

**ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH INDUSTRI KERTAS**  
**(Studi Kasus di PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit**  
***Paper Machine 4***)

**ARYOSAN TETUKO HARYONO**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**  
**BOGOR**  
**2016**

## **PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit *Paper Machine 4*) adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2016

*Aryosan Tetuko Haryono*  
NIM F34110032

## ABSTRAK

ARYOSAN TETUKO HARYONO. Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT. Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit *Paper Machine 4*). Dibimbing oleh TAJUDDIN BANTACUT.

PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia memiliki berbagai masalah dalam kegiatan produksinya. Permasalahan ini akan berdampak pada lingkungan dan kualitas akhir produk yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penerapan produksi bersih pada industri kertas. Metode yang digunakan dimulai dari identifikasi proses produksi dan analisa limbah, penentuan alternatif produksi bersih secara teknik, ekonomi dan lingkungan serta penentuan prioritas opsi produksi bersih. Berdasarkan hasil penelitian, teridentifikasi masalah dari berbagai aspek diantaranya belum dilakukannya pengujian mutu *pulp*, pekerja tidak mengenakan *earplug* dan alat pelindung diri, pemakaian air yang terlalu besar, umur mesin yang sudah tua, banyaknya *loss fiber* di unit *wire*, sering terjadi putus kertas, terdapat kertas *reject* dan adanya *wet broke* dan limbah cair pada akhir proses. Alternatif produksi bersih yang direkomendasikan berupa penerapan *good housekeeping*, penggantian mesin, dilakukannya pengujian mutu *pulp*, pemantauan secara intensif pada lini produksi, penghematan penggunaan air, minimasi penggunaan bahan baku, daur ulang kertas *reject* dan daur ulang *white water*. Berdasarkan permasalahan utama yang terjadi di perusahaan, opsi produksi bersih yang diajukan adalah penerapan *good housekeeping* berupa perbaikan alat *centricleaner*. Perbaikan *centricleaner* dilakukan dengan menutup kebocoran. Biaya investasi yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 37 042 224 dengan memperoleh tambahan keuntungan sebesar Rp. 6 539 832 000/ tahun. Nilai *payback period* untuk penerapan opsi ini adalah 0.0057 tahun atau kurang dari 1 bulan.

Kata kunci: produksi bersih, kertas, *good housekeeping*

## **ABSTRACT**

ARYOSAN TETUKO HARYONO. *Analysis Implementation of Cleaner Production in Paper Industry. (Case Study in PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit Paper Machine 4). Supervised by TAJUDDIN BANTACUT.*

*There are some problems occur in production process of PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia. Some of these affect environment and end product quality. The objective of this research was to identify possible improvement based on cleaner production principles. The method of were production process and waste analysis, determination of cleaner production alternative technically, economy and environment by of cleaner production option. The results showed that some problems exist include absent of pulp quality test, old machine, unused earplug and self protection equipment, a lot of water used as utility the occur of broken paper, a lot of waste (loss fibre) in wire unit, generation of rejected paper and wet broke and waste water in the end of process. The recommended cleaner production alternative is the improvement of good housekeeping, machine change and pulp quality. Based on those of main problem, the recommended cleaner production is good housekeeping improvement, fixing centricleaner by closing the leakage. Invesments cost of Rp 37 042 224 with potential benefit of 6 539 832 000/ year. The payback period is less than 1 month.*

*Keywords: cleaner production, paper, good housekeeping*

**ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH INDUSTRI KERTAS  
(Studi Kasus di PT. Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit  
*Paper Machine 4*)**

**ARYOSAN TETUKO HARYONO**

Skripsi  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian  
Pada  
Departemen Teknologi Industri Pertanian

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2016**

Judul Skripsi: Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT.  
Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit *Paper Machine 4*)

Nama : Aryosan Tetuko Haryono

NIM : F34110032

Disetujui oleh

Dr Ir Tajuddin Bantacut, MSc  
Pembimbing

Diketahui oleh

Prof Dr Ir Nastiti Siswi Indrasti  
Ketua Departemen

Tanggal Lulus: (            )

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Penulis mengambil tema Lingkungan, dengan judul skripsi Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT. Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit *Paper Machine 4*). Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr Ir Tajuddin Bantacut, MSc selaku dosen pembimbing skripsi atas perhatian, bimbingan, nasihat dan motivasinya selama ini.
2. Ir Riana Tjaturangga selaku Pembimbing Lapang di PT Pindo-Delli Pulp and Paper Mills Indonesia atas masukan dan arahnya selama penelitian ini.
3. Pihak *operator Stock PM 3-4* atas bantuannya selama pengambilan data penelitian.
4. Bapak Endang sebagai HRD di PT Pindo-Delli Pulp and Paper Mills Indonesia.
5. Bapak Arif sebagai Manager WWT PT Pindo-Delli Pulp and Paper Mills Indonesia.
6. Ibu Rini sebagai *staff* WWT PT Pindo-Delli Pulp and Paper Mills Indonesia.
7. Segenap dosen dan *staff* Departemen Teknologi Industri Pertanian yang senantiasa memberikan kritik, saran dan pelayanan yang baik.
8. Rekan satu bimbingan: Mohammad Ryan Pratama, Andreas Zuriel dan Muhammad Nurdiansyah yang bersama-sama melaksanakan penelitian dan saling memberikan bantuan.
9. Ayahanda Ir Haryono dan Ibunda Meity Zusana atas dukungan dan doanya selama ini.

Penulis berharap karya ilmiah ini dapat berkontribusi secara signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kritik dan saran penulis harapkan untuk pengembangan lebih lanjut demi pertanian Indonesia yang lebih baik.

Bogor, Mei 2016

*Aryosan Tetuko Haryono*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Ruang Lingkup Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
Bahan Baku Proses Produksi Kertas	2
Proses Produksi Kertas	3
Permasalahan Lingkungan Industri Kertas	8
Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas	12
METODE	14
Waktu dan Tempat Penelitian	14
Kerangka Pemikiran	14
Teknik Pengumpulan Data	15
Teknik Analisa Data	15
HASIL DAN PEMBAHASAN	16
Proses Produksi Kertas	16
Produksi Bersih yang Sudah Diterapkan	18
Identifikasi Permasalahan di Industri Kertas	22
Analisa Penerapan Produksi Bersih di Perusahaan	27
SIMPULAN DAN SARAN	36
Simpulan	36
Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	40
RIWAYAT HIDUP	42



## DAFTAR TABEL

1 Tahapan metode penelitian	16
2 Opsi produksi bersih pada industri kertas	27

## DAFTAR GAMBAR

1 Diagram alir proses produksi kertas	3
2 Diagram alir proses pembuatan <i>pulp</i> mekanik	5
3 Diagram alir proses pembuatan <i>pulp</i> sulfit	7
4 Diagram alir proses pembuatan <i>pulp</i> semi-kimia	8
5 <i>Cleaner Production Techniques</i>	11
6 Aliran proses produksi kertas PT Pindo-Deli	18
7 Bak kropta PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia	20
8 Air limbah <i>in</i> kropta dan <i>out</i> kropta	21
9 <i>Incleaner screen</i> PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia	21
10 Skema aspek kegiatan proses produksi	22
11 Identifikasi permasalahan-permasalahan yang terdapat pada industri	23
12 Neraca massa aktual perusahaan	29
13 Skema opsi produksi bersih yang disarankan	28
14 Kebocoran <i>centricleaner</i> pada area <i>paper machine</i>	34
15 Alat <i>con</i> pada <i>centricleaner</i>	35

## DAFTAR LAMPIRAN

1 Neraca massa aktual PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills	40
2 Analisa finansial penerapan opsi <i>good housekeeping</i>	41

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Industri kertas memiliki bahan baku yang mengandung serat selulosa, umumnya kayu, kertas daur ulang dan residu pertanian (Thompson *et al.* 2001; Gupta 1997). Di negara berkembang seperti Indonesia, sebanyak 60% serat selulosa dipenuhi dari bahan baku non kayu seperti *bagasse*, jerami, bambu, dan alang-alang (Worldbank 1996). Industri kertas merupakan salah satu industri pencemar paling besar di dunia (Thompson *et al.* 2001; Sumathi dan Hung 2006). Industri kertas menghasilkan limbah tercemar berat dalam jumlah yang besar (Thompson *et al.* 2001; Gupta 1997). Jumlah dan muatan limbah yang dihasilkan tergantung pada teknologi produksi, kemurnian bahan baku, penggunaan bahan aditif dan efisiensi pengolahan air (Tiku *et al.* 2007).

Berdasarkan Kusumaputra (2011), kebutuhan kertas dalam negeri pada tahun 2010 telah mencapai 6.6 juta ton per tahun. Kebutuhan ini akan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan mencapai angka 4.1 % per tahun. Seiring dengan peningkatan kebutuhan kertas tersebut, perusahaan-perusahaan kertas di Indonesia juga meningkatkan kapasitas produksinya. PT Pindo-Delli Pulp and Paper Mills Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang terus meningkatkan kapasitas produksinya. Dibalik hal tersebut, isu pencemaran lingkungan muncul menjadi permasalahan utama pada industri kertas. Dari hasil tinjauan di lapangan, terdapat banyak limbah industri kertas yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan oleh industri kertas. Limbah ini berpotensi besar untuk mencemari lingkungan di sekitarnya. Limbah cair dapat diminimisasi salah satunya dengan penerapan produksi bersih. Menurut Hakimi dan Budiman (2006), jumlah dan intensitas limbah bisa dikurangi dengan penerapan konsep produksi bersih. Konsep produksi bersih dilakukan dengan strategi 5R (*re-think, reduce, reuse, recycle* dan *recovery*) (Purwanto 2009). Konsep produksi bersih ini sangat cocok dipakai di industri kertas.

Produksi bersih adalah strategi untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan secara bersamaan mengurangi konsumsi sumberdaya. Fokus utama dari produksi bersih terdapat pada proses dan pengurangan kerugian, sesuai dengan tujuan meminimalkan input dan memaksimalkan output. Produksi bersih bukan hanya fokus kepada perbaikan teknis saja, tetapi mencakup pandangan terpadu pada semua aspek masalah. Produksi bersih menekankan upaya untuk mencegah pemborosan dan penggunaan sumberdaya yang tidak perlu. Produksi bersih dapat didefinisikan dalam tiga bagian utama, yakni pencegahan dan minimisasi, pemakaian ulang dan daur ulang serta optimisasi dan efisiensi.

Konsep produksi bersih perlu diterapkan pada industri kertas dengan upaya pencegahan, minimisasi, *reuse*, dan *recycle* pada limbah yang terbentuk. Konsep ini menekankan pada pengurangan pencemaran lingkungan di setiap tahapan proses, sehingga diperoleh keuntungan berupa pengurangan produksi hasil samping, optimasi penggunaan sumberdaya dan peningkatan efisiensi produksi. Dalam definisi lain, menurut Abbasi (2004) produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang terpadu dan preventif yang digunakan untuk meningkatkan keefisiensi dan mengurangi resiko pada lingkungan. Pradipsinh *et*

*al.* (2013) menegaskan bahwa produksi bersih diterapkan untuk mengembangkan teknologi yang lebih bersih dengan memakai teknologi yang lebih baik. Berdasarkan Suprihatin *et al.* (2015), produksi bersih merupakan suatu elemen strategis dalam teknologi produksi saat ini. Dengan penerapan produksi bersih, diharapkan industri kertas mampu meningkatkan efisiensi dalam kegiatan produksinya.

Penelitian tentang penerapan produksi bersih dilakukan untuk mengurangi limbah dengan memberikan strategi preventif dari studi serupa sebelumnya. Penelitian ini dilakukan di Karawang, PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia.

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penerapan produksi bersih pada industri kertas.

### **Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian studi kasus yang dimaksudkan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada proses produksi kertas. Fokus dalam penelitian ini adalah menganalisis masalah yang terjadi pada lini produksi dan memberikan solusi dengan konsep produksi bersih.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu mengatasi masalah penurunan efisiensi produksi kertas dengan memberikan opsi produksi bersih yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi produksi kertas.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Bahan Baku Proses Produksi Kertas**

Berikut ini adalah klasifikasi dari bahan baku berserat untuk kegiatan produksi kertas.

#### 1) *Wood*

a. *Softwood* yang terdiri dari cemara dan pinus.

b. *Hardwood* seperti *eucalyptus*.

#### 2) *Non-wood*

a. Bahan pertanian dan residu lainnya seperti jerami dan ampas tebu.

b. Tanaman seperti bambu, alang-alang, papirus, esparto dan jenis-jenis rumput.

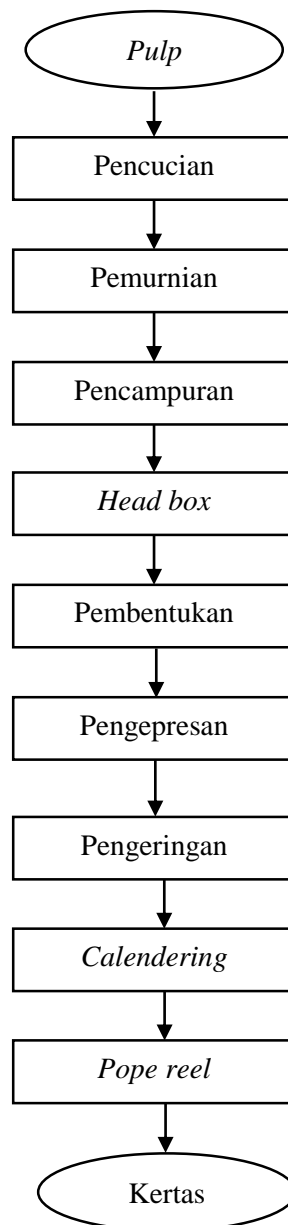
c. Tanaman utama yang banyak mengandung serat seperti jute, rami, kenaf, *abaca*, *sisal* dan kapas.

Dari serat-serat yang disebutkan di atas, ampas tebu, bambu dan jerami padi merupakan bahan baku serat non-kayu yang paling utama untuk membuat kertas. Keuntungan dari penggunaan bahan non-kayu adalah harga bahan baku yang

murah. Sedangkan kekurangannya terlihat pada persiapannya yang sulit saat proses persiapan bahan baku (pengumpulan, transportasi dan penyimpanan).

### Proses Produksi Kertas

Pada umumnya proses pembuatan kertas dibagi dalam dua tahap, yakni pembuatan *pulp* dan pembuatan kertas. Pada tahapan pembuatan *pulp*, bahan baku selulosa diproses menjadi serat bebas. Pembuatan kertas adalah proses berkesinambungan, yang terdiri dari pembentukan bubur kertas ke pembentukan lembaran, kemudian ditekan, dikeringkan dan dipipihkan. Diagram alir dari proses produksi kertas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir proses produksi kertas (Tjiwi Kimia 2014)

Proses produksi kertas menggunakan berbagai jenis bahan baku diantaranya adalah *pulp*, *broke* (kertas *reject*),  $\text{CaCO}_3$  (kapur), AKD (alkyl ketena dimer), *starch*, *retention* dan pewarna. Kegiatan produksi dimulai dari tahap *stock preparation*.

*Pulp* yang diperoleh dari PT Lontar Papirus kemudian dicuci untuk menghilangkan cairan hitam (sisa zat kimia dan limbah). Pencucian *pulp* secara efisien sangat penting dilakukan untuk memastikan kebutuhan maksimal zat kimia dalam proses *pulping* dan mengurangi jumlah limbah organik yang terbawa oleh *pulp* dalam proses pemutihan. *Pulp* yang kurang tercuci membutuhkan dosis zat pemutih yang lebih besar. *Pulp* kemudian masuk pada tahapan pemurnian/*refining*. Pada tahap *refining*, *pulp* melewati slot dalam piringan yang berputar untuk memisahkan gumpalan selulosa menjadi serat. Selanjutnya *pulp* masuk pada tahap *bleaching*. *Bleaching* dilakukan dengan tujuan menghilangkan lignin tanpa merusak selulosa. *Bleaching* merupakan proses pemucatan suatu material atau bahan dengan diberi penambahan bahan kimia.

*Pulp* yang telah jadi kemudian masuk ke *stuff box*. Pada *stuff box* aliran bubur *pulp* diatur agar konstan untuk melaju ke tahap berikutnya. Bubur *pulp* masuk ke *head box*. *Head box* adalah alat terakhir yang berfungsi memproses *pulp* sebelum dibentuk lembaran. Selain itu, alat ini juga berfungsi sebagai penyalur *pulp* ke *wire part*. Tebal tipis lembaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh *slice* yang berada di *head box*. *Head box* memiliki penyemprot air (*shower*) yang berfungsi untuk menghilangkan buih pada *head box*. Di dalam *head box*, biasanya konsistensi *pulp* sudah berkisar antara 0.5-0.9% sesuai dengan jenis produksi yang diinginkan.

*Pulp* yang sudah stabil konsistensinya akan masuk pada tahap pembentukan lembaran/*wire part*. *Wire* merupakan anyaman kawat kasa yang memiliki *mesh* tertentu yang dapat bergoyang ke kiri dan kanan. *Wire* disangga dengan *table roll* dan terbentang di atas *forming board*, *suction box*, *hidro foil* dan *suction couch roll*. *Table roll* berfungsi untuk meratakan permukaan lembaran serta mempercepat turunnya air dari lembaran *pulp*. *Suction box* berfungsi sebagai penghisap air dari lembaran. Pada ujung lembaran kasa *wire* terdapat *breast roll* yang berfungsi sama dengan *table roll*. Besar kecilnya gramatur kertas yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh kecepatan Bergeraknya *wire* dan laju alir *stock*. Pada *wire part* umumnya terjadi pengurangan kadar air karena pengaruh efek gravitasi dan penghisapan *vacuum*.

*Pulp* berikutnya dimasukkan ke *press felt/part*. *Press felt* (alat pengepres) berfungsi untuk meratakan permukaan lembaran kertas dan mengurangi kandungan air yang terdapat pada kertas sehingga diperoleh kadar air sebesar 43-45%. Proses pengepresan dilakukan secara mekanis dengan menggunakan 3 komponen pengepres. Setelah cukup kering, lembaran kertas masuk pada alat pengering (*dryer part*). Pengering jenis ini bentuknya berupa silinder-silinder berputar dan berisi uap panas (*steam*) yang satu sama lainnya dihubungkan dengan *press felt*, sehingga silinder-silinder tersebut berputar pada sumbunya. Alat pengering terdiri atas 5 *section* yang memiliki suhu berbeda di tiap unitnya. Tujuan adanya perbedaan suhu di tiap unit adalah agar kertas yang dihasilkan tidak terlalu kering, sehingga tidak mudah sobek saat digulung.

Lembaran kertas yang telah kering berikutnya masuk pada tahapan proses *calendering*. Proses *calendering* pada intinya adalah untuk membuat kertas yang dihasilkan menjadi lebih tipis, halus dan lembut. Proses *calendering* dilakukan pada

*calendar stack* yang terdiri dari beberapa pasangan silinder dengan jarak tertentu yang berfungsi untuk mengontrol ketebalan dan kehalusan hasil akhir kertas.

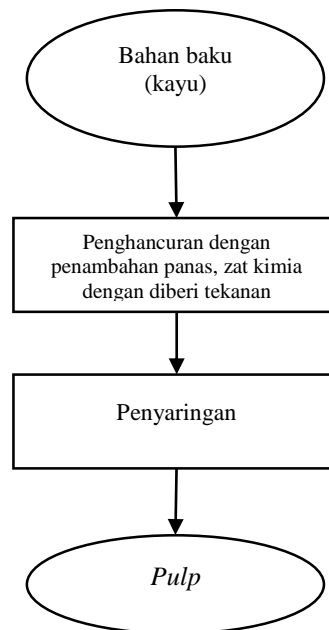
Lembaran kertas yang telah halus kemudian masuk pada tahap pemotongan kertas di *pope reel*. Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari proses pembuatan kertas. Proses pemotongan kertas dilakukan dari gulungannya. Pada bagian ini, kertas yang digulung dalam gulungan besar dipotong pada ketebalan yang diinginkan dan kemudian dikemas.

### *Pulping*

Proses pembuatan *pulp* dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu *pulping* kimia, *pulping* mekanik dan *pulping* semi-kimia.

#### 1) *Pulping* mekanik

*Pulp* mekanik diproduksi dengan menggiling kayu atau bahan non-kayu untuk membebaskan serat. Selain itu, diberikan juga panas dan tekanan untuk membantu proses. *Pulping* mekanik menghasilkan *pulp* kelas rendah dengan warna dan serat pendek tinggi. Proses ini mengkonversi 95% kayu menjadi *pulp* dan menghasilkan polusi minimal di udara dan air. Proses pembuatan *pulp* mekanik disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir proses pembuatan *pulp* mekanik (Polsri 2015)

#### a. *Pulping* menggunakan batu *groundwood*

Pada proses *pulping* menggunakan batu *groundwood*, *pulp* dibuat dengan menggunakan gerinda. Prinsip pembuatan *pulp* dengan metode ini adalah menekan bahan baku pada permukaan yang kasar dan abrasif dari gerinda yang terbuat dari batu. Sejumlah air digunakan dalam operasi ini. Air yang digunakan berfungsi untuk mendinginkan, membersihkan dan melumasi permukaan batu gerinda serta membawa *pulp* yang terbentuk. *Pulp* yang dihasilkan dari proses ini dipakai sebagai bahan baku pembuatan kertas cetak, karton dan kertas khusus.

b. *Pulping* pemurnian

Proses ini menggunakan penggilingan dengan cakram untuk menguraikan bahan baku. Bahan baku utama yang digunakan adalah kayu jarum karena sifat fisik yang dihasilkan lebih baik dibandingkan *pulp* kayu asah, sedangkan energi yang digunakan lebih rendah jika dibandingkan dengan proses *stone groundwood* (SGP).

c. *Pressurized groundwood*

Pembuatan *pulping* dengan metode ini merupakan perkembangan yang relatif baru. Hal ini mirip dengan proses *pulping* dengan menggunakan batu *groundwood*, namun log kayu digiling menggunakan tekanan.

2) *Pulping* kimia

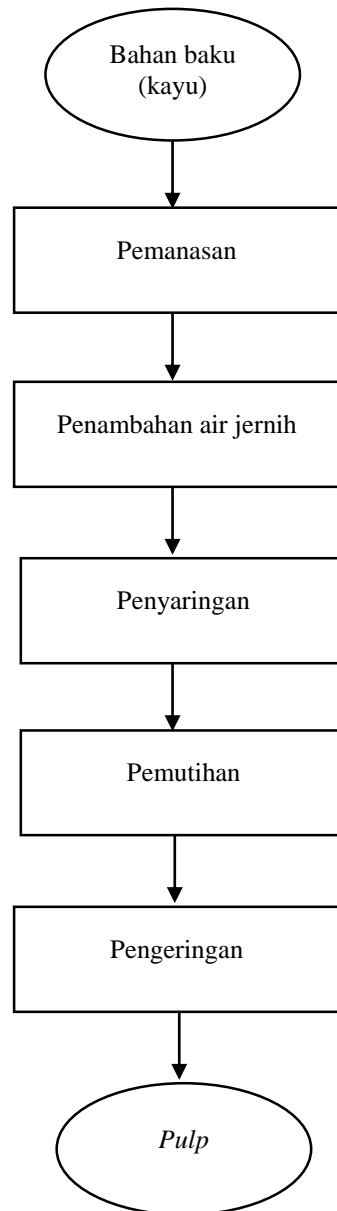
*Pulping* kimia dilakukan dengan mencerna serat bebas dari serpihan kayu. Bahan-bahan seperti bambu, jerami, rumput dan kapas diberi penambahan larutan kimia pada prosesnya dengan tujuan untuk melarutkan bahan yang terikat lignin. Rendemen *pulp* yang dihasilkan biasanya berada pada kisaran 35-37% dan sekitar 95% dari lignin yang dihilangkan dalam proses (McCubbin 1983). Metode pembuatan *pulp* secara kimia dapat dibagi menjadi *pulping* soda, sulfit, kraft (sulfat) dan semi-kimia. Berikut adalah penjelasan dari metode pembuatan *pulp* secara kimia.

a. *Pulping* soda

Pembuatan *pulp* menggunakan soda adalah proses kimia yang pertama kali diterapkan dalam pembuatan bubur kertas. Dalam prosesnya, natrium hidroksida digunakan sebagai *cooking liquor* dengan penambahan campuran abu soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan kapur  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ke *digester*. Proses ini paling cocok untuk pembuatan *pulp* dari residu pertanian (Palmer *et al.* 1983).

b. *Pulping* sulfit

Proses pembuatan *pulp* sulfit adalah salah satu metode pembuatan *pulp* yang utama. Proses ini paling cocok untuk kayu lunak non-resin. Dalam metode ini, lignin mengikat serat melunak dan larut hingga batas tertentu dalam larutan yang mengandung  $\text{SO}_2$  terlarut, ion hidrogen sulfit dengan nilai pH antara 1,5-12. Rendemen yang dihasilkan bervariasi antara 45-65% tergantung dari suhu pemanasan, akan tetapi biasanya hasil yang diperoleh adalah sekitar 50% untuk *pulp* standar yang tidak diputihkan. Jika *pulp* diputihkan, 4-5% berat kayu asli bisa hilang dalam proses. Keuntungan dari proses pembuatan *pulp* sulfit adalah kemungkinan adanya pemulihan bahan kimia dan kandungan panas dari lignin terlarut. Kelemahannya adalah proses ini menghasilkan *pulp* dengan bilangan kappa yang tinggi, sehingga membutuhkan proses pemutihan. Proses pembuatan *pulp* sulfit diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir proses pembuatan *pulp* sulfit (Tuong 1996)

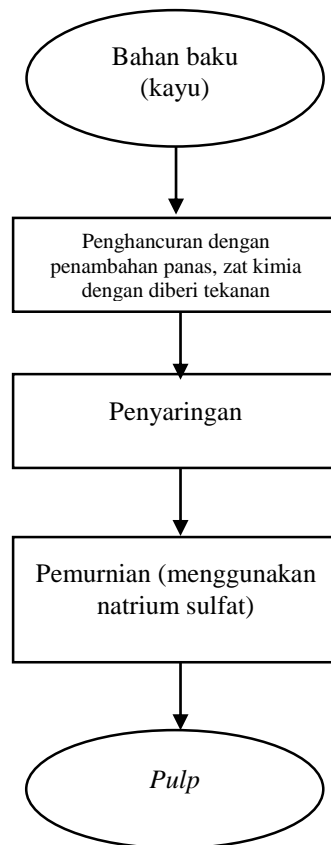
c. *Pulping* kraft

Proses pembuatan *pulp* dengan metode kraft pertama kali digunakan pada tahun 1879. Metode ini merupakan hasil modifikasi dari proses soda kaustik dalam natrium sulfit ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) yang ditambahkan pada *cooking liquor*. Dalam praktiknya, proses pembuatan *pulp* dimulai dari pengupasan kulit kayu, pencucian, pemotongan, penyaringan dan penyimpanan.

3) *Pulping* semi-kimia

Proses pembuatan *pulp* dengan metode semi-kimia ditandai dengan adanya penambahan senyawa kimia seperti natrium karbonat, natrium hidroksida, natrium sulfat dan senyawa kimia lainnya yang digunakan untuk memurnikan *pulp* hasil mekanik. Peralatan dan proses pembuatan *pulp* sama dengan proses pembuatan *pulp* secara mekanik. Proses pembuatan *pulp* secara semi-kimia dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4 Diagram alir proses pembuatan *pulp* semi-kimia (Tuong 1996)

#### Pembuatan Kertas

Pada pembuatan kertas, *pulp* diubah menjadi kertas. Pada umumnya proses ini terdiri dari empat langkah utama yaitu persiapan bahan, pembentukan lembaran, penghilangan air dan pengukuhan lembaran. Dalam pelaksanaannya, *pulp* dalam *stock* dipanaskan dan dicampur dengan beberapa bahan pengisi seperti tawas, tanah liat dan pati. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan sifat tertentu dari kertas. Kemudian, *pulp* disebar merata di atas *belt* yang bergerak terhadap kawat halus penyaringan. Sebagian kecil dari air yang terkandung dalam *pulp* akan melewati saringan, sedangkan serat akan terbawa di atas kawat. Lembaran kertas (basah) lalu ditekan melalui serangkaian gulungan dan dikeringkan di pengering uap. Setelah kering, permukaan lembaran akan diberi perlakuan hingga selesai.

#### Permasalahan Lingkungan Industri Kertas

##### 1) Persiapan bahan baku berserat

Terdapat dua jenis bahan baku berserat, yaitu kayu dan bahan non-kayu. Persiapan bahan kayu meliputi pengukuran bobot, penyimpanan, pencucian, pengulitan dan *chipping*. Metode pengupasan kulit (*debarking*) dan peralatan ditentukan oleh jenis kayu, proses pembuatan *pulp*, kualitas *pulp* dan kapasitas *debarking*. Pada proses ini teridentifikasi adanya limbah, yakni adanya pencemaran air saat proses persiapan pengulitan kayu khususnya bila kayu tersebut basah. Limbah yang teridentifikasi sebagian besar mengandung zat terlarut dan polutan. Secara umum, dalam proses ini kayu harus dicuci sebelum melewati proses *chipping* untuk mencegah kerusakan pada pisau. Sedangkan

untuk bahan non-kayu (seperti ampas tebu, bambu, sereal dan jerami padi) teridentifikasi adanya limbah saat proses penghancuran dan saat proses *chipping* untuk bambu, *depithing* untuk ampas tebu serta pencucian untuk jerami padi (Tuong 1996).

## 2) *Pulping*

*Pulping* secara umum dapat dilakukan dengan dua cara, yakni dengan cara kimia dan proses mekanikal. Proses pembuatan *pulp* dengan metode kimia dan proses mekanikal digunakan untuk memproduksi serat. Dalam metode kimia, bahan baku berserat dilumuri *cooking liquor* untuk melarutkan sebagian lignin dan membebaskan serat. Limbah ini disebut *black liquor* dan mengandung lignin, hemiselulosa serta bahan-bahan seperti dimetil sulfit dan *methyl mercaptan*. Air limbah yang tercemar akan berwarna coklat dan memiliki nilai COD yang tinggi. Residu dari bahan lignin yang terdapat pada titik pembuangan akan menyebabkan deplesi *dissolved oxygen* (Tuong 1996).

## 3) Pencucian atau pembilasan

Pada proses pembuatan *pulp*, pembilasan setelah memasak adalah salah satu operasi yang paling utama. Pembilasan bertujuan untuk memisahkan serat *pulp* dari cairan matang yang mengandung bahan kimia dari bahan baku berserat. Pencucian menyeluruh akan meninggalkan residu *black liquor* yang lebih sedikit. *Pulp* yang dicuci juga menentukan jumlah polusi yang dikeluarkan pada proses berikutnya yakni penyaringan dan pemutihan (Tuong 1996).

## **Produksi Bersih**

Dahulu kala, awalnya strategi pengelolaan lingkungan merujuk pada konsep kapasitas daya dukung. Setelah ditinjau lebih lanjut dalam pelaksanaannya, ternyata konsep ini terbilang sulit untuk diterapkan. Hal ini disebabkan adanya masalah yang dihasilkan seperti upaya perbaikan lingkungan menjadi rusak dan tercemar. Oleh karenanya, konsep ini memerlukan biaya yang tinggi. Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya IPTEK, konsep berubah menjadi solusi berupa pengolahan limbah saat limbah sudah terbentuk (*end of pipe treatment*). Namun, konsep ini lagi-lagi masih menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Beberapa kendala yang muncul dalam konsep ini diantaranya, seperti limbah masih tetap terbentuk, dirasa kurang efektif dalam memecahkan masalah, sifat konsep yang reaktif dan undang-undang yang mengatur tentang pembuangan limbah cenderung dilanggar serta upaya penegakan hukum belum dapat berjalan sepenuhnya (Bapedal 1996).

Strategi pengelolaan lingkungan sejak tahun 1990-an mulai berubah diikuti dengan kondisi lingkungan saat ini. Perubahan ini jika dilihat lebih dekat kepada upaya pencegahan. Selanjutnya, upaya ini terus dikembangkan secara perlahan dan akhirnya menghasilkan konsep baru yang dikenal dengan produksi bersih. Produksi bersih merupakan konsep baru berupa upaya preventif yang bersifat operasional dan terpadu.

Produksi bersih adalah suatu strategi pengelolaan lingkungan yang preventif dan diterapkan secara terus-menerus pada proses produksi dan daur hidup produk untuk meningkatkan eko-efisiensi dengan tujuan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan (Bapedal 1998). Dalam definisi lain, UNEP (1990) menjelaskan bahwa produksi bersih ialah strategi pengelolaan lingkungan yang preventif dan terpadu yang harus diaplikasikan secara kontinyu pada proses

produksi dengan fungsi untuk meminimalkan resiko terhadap makhluk hidup. Sedangkan beberapa tahun kemudian, UNEP mengartikan produksi bersih sebagai strategi pencegahan dampak lingkungan yang diterapkan secara berkelanjutan guna meningkatkan efisiensi secara menyeluruh (UNEP 1999). Generousdi dan Mulyadi (2005) menambahkan bahwa produksi bersih adalah suatu aksi yang mengakibatkan berkurangnya limbah pada sumbernya. Penerapan produksi bersih dapat dilakukan di berbagai tingkatan mulai dari skala mikro dengan sudut pandang atom, skala makro dengan cakupan pada makro yang berhubungan dengan kegiatan jejaring industri (Van Berkel 2001). Tindakan produksi bersih menurut Van Berkel (2001), meliputi modifikasi produk, penggantian bahan baku, modifikasi teknologi, tata kelola yang baik dan daur ulang di dalam industri. Menurut (Bishop 2000), tindakan produksi bersih meliputi perubahan produk dan perubahan proses yang mencakup perubahan bahan masuk, perubahan teknologi dan perbaikan praktik-praktik operasi. Sementara itu, tindakan produksi bersih menurut Freeman (1995), Van Berkel (2001) dan Purwanto (2003) terdiri dari atas tata kelola yang baik, penggantian bahan baku, perbaikan proses dan teknologi, penggantian teknologi dan penyesuaian spesifikasi.

Tata kelola yang baik terdiri dari perbaikan penanganan bahan, pencegahan kebocoran, perbaikan jadwal produksi, perbaikan prosedur kerja, pengendalian penyediaan bahan, pelatihan, segregasi aliran dan segregasi limbah. Penggantian bahan baku meliputi penggantian dengan bahan yang tidak berbahaya dan beracun, pemakaian bahan baku yang lebih murni dan bahan baku yang ramah lingkungan. Kegiatan tindakan perbaikan proses dan teknologi terdiri dari perubahan tata letak, otomatisasi, perbaikan kondisi operasi, pengendalian proses yang baik, perbaikan proses dan modifikasi peralatan. Tindakan penggantian teknologi merupakan kegiatan mengganti dengan teknologi baru yang dapat mengurangi pemakaian bahan dan energi. Penyesuaian spesifikasi produk merupakan tindakan dengan kegiatan merancang produk yang mempunyai dampak negatif lingkungan lebih rendah dengan menggunakan bahan yang kurang berbahaya dan menimbulkan sedikit limbah, memperpanjang umur produk dan desain produk modular (Freeman 1995; Van Berkel 2001; Purwanto 2003). Tujuan dari program produksi bersih adalah mencapai efisiensi produksi dan memperbaiki kualitas lingkungan.

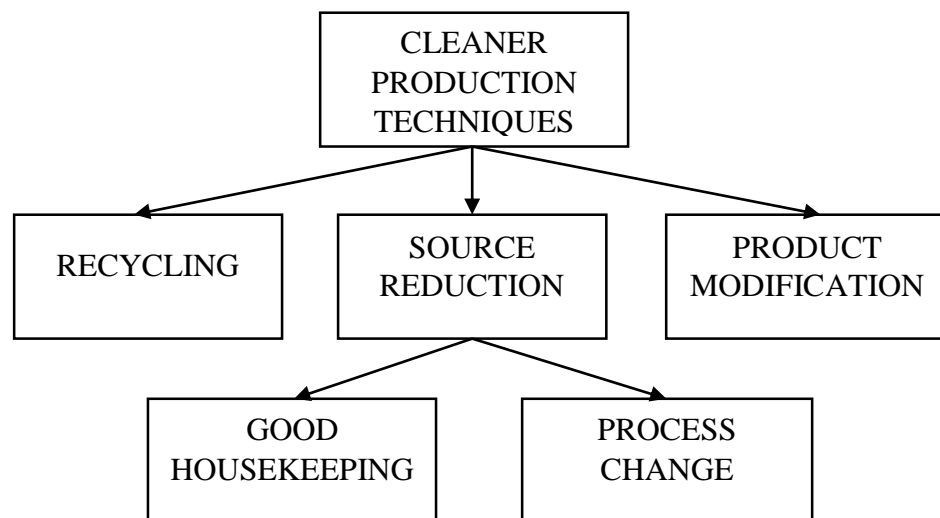
Pada praktik pelaksanaan di lapangan, program produksi bersih harus dijalankan berdasarkan prinsip produksi bersih. Prinsip-prinsip dalam produksi bersih yang dimaksud adalah:

- 1) Dirancang secara komprehensif pada tahap sedini mungkin. Produksi bersih dipertimbangkan pada tahap sedini mungkin dalam pengembangan proyek-proyek baru atau pada saat mengkaji proses dan aktivitas yang sedang berlangsung.
- 2) Bersifat proaktif, harus diprakarsai oleh industri dan kepentingan-kepentingan yang terkait.
- 3) Bersifat fleksibel, dapat mengakomodasi berbagai perubahan seperti perkembangan di bidang politik, ekonomi, sosial-budaya, IPTEK dan kepentingan berbagai kelompok masyarakat.
- 4) Perbaikan berlanjut.

Terdapat manfaat atau keuntungan yang diperoleh bagi perusahaan atau industri yang mau menerapkan program produksi bersih, diantaranya adalah:

- 1) Mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan melalui upaya minimisasi limbah, daur ulang, pengolahan dan pembuangan limbah yang aman.
- 2) Mendukung prinsip pemeliharaan lingkungan dalam rangka pelaksanaan pembangunan berkelanjutan.
- 3) Dalam jangka panjang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi melalui penerapan proses produksi, penggunaan bahan baku dan energi yang efisien.
- 4) Mencegah degradasi lingkungan dan mengurangi eksploitasi sumberdaya alam melalui penerapan daur ulang limbah dalam proses yang akhirnya menuju pada upaya konservasi sumberdaya alam untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.
- 5) Memberi peluang keuntungan ekonomi, sebab dalam produksi bersih terdapat strategi pencegahan pencemaran pada sumbernya, yakni mencegah terbentuknya limbah secara dini dengan pengolahan dan pembuangan limbah.
- 6) Memperkuat daya saing produk di pasar global.
- 7) Meningkatkan citra produsen dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan.
- 8) Mengurangi tingkat bahaya kesehatan dan keselamatan kerja.

Selain dari prinsip-prinsip pelaksanaan produksi bersih beserta manfaatnya, program produksi bersih juga memiliki teknik-teknik dalam menerapkan produksi bersih. Berikut adalah teknik dari produksi bersih.



Gambar 5 *Cleaner Production Techniques* (NPC 1996)

Afmar (1999) menegaskan juga bahwa terdapat beberapa teknik pelaksanaan produksi bersih, diantaranya adalah:

- 1) Pengurangan pada sumber
 

Pengurangan pada sumber merupakan pengurangan atau eliminasi limbah pada sumbernya. Upaya ini meliputi:

  - a) Perubahan produk
 

Perancangan ulang produk, proses dan jasa yang dihasilkan sehingga akan terjadi perubahan produk, proses dan jasa. Perubahan ini dapat bersifat komprehensif maupun radikal. Perubahan ini dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: substitusi produk, konservasi produk dan perubahan komposisi produk.

- b) Perubahan material input  
Perubahan material input dilaksanakan untuk mengurangi atau menghilangkan bahan berbahaya dan beracun yang masuk atau digunakan dalam proses produksi sehingga dapat menghindari terbentuknya limbah B3 dalam proses produksi.
  - c) Volume buangan diperkecil  
Terdapat dua macam cara yang dapat dilakukan untuk memperkecil volume dari buangan, yaitu dengan cara pemisahan dan pengkonsentrasian. Pemisahan limbah dimaksudkan untuk memisahkan limbah yang bersifat beracun dengan limbah yang tidak beracun. Sedangkan pengkonsentrasian merupakan cara yang dilakukan untuk menghilangkan sejumlah komponen pada limbah. Pengkonsentrasian pada limbah dapat dilakukan dengan cara pengolahan fisik, seperti pengendapan dan penyaringan.
  - d) Perubahan teknologi  
Perubahan teknologi mencakup modifikasi proses dan peralatan. Tujuannya adalah untuk mengurangi limbah dan emisi. Perubahan teknologi dapat dilaksanakan mulai dari yang sederhana dalam waktu singkat dan biaya murah sampai dengan perubahan yang membutuhkan investasi tinggi.
  - e) Penerapan operasi yang baik (*Good Housekeeping*)  
Praktik operasi yang baik (*Good Housekeeping*) adalah salah satu pilihan pengurangan pada sumber, mencakup tindakan prosedural, administratif atau institusional yang dapat digunakan di perusahaan untuk mengurangi terbentuknya limbah. Penerapan operasi ini melibatkan unsur-unsur seperti pengawasan terhadap prosedur-prosedur operasi, *loss prevention*, praktik manajemen, segregasi limbah, perbaikan penanganan material dan penjadwalan produk. Peningkatan *Good Housekeeping* umumnya dapat menurunkan jumlah limbah antara 20-30% dengan biaya yang rendah.
- 2) Daur ulang  
Daur ulang merupakan penggunaan kembali limbah dalam berbagai bentuk, diantaranya adalah:
- a) Dikembalikan lagi ke proses semula
  - b) Digunakan sebagai bahan baku pengganti untuk proses produksi lain
  - c) Dipisahkan untuk diambil kembali bagian yang bermanfaat
  - d) Diolah kembali sebagai produk samping
- Walaupun daur ulang limbah cenderung efektif dari segi biaya dibandingkan dengan pengolahan limbah, tetapi terdapat hal yang harus diperhatikan yakni proses daur ulang limbah harus mempertimbangkan seluruh upaya pengurangan limbah pada sumber yang dilakukan.

### **Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas**

Produksi bersih merupakan strategi preventif dan terpadu yang harus diterapkan pada proses produksi untuk mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan (UNEP 2001). Penerapan produksi bersih perlu dilakukan pada industri kertas untuk mengurangi timbulnya limbah. Pada umumnya, opsi produksi bersih yang dapat dilakukan terdiri dari *good housekeeping*, perubahan bahan baku, perubahan teknologi, modifikasi produk, on-site *reuse* dan *recycling* (UNEP 2002).

Berdasarkan *Ebook Cleaner Production* (2015), tindakan produksi bersih yang penting harus dilakukan di industri kertas adalah:

- 1) *Cleaning the roll*: melakukan pembersihan *roll* pada lini produksi kertas untuk menghindari timbulnya kerusakan kertas selama produksi berlangsung. Tindakan ini meningkatkan *good housekeeping* bagi perusahaan. *Good housekeeping* adalah langkah-langkah prosedural dan administratif yang dilakukan perusahaan untuk mengurangi timbulnya limbah dan emisi (UNEP 2002). Selain itu, tindakan ini akan mengurangi jumlah kerusakan pada kertas. Opsi *cleaning the roll* dapat dilakukan dengan mudah oleh perusahaan karena tidak perlu merubah proses.
- 2) *Adjustment of edge cutter*: melakukan penyesuaian terhadap kertas yang akan dihasilkan dengan memotong pinggir anyaman kawat *wire* untuk mengurangi kehilangan *trim*. Tindakan ini dapat mengurangi biaya produksi dan mengurangi konsumsi sumberdaya.
- 3) *Use of soft water as a boiler feed water*: menggunakan *soft water* sebagai umpan masuk boiler. *Soft water* merupakan air yang memiliki kandungan mineral yang rendah. *Soft water* dihasilkan dari proses *water softening*. Dengan menggunakan *soft water* sebagai umpan masuk boiler, maka akan mengubah proses ke arah yang lebih baik. Penggunaan *soft water* juga dapat mengurangi polusi udara.
- 4) *Optimising the thermal effects on water*: melakukan optimasi efek termal air yang digunakan di area *paper machine* dan *stock preparation*. Tindakan ini dapat mencegah terputusnya kertas selama proses produksi berlangsung.
- 5) *Providing disk save-all*: menyediakan gudang atau area yang dapat menyimpan semua kertas *reject* yang berasal dari area *paper machine*. Tujuannya untuk meningkatkan *good housekeeping* bagi perusahaan.
- 6) *Repulping rejected paper*: melakukan pengolahan kembali kertas yang *rejected* dengan dijadikan kembali bahan baku pada unit *stock preparation*. Tujuannya untuk mengurangi timbulnya limbah dan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan baku.

Dalam riset berupa studi produksi bersih di IKPP Serang, Nugraha dan Susanti (2006) mengungkapkan bahwa produksi bersih secara substansi ialah pengurangan limbah pada sumbernya. Pengurangan limbah ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan *reuse*, *recycle*, *recovery* dan *good housekeeping*. Menurutnya, program produksi bersih yang dapat dilakukan di pabrik kertas (PT IKPP) adalah:

- 1) *Recovery white water* di area *stock preparation*. *Recovery white water* adalah pengolahan kembali air sisa produksi dengan diberi penambahan zat kimia untuk memisahkan serat dengan air. Serat yang telah terpisah akan ditekan untuk dikurangi kadar airnya, kemudian serat dikirim ke tempat penyimpanan bahan baku untuk diolah kembali dalam *pulper*. Air akan dikirim ke tangki air untuk digunakan sebagai media pembuburan. Alat yang digunakan untuk memisahkan air dan serat disebut dengan *purgomat*. Pengolahan air sisa produksi ini merupakan upaya penghematan dalam penggunaan air yang diperoleh dari Sungai Ciujung. Selain itu hal ini juga dapat mengurangi terbentuknya limbah cair. Di lain sisi, serat yang diperoleh dari *recovery* bisa digunakan pada proses produksi kembali. Bagi perusahaan, hal ini sangat memberikan keuntungan dalam segi ekonomi. Tindakan seperti ini termasuk kedalam *on-site reuse*. *On-site reuse* adalah upaya pemakaian kembali bahan yang terkandung dalam limbah, baik untuk digunakan pada proses awal produksi ataupun digunakan sebagai material *input* dalam proses lain.

- 2) Penerapan produksi bersih di *paper machine*. Tindakan produksi bersih yang dilakukan di *paper machine* diantaranya adalah *good housekeeping* dan *reuse*. Berikut adalah *good housekeeping* dan *reuse* yang dilakukan di pabrik kertas (PT IKPP):
- a. Mengurangi *fiber loss* dengan cara pengoptimalan kinerja mesin-mesin produksi yang berada di *paper machine*, pengontrolan mesin secara intensif dan pengawasan formula dari bahan pembuatan kertas.
  - b. Melakukan efisiensi bahan kimia dengan cara mengurangi dosis bahan kimia dalam proses produksi dan melakukan pemilihan bahan baku yang mengandung sedikit bahan kimia.
  - c. Melakukan efisiensi penggunaan *steam* dengan menutup mesin menggunakan bahan dari besi.
  - d. Mengurangi terjadinya *broke*.
  - e. Melakukan *reuse broke*.
- 3) *Recycle* di area *finishing*. Tindakan produksi bersih yang dilakukan pada area ini ialah penyortiran produk. Produk yang tampak cacat akan dikirim kembali ke gudang bahan baku untuk diproses kembali sebagai bahan baku. Manfaat yang diperoleh dari kegiatan ini adalah tiada produk cacat yang dibuang percuma, sehingga kerugian yang diderita perusahaan tidak begitu besar serta manfaat lainnya juga dapat menghemat penggunaan bahan baku alam, karena digunakannya produk cacat atau *reject finishing* sebagai bahan baku.

## METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Mei 2015 pada pabrik pengolahan kertas PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia, Karawang – Jawa Barat.

### Kerangka Pemikiran

Produksi kertas berwarna mengalami penurunan efisiensi produksi pada beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, permasalahan ini yang menjadi landasan utama pemikiran untuk implementasi produksi bersih pada lini produksi kertas. Produksi bersih dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi produksi kertas.

Pendekatan dilakukan dengan analisis penyebab inefisiensi menggunakan neraca massa. Berdasarkan hasil survey lapang, terdapat berbagai masalah dan dilakukan analisa penyelesaian dengan konsep produksi bersih. Pembuatan pilihan opsi produksi bersih dilakukan berdasarkan studi pustaka, survey lapang dan wawancara dengan pelaku industri. Rekomendasi pilihan opsi produksi bersih dianalisis studi kelayakannya untuk melihat seberapa besar penghematan dan keuntungan yang diperoleh bagi industri.

## **Teknik Pengumpulan Data**

Pada tahap awal penelitian dilakukan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan tema penelitian. Seluruh informasi mengenai proses produksi kertas dari mulai bahan baku hingga menjadi kertas dikumpulkan menjadi satu. Pada tahap ini juga dilakukan wawancara terhadap Kepala *Stock Preparation* mengenai permasalahan yang terdapat pada lini produksi *Paper Machine 4*.

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari primer dan sekunder. Data primer berupa perhitungan neraca massa, analisa kuantitatif (finansial) dan penentuan prioritas produksi bersih. Data primer diperoleh dari pelaku yang terlibat dalam lini produksi dengan cara melakukan pengamatan langsung dan wawancara. Data sekunder diperoleh dari pihak perusahaan khususnya pegawai unit *Paper Machine 4* berupa data produksi kertas pada bulan yang bersangkutan.

## **Teknik Analisa Data**

### **Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data untuk mendapatkan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari sumber data dengan menggunakan metode wawancara, pengisian kuisioner, pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data sekunder diperoleh melalui buku-buku, hasil penelitian, jurnal dan internet.

### **Identifikasi Proses Produksi dan Analisis Limbah**

Tahapan identifikasi proses produksi dilakukan dengan mengetahui input produksi, teknologi proses produksi, output produksi dan perhitungan neraca massa pada setiap tahapan proses. Dari setiap proses produksi, dilakukan analisis terbentuknya limbah untuk mempermudah dalam menentukan alternatif produksi bersih.

### **Penentuan Alternatif Produksi Bersih secara Teknik, Ekonomi dan Lingkungan**

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan opsi produksi bersih diantaranya adalah potensi keuntungan yang diperoleh ketika opsi tersebut diterapkan, hal ini ditinjau dari segi ekonomi, kemudahan pengadaan teknologi dan estimasi biaya investasi, kemungkinan adanya masalah pada unit lain. Dari data proses produksi dan analisis limbah yang diperoleh, maka dapat dilakukan penentuan opsi produksi bersih yang ditinjau dari aspek teknis, ekonomis dan lingkungan. Aspek teknik dilihat dari kemudahan dalam segi teknik pengolahan. Aspek ekonomis dilihat dari keuntungan yang diperoleh dan estimasi biaya ketika opsi produksi bersih diterapkan. Aspek lingkungan dilihat dari dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan saat opsi produksi bersih diterapkan. Analisis ekonomi (*financial*) akan dilakukan dengan mengevaluasi kelayakan ekonomis untuk melihat apakah opsi produksi bersih yang disarankan dapat diterapkan atau tidak pada industri yang bersangkutan, dengan membandingkan pengeluaran dan penerimaan yang diperoleh. Adapun perhitungan atau rumus yang digunakan dalam analisis ekonomi adalah sebagai berikut.



Keuntungan	= (Penghasilan + Penghematan) – (Biaya investasi + Biaya operasional)
<i>Payback period</i>	= $\frac{\text{Total investasi dan operasional}}{\text{Keuntungan}} \times 12 \text{ Bulan}$

Tabel 1 Tahapan Metode Penelitian

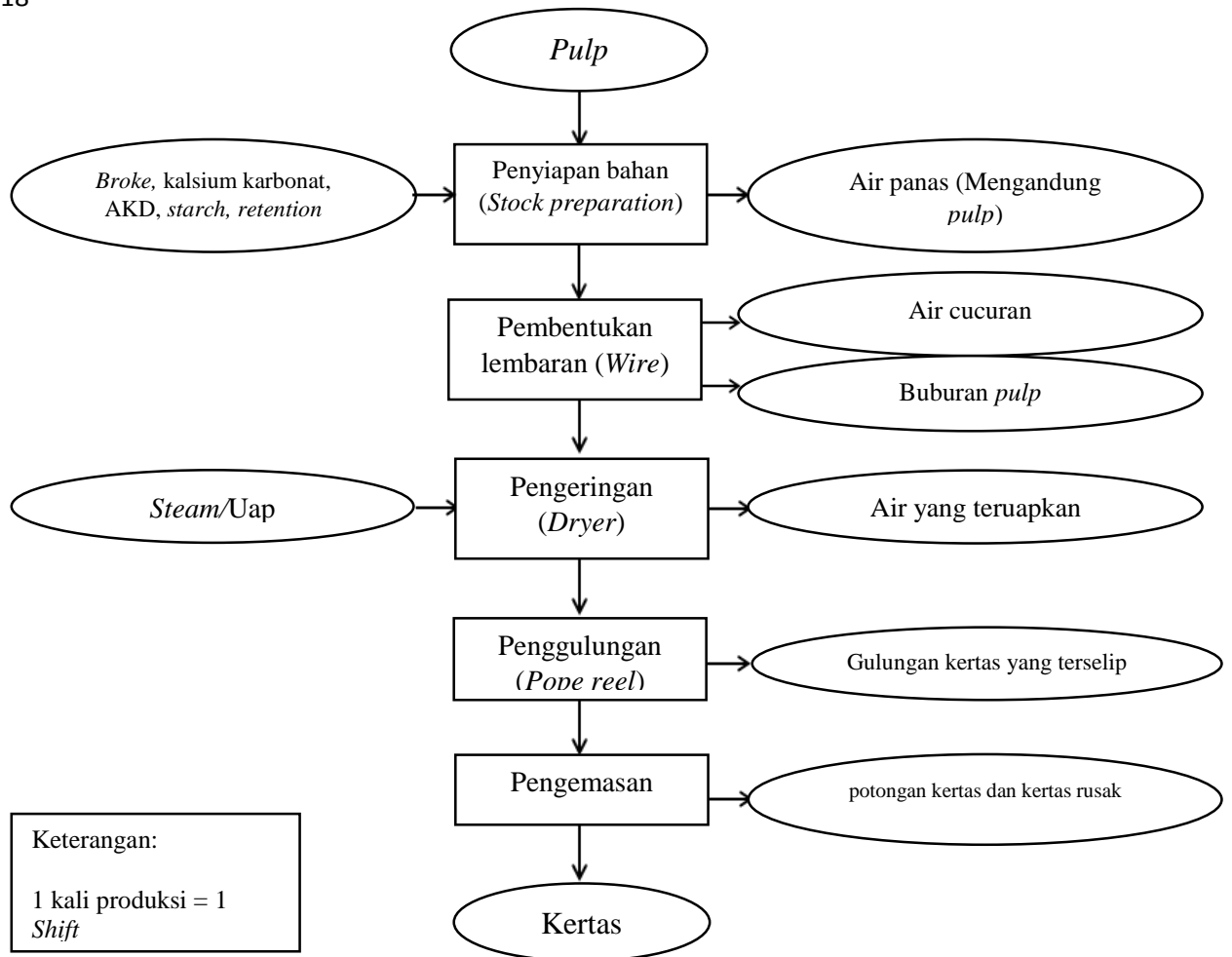
<b>Tahapan Penelitian</b>	<b>Keterangan</b>
1) Pengumpulan Data	Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang benar. Jenis data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua, yaitu: data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari sumber data dengan menggunakan wawancara, pengisian kuisioner oleh pakar dan pengamatan langsung di lapangan. Data sekunder diperoleh dari buku-buku, hasil penelitian dan jurnal.
2) Identifikasi Proses Produksi dan Analisis Limbah	Tahapan identifikasi proses produksi dilakukan dengan mengetahui input produksi, teknologi proses produksi, output produksi dan perhitungan neraca massa pada setiap tahapan proses. Dari setiap proses produksi, dilakukan analisis terbentuknya limbah untuk mempermudah dalam menentukan alternatif produksi bersih.
3) Penentuan Alternatif Produksi Bersih secara Teknik, Ekonomi dan Lingkungan	Menentukan opsi produksi bersih yang tepat berdasarkan aspek teknik, ekonomi dan lingkungan.
4) Penentuan Prioritas Opsi Produksi Bersih	Menentukan opsi mana yang utama direkomendasikan dalam perbaikan pada lini produksi kertas. Hal ini ditentukan berdasarkan data primer dan sekunder.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Produksi Kertas

Kertas diproduksi sebanyak 3 kali/shift dalam sehari. Satu shift membutuhkan waktu sebanyak 8 jam. Proses produksi kertas pada umumnya

menggunakan air dalam jumlah yang cukup besar. Proses produksi diawali pada tahap penyiapan bahan/*stock preparation*. Pada tahap ini terjadi pencampuran bahan baku, bahan baku yang digunakan diantaranya adalah *pulp*, *broke* (kertas *reject*), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), AKD (alkyl ketena dimer), *starch*, *retention* dan pewarna kertas. Tujuan dari tahap penyiapan bahan baku adalah untuk membuat kondisi *pulp* sesuai dengan yang dibutuhkan di area pembentukan (*wire*). Setelah kondisinya siap untuk digunakan, *pulp* kemudian melewati *wire*. Pada unit *wire* terjadi pembentukan lembaran kertas (basah). *Wire* berfungsi untuk membentuk jaringan serat dari bubur kertas. Pemisahan kertas dari air dilakukan dengan proses *vacuum*. Lembaran kertas (basah) yang telah dihasilkan kemudian masuk ke unit *Dryer*. Dalam *dryer* terjadi proses pengeringan lembaran kertas (basah) untuk menjadi lebih kering dari sebelumnya. Kadar air dari lembaran kertas sebelum masuk proses *drying* sekitar 70% dan setelah masuk proses *drying* berubah menjadi 4%. Dalam kondisi aktual, *dryer* yang dimiliki oleh perusahaan terdiri dari empat *section*. *Dryer* yang dimaksud berupa silinder-silinder berputar dan berisi uap panas (*steam*) yang satu sama lainnya dihubungkan dengan *felt* sehingga silinder-silinder tersebut berputar pada sumbunya. Pada kondisi aktual di pabrik, *dryer* (alat pengering) terdiri dari lima *section* dan setiap *section* memiliki suhu yang berbeda. Tujuan dari pembedaan suhu di tiap *section* adalah supaya kertas yang dihasilkan tidak terlalu kering yang bisa berakibat robek saat digulung. Setelah proses pengeringan, kertas akan digulung di *pope reel*. *Pope reel* adalah tahapan akhir dari proses pembuatan kertas, yakni pemotongan kertas dari gulungannya. Pada tahapan ini, kertas yang digulung dalam gulungan besar akan dibelah pada ketebalan yang diinginkan, kemudian dipotong menjadi lembaran dan selanjutnya dirapikan serta dikemas. Proses produksi kertas PT Pindo-Deli untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Aliran proses produksi kertas PT Pindo-Deli

### Produksi Bersih yang Sudah Diterapkan

Produksi bersih merupakan segala upaya yang dapat mengurangi jumlah bahan berbahaya, polutan atau kontaminan yang terbuang melalui saluran pembuangan limbah (Mostert 1997). Produksi bersih juga dianggap sebagai suatu upaya positif yang harus dilakukan industri guna mengurangi beban pencemaran terhadap lingkungan. Selain itu produksi bersih juga dapat memberikan pendapatan untuk suatu industri. Menurut Noer (2001), terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan dalam konsep produksi bersih, yaitu:

- 1) Penggunaan sumberdaya alam secara efisien dan melakukan upaya konservasi
- 2) Penggantian bahan baku dan bahan penolong
- 3) Modifikasi proses
- 4) Formulasi kembali produk-produk
- 5) Pemeliharaan dan peningkatan usaha kebersihan
- 6) Meminimasi penggunaan air dan energi
- 7) Penerapan *good housekeeping*
- 8) Pelatihan

Produksi bersih bertujuan untuk mengurangi tingkat emisi dan produksi limbah serta meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku dan energi. Melalui penerapan produksi bersih akan tercipta suatu proses produksi yang baik, sehingga

limbah yang dihasilkan dapat diminimasi. Selain itu, limbah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi produk yang punya nilai jual tinggi. Penerapan produksi bersih dapat menjadi prioritas bagi suatu industri mengingat manfaat dan keuntungan yang diberikannya begitu baik. Manfaat yang bisa diperoleh dari penerapan produksi bersih adalah pengurangan biaya operasi, peningkatan mutu produk, penghematan bahan baku, peningkatan keselamatan kerja, perbaikan lingkungan hidup, citra positif industri terhadap masyarakat meningkat dan pengurangan biaya penanganan limbah (USAID 1997). Adapun manfaat ekonomi yang dapat diperoleh adalah (Noer 2001):

- 1) Pemakaian bahan yang lebih efisien
- 2) Menekan biaya penanganan limbah
- 3) Kualitas produk dapat diperbaiki
- 4) Citra perusahaan menjadi lebih baik
- 5) Pengurangan dampak lingkungan, sehingga perusahaan terhindar dari beban biaya pemerintah yang terkait dengan pajak serta pungutan lainnya.

Berdasarkan referensi lain, strategi produksi bersih yang sudah diterapkan di berbagai negara menunjukkan hasil yang efektif dalam mengatasi dampak lingkungan dan memberi keuntungan seperti (Bapedal 1998):

- 1) Pengguna sumberdaya alam menjadi lebih efektif dan efisien
- 2) Mengurangi terbentuknya bahan pencemar
- 3) Mencegah perpindahan bahan pencemar dari satu media ke lainnya
- 4) Mengurangi resiko kesehatan manusia
- 5) Terhindar dari biaya pembersihan lingkungan
- 6) Produk yang dihasilkan bisa bersaing di pasar internasional

Pada dasarnya pabrik Pindo-Deli sudah menerapkan program produksi bersih. Berdasarkan pengamatan di lapangan, teridentifikasi bahwa pabrik ini telah menerapkan beberapa program produksi bersih diantaranya adalah penjadwalan produksi per *cycle* (1 *family*), penggunaan Kropta untuk *recovery fiber* dan pengoperasian *Incleaner Screen*. Berikut adalah uraian detail mengenai program produksi yang telah dilakukan perusahaan.

- 1) Penjadwalan produksi per *cycle* (1 *family*)

Pengaturan jadwal produksi per *cycle* (1 *family*) telah dilakukan oleh pabrik Pindo-Deli. Pengaturan seperti ini ditujukan untuk mengurangi kehilangan serat (*loss fiber*). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, pabrik Pindo-Deli melakukan produksi kertas dimulai dari warna termuda hingga yang paling tua untuk setiap jenis warna. Tindakan seperti ini termasuk ke dalam *good housekeeping*. *Good housekeeping* adalah tindakan prosedural dan institusional yang bisa digunakan perusahaan untuk mengurangi terbentuknya limbah dan emisi. Konsep *good housekeeping* sudah banyak diterapkan oleh beberapa industri untuk meningkatkan efisiensi. *Good housekeeping* terdiri dari beberapa macam, yakni pengembangan program *cleaner production*, pengembangan sumberdaya manusia, tatacara penanganan dan investasi bahan, pencegahan kehilangan bahan, pemisahan limbah menurut jenisnya, tatacara perhitungan biaya dan penjadwalan produksi. Penjadwalan produksi per *cycle* (1 *family*) termasuk ke dalam komponen *good housekeeping* bagian penjadwalan produksi.

- 2) Penggunaan Kropta untuk *recovery fiber*

Penggunaan Kropta (bak penampung seperti *clarifier*) dilakukan untuk mengolah *white water* dengan penambahan polimer PAC. Output dari

penggunaan alat Kropta ini adalah dihasilkannya serat yang terpisah dari air. Berikutnya serat tersebut akan masuk kembali ke bagian *stock preparation*. Tindakan produksi bersih seperti ini termasuk ke dalam opsi perubahan teknologis, artinya hal ini mencakup ke dalam modifikasi proses dan peralatan yang dilakukan untuk mengurangi limbah. Bak Kropta PT Pindo-Deli ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Bak Kropta PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia

Untuk mengetahui performansi atau prestasi kinerja Kropta, saat penelitian dilakukan observasi terhadap TSS (*Total Suspended Solid*) pada Kropta. TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 $\mu$ m) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0.45  $\mu$ m (APHA 1998). Pengamatan TSS dilakukan pada *in* Kropta dan *out* Kropta. *In* Kropta adalah air limbah yang masuk ke dalam bak Kropta, sedangkan *out* Kropta adalah air bening yang dihasilkan setelah melewati serangkaian proses di Kropta. Berdasarkan hasil observasi, diperoleh hasil TSS *in* Kropta adalah 1940 sedangkan TSS *out* Kropta adalah 89. TSS *in* Kropta diperoleh hasil yang cukup besar, yakni sebesar 1940. Artinya terdapat banyak makhluk hidup yang cukup berkontribusi pada kepekatan TSS. Hasil ini membuat cairan *in* Kropta cukup keruh. Dalam menentukan nilai TSS pada umumnya terdapat dua cara, yakni dengan metode gravimetri dan TPC. Metode gravimetri dilakukan dengan menggunakan kertas saring, oven dan desikator. Metode TPC (*Total Plate Count*) dilakukan dengan menghitung cairan lewat alat yang bernama spektrofotometer. Dengan alat spektrofotometer, cairan yang diamati akan dilihat nilai absorbansinya. Semakin kecil nilainya, maka semakin baik kualitas dari cairan tersebut. Penentuan performansi Kropta dilakukan dengan perhitungan matematika dengan rumus:

$$\frac{\text{TSS } in \text{ Kropta} - \text{TSS } out \text{ Kropta}}{\text{TSS } in \text{ Kropta}}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai performansi sebesar 95.4%. Dari hasil diskusi dengan karyawan setempat, diperoleh informasi bahwa hasil tersebut menunjukkan performansi Kropta yang sudah baik atau optimal. Gambar 8 memperlihatkan air limbah *in* Kropta dan *out* Kropta.



Gambar 8 Air Limbah *in Kropta* dan *out Kropta*

### 3) Pengoperasian *Incleaner Screen*

Pengoperasian *Incleaner Screen* dilakukan untuk mengurangi *loss fiber* agar beban kerja dari unit IPAL tidak berat. *Incleaner Screen* terletak di bagian dalam dari *stock preparation* PM 3-4. Pengoperasian *Incleaner Screen* dilakukan pada saat kegiatan produksi padat dan banyak memproduksi warna tua. Dengan dioperasikannya *Incleaner Screen*, perusahaan dapat memanfaatkan *fiber* yang terbuang menjadi bahan baku pembuatan kertas duplex. Kertas duplex adalah kertas yang memiliki satu sisi putih dan sisi lainnya abu-abu. Kertas duplex umumnya dipakai sebagai alas buku jenis nota dan khususnya untuk pembuatan *box packaging* karena harganya murah. Dengan pemanfaatan ini, maka akan berkontribusi baik bagi penambahan pemasukan perusahaan. Penggunaan kembali serat terbuang menjadi produk lain termasuk kedalam opsi *on-site reuse* yakni penggunaan kembali limbah sebagai material input dalam proses lain. Di samping hal tersebut, pengoperasian *Incleaner Screen* merupakan bagian dari perubahan teknologis yakni perubahan alat dengan biaya murah lewat pemanfaatan barang sisa lini produksi. Gambar 9 menunjukkan *Incleaner Screen* pabrik Pindo-Deli.



Gambar 9 *Incleaner Screen* PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia

Berdasarkan hasil survey dan wawancara di pabrik, dari keseluruhan opsi yang diterapkan ternyata belum optimal. Hal ini terlihat dari masih adanya kehilangan serat saat proses produksi berjalan maupun di akhir proses. Oleh karena

itu mengingat pentingnya kegiatan produksi yang optimal, maka dibutuhkan suatu upaya untuk mengurangi kehilangan serat.

### Identifikasi Permasalahan di Industri Kertas

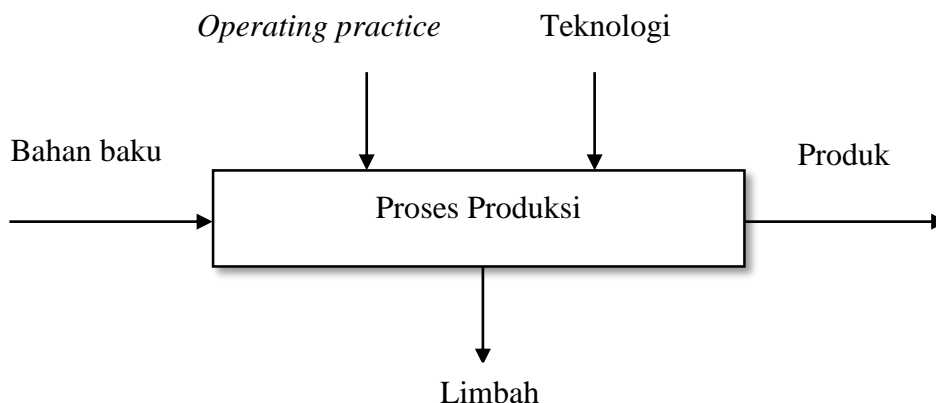
#### Limbah yang terbentuk serta penyebabnya

Pada serangkaian proses produksi kertas dihasilkan sejumlah limbah, baik limbah padat, limbah buburan maupun limbah cair. Limbah padat berupa *broke* (kertas *reject*) padat, potongan kertas (*trim*), pengikat *pulp* dan pengotor padat. Limbah cair berupa residu air cucuran dan cairan yang masih mengandung serat. Sedangkan limbah buburan berupa *wet broke* (buburan basah). Limbah padat banyak ditemui di area *stock preparation* dan *finishing*. Limbah buburan di area *manufacturing* dan limbah cair hampir bisa ditemui di semua lini, pada umumnya di *stock preparation* dan *manufacturing*. Segala bentuk limbah cair nantinya akan dialirkan ke unit IPAL untuk diolah menjadi air bersih sesuai standar pemerintah. Limbah buburan akan di siklus ulang pada unit *stock preparation*. Limbah padat akan diolah di unit *deinking*.

Inefisiensi berupa timbulnya pengikat *pulp* dan pengotor padat disebabkan oleh ketidakteraturan cara pekerja dalam bekerja. Berdasarkan hasil pengamatan, timbulnya pengikat *pulp* dan pengotor padat di area *stock preparation* terjadi karena para pekerja kurang hati-hati dalam menuangkan *pulp* ke dalam *hydropulper* dan juga mereka terlalu besar membuka lubang karung *pulp*nya, sehingga timbul ceceran cukup banyak di lantai. Limbah buburan berupa *wet broke* timbul karena penggunaan bahan baku yang kurang efisien. Dari hasil pengamatan di lapangan, limbah buburan berupa *wet broke* timbul manakala terjadi putus kertas saat proses produksi berjalan. Limbah cair timbul karena penggunaan air yang terlalu besar dari pusatnya.

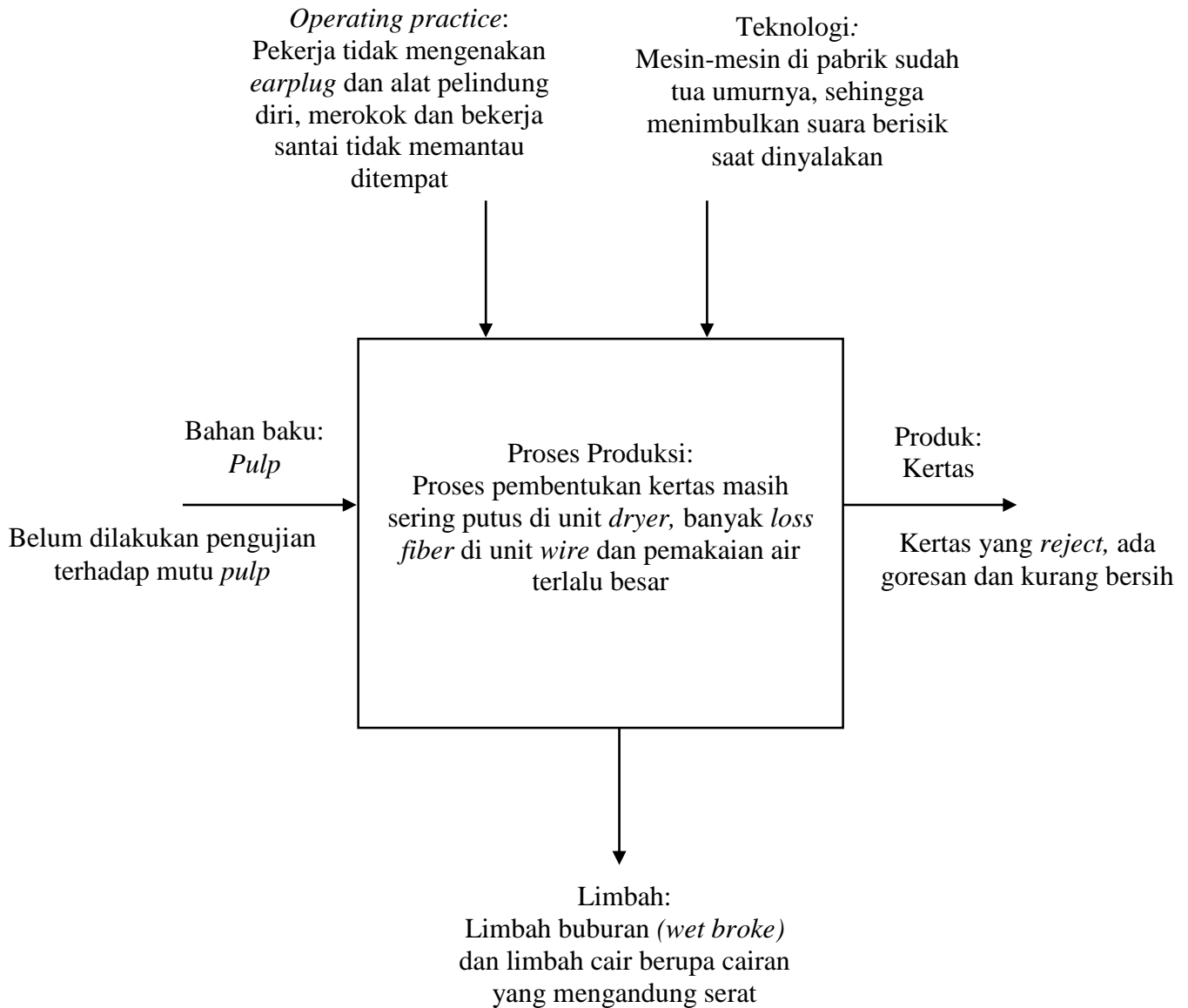
#### Permasalahan pada berbagai Aspek Kegiatan Produksi

Selain limbah yang terbentuk dan timbulnya inefisiensi, teridentifikasi juga berbagai permasalahan lain yang dilihat dari aspek secara keseluruhan, yang mencakup bahan baku, *operating practice*, teknologi, proses produksi, limbah dan produk yang dihasilkan. Aspek secara umum yang mencakup kegiatan produksi dapat digambarkan pada skema Gambar 10.



Gambar 10 Skema aspek kegiatan proses produksi

Berdasarkan aspek-aspek diatas, teridentifikasi berbagai masalah di industri. Masalah tersebut tidak hanya berfokus pada limbah, tetapi juga pada seluruh aspek di kegiatan produksi. Hasil masalah yang teridentifikasi bisa dilihat pada gambar 11.



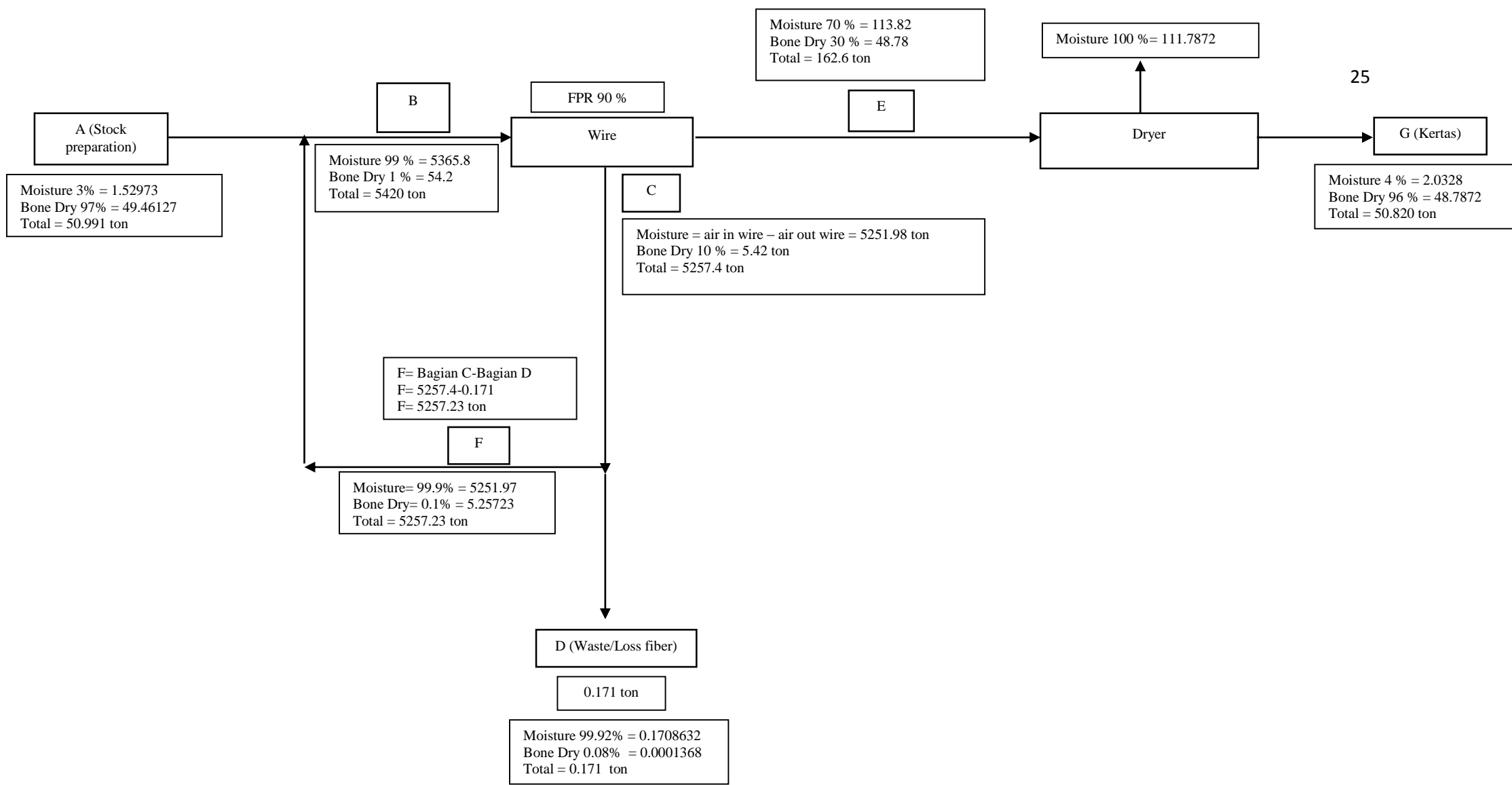
Gambar 11 Identifikasi permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam industri

### Permasalahan Khusus Industri Kertas

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala *Stock Preparation*, diketahui bahwa masalah utama pada proses produksi kertas adalah adanya kehilangan serat (*loss fiber*) pada unit *wire*. Dari hasil pengamatan di lapang, diperoleh hasil *waste* sebesar 0.171 ton dari 1 kali produksi selama 1 *shift*. Hal ini menunjukkan adanya ketidakefisienan pada proses produksi yang berlangsung. Hasil ini terlihat dari neraca massa aktual proses produksi kertas. Neraca massa adalah perhitungan semua bahan yang ada dalam proses. Analisis neraca massa merupakan analisis pengecekan seluruh bahan yang masuk dan keluar (Yousfi 2004). Pembuatan



neraca massa dilakukan guna mengetahui berapa banyak bahan masuk, keluar dan jadi produk. Berikut neraca massa aktual proses produksi kertas pabrik Pindo-Deli.



Gambar 12 Neraca massa aktual pabrik Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia

## Perhitungan Neraca Massa:

Perhitungan unit A (*Stock preparation*)

- Total bahan baku = 50.991 ton
- Moisture 3 % =  $3\% \times 50.991 \text{ ton} = 1.52973 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 97 % =  $97\% \times 50.991 \text{ ton} = 49.46127 \text{ ton}$

Perhitungan unit B (*Input wire*)

- Total bahan baku = 5420 ton
- Moisture 99 % =  $99\% / 1\% \times 54.2 \text{ ton} = 5365.8 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 1 % =  $100\% / 90\% \times 48.78 \text{ ton} = 54.2 \text{ ton}$

Perhitungan unit C (*Waste wire*)

- Total = 5257.4 ton
- Moisture 90% = air in wire – air out wire = 5251.98 ton
- Bone dry (Berat kering bahan) 10 % =  $10\% / 90\% \times 48.78 \text{ ton} = 5.42 \text{ ton}$

Perhitungan unit D (*Loss fibre*)

- Total limbah = 0.171 ton
- Moisture 99.92% =  $99.92\% \times 0.171 \text{ ton} = 0.1708632 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 0.08 % =  $0.08\% \times 0.171 \text{ ton} = 0.0001368 \text{ ton}$

Perhitungan unit E (*Input dryer*)

- Total bahan baku = 162.6 ton
- Moisture 70% =  $70\% / 30\% \times 48.78 \text{ ton} = 113.82 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 30 % = 48.78 ton

Perhitungan unit F (*Waste dryer*)

- Total limbah = 5257.23 ton
- Moisture 99.9% =  $99.9\% \times 5257.23 \text{ ton} = 5251.97 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 0.1 % =  $0.1\% \times 5257.23 \text{ ton} = 5.25723 \text{ ton}$

## Perhitungan unit G (Kertas)

- Total produk = 50.820 ton
- Moisture 4% =  $4\% \times 50.820 \text{ ton} = 2.0328 \text{ ton}$
- Bone dry (Berat kering bahan) 96% =  $96\% \times 50.820 \text{ ton} = 48.7872 \text{ ton}$

## Analisis Penerapan Produksi Bersih di PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia

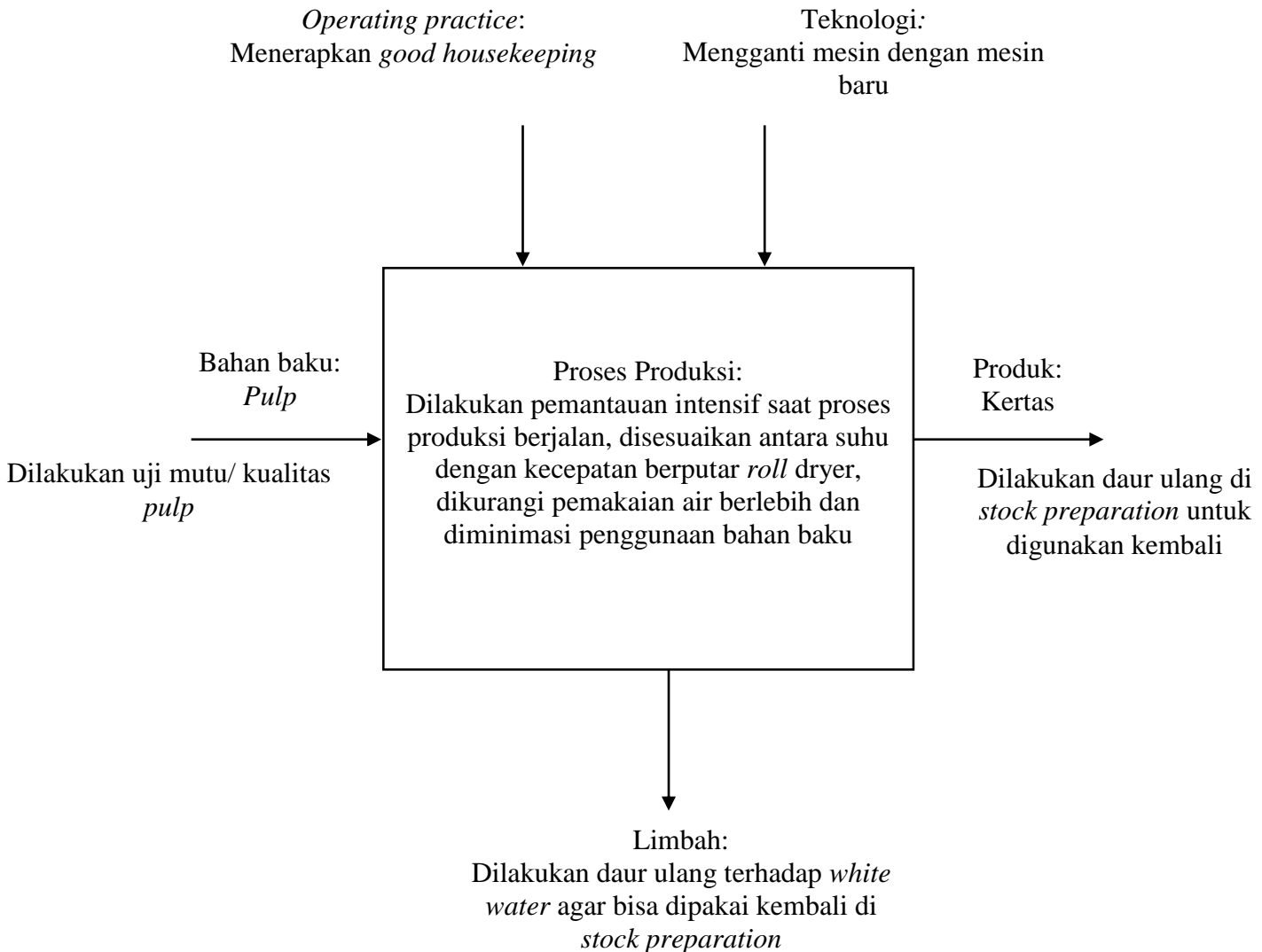
Menurut UNIDO (2002), produksi bersih adalah suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat *preventif* dan terpadu untuk diaplikasikan pada semua siklus produksi. Purwanto (2005) menambahkan bahwa produksi bersih adalah tindakan hemat dalam pemakaian bahan baku, air dan energi. Dalam definisi lainnya, Oginawati (2010) menegaskan bahwa produksi bersih merupakan upaya penerapan yang kontinyu pada suatu strategi pengelolaan lingkungan yang saling terkait satu sama lain.

Berdasarkan penelitian Tuong (1996), diketahui bahwa terdapat beberapa peluang produksi bersih yang bisa diaplikasikan pada industri kertas. Opsi penerapan produksi bersih yang bisa diterapkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Opsi Produksi Bersih pada Industri Kertas

Opsi Produksi Bersih	Bagian
<b><i>Good Housekeeping</i></b>	
1. Pemasangan saringan untuk memisahkan debu dari bahan baku	<i>Raw Material Preparation</i>
2. Memperbaiki <i>belt conveyor</i> untuk mencegah tumpahnya bahan baku	<i>Raw Material Preparation</i>
3. Mengganti kran air jenis lain untuk menghindari bocor	<i>All</i>
4. Memasang katup penutup pada bahan baku bertekanan untuk meminimalkan adanya limbah berupa air	<i>All</i>
5. Memisahkan pipa <i>steam</i>	<i>All</i>
6. Memisahkan Digester	<i>Pulping</i>
7. Melakukan pembersihan <i>roll</i> pada area <i>paper machines</i> untuk menghindari kerusakan kertas	<i>Paper Machine</i>
<b>Kontrol Proses yang Baik</b>	
1. Pemisahan awal lindi hitam pekat	<i>Pulping</i>
2. Pemasangan indikator konsistensi	<i>All</i>
3. Penyesuaian tepi <i>cutter</i> untuk mengurangi adanya <i>loss</i>	<i>Paper Machine</i>
4. Penggunaan air lunak sebagai air umpan boiler	<i>Paper Machine</i>
5. Instalasi unit <i>fiber recovery</i>	<i>Paper Machine</i>
<b><i>Recycling</i></b>	
1. <i>Recovery</i> lindi hitam pekat untuk digunakan sebagai bahan tambahan konstruksi	<i>Pulping</i>

Berdasarkan pembahasan mengenai identifikasi masalah pada industri kertas, diketahui terdapat beberapa masalah yang kerap terjadi di industri kertas. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya suatu upaya berupa penerapan produksi bersih. Opsi produksi bersih ditujukan sebagai solusi dari masalah yang ada. Opsi produksi bersih yang disarankan tidak hanya berfokus pada pengurangan limbah saja, tetapi secara luas berfokus pada perbaikan secara menyeluruh. Opsi produksi bersih yang disarankan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 13 Skema opsi produksi bersih yang disarankan

1) Penerapan uji mutu/ kualitas *pulp*

Bahan baku yang didatangkan dari para *supplier* seperti perusahaan Lontar Papyrus setiap akan dimasak belum dilakukan pengujian kualitas *pulp*. Padahal, pengujian terhadap kualitas awal bahan baku sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kualitas akhir dari produk yang dihasilkan. Pengawasan terhadap kualitas *pulp* yang akan digunakan menjadi hal penting dalam rangka menjamin produk kertas yang dihasilkan. Uji atau analisa kualitas *pulp* menjadi hal yang dibutuhkan dalam hal ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa terhadap kualitas *pulp*. Analisa tersebut mencakup pengujian *kappa number*, *brightness* dan *viskositas*. Analisa *kappa number* merupakan pengujian kimia yang diperlakukan terhadap *pulp* untuk meningkatkan delignifikasi, kekuatan relatif dan kesanggupan untuk diputihkan. Analisa ini berguna untuk menentukan kadar lignin *pulp*. Analisa ini juga merupakan kunci untuk memantau dan mengontrol proses pemasakan. Berikutnya terdapat pengujian *brightness*. *Brightness* merupakan sifat lembaran *pulp* untuk memantulkan cahaya yang diukur pada suatu kondisi yang baku. *Brightness* juga digunakan sebagai indikasi tingkat keputihan. Keputihan *pulp* diukur dengan kemampuannya memantulkan cahaya monokromatik dan dibandingkan dengan standar yang telah diketahui (Sirait 2001). Tingkat kecerahan (*brightness*) *pulp* tergantung pada jenis dan jumlah bahan kimia pemutih yang digunakan pada tahap *bleaching*. Analisa terakhir yang harus dilakukan perusahaan untuk mengetahui kualitas *pulp* ialah analisa viskositas. Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan suatu cairan berhubungan langsung dengan hambatan untuk mengalir. Jadi viskositas dilakukan untuk menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan. Viskositas cairan akan menimbulkan gesekan antara bagian-bagian lapisan cairan yang bergerak satu sama lain. Secara umum viskositas cairan dapat ditentukan dengan dua metode, yaitu:

a. Viskometer *Oswald*

Metode ini ditentukan berdasarkan Hukum Poiseuille menggunakan alat Viskometer *Oswald*. Penetapannya dilakukan dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirnya cairan dalam pipa kapiler dari atas ke bawah. Sejumlah cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan ke dalam viskometer yang diletakkan pada termostat. Cairan kemudian diisap dengan pompa ke dalam bola sampai di atas tanda garis atas. Cairan dibiarkan mengalir ke bawah dan waktu yang diperlukan dari batas atas ke batas bawah dicatat menggunakan *stopwatch*.

b. Viskositas Bola Jatuh

Viskositas cairan dapat ditentukan dengan metode bola jatuh berdasarkan *Hukum Stokes*. Penetapannya diperlukan bola kelereng dari logam dan alat gelas silinder berupa tabung. Bola kelereng dengan rapat  $d$  dan jari-jari  $r$  dijatuhkan ke dalam tabung berisi cairan yang akan ditentukan viskositasnya. Waktu yang diperlukan bola untuk jatuh melalui cairan dengan tinggi tertentu kemudian dicatat dengan *stopwatch*. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas ialah tekanan, konsentrasi dan suhu.

## 2) Penerapan *good housekeeping*

Menurut Gandamiharja (2002), *housekeeping* adalah pendekatan praktis yang dikembangkan dalam melaksanakan perbaikan tempat kerja oleh setiap pegawai agar lingkungan menjadi aman dan nyaman. Secara umum, *good housekeeping* berkaitan dengan aktivitas “5R” yakni tindakan yang diambil orang dalam bentuk rangkaian tahapan kegiatan “Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin”. Sehingga *housekeeping* sering dianggap sebagai bagian dari kegiatan yang bersifat *preventive* dan pengendalian. Pelaksanaan *housekeeping* yang kurang benar dapat mengakibatkan kerugian baik harta maupun raga. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuli (2000) dalam studinya tentang hubungan penerapan *housekeeping* (5R) dengan tingkat kecelakaan kerja di PT. Semen Gresik (Persero) Pabrik Tuban, diketahui terdapat hubungan bertautan antara penerapan *housekeeping* dengan tingkat kecelakaan kerja. Pada penerapan *housekeeping* yang masuk ke dalam kategori kurang, tingkat kecelakaan kerja yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan *housekeeping* yang masuk dalam kategori sedang. Pada umumnya konsep *good housekeeping* sudah banyak diterapkan oleh kalangan industri untuk meningkatkan efisiensi. Konsep ini dilakukan dengan cara *good operating practice* yang mencakup:

- a. Pengembangan program *cleaner production*
- b. Pengembangan sumber daya manusia
- c. Tata cara penanganan dan investasi bahan
- d. Pencegahan kehilangan bahan
- e. Pemisahan limbah menurut jenisnya
- f. Tata cara perhitungan biaya
- g. Penjadwalan produksi

## 3) Penggantian mesin lama dengan mesin baru

Berdasarkan survey di lapangan, diketahui bahwa umur mesin pembentukan kertas sudah cukup tua. Hal ini terbukti dari suaranya yang sudah tidak halus (kasar) serta nilai efisiensinya yang menurun. Efisiensi sendiri diartikan sebagai kesuksesan dalam mengakomodasi output semaksimal mungkin dari sejumlah input yang ada (Cahyani *et al.* 2012). Menurut pihak industri, dua hal ini adalah efek utama dari umur mesin yang sudah tua. Suara kasar disebabkan oleh banyaknya komponen yang sudah aus dan penggantian oli yang tak rutin. Penurunan efisiensi disebabkan oleh kinerja atau performansi mesin yang tidak optimal. Melihat kondisi begitu, dibutuhkan opsi produksi bersih sebagai solusi permasalahan tersebut. Opsi yang dimaksud adalah penggantian mesin lama dengan mesin baru, artinya perusahaan harus membeli mesin baru. Tujuan dari pembelian mesin baru adalah untuk meningkatkan efisiensi, sehingga dengan demikian kualitas produk yang dihasilkan benar-benar baik. Selain itu, jika mesin yang digunakan adalah mesin baru maka hal ini dapat mengurangi tingkat kebisingan pada lingkungan kerja.

4) Pemantauan secara intensif saat proses produksi berjalan

Pemantauan secara intensif perlu dilakukan oleh pihak industri pada pos-pos yang telah disediakan di lini produksi. Tujuan dari karyawan melakukan pemantauan intensif adalah memastikan supaya proses produksi berjalan dengan lancar dan juga meminimalisir timbulnya *loss* pada produksi. Dengan pemantauan secara intensif, lini produksi perusahaan akan menghasilkan produk yang baik dan juga secara efisiensi akan lebih optimum. Berdasarkan hasil pengamatan di perusahaan, pihak industri (para pegawai) pada dasarnya sudah ditugaskan agar setiap orang menjaga di posnya masing-masing. Akan tetapi, dalam praktik pelaksanaannya banyak karyawan yang tidak mengerjakan sesuai instruksi yang diberikan. Secara umum rata-rata kebanyakan karyawan hanya jaga di posnya sekitar 20-30 menit awal, sisanya mereka akan masuk ke dalam ruang admin produksi. Berdasarkan hal ini, maka dapat dilihat bahwa perlu adanya penegasan SOP dari perusahaan terhadap karyawan. Penegasan SOP ditujukan agar para karyawan bekerja sesuai dengan aturan yang ada. Dengan demikian jika hal ini dilakukan, maka akan berdampak secara tidak langsung terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Tindakan penegasan SOP (*Standar Operational Procedure*) termasuk ke dalam komponen *good housekeeping*, artinya opsi ini berhubungan lurus dengan penerapan *good housekeeping*.

5) Penyesuaian suhu dengan kecepatan berputar *roll dryer*

Salah satu proses terpenting dalam pembuatan kertas ialah pengeringan, selain daripada pembentukan kertas. Proses pengeringan dilakukan tepat setelah proses pembentukan dilakukan. Pada dasarnya, inti dari proses pengeringan adalah pengurangan kadar air sampai dengan standar yang ditentukan sehingga kertas dapat kering. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan *steam* (uap panas). Mekanismenya uap panas yang berada di belakang lini produksi, kemudian ditransfer ke *roll dryer* sehingga *roll dryer* menjadi panas. Panas tersebut yang nantinya akan membuat lembaran kertas basah menjadi kering saat melewati bagian *roll dryer*. Berdasarkan hasil survey di pabrik, tidak jarang perusahaan mengalami putus kertas saat proses produksi berjalan. Artinya sebenarnya ini menjadi kerugian bagi perusahaan, baik dari segi biaya maupun waktu. Disisi lain berdasarkan wawancara dengan pegawai setempat diketahui bahwa putusnya kertas di tengah-tengah lini produksi disebabkan karena ketidaksesuaian antara kecepatan berputar *roll* dengan suhu *roll dryer*, terlepas dari pencampuran bahan di *stock preparation* yang kurang tepat. Penyesuaian yang baik antara suhu dengan kecepatan berputar *roll dryer* sangat dibutuhkan demi tercapainya proses produksi yang maksimal. Opsi seperti ini termasuk ke dalam tindakan perubahan teknologi. Perubahan teknologi mencakup modifikasi proses dan peralatan (Afmar 1999). Perubahan teknologi yang dimaksud adalah lebih kepada perubahan kondisi proses pada lini produksi.

6) Penghematan penggunaan air dan pemakaian bahan baku

Menurut Pokhrel dan Viraraghavan (2004), proses keseluruhan industri kertas membutuhkan energi besar dan air dalam jumlah banyak. Berdasarkan (Thompson *et al.* 2001; Sumathi dan Hung 2006), industri kertas merupakan salah satu industri pencemar paling besar di dunia. Industri kertas menghasilkan



limbah tercemar berat dalam jumlah yang besar (Thompson *et al.* 2001; Gupta 1997). Jumlah dan muatan limbah yang dihasilkan tergantung pada teknologi produksi, kemurnian bahan baku, penggunaan bahan aditif dan efisiensi pengolahan air (Tiku *et al.* 2007). Salah satu permasalahan yang terjadi pada industri kertas adalah timbulnya limbah pada akhir proses produksi. Penggunaan serat selulosa sebagai bahan baku dianggap sebagai salah satu faktor dalam menghasilkan limbah di industri kertas (Rodriguez *et al.* 2010). Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada unit *stock preparation* terlihat banyaknya cecceran air dimana-mana. Dari hasil wawancara dengan karyawan, cecceran air tersebut rata-rata dihasilkan dari selang air yang tidak ditutup selepas dipakai. Artinya hal ini merupakan bentuk inefisiensi. Air yang terceccer di lantai menimbulkan kerugian seperti membuat lantai licin sehingga membahayakan pegawai yang sedang bekerja, menambah *cost* perusahaan dalam melakukan produksi dan membuat kesan “lembab” area *stock preparation*, sehingga terlihat kotor. Tindakan produksi bersih yang harus dilakukan adalah mengurangi penggunaan air dengan cara memakai air secukupnya. Mematikan kran air selepas air digunakan. Kemudian untuk pemakaian bahan baku, berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa masih terdapat cukup banyak *loss fiber* di akhir proses produksi. Setelah ditelusuri, hal ini disebabkan oleh persentase *pulp* murni yang digunakan di area *stock preparation* di atas 50 %, artinya ini terlalu banyak. Sehingga banyak serat yang terbuang di akhir proses produksi. Tindakan produksi bersih yang harus dilakukan adalah mengurangi penggunaan *pulp* murni dan menambah pemakaian bahan tambahan, sehingga dengan demikian tidak banyak serat yang terbuang di akhir proses produksi. Selain itu, mengumpulkan kembali cecceran *pulp* yang jatuh ketika *pulp* akan dimasukkan ke *hidropulper*. Dengan pengumpulan tersebut akan meminimasi timbulnya limbah di area *stock preparation* dan hal ini juga bisa mengurangi biaya produksi perusahaan.

7) Daur ulang limbah kertas (potongan kertas, kertas rusak) di *stock preparation* untuk digunakan kembali

Dalam kegiatan *finishing* kertas, terdapat beberapa limbah yang dihasilkan, diantaranya seperti potongan kertas (*trim*) dan kertas rusak/ reject (baik yang sobek, tergores maupun kotor). Semua limbah-limbah ini diperoleh saat lini produksi melakukan penyesuaian ukuran berdasarkan permintaan konsumen. Untuk bisa mentaati permintaan konsumen, perusahaan melakukan *resizing/* pemotongan termasuk *sorting* dan *wrapping/ packaging* sesuai dengan kualitas dan jenis kertas. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, tidak sedikit limbah yang dihasilkan dari proses *finishing* ini. Artinya pada area *finishing* masih saja terdapat inefisiensi. Jika hal ini terus dibiarkan, maka akan merugikan perusahaan. Seharusnya, pihak perusahaan bisa melakukan perencanaan produksi lebih matang sehingga bisa meminimasi limbah yang terbentuk. Selain opsi tersebut, alternatif produksi bersih lainnya adalah perusahaan melakukan daur ulang limbah kertas di unit *stock preparation*. Unit *stock preparation* adalah unit yang berfungsi mempersiapkan bahan baku *pulp*, sehingga kondisinya dapat digunakan dalam area pembentukan (*wire*). Berkel (2000) menambahkan bahwa *stock preparation* adalah unit yang mempersiapkan buburan *pulp* dengan

dimodifikasi sedemikian rupa, sebelum akhirnya di transfer ke mesin kertas sesuai dengan persyaratan dari mesin kertas dan tuntutan kualitas kertas yang akan dihasilkan. Dengan melakukan daur ulang limbah, perusahaan dapat menghemat biaya produksi.

8) Daur ulang terhadap *white water* agar bisa dipakai kembali di unit *stock preparation*

*White water* adalah cairan limbah kertas yang masih mengandung serat. Cairan ini punya nilai cukup tinggi karena masih mengandung *fiber* (serat). Artinya sebenarnya cairan ini masih bisa dipakai lagi untuk membuat kertas. *White water* dihasilkan dari proses produksi kertas terutama di bagian area pembentukan (*wire*). Pada *wire* lembaran kertas yang masih basah kemudian diserap dengan *vacuum* sehingga kadar air lembaran berkurang. Air yang terhisap dan masuk ke dalam *wire pit* dinamakan *white water*. Tindakan produksi bersih yang dapat dilakukan perusahaan pada area limbah yaitu melakukan *daur ulang white water* dengan diberi penambahan polimer sehingga nantinya output dari pencampuran ini ialah air limbah dan serat akan terpisah. Air limbah akan masuk kembali ke *hidropulper*. Serat akan kembali dipakai di area *stock preparation* untuk diproduksi kembali menjadi kertas. Opsi produksi bersih seperti ini termasuk ke dalam *on-site reuse*, yakni penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah baik untuk digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material input dalam proses lain.

### **Penerapan Produksi Bersih pada Permasalahan Utama di Perusahaan**

Perusahaan PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia mengalami permasalahan utama dalam setiap proses produksinya, yakni terdapat kehilangan serat dari limbah cair yang dihasilkan. Permasalahan ini jika dibiarkan akan merugikan perusahaan dan akan menambah beban pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penerapan produksi bersih untuk mengurangi timbulnya *loss fiber* dalam proses produksi. Sebelum menentukan opsi produksi bersih yang tepat untuk perusahaan, dilakukan perhitungan neraca massa dari pengamatan yang dilakukan di lapangan. Fungsi dari neraca massa adalah untuk mengetahui sumber limbah pada aliran proses produksi dan juga untuk membantu dalam menentukan opsi produksi bersih yang tepat untuk mengurangi *loss fiber* di perusahaan. Neraca massa aktual proses produksi kertas PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari neraca massa dapat diketahui bahwa terdapat *loss fiber* sebesar 0.171 ton dari proses produksi yang berlangsung selama 8 jam (1 *shift*). Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat ketidakefisienan pada proses produksi yang berlangsung.

Berdasarkan survey yang dilakukan di area produksi, diketahui bahwa salah satu penyebab timbulnya *loss fiber* adalah karena adanya kebocoran pada *centricleaner*. *Centricleaner* adalah penyaring berbentuk kerucut yang bekerja dengan prinsip gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal merupakan gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan melingkar (Sitorus 2010). Alat *centricleaner* ini digunakan pada proses produksi kertas untuk menghilangkan material yang tidak diinginkan yang berasal dari tahapan *stock preparation* (Smook 1992). Pemisahan material yang tidak diinginkan dipengaruhi oleh ukuran dan massa jenis dari material tersebut. Dari hasil survey langsung di lapangan, diketahui bahwa kebocoran *centricleaner* mengakibatkan perusahaan

kehilangan bubur *pulp* sebesar 1.2 liter per menit. Jika kebocoran ini tidak ditangani dengan baik, maka akan sangat merugikan perusahaan. Di lain sisi, kebocoran ini juga akan menambah beban pencemaran lingkungan sehingga nanti unit IPAL perusahaan harus bekerja ekstra dalam mengolah limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Opsi penerapan produksi bersih yang dapat dilakukan adalah dengan memperbaiki *centricleaner*. Menurut Steven (1998), melakukan perbaikan pada *centricleaner* dapat mengurangi timbulnya *loss fiber* pada proses produksi. Tindakan ini juga dapat meningkatkan *good housekeeping* bagi perusahaan, karena memperbaiki *centricleaner* dengan menutup kebocoran termasuk ke dalam komponen *good housekeeping*. *Good housekeeping* adalah langkah praktis dan prosedural yang dilakukan oleh perusahaan untuk mengurangi timbulnya limbah dan emisi. Tindakan *good housekeeping* mampu meningkatkan efisiensi bagi perusahaan. Pelaksanaan *good housekeeping* cukup mudah dengan membutuhkan biaya yang relatif rendah (UNEP 2002). Kebocoran *centricleaner* pada area *paper machine* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Kebocoran *centricleaner* pada area *paper machine*

Penerapan *good housekeeping* yang disarankan untuk perusahaan berupa perbaikan alat *centricleaner*, yakni penutupan kebocoran pada alat. Tindakan ini dilakukan untuk mengurangi timbulnya *loss fiber* yang akan berdampak pada tingginya beban biaya produksi perusahaan. Penutupan kebocoran pada alat *centricleaner* dilakukan dengan mengganti *con* yang telah rusak. *Con* yang digunakan untuk menutupi kebocoran ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Alat *con* pada *centricleaner*

Berdasarkan aspek teknis, penerapan *good housekeeping* relatif mudah untuk dilakukan karena hanya membutuhkan sedikit alat tambahan dengan waktu pemasangan yang tidak lama. Penerapan *good housekeeping* akan mengurangi beban kerja unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) perusahaan. Berdasarkan aspek ekonomi, penerapan *good housekeeping* hanya membutuhkan biaya investasi sedikit, yakni sebesar Rp. 37 042 224. Opsi ini dapat dikatakan sebagai opsi yang murah. Selain itu, jika perusahaan PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills menerapkan opsi ini maka akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp. 6 539 832 000. Waktu pengembalian investasi dari opsi ini juga cepat, yakni kurang dari 1 bulan atau sekitar 0.0057 tahun. Penjelasan lebih lengkap mengenai analisa finansial dari opsi ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Berdasarkan aspek lingkungan, manfaat lingkungan yang dapat diperoleh dari diterapkannya opsi ini adalah mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah ke lingkungan.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia memiliki berbagai masalah dalam kegiatan produksinya. Pada aspek bahan baku, belum dilakukan pengujian terhadap mutu *pulp* yang akan diolah. Pada *operating practice*, pekerja tidak memakai *earplug* dan alat pelindung diri, kemudian juga merokok dan bekerja santai tidak memantau ditempat. Kedua aspek ini berpeluang dalam mempengaruhi kualitas akhir produk. Pada aspek lainnya seperti teknologi, mesin-mesin di pabrik sudah cukup berumur, sehingga ketika dipakai akan menimbulkan suara yang cukup bising. Pada aspek proses produksi, saat proses pembentukan kertas masih sering terjadi putus kertas, banyak *loss fiber* yang dihasilkan serta pemakaian air yang juga terlalu banyak. Pada aspek produk, terdapat *reject* kertas dan terdapat limbah cair serta *wet broke* pada aspek limbah.

Terdapat beberapa alternatif produksi bersih yang diajukan kepada perusahaan, diantaranya adalah penerapan *good housekeeping*, penggantian mesin lama dengan yang baru, pengujian mutu *pulp*, pemantauan secara intensif di lini produksi, pengaturan suhu dengan kecepatan berputar *roll dryer*, pengurangan pemakaian air, minimasi penggunaan bahan baku, daur ulang *white water* dan daur ulang kertas *reject* agar bisa digunakan kembali.

Berdasarkan permasalahan utama yang terjadi di perusahaan, opsi produksi bersih yang ditawarkan adalah penerapan *good housekeeping* berupa perbaikan alat *centricleaner*. Perbaikan alat *centricleaner* dilakukan dengan penutupan kebocoran pada alat dengan menggunakan *con*. Penerapan opsi ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 37 042 224 dengan memperoleh tambahan keuntungan sebesar Rp. 6 539 832 000/ tahun. Nilai *payback period* untuk penerapan opsi ini adalah 0.0057 tahun atau kurang dari 1 bulan.

### Saran

Opsi produksi bersih berupa penutupan kebocoran pada *centricleaner*, direkomendasikan untuk diterapkan agar perusahaan dapat memperoleh keuntungan secara teknik (produktivitas), ekonomi (finansial) dan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi GY, Abbasi BE. 2004. Environmental assessment for paper and cardboard industry in Jordan – a cleaner production concept. *J Clean Prod.* 12 (4): 321-6.
- Afmar M. 1999. Faktor Kunci dan Efektif Penerapan *Cleaner Production* di Industri. *Prosiding Seminar Teknik Kimia ITB.*
- APHA (American Public Health Association). 1998. Standard method for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), (Water Pollution Control Federation (WPCF). 20<sup>th</sup> ed. Washington.
- Bapedal. 1996. Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia. Buku Panduan. Jakarta.
- Bapedal. 1998. Rencana Pelaksanaan Produksi Bersih. Booklet Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Berkel RV. 2000. Overview of The Cleaner Production Concept and Relation with Other Environmental Management Strategies. Curtin University of Technology, Australia.
- Bishop, Paul L. 2000. *Pollution Prevention: Fundamental and Practice.* U.S: The Mc Graw-Hill.
- Cahyani N, Akbar SM, Susilaningrum D. 2012. Kajian Tentang Tingkat Efisiensi Pelayanan Kesehatan Rumah Sakit Umum Pemerintah Kabupaten/Kota Di Jawa Timur Menggunakan Metode PCA-DEA. *Jurnal Sains dan Seni.* Vol. 1, No.1, ISSN: 2301-928X.
- Ebook Cleaner Production. 2016. Technologies and Tools for Resource Efficient Production. Book 2 in a series on Environmental Management. The Baltic University.
- Gandamiharja. 2002. Perancangan *House-keeping* di Gedung PT DAPI [skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh November.
- Generousdi, Mulyadi R. 2005. Penerapan Teknologi Produksi Bersih Pada Industri *Elektroplating.* *Jurnal Teknik Mesin.* Vol. 2, No 1, Juni 2005.
- Gupta A. Pollution load of paper mill effluent and its impact on biological environment. *J Ecotoxicol Environmental Monitoring.* 1997;(2):101-12.
- Hakimi, Budiman DR. 2006. Aplikasi Produksi Bersih (*Cleaner Production*) pada Industri Nata De Coco. *J. Teknik Mesin.* Vol. 3. No. 2 (1829-8958) (diakses tanggal 29 April 2016).
- Kusumaputra RA. 2011. “Indonesia ke-9 Penghasil Pulp Dunia”. <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2011/12/15/17463654/Indonesia.ke-9.Penghasil.Pulp.Dunia>. (diakses tanggal 29 April 2016).
- Mc Cubbin N. 1983. *The Basic Technology of the Pulp and Paper Industry and Its Environmental Protection Practices.* Training Manual EPS 6-EP-83-1. Environmental Protection Programs Directorate-Canada, pp 55-61.
- Mostert C. 1997. *Cleaner Technology- A Business Opportunity.* Bandung: Presented in The Seminar Social Innovation for Cleaner Products and Technologies 16-18.
- Noer E. 2001. *Perkembangan Interaksi Dunia Usaha, Konsumen dan Isu-Isu Lingkungan.* Bogor: Diktat Kuliah Produksi Bersih Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan (PSL) IPB.

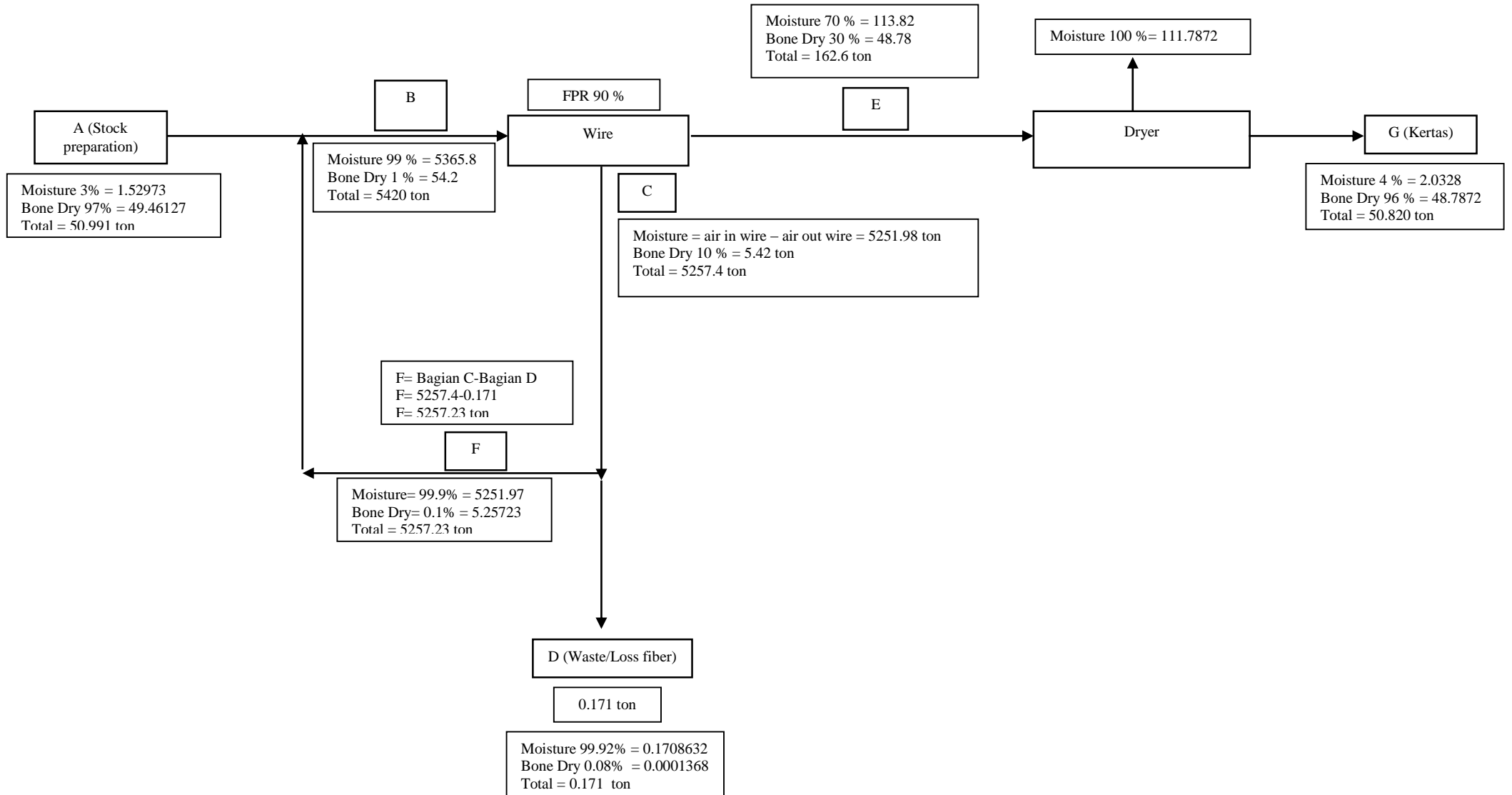
- [NPC] National Productivity Council. 1996. A Practical Manual for Cleaner Production Assessment in Pulp and Paper Industry. New Delhi 110 003.
- Nugraha WD, Susanti I. 2006. Studi penerapan produksi bersih (Studi kasus di perusahaan pulp and paper Serang). *Jurnal Presipitasi* 1 (1): 43-48.
- Oginawati K. 2010. *Produksi Bersih*. Bandung [ID]: Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Palmer ER, Greenhalgh P. 1983. *The Production of Pulp and Paper on a Small Scale*. London: Report of the Tropical Development and Research Institute, London [UK]. ISBN: 0 85954 177 0.
- Pokhrel D, Viraraghavan T. 2004. Treatment of pulp and paper mill wastewater – a review. *Sci. Tot. Env.*, Vol. 333, pp. 37-58.
- Polsri. 2015. *Pengolahan Limbah Pabrik*. Palembang: PT. Mitra Ogan. Tbk.
- Pradipsinh KR, Beena S, Gopal C. 2003. Cleaner Production in Pulp and Paper Industry. *International Journal of Research in Information Technology (IJRIT)*: 1(4): 31-37.
- Purwanto. 2003. *Komunikasi Bisnis*. Jakarta: Erlangga.
- Purwanto. 2005. *Penerapan Produksi Bersih di Kawasan Industri*. Seminar Penerapan Program Produksi Bersih dalam Mendorong Terciptanya Kawasan Ekoindustrial di Indonesia. Deputi Urusan Standardisasi dan Teknologi. Jakarta.
- Purwanto. 2009. Penerapan Teknologi Produksi Bersih untuk Meningkatkan Efisiensi dan Mencegah Pencemaran Industri. Universitas Diponegoro, Semarang (diakses pada tanggal 29 April 2016).
- Rodriguez A, Sanchez R, Requejo A, Ferrer A. 2010. Feasibility of rice straw as a raw material for the production of soda cellulose pulp. *J. Clean. Prod.* 18, 1084-1091.
- Sirait. 2001. *Tiga Dimensi Farmasi, Ilmu-Teknologi, Pelayanan Kesehatan dan Potensi Ekonomi*. Institut Darma Mahardika, Jakarta.
- Sitorus A. 2010. Studi Eksperimental Deteksi Fenomena Kavitasasi pada Pompa. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Smook. 1992. *Handbook for Pulp & Paper Technologists: 2<sup>nd</sup> Edition*. Friesen Printers, Vancouver, Canada, p. 113-117.
- Steven. 1998. *Analysis and Prevention of Usable Fiber Loss From a Fine Paper Mill* [tesis]. Blacksburg (US): Virginia Tech.
- Stoner, Freeman, Gilbert. 1995. *Pengantar Bisnis*. GRAHA ILMU. Yogyakarta.
- Sumathi S, Hung YT. 2006. Treatment of pulp and paper mill wastes, In: *Waste treatment in the process industries*. Eds: Wang, L.K, Hung, Y.T, Lo, H.H, Yapijakis, C. pp. 453-497. Taylor%Francis. ISBN 0-8493-7233-X, USA.
- Suprihatin, Romli M, Ismayana A. 2015. Penerapan Membran Filtrasi dari Selulosa Asetat dan Chitosan untuk Produksi Bersih pada Industri Pulp dan Kertas. *J. Tek. Ind: Pert.* Vol. 13(3), 75-82.
- Thompson G, Swain J, Kay M, Forster C. 2001. The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. *Bioresource Technology*, Vol. 77, pp. 275-286.
- Tiku DK, Kumar A, Sawhney S, Singh VP, Kumar R. 2007. Effectiveness of treatment technologies for wastewater pollution generated by Indian pulp mills. *Environ Monit Assess*; 132:453-66.
- Tjiwi Kimia. 2014. Laporan Penelitian Mahasiswa PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk [diunduh 2015 Jan 17].

- Tuong. 1996. *Cleaner Production Audit in The Pulp and Paper Industry: A Case Study in Vietnam*. Bangkok, Thailand: Asian Institute of Technology.
- UNEP. 1999. *United National Environmental Program*. [www.unep.org](http://www.unep.org).
- [UNEP] United Nation Environment Programme-International Environmental Technology Centre. 2001. *Planning and Management of Lakes and Reservoirs: An Integrated Approach to Eutrophication: A Student Guide*. UNEP-IETC. Osaka/Shiga. Vesilind PA, J.J Peirce, R.F Weiner. 1990. *Environmental Pollution and Control*. 3<sup>th</sup> Ed. Butterworth-Heineman. Boston.
- UNEP. 2002. *Environmentally sound technologies for wastewater and stormwater management, an international source book* London, IWA Publishing on behalf of the United Nations Environment Programme.
- UNIDO. 2002. *What is Cleaner Production*. [www.unido.org](http://www.unido.org). [131212].
- USAID. 1997. *Panduan Pengintegrasian Produksi Bersih ke dalam Penyusunan Program Kegiatan Pembangunan*. Jakarta – Deperindag.
- Van Berkel R. 2001. *Environmental Performance Evaluation: Issues and Trend*, Curtin University of Technology.
- World Bank. 1996. "Pollution Prevention and Abatement: Pulp and Paper Mills". Draft Technical Background Document. Environment Department, Washington DC.
- Yousfi AB. 2004. *Cleaner Production for Sustainable Industrial Development: Concept and Applications*. 8(4): 265. doi: 10.1061/(ASCE)1090-025X.
- Yuli M. 2000. *Hubungan Penerapan House-keeping (5R) dengan tingkat kecelakaan kerja di PT. Semen Gresik (Persero) Pabrik Tuban pada Bagian Produksi Departemen Operasi 1 PT DAPI* [skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh November.



# LAMPIRAN

Lampiran 1 Neraca massa aktual PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia



Lampiran 2 Analisa finansial penerapan opsi *good housekeeping*

Asumsi:

1 USD = Rp 13 000

1 tahun = 365 hari

Biaya Investasi	Perhitungan	Nilai
Pembelian Con (alat untuk menutupi kebocoran pada centricleaner)	Harga Con: Rp 25 000 USD (untuk 1 set centricleaner = 14 con) <sup>a</sup> . @ 1785.71 USD	Rp 23 214 230/tahun
Pemasangan dengan menggunakan tenaga kerja dari luar perusahaan (sudah termasuk makan dan transportasi)	2 orang <sup>c</sup> x Rp 2 500 000 <sup>d</sup>	Rp 5 000 000/tahun
Penghematan buburan pulp	1.2 liter/menit x 60 menit/jam x 24 jam/hari x 365 hari/tahun = 630.720 ton/tahun	
	Persentase rendemen = 50.820 ton : 50.991 ton x 100% = 99.7%	
	Hasil kertas yang hilang = 630.720 ton/tahun x 99.7% = 628.83 ton. Harga kertas: 800 USD/ton <sup>e</sup> x 1 USD = Rp 13 000 = Rp. 10 400 000/ton	
	Perhitungan penerimaan hasil penjualan kertas = Rp 10 400 000/ton x 628.83 ton = Rp 6 539 832 000/ tahun	Rp 6 539 832 000/ tahun
Ongkos pengiriman barang impor dari China ke Indonesia	Harga Paket Ekonomi TNT China-Indonesia = 411.22 USD <sup>b</sup> = Rp 5 345 860	Rp 5 345 860/tahun
Tarif bea masuk	5% dari harga alat <sup>f</sup>	Rp 1 160 711.5/tahun
Tarif pajak	10% dari harga alat <sup>g</sup>	Rp 2 321 423/tahun
Keuntungan		Rp 6 539 832 000/ tahun
Payback period	Rp 37 042 224.5/ tahun : Rp 6 539 832 000/ tahun	0.0057 tahun

Sumber data:

<sup>a</sup> hasil wawancara dengan manajer produksi<sup>b</sup> <http://www.tnt.com/pricing/pricingRequest.do><sup>c</sup> hasil wawancara dengan pegawai bagian electric<sup>d</sup> hasil wawancara dengan pegawai bagian electric<sup>e</sup> <http://www.kemenperin.go.id/artikel/5316/Harga-Kertas-dan-Bubur-Kertas-Merosot><sup>f</sup> <http://www.tarif.depkeu.go.id/Tarif/HS10Description.asp?cdsect=16&hs2dig=84><sup>g</sup> <http://www.tarif.depkeu.go.id/Tarif/HS10Description.asp?cdsect=16&hs2dig=84>

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Karawang pada tanggal 26 Desember 1993 dari Ayah Ir. Haryono dan Ibu Meity Zusana. Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Karawang pada tahun 2011. Pada tahun yang sama, penulis diterima di Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor melalui jalur SNMPTN Undangan.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif di berbagai organisasi kampus. Penulis pernah aktif sebagai anggota Omda Panatayudha Karawang, Bina Desa BEM KM IPB 2012, Klub Cinta Lingkungan Asrama TPB IPB. Selain itu, penulis juga pernah aktif di Rohis Kelas TIN 48 (Jannatin), Forum Bina Islami Fateta (FBI) dan Kementerian Kebijakan Kampus BEM KM IPB. Dalam kegiatan kepanitiaan, penulis pernah menjadi Ketua Pelaksana IPB Goes to School di Karawang, Kepala Divisi Komisariss Hagatri (Masa Perkenalan Departemen) 2013, Kepala Divisi Sponsorship Fateta Annual English Competition (FALCON) 2013, Kepala Divisi Humas & Acara Daurah Praktikan Potensial PAI, Ketua Pelaksana Hajiko (Hari Jilbab dan Koko TIN 48), Koordinator Tamu Konsolidasi Nasional BEM Seluruh Indonesia, Ketua Pelaksana Kajian Kampus IPB, Kepala Divisi PDD PESTO (Festival Mentoring), Kepala Divisi Logstran Dialog Terbuka Bersama Rektor, Kepala Divisi Komisariss *Steering Committee* Hagatri. Selain itu penulis pernah juga aktif pada kepanitiaan lainnya seperti Agroindustrial Fair, Reds Cup, Canvassing IPB Wilayah Purwasuka (Purwakarta-Subang-Karawang), Musyawarah Kerja Nasional (Ikatan Mahasiswa Muslim Peduli Pangan dan Gizi), Techno-F, Red Agritech Festival, Hassasin, Pelatihan Pembuatan Proposal PKM (P4), “Obral-obrol Bangsa” Suara dari Kampus: Mencari Pemimpin Abad 21, Forum Mahasiswa (Komti) Se-IPB, Diskusi Terbuka “Keamanan Kampus”. Dalam kesempatan lainnya, penulis pernah mengikuti kegiatan non formal seperti Ma’had Tarbawi Alhurriyyah dan Tahsin “LPQ Spesial Ramadhan Alhurriyyah”. Penulis memiliki sedikit prestasi di bidang non-akademik seperti Juara 1 Cabang Sepakbola Olimpiade Asrama TPB IPB 2011, Semifinalis TPB CUP 2012 Cabang Futsal, terpilih sebagai Kapten Futsal Omda Panatayudha Karawang di Turnamen Priangan Cup dan CSS Mora Cup. Tidak cukup sampai disitu, penulis juga pernah dipercaya emban amanah sebagai Kapten Futsal TIN 48 di ajang Together 2013 dan PESTO 2014, Delegasi IPB untuk Audiensi PEMILU 2014 di Gedung KPU, Jakarta Pusat. Penulis pernah juga mengikuti lomba Gebyar Nusantara 2011 bersama Omda Purwakarta-Subang-Karawang, Lomba Tartil Al-Qur’an LPQ Spesial Ramadhan Alhurriyyah 2013, Menulis resume acara SUPSARI (Suplemen Santri) 2013 LPQ Alhurriyyah. Pada pengalaman mengisi acara, penulis pernah menjadi *Master of Ceremony* Forum Mahasiswa (Komti) Se-IPB 2014, *Master of Ceremony* “Nongkrong Asyik Forum Fateta” 2014, *Keynote Speech* Kajian Internal #NasibUKT bersama BEM KM IPB 2014, *Keynote Speech* #NasibUKT bersama mahasiswa Diploma IPB. Dalam pengalaman keprofesian, penulis pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Pendidikan Agama Islam IPB 2013, Pengajar *Privat* Bimbel Kharisma Prestasi Bogor dan Instruktur Tahsin LPQ Alhurriyyah. Penulis melaksanakan Praktik Lapangan (PL) pada bulan Juni hingga Agustus 2014 di PT Kalbe Morinaga Indonesia dengan topik Mempelajari Penanganan Limbah Padat di PT Kalbe Morinaga Indonesia.