dengan penyulingan menghasilkan gondorukem sebagai komponen utama dan terpentin sebagai hasil samping. Getah pinus termasuk golongan oleoresin berwarna kuning pucat serta tidak larut dalam air. Getah pinus memiliki karakteristik *hydrophobic* (tidak suka air), dapat larut dalam pelarut netral atau pelarut non polar seperti etil eter, hexan, dan pelarut minyak (Kencanawati, 2017). Getah pinus termasuk jenis oleoresin (perpaduan resin dan minyak pohon) yang mengandung senyawa terpenoid, hidrokarbon dan senyawa netral bila didestilasikan akan menghasilkan 15-25% terpentin (C₁₀H₁₆) dan 70-80%

gondorukem dan 5-10% kotoran (Riwayati, 2005). Getah pinus mulai dapat dipanen saat pohonnya telah mencapai umur 10 tahun.

II.3.2 Gondorukem

Gondorukem merupakan resin padat yang mengandung campuran kompleks dari resin acid dan sejumlah kecil komponen non-acid yang terjadi secara alami dari getah (oleoresin) pohon pinus (*Pinus Sp.*) berbentuk padatan dengan variasi warna kuning pucat sampai merah kecoklatan dengan mp 700C (Fiebach, 1993). Gondorukem umumnya bersifat tembus cahaya, rapuh pada suhu ruangan, sedikit berbau terpentin, larut dalam pelarut organik seperti etil alcohol, etil eter, benzene, dan terpentin serta tidak larut dalam air (Enos, 1969).



Gambar 2. 1 Struktur Kimia Komponen Gondorukem

Gondorukem dari getah dan gondorukem dari tunggul kayu tersusun dari 80-90% asam resin dan 10% komponen selain asam, yaitu ester resin dan fatty acid (Harris, 1952). Gondorukem atau *gum rosin* merupakan senyawa kompleks yang mengandung asam-asam resin. Jenis asam yang menjadi komponen penyusun utama gondorukem ialah asam-asam diterpen trisiklik ($C_{20}H_{30}O_2$) yang tidak jenuh, yakni asam abietat (asam abietat, asam livomarat, polustrat, neoabietat,

dehidroabietat, dan tetrahidro abietat) dan asam pimarat (asam pimarat dan asam isopimarat).

II.3.3 Terpentine

Terpentine (C₁₀H₁₆) merupakan fraksi cair yang dihasilkan sebagai produk atas dari proses distilasi vakum getah pinus. *Terpentine* berbentuk cairan lengket berwarna kuning muda hingga kecoklatan dengan karakteristik bau balsam. *Terpentine* ialah minyak atsiri yang mengandung sejumlah terpena (berupa pelarut, baik untuk resin dan karet) seperti pinen, silvestren, dan dipenten. Minyak *terpentine* digunakan untuk bahan baku pada industri kosmetik, cat, campuran bahan pelarut, antiseptik, kamper, dan industri farmasi. Standar mutu terpentine yang diproduksi oleh PPCI mengacu kepada SNI 7633:2011 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 Standar Mutu Terpentine (SNI 7633:2011)

Parameter	Persyaratan
Bentuk	Cair
Bau	Bau khas terpentin, <i>balsamic</i>
Densitas pada suhu 25°C	0,848 – 0,865
Indeks bias pada suhu 20°C	1,464 – 1,478
Titik nyala (°C)	33 – 160
Titik didih awal nyala (°C)	150 - 160

Komponen *terpentine* yang berasal dari getah *Pinus merkusii* di Indonesia antara lain ialah α -pinene, β -pinene, δ -3-carene, ρ -cymene, dan d-limonene.

II.3.4 Asam Oksalat

Asam oksalat digunakan untuk menghilangkan kadar besi yang ada pada getah pinus. Karakteristik senyawa asam oksalat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Karakteristik senyawa asam oksalat (Munajat, 2018)

Komponen	Keterangan
Rumus kimia	$C_2H_2O_4$
Massa molar	$90,03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Penampilan	Kristal putih
Densitas	$1,90 \text{ g cm}^{-3}$
Kelarutan dalam air	90 g dm^{-3} (pada 20°C)
Keasaman (pK_a)	1,38; 4,28

II.3.5 Air Panas

Tabel 2. 3 Karakteristik senyawa air (Samahir Laili, 2018)

Komponen	Keterangan
Rumus Molekul	H_2O
Berat Molekul	$18,02 \text{ g/mol}$
Kenampakan	Cairan tidak berwarna/bening
Densitas	1 g/cm^3
Titik Leleh	0°C
Titik Didih	100°C
Titik Beku	0°C
Viskositas (20°C)	$1,002 \text{ N.s/m}^2$

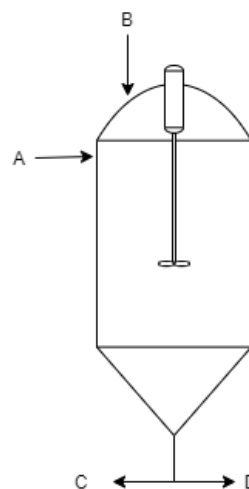
Air panas (*hot water*) digunakan sebagai pemisah pada *scrubber* yang memisahkan kadar kotoran halus yang terdapat di dalam getah

sebelum dilakukan pemasakan *soft rosin* atau pemisahan gondorukem dan terpentin. Karakteristik senyawa air dapat dilihat pada Tabel 2.3.

II.3.6 Scrubbing

Scrubbing merupakan proses pencucian getah dengan air panas dan pemisahan berdasarkan perbedaan densitas. Terdapat 3 unit *scrubber vessel* di Pabrik 1 PPCI Pemalang, yaitu V-1103/1203 A/B/C. Di dalam *scrubber vessel*, dilakukan pencucian getah dengan penambahan air panas (40-50°C) sebanyak 700 L, kemudian *dimixing* selama 15 menit, dan diendapkan selama 30-60 menit. Di dalam *scrubber* terdapat 3 lapisan pengendapan, lapisan dari yang paling bawah yaitu larutan asam oksalat dengan air panas, jonjot (kotoran halus), dan paling atas yaitu getah yang terdapat kandungan *terpentine*. Suhu di dalam *scrubber vessel* yaitu sekitar 60-70°C. Selanjutnya larutan getah disaring melalui *scrubber filter* untuk pemisahan kotoran halus dan air panas yang disalurkan ke tangki penampung limbah. Larutan getah/*soft rosin* kemudian dialirkan ke tangki penampung *soft rosin* dengan tekanan transfer 2,5 barg.

II.3.7 Srubber



Gambar 2. 2 *Scrubber* (V-1103A)

Fungsi	: Proses pencucian dengan air panas
Jumlah	: 3 unit
Jenis aliran	: <i>Turbulen</i>
Tipe	: <i>Vessel</i>
Kapasitas	: 5.76 m ³
Dimensi	: ID 1550 x 3050 T/T
Tebal	: 5 mm
Bahan	: SS-304

Alat pendukung : *Motor stirred, heat isolation*

Cara kerja: Proses pencucian pada tangki *scrubber* dilakukan dengan penambahan air panas (45°C) sebanyak $\pm 700L$, yang berlangsung selama 1 jam (pengendapan minimum 30 menit dan transfer 20 menit). Kondisi operasi dipertahankan pada temperatur 60-70°C menggunakan *steam* bertekanan 3 barg.

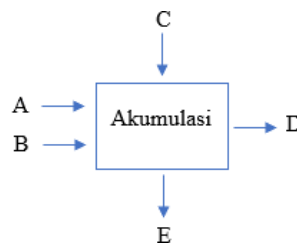
Scrubber merupakan suatu variasi alat yang digunakan untuk memisahkan partikel partikel solid dari udara atau gas dengan dibantu oleh suatu cairan. Cairan yang sering digunakan untuk scrubbing yaitu air. Meskipun masih ada cairan lainnya yang bisa digunakan untuk scrubbing seperti asam sulfat dan lain-lain (labnusanantara.co.id). Istilah "*scrubber*" mengacu pada perangkat pengendalian polusi yang menggunakan cairan untuk mencuci polutan yang tidak diinginkan dari aliran gas. Namun, di Perhutani *Pine Chemical Industry* (PPCI) Pemalang, *scrubber* berfungsi untuk memisahkan kotoran halus dan besi oksalat dari getah pinus dengan bantuan hot water (air panas). Di dalam *scrubber* terdapat tiga lapisan yang terbentuk setelah pencucian, lapisan tengah merupakan kotoran halus pemisah antara lapisan atas (getah) dan lapisan bawah (air). Kotoran halus dapat terpisah karena terbawa oleh air ke bagian bawah karena densitas yang lebih besar. Kotoran halus yang dimaksud merupakan campuran dari air, minyak,

dan pengotornya (getah tanpa mutu), dari sinilah alat ini dapat dikatakan sebagai alat scrubber.

II.3.8 Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: “massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan”.

Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui. Persamaan neraca massa secara umum adalah:



Gambar 2. 3 Diagram Neraca Massa

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{\text{akumulasi}} \quad (2.1)$$

Bila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

Massa masuk = massa yang keluar

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E \quad (2.2)$$

Dalam perhitungan neraca bahan sesuai dengan prosesnya dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Proses Batch

Proses dimana bahan baku masuk pada awal proses dan dikeluarkan pada akhir proses, jadi selama proses berlangsung tidak

ada umpan atau produk yang masuk dan keluar proses sehingga, persamaan yang berlaku:

$$[\text{massa masuk}] + [\text{massa terbentuk}] = [\text{massa keluar}] + [\text{massa terpakai}]$$

b. Proses Kontinyu

Proses yang berlangsung secara terus-menerus, hasil proses tidak tergantung dari lamanya proses. Pada proses kontinyu, suhu, komposisi dalam bermacam-macam bahanmasuk (*input*) maupun *output* konstan tiap satuan waktu. Karena akumulasinya selalu konstan, maka dalam perhitungan dianggap sama dengan nol sehingga persamaan berlaku:

$$[\text{massa masuk}] + [\text{massa terbentuk}] - [\text{massa keluar}] - [\text{massa terpakai}] = 0$$

Dimana: [terpakai] = massa/laju yang berubah menjadi senyawa lain karena reaksi kimia.

(Himmelblau, 2012)

II.3.9 Neraca Panas

Neraca panas adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energi masuk dan energi keluar suatu sistem yang berdasarkan pada satuan waktu operasi. Dapat dituliskan dengan persamaan:

$$[\text{energi masuk}] + [\text{energi yang terbentuk}] = [\text{energi keluar}] + [\text{energi yang terpakai}]$$

Energi dapat dipindahkan dalam bentuk panas (Q) atau dalam bentuk kerja (W). Energi dapat masuk atau keluar bersama bahan atau tanpa bahan. Beberapa sistem yang digunakan sebagai berikut:

- a. Adiabatik, proses perubahan sistem tanpa ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem, tetapi suhunya tidak tetap.

- b. Isobarik, proses perubahan sistem pada tekanan tetap. Jika sejumlah kalor diberikan kepada sistem dengan tekanan tetap, volumenya akan bertambah seiring pertambahan kalor yang masuk.
- c. Isokhorik, sistem tidak mengalami perubahan volume, walaupun ada sejumlah kalor masuk atau keluar sistem.
- d. Isotermik, sistem yang terjadi dalam suhu konstan, karena berlangsung dalam suhu konstan, tidak terjadi perubahan energi dalam dan kalor yang diberikan sama dengan usaha yang dilakukan sistem.

(Himmelblau, 2012)

II.4 Data Lapangan

Dalam menyelesaikan tugas ini, data yang diperlukan diperoleh dari *Central Control Room* Pabrik 1 Gondorukem dan Terpentin (PGT).

Data terbagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder:

1. Data Primer

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui proses pencucian dan pemisahan di tangki *scrubber* pada Pabrik 1 Gondorukem dan T

- Basis perhitungan : 1 jam operasi
- Massa Total Masuk Arus A : 3625,88 kg/jam

Komposisi Arus A :

- Massa Getah bersih : 2317,88 kg/jam
- Massa Terpentin Pengencer : 1204 kg/jam
- Massa Asam oksalat : 104 kg/jam
- Massa Air dalam getah sebesar 7%

$$= (7/100) \cdot 2400$$

= 168 kg/jam

- Massa Total Masuk Arus B : 700 kg/jam
- Massa Total Keluar Arus D : 3208 kg/jam

Komposisi Arus D :

- Massa Terpentin pengencer : 1204 kg/jam

- Komposisi Arus C :

- Massa Asam Oksalat : 104 kg/jam

- Massa Air yang terbuang sebesar 90% massa Air masuk *scrubber*

= 776,026 kg/jam

- Temperatur Arus *Input*

- Arus A : 343 K

- Arus B : 318 K

- Temperatur Arus *Output*

- Arus C : 333 K

- Arus D : 333 K

- Temperatur referensi : 298 K

2. Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh dari sumber buku/literatur.

Data yang diperoleh dari literatur yaitu Cp komponen cair seperti pada table 2.4

Tabel 2. 4 Tabel nilai Cp komponen cair

Komponen	A	B	C	D
Gum Rosin	-670,074	7,2834	-0,013314	9,0556E-06
Terpentin	115,716	0,84523	-0,0022864	2,6813E-06
Air	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07
Asam Oksalat	-42,714	1,0293	-0,00197	1,4972E-06

(Yaws, Carl L. 1997)

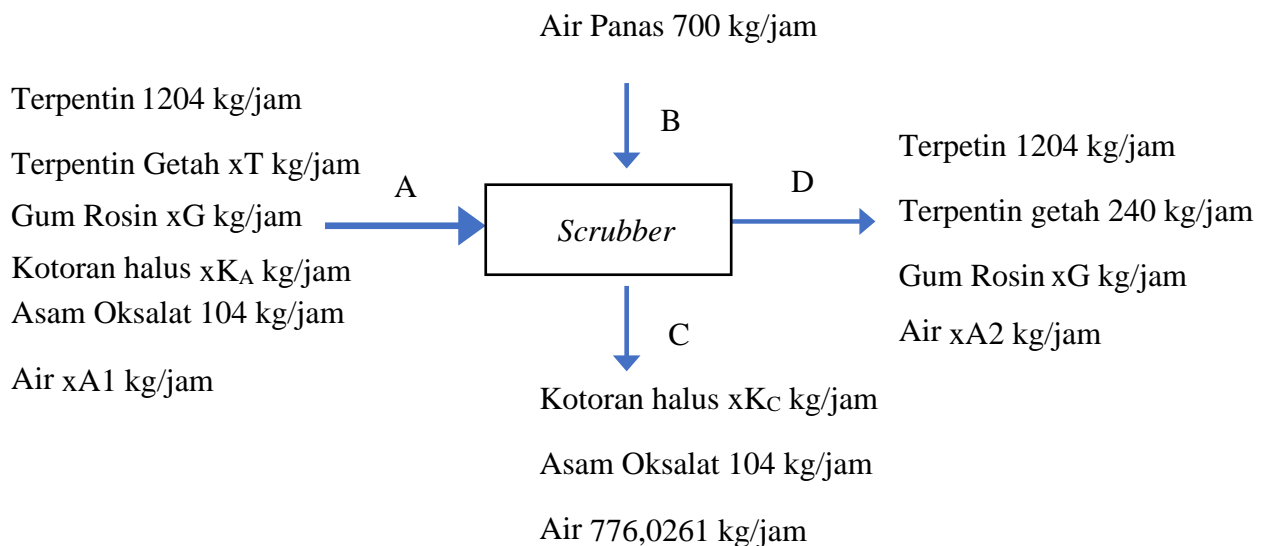
II.5 Metode

Setelah memperoleh data dari pembimbing lapangan serta literatur, dilakukan langkah selanjutnya yaitu perhitungan yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

A. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Perolehan data primer dalam perhitungan dilakukan saat pelaksanaan Kerja Praktik yang dilakukan di Perhutani *Pine Chemical Industry* Pemalang, sedangkan perolehan data sekunder diperoleh dari literatur yang berkaitan dengan perhitungan.

B. Perhitungan Neraca Massa Scrubber



Gambar 2. 4 Skema Neraca Massa

1. Menghitung neraca massa total (NMT) pada arus C

Tugas Akhir

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pematang



$$NMT_A + NMT_B = NMT_C + NMT_D$$

$$NMT_C = (NMT_A + NMT_B) - NMT_D$$

2. Menghitung neraca massa komponen pada arus C
Diketahui air yang terbuang pada arus C adalah 90%
3. Menghitung berat kotoran halus yang keluar arus C
 $Kotoran\ halus_{(C)} = Total\ Arus\ C - (Air + Asam\ Oksalat)_{(C)}$
4. Menghitung neraca massa komponen air pada arus D
 $Air_{rA} + Air_B = Air_C + Air_D$
5. Menghitung neraca massa komponen Terpine Getah pada arus D
Diketahui Terpine Getah adalah 10% dari berat getah
6. Menghitung neraca massa komponen Gum Rosin pada arus D
 $Gum\ Rosin_{(D)} = Total\ Arus\ D - (Terpine + Terpine\ Getah + Air)_{(D)}$
7. Menghitung mol tiap komponen pada arus A, B, C, dan D
 $Mol = massa\ komponen : BM\ komponen$

C. Perhitungan Neraca Panas Scrubber

1. Menghitung neraca panas komponen *input*

- Menghitung perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH) tiap komponen *input*

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET$$

$$\Delta H = \int_{T_{ref}}^T C_p \cdot dT = A \times (T - T_{ref}) + \frac{B}{2} \times (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3} \times (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4} \times (T^4 - T_{ref}^4)$$

- Menghitung kalor (Q) tiap komponen *input*

$$Q = n \times \Delta H$$

2. Menghitung neraca panas komponen *output*

- Menghitung perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH) tiap komponen *output*

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET$$

$$\Delta H = \int_{T_{ref}}^T C_p \cdot dT = A \times (T - T_{ref}) + \frac{B}{2} \times (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3} \times (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4} \times (T^4 - T_{ref}^4)$$

- Menghitung kalor (Q) tiap komponen *output*

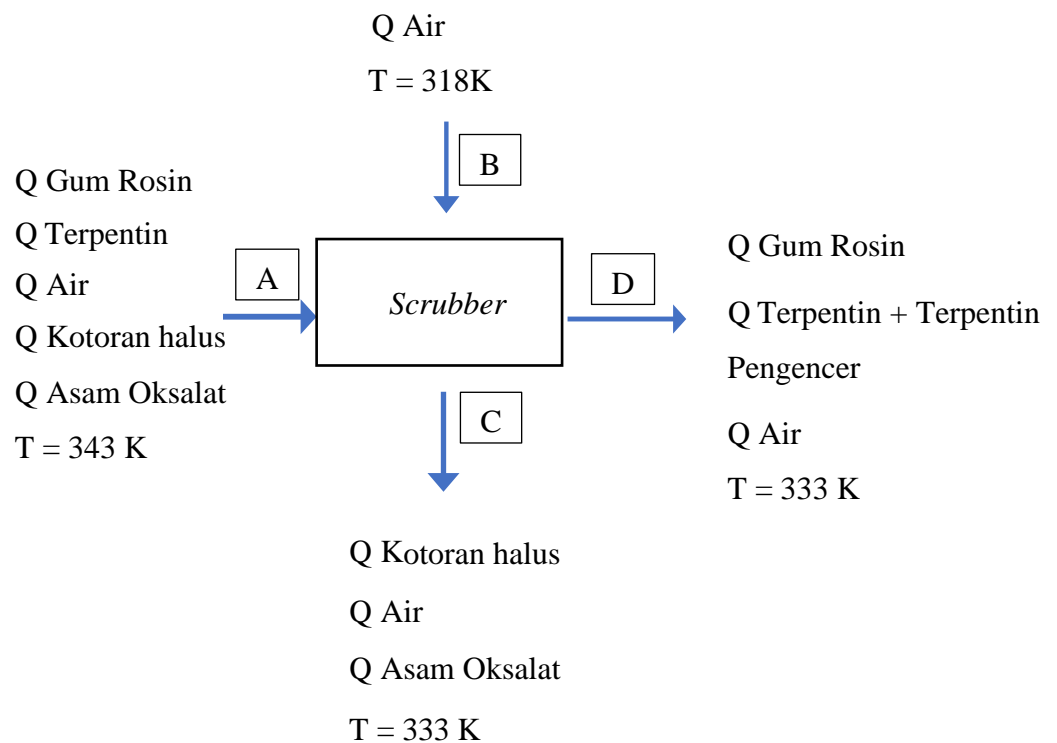
3. Menghitung neraca panas total aliran *input* dan *output*

4. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss}) pada *scrubber*

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{out}$$

5. Menghitung efisiensi *scrubber*

$$\text{Efisiensi} = 100\% - \left(\frac{Q_{loss}}{Q_{in}} \times 100\% \right)$$



Gambar 2. 5 Skema Neraca Panas

D. Hasil pengolahan data

Tabel 2. 5 Tabel Neraca Massa Scrubber

NMK Scrubber				
KOMPONEN	In (kg/jam)		Out (kg/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin Pengencer	1204			1204
Terpentin getah	240			240
Gum Rosin	1677,7748			1677,7748
Kotoran halus	237,8488		237,8488	
Air	162,2512	700	776,0261	86,225125
Asam Oksalat	104		104	
Total	3625,875	700	1117,875	3208
TOTAL	4325,875		4325,875	

Tabel 2. 6 Tabel Neraca Panas Scrubber

Komponen	Q in (kJ/jam)		Q out (kJ/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin	100000,5481			77439,26566
Gum Rosin	148496,7103			114034,9162
Kotoran Halus	20022,49901		15380,32943	
Air	30513,4291	58613,63861	113568,6582	12618,7398
Asam Oksalat	4977,84205		3839,301701	
Sub Total	304011,0286	58613,63861	132788,3	204092,9217
Q loss			25743,45615	
Total	362624,6672		362624,6672	

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \\
 &= 362624,6672 \text{ kJ/jam} - 336881,2 \text{ kJ/jam} \\
 &= 25743,45615 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% Q_{\text{loss}} &= \frac{336881,2}{362624,6672} \times 100\% \\
 &= 7,0992\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = 92,9 \%$$

II.6 Pembahasan

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data didapatkan, hasil neraca massa komponen – komponen yang masuk dan yang keluar dari *scrubber* sebesar:

Tabel 2.4 Tabel Neraca Massa *Scrubber*

NMK Scrubber				
KOMPONEN	In (kg/jam)		Out (kg/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin Pengencer	1204			1204
Terpentin getah	240			240
Gum Rosin	1677,7748			1677,7748
Kotoran halus	237,8488		237,8488	
Air	162,2512	700	776,0261	86,225125
Asam Oksalat	104		104	
Total	3625,875	700	1117,875	3208
TOTAL	4325,875		4325,875	

Sedangkan untuk panas yang masuk dan keluar komponen *scrubber* sebesar :

Tabel 2.5 Tabel Neraca Panas *Scrubber*

Komponen	Q in (kJ/jam)		Q out (kJ/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin	100000,5481			77439,26566
Gum Rosin	148496,7103			114034,9162
Kotoran Halus	20022,49901		15380,32943	
Air	30513,4291	58613,63861	113568,6582	12618,7398
Asam Oksalat	4977,84205		3839,301701	
Sub Total	304011,0286	58613,63861	132788,3	204092,9217
Q loss			25743,45615	
Total	362624,6672		362624,6672	

Dalam pengolahan data yang didapatkan, terdapat tiga jenis perhitungan, yaitu perhitungan neraca massa, perhitungan neraca panas, dan efisiensi. Perhitungan neraca massa berfungsi untuk mengetahui jumlah massa yang masuk dan keluar *scrubber* serta berfungsi sebagai dasar dari perhitungan neraca panas.

Perhitungan neraca panas berfungsi untuk mengetahui besaran panas yang masuk dan keluar *scrubber* serta berfungsi untuk mengetahui besaran panas yang hilang selama proses di dalam *scrubber*. Pada perhitungan unit *scrubber* ini digunakan basis perhitungan 1 jam operasi. Bagian neraca massa pada unit *scrubber* terdiri dari *input* dan *output*. Pada bagian *input* terdiri dari arus A (gum rosin, terpentin, air, kotoran halus, asam oksalat) dan arus B (Air). Sedangkan pada bagian *output* terdiri arus C (kotoran halus, air, asam oksalat) dan arus D (gum rosin, terpentin, air). Dari hasil pengolahan data dan perhitungan didapatkan hasil neraca massa dari komponen masuk dan komponen keluar pada *scrubber* sebesar 4325,875 kg/jam. Dengan diketahui bahwa jumlah massa *input* sama dengan jumlah massa *output*, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada akumulasi massa yang terjadi pada unit *scrubber*.

Sama halnya dengan neraca massa, pada neraca panas *scrubber* juga terdiri dari *input* dan *output*. Dari hasil perhitungan neraca panas, pada arus A panas masuk sebesar 304011,0286 kJ/jam, pada arus B panas masuk sebesar 58613,63861 kJ/jam, total panas pada arus *input* sebesar 362624,667 kJ/jam. Pada arus C panas keluar sebesar 132788,3 kJ/jam, pada arus D panas keluar sebesar 204092,9217 kJ/jam, total panas arus *output* 336881,211 kJ/jam dan *heat loss* sebanyak 25743,45615 kJ/jam.

Heat loss merupakan panas yang hilang keluar dari sistem ke lingkungan yang disebabkan oleh isolasi sistem yang tidak mampu menahan panas. Untuk dapat mencegah *heat loss*, pemilihan bahan dan ketebalan isolator perlu diperhatikan. Semakin baik isolasi yang dilakukan pada dinding *scrubber* maka *heat loss* yang terjadi akan kecil. Bahan yang dapat dengan baik digunakan sebagai isolator diantaranya rockwool aluminiun foil dan

glasswool aluminium foil. Dari hasil perhitungan efisiensi *scrubber* didapat angka sebesar 92,9%. Hasil efisiensi yang tinggi ini berarti panas yang hilang ke lingkungan atau *heat loss* pada *scrubber* V-1103 A kecil dan *scrubber* masih berfungsi dengan baik dan masih layak digunakan..

BAB III

KESIMPULAN DAN SARAN

III.1 Kesimpulan

Pada *scrubber* terjadi pencucian getah bersih yang telah diencerkan dengan *terpentine* menggunakan air panas. Setelah pencucian selama 15 menit, dilakukan pengendapan selama minimum 30 menit dan dilakukan pemisahan berdasarkan perbedaan densitas: hasil dari paling bawah berupa eair dan asam oksalat, jonjot (kotoran halus), serta *soft rosin*.

Berdasarkan pengolahan data dan perhitungan didapatkan hasil neraca massa dari komponen masuk dan komponen keluar pada *scrubber* sebesar 4325,875 kg/jam, sedangkan neraca panas komponen masuk *scrubber* sebesar 362624,6672 kJ/jam dan komponen keluar *scrubber* sebesar 336881,2 kJ/jam, jadi pada *scrubber* ini kehilangan panas sebesar 25743,45615 kJ/jam.

Scrubber pada pabrik 1 PPCI Pemalang memiliki efisiensi sebesar 92,9%. Hal ini menunjukkan bahwa alat *scrubber* pada pabrik 1 PPCI Pemalang masih berfungsi dengan baik.

III.2 Saran

Sebaiknya pada *scrubber* terdapat indikator *flow meter* dan *thermometer* agar memudahkan pengamatan serta pengontrolan proses pencucian. Hal ini bertujuan agar tidak banyak energi serta bahan baku yang terbuang selama proses maka tercapai efisiensi produksi serta rendemen maksimal yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir dan Agis. 2020. *Hasil percobaan terkait esterifikasi (modifikasi gondorukem*. <https://www.scribd.com/document/467014289/Gondorukem>, di akses pada Januari 2022 pukul 22.00
- Bayu A.Y., dan Saputra A.B. 2017. *Laporan tugas akhir di Perhutani pine chemical industry*. Surakarta : Digital Library Universitas Sebelas Maret.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2012. *Getah Pinus*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. Hal. 10.
- Guidechem. Rosin. Diakses pada Januari 12, 2022 dari <https://www.guidechem.com/msds/8050-09-7.html>
- Guidechem Glycerol Ester of Rosin. Diakses pada Januari 12, 2022 dari <https://www.guidechem.com/msds/8050-30-4.html>
- Munajat, B.B. 2018. “Laporan Praktik Kerja Perum Perhutani *Pine Chemical Industry* Pemalang”. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Perhutani. Sejarah perusahaan. Diakses pada Desember 30, 2021 dari <https://www.Perhutani.co.id/tentang-kami/sejarah-perum-Perhutani/>
- Perhutani. Visi, misi, dan tata nilai. Diakses pada Desember 30, 2021 dari <https://www.Perhutani.co.id/tentang-kami/visi-misi-dan-tata-nilai/>
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1999. “Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”. 7th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore
- Production Departement. 2017. *Skema utilitas PPCI*. Pemalang : PT Perhutani Pine Chemical Industry
- Production Department. 2019. “Skema Utilitas PPCI”. Pemalang: PT Perhutani *Pine Chemical Industry*
- Production Department. 2019. “Spesifikasi Alat PPCI”. Pemalang: PT Perhutani *Pine Chemical Industry*
- Production Department. 2019. “Spesifikasi Laboratorium PPCI”. Pemalang: PT Perhutani *Pine Chemical Industry*
- RnD Department. 2019. “Laporan Performance Test”. Pemalang: PT Perhutani *Pine Chemical Industry*

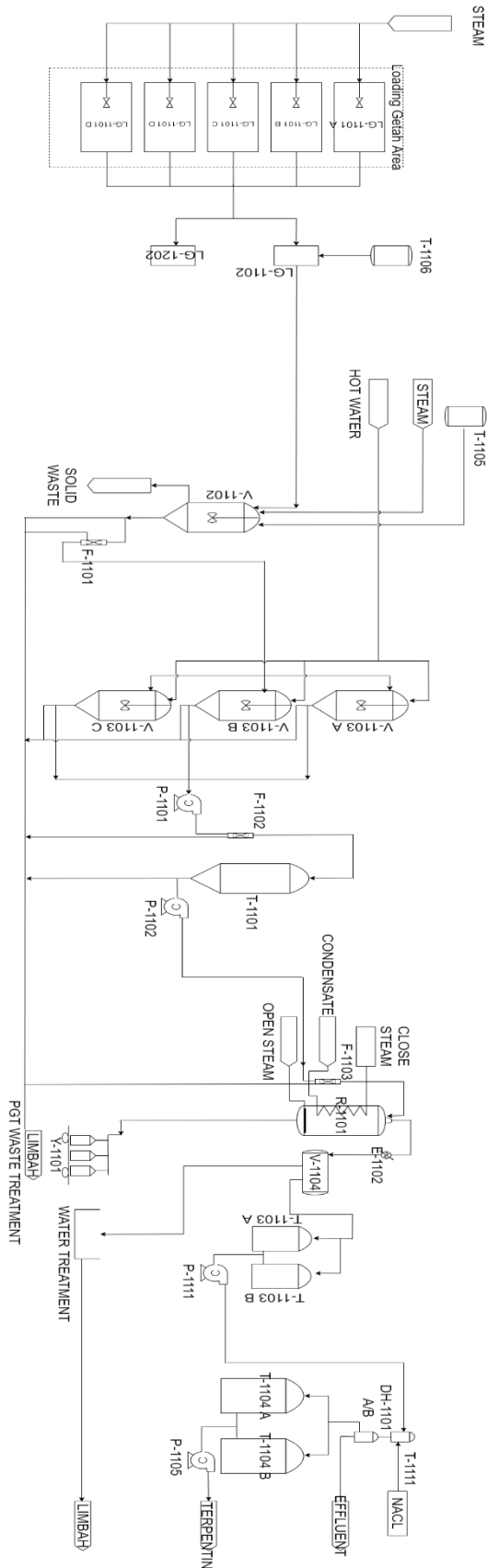
Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang



-
- Suluhingtyas, L. 2009. "Kajian Sintesa Asam Abietat Kasar dari Getah Pinus (Pinus Merkusii) Menggunakan Katalis Nikel Melalui Reaksi Isomerisasi". Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Yaws, Carl L. 1997. *Chemical Properties Handbook*. Texas: Lamar University Beamont.

LAMPIRAN

PEFID Proses Produksi Gondorukem dan Terpentin



Tugas Akhir

Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang



PERHITUNGAN NERACA MASSA DAN NERACA PANAS SCUBBER

Data yang diperoleh dari PPCI Pemalang pada tanggal 6 Juli 2022, yaitu:

- Basis perhitungan : 1 jam operasi
- Massa Total Masuk Arus A : 3625,88 kg/jam

Komposisi Arus A :

- Massa Getah bersih : 2317,88 kg/jam
- Massa Terpentin Pengencer : 1204 kg/jam
- Massa Asam oksalat : 104 kg/jam
- Massa Air dalam getah sebesar 7%

$$= (7/100) * 2400$$

$$= 168 \text{ kg/jam}$$

- Massa Total Masuk Arus B : 700 kg/jam
- Massa Total Keluar Arus C : 3208 kg/jam

Komposisi Arus C :

- Massa Asam Oksalat : 104 kg/jam
- Massa Air yang terbuang sebesar 90% massa Air masuk *scrubber*

$$= 776,026 \text{ kg/jam}$$

- Temperatur Arus *Input*
 - Arus A : 343 K
 - Arus B : 318 K
- Temperatur Arus *Output*
 - Arus C : 333 K

- Arus D : 333 K

- Temperatur referensi : 298 K

Data yang diperoleh dari literatur yaitu:

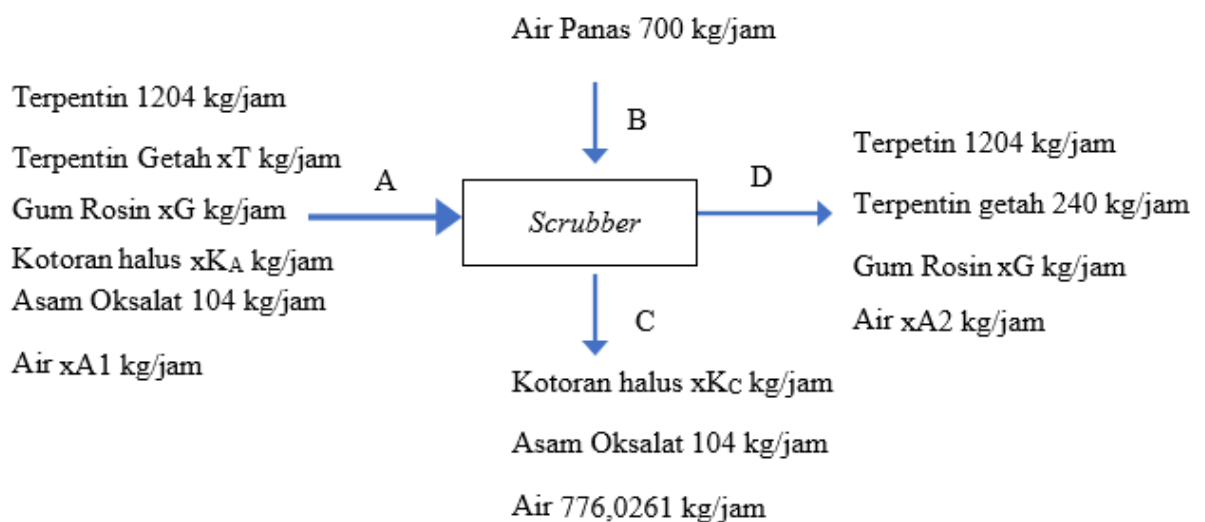
1. Cp komponen cair

Tabel 1. Tabel nilai Cp komponen cair

Komponen	A	B	C	D
Gum Rosin	-670,074	7,2834	-0,013314	9,0556E-06
Terpentin	115,716	0,84523	-0,0022864	2,6813E-06
Air	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07
Asam Oksalat	-42,714	1,0293	-0,00197	1,4972E-06

(Yaws, Carl L. 1997)

A. Perhitungan Neraca Massa Scrubber



Gambar 2. 4 Skema Neraca Massa

1. Menghitung neraca massa total (NMT) arus C

Diketahui : - NMT_A : 3625,88 kg/jam

- NMT_B : 700 kg/jam

- NMT_D : 3208 kg/jam

$$NMT_A + NMT_B = NMT_C + NMT_D$$

$$NMT_C = (NMT_A + NMT_B) - NMT_D$$

$$NMT_C = (3625,88 + 700) - 3208 \text{ kg/jam}$$

$$NMT_C = 1117,88 \text{ kg/jam}$$

2. Menghitung neraca massa komponen pada arus A

- Air yang terkandung dalam getah = 7%

$$\text{Air}_A = \frac{7}{100} \times \text{massa getah}$$

$$\text{Air}_A = \frac{7}{100} \times 2400 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Air}_A = 162,251 \text{ kg/jam}$$

- Terpentin yang terkandung dalam getah = 10%

$$\text{Terpentin}_A = \frac{10}{100} \times \text{massa getah}$$

$$\text{Terpentin}_A = \frac{10}{100} \times 2400 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Terpentin}_A = 240 \text{ kg/jam}$$

- Terpentin Pengencer $\text{A} = 1204 \text{ kg/jam}$

- Asam Oksalat $\text{A} = 104 \text{ kg/jam}$

- Gum rosin $\text{A} + \text{Kotoran halus}_A = NMT_A - (\text{Terpentin}_A + \text{Air}_A + \text{Terpentin pengencer}_A + \text{Asam Oksalat}_A)$

$$\text{Gum rosin} + \text{Kotoran halus} = 3625,88 - (240 + 162,251 + 1204 + 104)$$

$$\text{Gum rosin} + \text{Kotoran halus} = 1915,629 \text{ kg/jam}$$

3. Menghitung neraca massa komponen pada arus C

- Air yang keluar pada arus C = 90% total air masuk scrubber

$$\text{Air}_C = \frac{90}{100} \times \text{massa air masuk scrubber}$$

$$\text{Air}_C = \frac{90}{100} \times 862,251 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Air}_C = 776,026 \text{ kg/jam}$$

- Asam Oksalat $\text{C} = \text{Asam Oksalat}_A = 104 \text{ kg/jam}$

- Kotoran halus $\text{C} = NMT_C - (\text{Asam Oksalat}_C + \text{Air}_C)$

$$\text{Kotoran halus}_C = 1117,88 \text{ kg/jam} - (104 + 776,026) \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kotoran halus}_C = 237,8488 \text{ kg/jam}$$

4. Menghitung neraca massa komponen pada arus D

$$- \text{Air}_D = \text{Air}_C - (\text{Air}_A + \text{Air}_B)$$

$$\text{Air}_D = 776,026 - (162,251 + 700)$$

$$\text{Air}_D = 86,2251 \text{ kg/jam}$$

$$- \text{Terpentin}_D = \text{Terpentin}_A = 240 \text{ kg/jam}$$

$$- \text{Terpentin Pengencer}_D = \text{Terpentin Pengencer}_A$$

$$- \text{Gum Rosin}_D = \text{NMT}_D - (\text{Air}_D + \text{Terpentin}_A + \text{Terpentin Pengencer}_A)$$

$$\text{Gum Rosin}_D = 3208 - (86,2521 + 240 + 1204)$$

$$\text{Gum Rosin}_D = 1677,77 \text{ kg/jam}$$

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data didapatkan, hasil neraca massa komponen – komponen yang masuk dan yang keluar dari *scrubber* sebesar:

Tabel 2 Tabel Neraca Massa *Scrubber*

KOMPONEN	NMK <i>Scrubber</i>			
	In (kg/jam)		Out (kg/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin Pengencer	1204			1204
Terpentin getah	240			240
Gum Rosin	1677,7748			1677,7748
Kotoran halus	237,8488		237,8488	
Air	162,2512	700	776,0261	86,225125
Asam Oksalat	104		104	
Total	3625,875	700	1117,875	3208
TOTAL	4325,875		4325,875	

5. Menghitung mol tiap komponen pada arus A, B, C, dan D

$$\text{Mol} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

$$- \text{Mol Gum Rosin}_A = \frac{1677,7748}{302}$$

$$\text{Mol Gum Rosin}_A = 5,5555 \text{ kmol/jam}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh mol tiap komponen arus *input* dan *output* seperti pada tabel 3.

Tugas Akhir

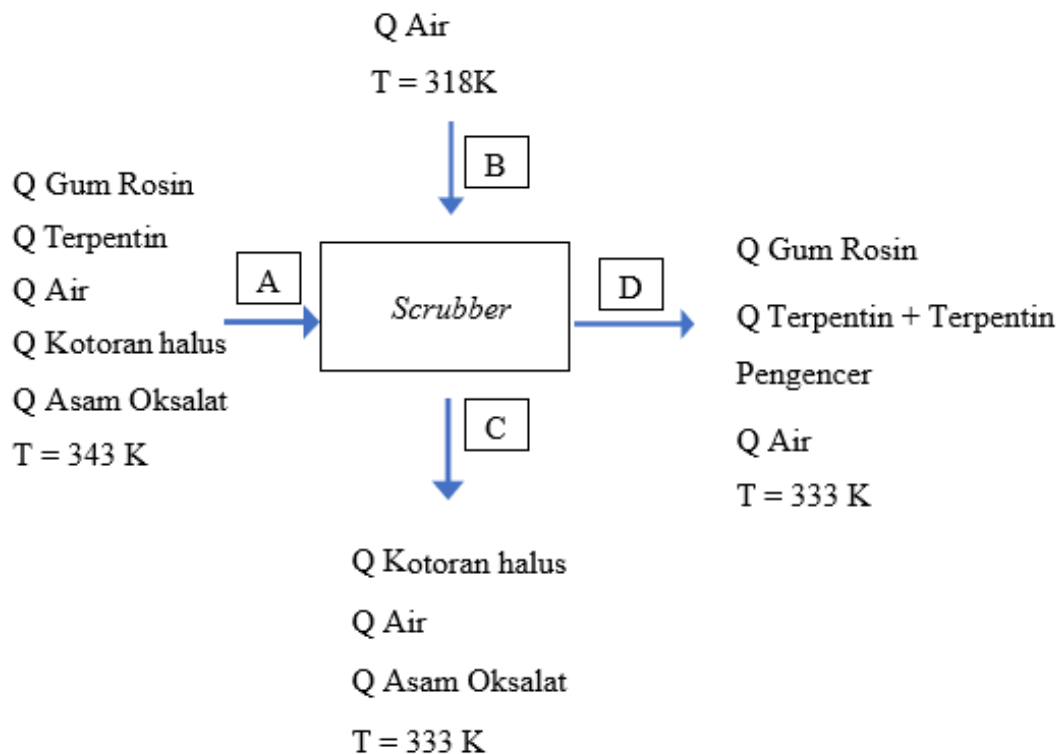
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pematang



Tabel 3. Berat mol tiap komponen pada arus A, B, C, dan D

KOMPONEN	In		Out	
	A	B	C	D
	kmol/jam		kmol/jam	
Terpentin Pengencer	7,717949			7,717949
Terpentin getah	1,538462			1,538462
Gum Rosin	5,555546			5,555546
Kotoran halus	0,787579		0,787579	
Air	9,013958	38,888889	43,112563	4,790285
Oksalat	0,825397		0,825397	
Sub Total	25,438890	38,888889	44,725538	19,602241
Total	64,327779		64,327779	

B. Menghitung Neraca Panas Scrubber



Gambar 2. 5 Skema Neraca Panas

Cp komponen cair

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET$$

Tabel 4. Tabel nilai Cp komponen cair

Komponen	A	B	C	D
Gum Rosin	-670,074	7,2834	-0,013314	9,0556E-06
Terpentin	115,716	0,84523	-0,0022864	2,6813E-06
Air	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07
Asam Oksalat	-42,714	1,0293	-0,00197	1,4972E-06

(Yaws, Carl L. 1997)

$$\Delta H = \int_{T_{ref}}^T Cp. dT = A \times (T - T_{ref}) + \frac{B}{2} \times (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3} \times (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4} \times (T^4 - T_{ref}^4)$$

1. Menghitung neraca panas komponen *input*

- Menghitung ΔH tiap komponen Arus A (T = 70 °C, 343 K ; Tref = 25 °C, 298 K)

$$\Delta H = \int_{T_{ref}}^T Cp. dT = A \times (T - T_{ref}) + \frac{B}{2} \times (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3} \times (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4} \times (T^4 - T_{ref}^4)$$

$$\Delta H \text{ Gum Rosin}_A = -670,074 \times (343 - 298) + \frac{7,2834}{2} \times (343^2 - 298^2) + \frac{-0,013314}{3} \times (343^3 - 298^3) + \frac{9,0556E-06}{4} \times (343^4 - 298^4)$$

$$\Delta H \text{ Gum Rosin}_A = 26729,4541 \text{ J/mol} = 26729,4541 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung kalor (Q) tiap komponen pada arus A

$$Q = n \times \Delta H$$

$$Q \text{ Gum Rosin}_A = n \text{ Gum Rosin}_A \times \Delta H \text{ Gum Rosin}_A$$

$$Q \text{ Gum Rosin}_A = 5,5555 \text{ kmol/jam} \times 26729,4541 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q \text{ Gum Rosin}_A = 148496,7103 \text{ kJ/jam}$$

Dengan cara yang sama diperoleh ΔH dan Q untuk masing-masing komponen pada arus A seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Neraca panas komponen arus A

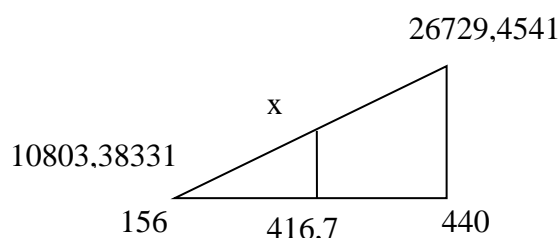
Komponen	n (kmol/jam)	Arus A	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Terpentin + Terpentin pengencer	9,256411	10803,38331	100000,5481
Gum Rosin	5,555546	26729,4541	148496,7103
Air	9,013958	3385,130924	30513,4291
Asam Oksalat	0,825397	6030,847099	4977,84205
Total	25,438890	72371,658833	304011,0286

Mencari

ΔH untuk komponen kotoran halus dapat dihitung menggunakan cara interpolasi dengan titik didihnya, hal ini dapat dilakukan karena semakin besar titik didih suatu komponen maka semakin besar pula ΔH yang dibutuhkan. Diketahui pada komponen terpentin titik didih sebesar 156 °C dan nilai ΔH sebesar 10803,38331 kJ/kmol. Pada komponen Gum rosin memiliki titik didih sebesar 440 °C dan nilai ΔH sebesar 26729,4541 kJ/kmol. Maka untuk mencari ΔH kotoran halus dengan cara interpolasi sebagai berikut :

Tabel 6. Titik didih komponen

Komponen	Titik didih (°C)	ΔH (kJ/kmol)
Gum Rosin	440	26729,4541
Terpentin	156	10803,38331
Kotoran halus	416,7	x



Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pematang



$$\frac{26729,4541 - 10803,38331}{440 - 156} = \frac{x - 10803,38331}{416,7 - 156}$$

$$\frac{15926,0708}{284} = \frac{x - 10803,38331}{260,7}$$

$$15926,0708 \times 260,7 = (284 \times x) + (284 \times (-10803,38331))$$

$$4151926,66 = 284x - 3068160,86$$

$$7220087,52 = 284x$$

$$x = 25422,8434 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung kalor (Q) komponen Kotoran halus pada arus A

$$Q = n \times \Delta H$$

Tabel 7. Neraca panas komponen kotoran halus

Komponen	n (kmol/jam)	Arus A	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Kotoran Halus	0,787579	25422,8434	20022,49901

Tabel 8. Neraca panas seluruh komponen arus A

Komponen	n (kmol/jam)	Arus A	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Terpentin + Terpentin pengencer	9,256411	10803,38331	100000,5481
Gum Rosin	5,555546	26729,4541	148496,7103
Kotoran Halus	0,787579	25422,8434	20022,49901
Air	9,013958	3385,130924	30513,4291
Asam Oksalat	0,825397	6030,847099	4977,84205
Total	25,438890	72371,658833	304011,0286

- Menghitung ΔH tiap komponen Arus B ($T = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, 318 K ; $T_{ref} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, 298 K)

$$\Delta H_{\text{Air B}} = 92,053 \times (318 - 298) + \frac{0,84523}{2} \times (318^2 - 298^2) + \frac{-0,00021103}{3} \times (318^3 - 298^3) + \frac{5,3469E-07}{4} \times (318^4 - 298^4)$$

$$\Delta H_{\text{Air B}} = 1507,20785 \text{ J/mol} = 1507,20785 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung Q tiap komponen pada arus A

$$Q = n \times \Delta H$$

$$Q_{\text{Air B}} = n_{\text{Air B}} \times \Delta H_{\text{Air B}}$$

$$Q_{\text{Air B}} = 38,888889 \text{ kmol/jam} \times 1507,20785 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q_{\text{Air B}} = 58613,63861 \text{ kJ/jam}$$

Tabel 9. Neraca panas arus B

Komponen	n (kmol/jam)	Arus B	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Air	38,888889	1507,20785	58613,63861
Total	38,888889	1507,20785	58613,63861

2. Menghitung neraca panas komponen *output*

- Menghitung ΔH tiap komponen Arus D ($T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, 333 K ; $T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, 298 K)

$$\Delta H_{\text{Gum Rosin D}} = -670,074 \times (333 - 298) + \frac{7,2834}{2} \times (333^2 - 298^2) + \frac{-0,013314}{3} \times (333^3 - 298^3) + \frac{9,0556E-06}{4} \times (333^4 - 298^4)$$

$$\Delta H_{\text{Gum Rosin D}} = 20526,32043 \text{ J/mol} = 20526,32043 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung Q tiap komponen pada arus D

$$Q = n \times \Delta H$$

$$Q_{\text{Gum Rosin D}} = n_{\text{Gum Rosin D}} \times \Delta H_{\text{Gum Rosin D}}$$

$$Q_{\text{Gum Rosin D}} = 5,5555 \text{ kmol/jam} \times 20526,32043 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q_{\text{Gum Rosin D}} = 114034,9162 \text{ kJ/jam}$$

Dengan cara yang sama diperoleh ΔH dan Q untuk masing-masing komponen pada arus D seperti pada table 10.

Tabel 10. Neraca panas komponen arus D

Komponen	n (kmol/jam)	Arus D	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Gum Rosin	5,555546	20526,32043	114034,9162
Terpentin + Terpentin pengencer	9,256411	8366,01485	77439,26566
Air	4,790285	2634,235862	12618,7398
Total	19,60224	31526,571142	204092,921660

- Menghitung ΔH tiap komponen Arus C ($T = 60^\circ\text{C}$, 333 K ; $T_{ref} = 25^\circ\text{C}$, 298 K)

$$\Delta H_{Air\ C} = 92,053 \times (333 - 298) + \frac{0,84523}{2} \times (333^2 - 298^2) + \frac{-0,00021103}{3} \times (333^3 - 298^3) + \frac{5,3469E-07}{4} \times (333^4 - 298^4)$$

$$\Delta H_{Air\ C} = 2634,2358616 \text{ J/mol} = 2634,2358616 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung Q tiap komponen pada arus C

$$Q = n \times \Delta H$$

$$Q_{Air\ C} = n_{Air\ C} \times \Delta H_{Air\ C}$$

$$Q_{Air\ C} = 43,112563 \text{ kmol/jam} \times 2634,2358616 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q_{Air\ C} = 113568,6582245 \text{ kJ/jam}$$

Dengan cara yang sama diperoleh ΔH dan Q untuk masing-masing komponen pada arus C seperti pada table 11.

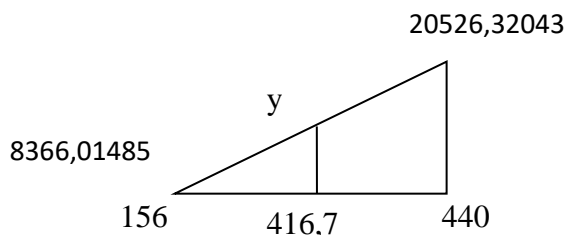
Tabel 11. Neraca panas komponen arus C

Komponen	n (kmol/jam)	Arus C	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Air	43,112563	2634,2358616	113568,6582245
Asam Oksalat	0,825397	4651,4616771	3839,3017017

Mencari ΔH untuk komponen kotoran halus dengan cara interpolasi, dengan diketahui :

Tabel 12. Titik didih komponen

Komponen	Titik didih (°C)	ΔH (kJ/kmol)
Gum Rosin	440	20526,32043
Terpentin	156	8366,01485
Kotoran halus	416,7	y



$$\frac{20526,32043 - 8366,01485}{440 - 156} = \frac{y - 8366,01485}{416,7 - 156}$$

$$\frac{12160,3056}{284} = \frac{y - 8366,01485}{260,7}$$

$$15926,0708 \times 260,7 = (284 \times y) + (284 \times (-10803,38331))$$

$$3170191,67 = 284y - 2375948,22$$

$$y = 19528,6166 \text{ kJ/kmol}$$

Menghitung kalor (Q) komponen Kotoran halus pada arus C

$$Q = n \times \Delta H$$

Tabel 13. Neraca panas komponen kotoran halus arus C

Komponen	n (kmol/jam)	Arus C	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)

Kotoran Halus	0,787579	19528,6166	15380,32943
---------------	----------	------------	-------------

Tabel 14. Neraca panas total komponen arus C

Komponen	n (kmol/jam)	Arus C	
		ΔH (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)
Kotoran Halus	0,787579	19528,6166	15380,32943
Air	43,112563	2634,2358616	113568,6582245
Asam Oksalat	0,825397	4651,4616771	3839,3017017
Total	44,725538	26814,314139	132788,289356

3. Menghitung efisiensi *scrubber*

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \\
 &= (Q_A + Q_B) - Q_C + Q_D \\
 &= 362624,6672 \text{ kJ/jam} - 336881,2 \text{ kJ/jam} \\
 &= 225743,45615 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% Q_{\text{loss}} &= \frac{336881,2}{362624,6672} \times 100\% \\
 &= 7,0992\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi} = 92,9 \%$$

4. Menghitung neraca panas total *input* dan *output*

Dari perhitungan neraca panas setiap komponen *input* dan *output* dapat diketahui total neraca panas *input* dan *output scrubber* seperti pada tabel 15.


Tabel 15. Neraca panas total *input* dan *output*

Komponen	Q in (kJ/jam)		Q out (kJ/jam)	
	A	B	C	D
Terpentin	100000,5481			77439,26566
Gum Rosin	148496,7103			114034,9162
Kotoran Halus	20022,49901		15380,32943	
Air	30513,4291	58613,63861	113568,6582	12618,7398
Asam Oksalat	4977,84205		3839,301701	
Sub Total	304011,0286	58613,63861	132788,3	204092,9217
Q loss			25743,45615	
Total	362624,6672		362624,6672	

Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pematang



Lampiran F

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281 Telp./Fax : (0274) 485786, WA : 0812 2602 2370
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta 55283 Telp./Fax : (0274) 486889.
E-mail : adminfti@upnyk.ac.id, Laman : www.fit.upnyk.ac.id

SURAT TUGAS
Nomor 331 /UN62.12/KM/2022

Dekan Fakultas Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta memberikan tugas kepada,

No	Nama	NPM	Prodi/Program	Dosen Pembimbing /NIDN
1.	Bima Saputra	021190055	Teknik Kimia/ Diploma Tiga	Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng. 0029088903
2.	Alvin Andryan	021190083	Teknik Kimia/ Diploma Tiga	Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng. 0029088903
3.	Vickyta Shafalaila Dewi	021190004	Teknik Kimia/ Diploma Tiga	Indriana Lestari, S.T., M.T. 0408018406


untuk melaksanakan Kerja Praktik pada,
Periode : 1 Juni 2022 s.d. 31 Juli 2022
Tempat : Perhutani Pine Chemical Industri Pematang KBM Industri Hasil Hutan Bukan Kayu Jawa tengah
Kantor Pusat Perum Perhutani Jl. TB Simatupang No. 22 Jati Padang Pasar Minggu, Jakarta

Untuk ketertiban administrasi dan dokumen Fakultas Teknik Industri, maka yang bersangkutan wajib menyerahkan laporan kepada Dekan paling lambat satu minggu setelah pelaksanaan tugas.

Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

19 Mei 2022

a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik


Dr. Aprian Soepardi, S.T.P., M.T.
NIP. 197311182021212005

Tembusan:

1. Dekan (sebagai laporan);
2. Kajur Teknik Kimia;
3. Dosen Pembimbing;

FTI UPN “Veteran” Yogyakarta

Tugas Akhir
Evaluasi Kinerja Alat Scrubber Di Plant 1 (Pabrik Gondorukem dan Terpentine) Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) Perum Perhutani Pemalang



Lampiran G

