

# BUKU AJAR PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI

Pencemaran lingkungan merupakan masalah utama yang sedang dihadapi masyarakat saat ini. Kondisi padatnya suatu wilayah atau daerah berhasil membuat kondisi menjadi tidak kondusif dan pencemaran lingkungan bisa terjadi dengan sangat cepat sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kualitas udara sampai satu batas tingkatan tertentu yang mengakibatkan lingkungan tersebut menjadi kurang dan tidak dapat berfungsi kembali sesuai dengan tatanannya.

Dalam era globalisasi dewasa ini, pengelolaan lingkungan menjadi topik yang menarik perhatian banyak pihak di seluruh dunia karena berhubungan dengan produktivitas dan pembangunan yang berkelanjutan. Konsep pencegahan pencemaran dapat digambarkan sebagai penggunaan proses, praktik, bahan dan energi guna menghindari atau mengurangi timbulnya pencemaran dan limbah. Pencegahan pencemaran secara fundamental mengalihkan fokus perlindungan lingkungan dari penanggulangan melalui *end-of-pipe* yang reaktif dengan pengolahan pencemaran setelah terjadinya pencemaran ke pemikiran *front-of-process* yang preventif dengan penekanan bahwa pencemaran seharusnya tidak boleh terjadi.

Buku ajar Pemanfaatan Limbah Industri ini disusun secara umum dan sederhana guna memenuhi kebutuhan bahan bacaan dan pegangan untuk mempermudah pemahaman dan penguasaan untuk studi pendahuluan dasar – dasar proses pemanfaatan limbah. Selain itu dapat dijadikan sebagai buku pegangan bagi dosen pengajar mata kuliah Pemanfaatan Limbah Industri. Bahan ajar ini diambil dari referensi yang ada dan disesuaikan dengan silabus mata kuliah Pemanfaatan Limbah Industri.

BUKU AJAR PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI

# BUKU AJAR PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI

Adi Rahmadi  
Noor Mirad Sari  
Ekorini Indriyani



Penerbit :  
**CV Banyubening Cipta Sejahtera**  
Jl. Saptamarga Blok E No.38 RT 007/003  
Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721  
Email : penerbit.bcs@gmail.com

ISBN 978-623-5774-08-4



9 786235 774084

# **BUKU AJAR**

# **PEMANFAATAN LIMBAH**

# **INDUSTRI**

**Adi Rahmadi**

**Noor Mirad Sari**

**Ekorini Indriyani**



# **BUKU AJAR PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI**

Adi Rahmadi

Noor Mirad Sari

Ekorini Indriyani

Editor : Thamrin

Layout : Norlena

Desain sampul : Muhammad Ramli

Ukuran : viii, 134 halaman, 15,5 x 23 cm "

Cetakan pertama, Januari 2022.

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang.

Dilarang Memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Bersama Fakultas Kehutanan, ULM

Penerbit :

**CV. Banyubening Cipta Sejahtera**

Jl. Sapta Marga Blok E. No. 38, RT. 007, RW. 003

Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

[Penerbit.bcs@gmail.com](mailto:Penerbit.bcs@gmail.com)

ISBN : **978-623-5774-08-4**



No.Anggota : 006/KSL/2021

## **PRAKATA**

Buku ajar Pemanfaatan Limbah Industri ini disusun secara umum dan sederhana guna memenuhi kebutuhan bahan bacaan dan pegangan untuk mempermudah pemahaman dan penguasaan untuk studi pendahuluan dasar – dasar proses pemanfaatan limbah. Selain itu dapat dijadikan sebagai buku pegangan bagi dosen pengajar mata kuliah Pemanfaatan Limbah Industri. Bahan ajar ini diambil dari referensi yang ada dan disesuaikan dengan silabus mata kuliah Pemanfaatan Limbah Industri Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Walaupun isi buku ajar ini disusun dengan menggunakan banyak pustaka yang dirangkum menjadi satu, tetapi mahasiswa tetap dianjurkan untuk membaca materi yang asli.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Kehutanan ULM, yang memberikan kepercayaan kepada penulis untuk menyusun Buku Ajar ini dan kepada semua pihak yang membantu memberikan saran dan perhatian dalam penyusunan Buku Ajar ini. Akhirnya semoga apa yang tertuang dalam Buku Ajar yang sangat sederhana ini dapat memenuhi harapan serta bermanfaat bagi mereka yang memerlukannya

Banjarbaru, Desember 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>BAB I MINDMAP LIMBAH INDUSTRI</b> .....	1
1. 1 Pencemaran Lingkungan .....	3
1. 2 Strategi Pemanfaatan Limbah Industri .....	14
1. 3 Teknologi Produksi Bersih.....	16
1. 4 Minimisasi Limbah.....	21
<b>BAB II REKAYASA PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI</b> .....	31
2. 1 Pemilihan Teknologi Pengolahan Limbah Industri ...	33
2. 2 Nilai Pengelolaan Lingkungan Bagi Perusahaan. ....	46
2. 3 Pola Pengelolaan Limbah Industri.....	58
2. 4 Pencegahan Pencemaran .....	62
2. 5 Pembatasan Pemakaian Bahan-Bahan Berbahaya ...	65
<b>BAB III REKAYASA PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI</b> .....	81
3. 1 <i>Responsible Care</i> .....	82
3. 2 <i>Eco-Efficiency</i> .....	82
3. 3 Mengubah Limbah Menjadi Produk.....	88
<b>BAB IV REKAYASA PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI DI BIDANG KEHUTANAN</b> .....	101
4. 1 Desain Berwawasan Lingkungan .....	101

4. 2 Produk Ramah Lingkungan.....	106
4. 3 Produktivitas Ramah Lingkungan .....	119
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>133</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pilihan cara pengolahan lumpur dan disposal .....	68
Tabel 3.1 Hubungan suhu, retensi dan produksi gas metana ....	90
Tabel 3.2 Komposisi gas metana : pada suhu 35°C dan 60°C] ....	91
Tabel 3.3 Bakteri non-metanogenik yang aktif pada biokonversi .	92
Tabel 3.4 Bakteri metanogenik.....	93
Tabel 3.5 Potensi limbah pertanian/kehutanan di Indonesia.....	95
Tabel 3.6 Produksi jerami pada tahun 1974 .....	96
Tabel 4.1 Penelitian terdahul .....	129
Tabel 4.2 Perbandingan dengan penelitian terdahulu .....	131
Tabel 4.3 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap parameter limbah .....	132

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pencemaran lingkungan umumnya ditemui pada wilayah yang padat penduduk .....	4
Gambar 1.2 Menumpuknya limbah plastik merupakan salah satu jenis pencemaran .....	5
Gambar 1.3 Ada banyak hal yang bisa menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan .....	7
Gambar 1.4 Anda bisa ikut berperan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari rumah Anda .....	12
Gambar 1.5 Lingkungan yang rendah pencemaran .....	13
Gambar 2.1 Sejarah perjalanan PROPER. ....	46
Gambar 2.3 Merkuri merupakan bahan berbahaya dan beracun yang dibatasi penggunaannya .....	66
Gambar 2.4 Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 .	69
Gambar 3.1 Kode Etik Manajemen .....	82
Gambar 3.2 Lingkaran keefisiensi.....	84
Gambar 3.3 Reaksi Pembentukan etanol dari glukosa .....	99
Gambar 4.1 Mobil Listrik .....	118
Gambar 4. 2 Skema Sistem Produktivitas .....	119
Gambar 4.3 Siklus Produktivitas.....	120
Gambar 4.4 Pengukuran Produktivitas .....	121
Gambar 4.5 Dasar dari <i>Green Productivity</i> .....	122
Gambar 4.6 Definisi <i>Green Productivity (Asian Productivity Organization)</i> .....	123





## **BAB I**

### ***MINDMAP* LIMBAH INDUSTRI**

Limbah pada dasarnya berarti suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif. Limbah dikatakan mempunyai nilai ekonomi yang negatif karena untuk menanganinya diperlukan biaya yang cukup besar selain itu juga dapat mencemari lingkungan yang akan membahayakan kehidupan makhluk hidup pada umumnya dan manusia pada khususnya.

Limbah umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu limbah yang berbentuk cair (limbah cair), limbah yang berbentuk padat (limbah padat) dan limbah yang berbentuk gas (limbah gas). Limbah ini biasanya terbuang ke lingkungan. Jika limbah ini masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) yang diperkenankan maka lingkungan masih mampu menetralkannya tetapi jika limbah sudah di atas NAB yang diperkenankan maka akan berbahaya bagi lingkungan di sekitarnya termasuk manusia.

Limbah dikatakan telah mencemari lingkungan jika limbah itu memasuki lingkungan dan mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan atau tidak diharapkan. Karena pencemaran pada dasarnya disebabkan oleh limbah, maka untuk mengatasinya diperlukan penanganan dan pengendalian limbah. Penanganan dan pengendalian limbah merupakan masalah yang semakin lama semakin kompleks dan rumit.

Hal ini disebabkan karena komposisinya yang semakin kompleks, terutama yang berasal dari buangan industri. Semakin maju perkembangan kebudayaan dan industri suatu bangsa, akan semakin banyak limbah yang dibuang. Pada umumnya negara yang sedang berkembang mempunyai jenis limbah yang relatif sederhana dibanding negara-negara maju, tetapi karena pembuangannya masih bercampur-baur, maka penanganannya relatif lebih sulit.

Masalah yang sering timbul dalam penanganan limbah ini adalah masalah teknologi dan biaya operasional yang tinggi. Karena itu perlu adanya pemilihan teknologi penanganan limbah, untuk mendapatkan tingkat efektifitas dan efisiensi yang tinggi sehingga cukup layak diterapkan. Karena penanganan dan pengendalian limbah sangat erat kaitannya dengan masalah pencemaran, maka pengembangan teknologi penanganan dan pengendalian limbah akan sejalan dengan upaya pengendalian pencemaran lingkungan, terutama pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh buangan industri.

Pada dasarnya pelaksanaan penanganan dan pengendalian limbah harus sekaligus disertai upaya pemanfaatannya, sehingga menghemat biaya operasi bahkan kalau dapat diharapkan mempunyai keuntungan berupa nilai tambah.

Tabel 1.1 Hubungan antara sumber limbah dan karakteristiknya.

<b>KARAKTERISTIK</b>	<b>SUMBER LIMBAH</b>
<b>Fisika:</b>	
• Warna	Bahan organik, limbah industri dan
• Bau	Penguraian Limbah industri
• Padatan	Sumber air, limbah industri dan
• Suhu	Limbah industri dan domestik
<b>Kimia:</b>	
Organis:	

• Karbohidrat	Limbah industri, perdagangan dan
• Minyak dan	Limbah industri, perdagangan dan
• Pestisida	Limbah hasil pertanian
• Penol	Limbah industri
<b>Anorganik:</b>	
• Alkali	Sumber air, limbah domestik, infiltrasi air tanah, buangan air
• Klorida	Sumber air, limbah industri,
• Logam berat	Limbah pertanian dan domestik
• pH	Limbah industri
• Posfor	Limbah industri, domestik dan
• Sulfur	Limbah industri, domestik
• Bahan beracun	Perdagangan, limbah industri
<b>Biologi:</b>	
• Virus	Limbah domestik

## 1. 1 Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan merupakan masalah utama yang sedang dihadapi masyarakat saat ini. Terutama bagi mereka yang tinggal di perkotaan, karena pada awalnya masih tidak banyak orang yang tinggal pada suatu wilayah tertentu sehingga pengendalian pencemaran lingkungan masih mudah untuk dilakukan.

Namun, seiring dengan semakin padatnya suatu wilayah atau daerah berhasil membuat kondisi menjadi tidak kondusif dan pencemaran lingkungan bisa terjadi dengan sangat cepat. Kurangnya kesadaran dari masyarakat dan setiap individu membuat lingkungan menjadi tercemar.

## A. Pengertian Pencemaran Lingkungan



Gambar 1.1 Pencemaran lingkungan umumnya ditemui pada wilayah yang padat penduduk. (Foto: *Pexels*)

Tidak ada yang bisa menduga mengapa pencemaran lingkungan bisa terjadi dengan sangat cepat. Padahal dalam beberapa tahun yang lalu mungkin Anda masih bisa merasakan sebuah kondisi di mana lingkungan tempat tinggal Anda masih terasa asri dan menyegarkan. Melihat kondisi lingkungan tempat tinggal Anda yang tercemar tentunya akan membuat perasaan sedih sekaligus tidak nyaman.

Pencemaran lingkungan dalam jumlah yang besar dan luas bisa menyebabkan berbagai penyakit yang berbahaya dan sekaligus merusak alam. Pencemaran lingkungan bukanlah sebuah hal yang baru dan sudah sering mendengar kata tersebut. Pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi ataupun komponen yang lain ke dalam lingkungan dan bisa menyebabkan berubahnya tatanan yang sudah ada sebelumnya.

Pencemaran lingkungan akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas udara sampai satu batas tingkatan tertentu yang mengakibatkan lingkungan tersebut menjadi kurang dan tidak dapat berfungsi kembali sesuai dengan tatanannya. *National Geographic* juga menyebutkan pencemaran lingkungan sebagai suatu zat atau bahan berbahaya ke dalam sebuah lingkungan. Bahan yang berbahaya tersebut disebut juga sebagai polutan. Polutan tersebut bisa merusak kualitas lingkungan di sekitarnya mencakup dari air, udara hingga tanah. Seluruh makhluk hidup, mulai dari mikroba hingga seluruh biota yang ada di darat dan laut sangatlah bergantung pada pasokan udara yang ada di bumi. Jika pencemaran lingkungan terjadi maka dapat dipastikan seluruh makhluk hidup yang ada akan bisa terganggu kesehatannya.

## **B. Jenis Pencemaran Lingkungan**



Gambar 1.2 Menumpuknya limbah plastik merupakan salah satu jenis pencemaran (Magda Ehlers-Pexels)

Ada beberapa jenis pencemaran lingkungan yang umum terjadi dalam berbagai aspek kehidupan. Perlu

diwaspadai dan dihindari agar tidak menimbulkan penyakit. Berikut ini jenis-jenis pencemaran lingkungan yang perlu Anda ketahui.

- Pencemaran udara: Tersebaranya bahan-bahan polutan seperti gas beracun atau zat berbahaya ke udara
- Pencemaran air: Pencemaran yang terjadi pada area air seperti sungai, danau, kolam, dan lain sebagainya
- Pencemaran tanah: Saat area tanah terkontaminasi, kondisi tersebut akan mengarah pada pencemaran tanah
- Pencemaran suara: Suara bising dan tidak nyaman dapat menimbulkan pencemaran suara
- Pencemaran plastik: Pencemaran plastik disebabkan oleh menumpuknya limbah plastik di lingkungan tertentu
- Pencemaran cahaya: Polusi cahaya yang disebabkan oleh sumber cahaya antropogenik pada malam hari dapat menyebabkan pencemaran cahaya
- Pencemaran termal (temperatur): Perubahan temperatur pada air dalam jumlah banyak menyebabkan pencemaran termal
- Pencemaran visual: Saat seseorang memasang sesuatu yang menghalangi pandangan orang lain dan tidak sedap dipandang, kondisi ini disebut pencemaran visual.

### **Penggolongan Sumber Pencemar**

Sumber pencemar dapat dibedakan menjadi sumber domestik (rumah tangga), yaitu dari perkampungan, kota, pasar, jalan, terminal, rumah sakit, dan sebagainya, serta sumber non-domestik, yaitu dari pabrik, industri,

pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lainnya.

#### 1. Limbah Domestik

Limbah domestik ialah semua limbah yang berasal dari kamar mandi, WC, dapur, tempat cuci pakaian, apotik, rumah sakit, dan sebagainya, yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik, baik padat ataupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, lemak dan bakteri.

#### 2. Limbah Non-domestik

Limbah non-domestik sangat bervariasi, lebih-lebih untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, pestisida, bahan pupuk yang mengandung Nitrogen, dan sebagainya.

### **C. Penyebab dari Terjadinya Pencemaran Lingkungan**



Gambar 1.3 Ada banyak hal yang bisa menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. (Foto: Pexels)

Pencemaran lingkungan tentunya bisa terjadi apabila terdapat beberapa hal yang menjadi inti dan sumber masalahnya. Di bawah ini adalah beberapa penyebab utama dari bisa terjadinya pencemaran lingkungan:

### **a. Asap dan Emisi dari Kendaraan Bermotor**

Sebenarnya sungguh disayangkan bahwa sangat banyak kendaraan bermotor yang bisa dibeli dengan harga yang rendah. Harga kendaraan yang murah tersebut mengakibatkan banyaknya orang yang bisa membeli dan mempunyai kendaraannya sendiri. Dengan semakin banyaknya populasi kendaraan pribadi di jalan raya mengakibatkan terjadinya peningkatan asap gas buang atau emisi dari kendaraan tersebut. Lemahnya regulasi terhadap emisi dan gas buang juga menyebabkan siapa saja bisa dengan mudah memiliki kendaraan baru dan tidak perlu memperdulikan perawatan dari kendaraan yang dimilikinya. Jika kendaraan jarang dirawat maka otomatis emisi dari kendaraan akan meningkat dan membuat udara menjadi tercemar. Selain itu juga di Indonesia masih tidak adanya peraturan pajak kendaraan bermotor yang tinggi dan ketat. Siapa saja bisa mempunyai kendaraan dan terkadang masih tidak mau membayar pajak dari kendaraan yang dimilikinya.

Berbeda halnya dengan negara – negara maju yang lainnya. Negara maju umumnya sudah mempunyai peraturan dan regulasi yang sangat ketat terhadap kepemilikan kendaraan bermotor. Negara – negara maju biasanya memberlakukan pengetesan terhadap emisi kendaraan secara berkala setiap tahunnya. Kendaraan yang tidak bisa melewati batas ambang emisi yang ditentukan sudah tidak boleh digunakan lagi kecuali pemilik melakukan perbaikan terhadap mesin dari kendaraan yang dimilikinya.

### **b. Polusi dan Gas Buang dari Industri dan Pabrik**

Sumber dari penyebab terjadinya pencemaran lingkungan yang berikutnya adalah berasal dari polusi dan gas buang dari industri dan pabrik. Sektor industrial telah menjadi sumber pencemaran lingkungan sejak awal dari revolusi industri. Awalnya industri dan pabrik mengandalkan sumber daya dari batu bara sebagai bahan bakar untuk mengoperasikan mesin industri.

Hasil emisi dari penggunaan batu bara tersebut sangatlah membahayakan bagi lingkungan. Selain itu juga pabrik dan industri umumnya mempunyai limbah buangan akhir yang harus diolah dan dibuang dengan baik. Akan sangat berbahaya apabila terjadinya kebocoran dalam pengolahan limbah karena bisa berdampak buruk bagi tanah dan lingkungan sekitarnya.

Meskipun hingga saat ini akhirnya sudah mulai banyak industri yang beralih dengan menggunakan energi terbarukan yang lebih ramah dan aman terhadap lingkungan. Kondisi ini juga sekaligus untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

### **c. Pembuangan Sampah Sembarangan**

Penyebab dari pencemaran lingkungan yang berikutnya adalah pembuangan sampah sembarangan. Minimnya kesadaran dari masyarakat untuk membuang sampah dengan benar pada tempat pembuangan berhasil menyebabkan pencemaran lingkungan. Sampah yang dibuang secara sembarangan juga bisa menjadi sumber penyakit berbahaya oleh karena itulah perlunya sebuah kesadaran dari setiap individu agar mulai membuang sampah pada tempat yang sudah disediakan. Selain harus belajar untuk memisahkan mana sampah yang bisa diolah kembali dan mana yang tidak. Dengan membedakan kantong sampah

antara yang organik dan tidak juga bisa mempermudah petugas untuk melakukan penyortiran.

#### **D. Dampak dari Pencemaran Lingkungan**

Setiap pencemaran yang terjadi tentunya mempunyai dampaknya yang berbeda – beda bagi keberlangsungan hidup manusia dan alam semesta. Memang, sudah bisa dikatakan sedikit terlambat untuk mengurangi dampak dari pencemaran tersebut. Akan tetapi Anda juga masih bisa berperan untuk melakukan pencegahan agar pencemaran tidak menjadi semakin parah. Di bawah ini adalah beberapa dampak dari pencemaran lingkungan yang bisa dilihat dan rasakan secara langsung.

##### **a. Dampak Pencemaran Lingkungan Udara**

Pencemaran udara yang sudah mencapai tingkatan yang berbahaya akan menimbulkan dampak yang sangat buruk bagi kesehatan. Dalam daerah tertentu, kadar dari karbon monoksida bisa mencapai angka 10 hingga 15 ppm. Angka tersebut bisa ditemui dalam kota – kota besar yang berpenduduk padat dan banyaknya kendaraan bermotor yang berlalu lalang di kota tersebut.

Dengan tingginya angka karbon monoksida tersebut tentunya akan berdampak bagi masalah pernapasan dari setiap makhluk yang ada di dalamnya. Jika Anda berpergian ke luar tanpa menggunakan masker untuk menyaring polusi tersebut maka Anda juga bisa akan terkena dampak dari tingkat pencemaran udara tersebut.

##### **b. Dampak Pencemaran Lingkungan Air**

Pencemaran air di Indonesia saat ini semakin memprihatinkan. Pencemaran air dapat diartikan sebagai suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas

manusia. Perubahan ini mengakibatkan menurunnya kualitas air hingga ke tingkat yang membahayakan sehingga air tidak bisa digunakan sesuai peruntukannya. Fenomena alam seperti gunung berapi, badai, gempa bumi dll juga mengakibatkan perubahan terhadap kualitas air, tapi dalam pengertian ini tidak dianggap sebagai pencemaran. Pencemaran air, baik sungai, laut, danau maupun air bawah tanah, semakin hari semakin menjadi permasalahan di Indonesia sebagaimana pencemaran udara dan pencemaran tanah. Mendapatkan air bersih yang tidak tercemar bukan hal yang mudah lagi. Bahkan pada sungai-sungai di lereng pegunungan sekalipun.

Pencemaran air di Indonesia sebagian besar diakibatkan oleh aktifitas manusia yang meninggalkan limbah pemukiman, limbah pertanian, dan limbah industri termasuk pertambangan. Limbah pemukiman mempunyai pengertian segala bahan pencemar yang dihasilkan oleh daerah pemukiman atau rumah tangga. Limbah pemukiman ini bisa berupa sampah organik (kayu, daun dll), dan sampah nonorganik (plastik, logam, dan deterjen). Limbah pertanian mempunyai pengertian segala bahan pencemar yang dihasilkan aktifitas pertanian seperti penggunaan pestisida dan pupuk. Sedangkan limbah industri mempunyai pengertian segala bahan pencemar yang dihasilkan aktifitas industri yang sering menghasilkan bahan berbahaya dan beracun (B3). Asian Development Bank (2008) pernah menyebutkan pencemaran air di Indonesia menimbulkan kerugian Rp 45 triliun per tahun. Biaya yang akibat pencemaran air ini mencakup biaya kesehatan, biaya penyediaan air bersih, hilangnya waktu produktif, citra buruk pariwisata, dan tingginya angka kematian bayi. Dampak lainnya yang tidak kalah merugikan dari pencemaran air adalah terganggunya lingkungan hidup, ekosistem, dan keanekaragaman hayati. Air yang tercemar dapat mematikan berbagai organisme yang hidup di air.

Situasi yang sangat berbahaya ini membutuhkan perhatian yang khusus agar tidak berdampak terlalu luas pada habitat laut. Apabila jumlah habitat laut semakin berkurang maka semakin sedikit sumber daya yang bisa Anda ambil dan konsumsi dari laut itu sendiri.

### **c. Dampak Pencemaran Lingkungan Tanah**

Limbah dan hasil buangan pabrik lainnya bisa mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah. Dilansir dari Environment Indonesia, tanah yang sudah tercemar akan berdampak pada rusaknya kandungan humus pada tanah hingga bisa mengakibatkan bau yang tidak sedap. Dampak langsung dari pencemaran tanah yang bisa Anda rasakan adalah lingkungan menjadi penuh dengan lalat karena kotor dan kumuh.

Pencemaran tanah juga bisa mengakibatkan penyakit yang mematikan akan muncul dan menimbulkan wabah berbahaya seperti pes hingga malaria bagi siapa saja yang berada dan tinggal di sekitar tanah yang tercemar tersebut.

## **E. Cara Mengurangi Pencemaran Lingkungan**



Gambar 1.4 Anda bisa ikut berperan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari rumah Anda. (Foto: Pixabay)

Meskipun saat ini pencemaran lingkungan sudah mencapai tingkat yang berbahaya namun Anda masih bisa berperan langsung untuk mengatasi dan mengurangi pencemaran lingkungan langsung dari rumah. Cara paling sederhana yang bisa dilakukan adalah dengan membuang sampah pada tempatnya dan menjaga kebersihan dari rumah yang ditinggali. Pisahkanlah antara sampah yang bisa diolah dan sampah plastik yang tidak dapat diolah.

Cara berikutnya yang bisa dilakukan sendiri adalah dengan menanam berbagai tanaman pada halaman rumah. Jangan pernah membiarkan halaman rumah kosong dan kering begitu saja karena tidak akan memberikan manfaat yang baik sama sekali. Pilihlah tanaman yang rindang dan bisa membuat suasana rumah menjadi sejuk dan nyaman.

#### **F. Ciri – Ciri dari Lingkungan yang Rendah Pencemaran**



Gambar 1.5 Lingkungan yang rendah pencemaran

Tidak semua lingkungan di sekitar mempunyai tingkatan pencemaran yang sama. Masih terdapat beberapa wilayah yang minim pencemaran karena kuatnya rasa tanggung jawab dari setiap individu untuk menjaga

lingkungan tempat tinggalnya. Beberapa ciri-ciri lingkungan yang rendah pencemaran, yaitu

- **Kualitas udara yang baik**

Hal ini dapat terlihat dari penggunaan bioteknologi yaitu teknologi yang ramah lingkungan sehingga tidak membahayakan ataupun menimbulkan pencemaran lingkungan. Selain itu penggunaan bahan bakar ramah lingkungan bisa menjadi penyumbang kualitas udara yang baik pula.

- **Sistem pembuangan sampah yang terintegrasi dengan baik**

Dengan adanya sistem pembuangan sampah yang baik dan diterapkan oleh masyarakat maka lingkungan akan menjadi bersih, dan pengelolaan sampah pun bisa dimaksimalkan agar tidak memberikan pencemaran pada lingkungan.

- **Terdapat banyak pepohonan dan ruang terbuka hijau**

Lingkungan yang rendah pencemaran juga biasanya penuh dengan pepohonan yang rindang dan membuat situasi menjadi sejuk. Pepohonan ini bertujuan untuk mengurangi polusi udara dan memberikan kualitas udara yang baik.

## **1. 2 Strategi Pemanfaatan Limbah Industri**

Dalam era globalisasi dewasa ini, pengelolaan lingkungan menjadi topik yang menarik perhatian banyak pihak di seluruh dunia karena berhubungan dengan produktivitas dan pembangunan yang berkelanjutan. Dari pihak pemerintah, upaya-upaya diarahkan untuk mengatur kerangka pengelolaan lingkungan nasional secara efektif tanpa menghambat laju pembangunan. Disadari bahwa

kapasitas pemerintah saja tidak cukup untuk menghadapi masalah lingkungan yang semakin kompleks.

Di pihak masyarakat, mereka peduli terhadap risiko-risiko lingkungan dan menyadari bahwa mereka mempunyai hak untuk berinisiatif dan ikut serta dalam pengelolaan lingkungan untuk memperbaiki kinerja: pengelolaannya. Di kalangan pengusaha, pada dekade 1990-an timbul pertanyaan penting, yaitu apakah isu lingkungan dapat dimasukkan sebagai faktor positif ke dalam strategi usaha mereka dan bukan sebagai penghambat upaya mereka memperbaiki struktur biaya produk dan/atau jasa.

Strategi pengelolaan lingkungan pada mulanya didasarkan pada pendekatan kapasitas daya dukung (*carrying capacity approach*). Konsep daya dukung ini ternyata sulit untuk diterapkan mengingat kendala-kendala yang timbul dan sering kali harus dilakukan upaya untuk memperbaiki kondisi lingkungan yang kemudian tercemar dan rusak, sehingga menjadi mahal biayanya.

Strategi pengelolaan lingkungan kemudian berubah menjadi upaya untuk mengatasi masalah pencemaran dengan cara mengelola limbah yang terbentuk (*end-of-pipe treatment*), dengan harapan kualitas lingkungan hidup dapat lebih ditingkatkan. Akan tetapi kenyataannya masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan masih terus terjadi.

Pemerintah, kalangan dunia usaha dan masyarakat mengamati bahwa pendekatan *akhir-pipa*, yang diperkenalkan sebagai salah satu strategi untuk melindungi lingkungan bukanlah cara yang efektif dalam hemat-biaya. Oleh karena hemat-biaya merupakan salah satu faktor penting dalam daya saing, maka banyak kalangan usaha tidak bergairah untuk mengelola lingkungan. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa kita harus merobah strategi dari pendekatan akhir-pipa ke pencegahan pencemaran yang

mengurangi terbentuknya limbah dan memfasilitasi semua pihak untuk mengelola lingkungan secara hemat-biaya serta memberi keuntungan baik finansial maupun nonfinansial.

### 1. 3 Teknologi Produksi Bersih

Konsep pencegahan pencemaran dapat digambarkan sebagai penggunaan proses, praktik, bahan dan energi guna menghindarkan atau mengurangi timbulnya pencemaran dan limbah. Pencegahan pencemaran secara fundamental mengalihkan fokus perlindungan lingkungan dari penanggulangan melalui *end-of-pipe* yang reaktif dengan pengolahan pencemaran setelah terjadinya pencemaran ke pemikiran *front-of-process* yang preventif dengan penekanan bahwa pencemaran seharusnya tidak boleh terjadi. Strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat proaktif, preventif dan *front of process* dikenal dengan nama Produksi Bersih (*Cleaner Production*).

Pada tahun 1989/1990 **UNEP** (United Nations Enviroment Program) memperkenalkan konsep Produksi Bersih yang didefinisikan sebagai :

**"Suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan untuk mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan."**

**Produksi bersih** ialah suatu program strategis yang bersifat proaktif yang diterapkan untuk menselaraskan kegiatan pembangunan ekonomi dengan upaya perlindungan lingkungan. Strategi konvensional dalam pengelolaan limbah didasarkan pada pendekatan pengelolaan limbah yang terbentuk (*end-of pipe treatment*). Pendekatan ini

terkonsentrasi pada upaya pengolahan dan pembuangan limbah dan untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan. Strategi ini dinilai kurang efektif karena bobot pencemaran dan kerusakan lingkungan terus meningkat. Kelemahan yang terdapat pada pendekatan pengolahan limbah secara konvensional:

- Tidak efektif memecahkan masalah lingkungan karena hanya mengubah bentuk limbah dan memindahkannya dari suatu media ke media lain.
- Bersifat reaktif yaitu bereaksi setelah terbentuknya limbah.
- Karakteristik limbah semakin kompleks dan semakin sulit diolah.
- Tidak dapat mengatasi masalah pencemaran yang sifatnya *non-point sources pollution*.
- Investasi dan biaya operasi pengolahan limbah relatif mahal dan hal ini sering dijadikan alasan oleh pengusaha untuk tidak membangun instalasi pengolahan limbah.
- Peraturan perundang-undangan yang ada masih terpusat pada pembuangan limbah, belum mencakup upaya pencegahan.

Dasar Hukum Pelaksanaan Produksi Bersih adalah UU RI No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 14 dan Pasal 17. Pelaksanaan Produksi Bersih juga tercantum di dalam Dokumen ISO 14001 Butir 3.13

#### **A. Tujuan Produksi Bersih**

- Mencapai efisiensi produksi/jasa melalui upaya penghematan penggunaan materi dan energi.

- Memperbaiki kualitas lingkungan melalui upaya minimisasi limbah

## **B. Prinsip-prinsip Produksi Bersih**

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

## **C. Manfaat Penerapan Produksi Bersih**

- Mencegah terjadinya pencemaran dan merusak lingkungan melalui upaya minimisasi limbah, daur ulang, pengolahan, dan pembuangan limbah yang aman.
- Mendukung prinsip pemeliharaan lingkungan dalam rangka pelaksanaan Pembangunan Berkelanjutan.
- Dalam jangka panjang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi melalui penerapan proses produksi, penggunaan bahan baku dan energi yang efisien.
- Mencegah atau memperlambat degradasi lingkungan dan mengurangi eksploitasi sumberdaya

alam melalui penerapan daur ulang limbah dan dalam proses yang akhirnya menuju pada upaya konservasi sumberdaya alam untuk mencapai tujuan Pembangunan Berkelanjutan.

- Memberi peluang keuntungan ekonomi, sebab di dalam produksi bersih terdapat strategi pencegahan pencemaran pada sumbernya (*source reduction and in process recycling*), yaitu mencegah terbentuknya limbah secara dini, dengan demikian dapat mengurangi biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk pengolahan dan pembuangan limbah atau upaya perbaikan lingkungan.
- Memperkuat daya saing produk di pasar global.
- Meningkatkan citra produsen dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan.
- Mengurangi tingkat bahaya kesehatan dan keselamatan kerja.

#### **D. Elemen Utama Produksi Bersih**

- Analisis Daur Hidup (*Product Life Cycle Assessment*)
- Minimisasi limbah

#### **E. Product Life Cycle Assessment (PLCA)**

Menurut defenisi dari *Society for Enviromental Toxicology and Chemistry (SETAC)*,PLCA:

1. Evaluasi beban lingkungan berkaitan dengan produk, proses atau aktivitas melalui identifikasi dan

- perkiraan energi dan material yang digunakan dan dilepaskan ke lingkungan.
2. Alat untuk menilai dampak energi dan material yang digunakan dan yang dilepaskan ke lingkungan.
  3. Untuk mengevaluasi dan peluang yang ada untuk dari suatu proses atau lingkungan.
  4. Penilaian juga termasuk semua daur hidup (*life cycle*) dari produk, proses atau aktivitas, meliputi ekstraksi dan proses *raw material* (bahan baku); manufaktur, transportasi dan distribusi; penggunaan atau penggunaan ulang pemeliharaan; *recycling*; dan pembuangan ke lingkungan (*front cradle to grave*).

**PLCA** merupakan instrumen yang rasional dan komprehensif untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi dampak suatu proses dan atau produk dan sekaligus menyiapkan alternatif pemecahannya melalui seluruh daur-hidupnya sehingga produk atau proses yang bersangkutan menjadi ramah lingkungan.

## **F. Komponen Utama PLCA**

### 1. Tujuan dan Batasan

Tujuan dan batasan perlu dirumuskan agar dapat dilakukan inventarisasi kegiatan yang diperkirakan dapat menimbulkan dampak penting, evaluasi dampak penting dan upaya mengatasi dampak yang ditimbulkan oleh proses atau produk tertentu terhadap lingkungan.

### 2. Analisis Inventarisasi Daur Hidup (*Life Cycle Inventory Assessment*)

Menggunakan data kuantitatif untuk menentukan level dan tipe input energi dan meterial pada suatu sistem industri dan hasil yang dilepaskan ke lingkungan.

3. Analisis Dampak Daur Hidup (*Life Cycle Impact Assessment*)

Sebagai kesiapan untuk menghadapi suatu pengaruh dengan tujuan untuk menentukan karakter dan menduga pengaruhnya terhadap beban lingkungan yang telah diidentifikasi dalam kegiatan *Life Cycle Inventory*

4. Analisis Perbaikan Daur Hidup (*Life Cycle Improvement Assessment*)

Penilaian yang sistematis bagi kebutuhan dan peluang untuk menyusutkan beban pada lingkungan yang berkaitan dengan penggunaan energi dan bahan serta pengeluaran limbah selama daur hidup suatu produk, proses atau kegiatan

## 1. 4 Minimisasi Limbah

Minimisasi limbah ialah upaya untuk mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas, dan tingkat bahaya limbah yang berasal dari proses produksi, dengan cara reduksi pada sumbernya dan/atau pemanfaatan limbah. Upaya untuk mencegah dan atau mengurangi timbulnya limbah, dimulai sejak pemilihan bahan, teknologi proses, penggunaan materi dan energi dan pemanfaatan produk sampingan pada suatu sistem produksi. Minimisasi limbah dapat dilakukan dengan cara *reduce, reuse, recycle, recovery*.

*Reduce*: Upaya untuk mengurangi pemakaian/penggunaan bahan baku seefisien mungkin di dalam suatu proses produksi. Juga meperhatikan agar limbah yang terbuang menjadi sedikit. *Reuse*: Upaya penggunaan limbah untuk digunakan kembali tanpa mengalami proses

pengolahan atau perubahan bentuk. Reuse dapat dilakukan di dalam atau di luar daerah proses produksi yang bersangkutan. *Recycle*: Upaya pemanfaatan limbah dengan cara proses daur ulang melalui pengolahan fisik atau kimia, baik untuk menghasilkan produk yang sama maupun produk yang berlainan. Daur ulang dapat dilakukan di dalam atau di luar daerah proses produksi yang bersangkutan. *Recovery*: Upaya pemanfaatan limbah dengan jalan memproses untuk memperoleh kembali materi/energi yang terkandung di dalamnya.

### **A. Manfaat Minimalisasi Limbah**

Minimalisasi limbah memberikan manfaat ekonomi seperti penggunaan input lebih efisien untuk mengurangi pembelian bahan baku. Produsen akan melihat pengurangan limbah sebagai penurunan biaya volume Non-Produk *Output* (NPO), penghematan biaya tambahan dapat diwujudkan melalui Sistem Manajemen Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun, program minimalisasi limbah juga dapat berkontribusi untuk ukuran keberhasilan dalam hal pangsa pasar, pertumbuhan pendapatan dan penghematan biaya. Program daur ulang yang tepat bermanfaat mengkonversi biaya menjadi aliran pendapatan saat volume komoditas meningkat. Penurunan volume limbah berbahaya juga dapat mengurangi kadar racun selama proses manufaktur yang dapat mengakibatkan karyawan lebih sedikit terkena paparan racun dan meningkatkan secara keseluruhan dalam kesehatan kerja. Faktor ini biasanya berdampak pada peningkatan kepuasan karyawan dan retensi, serta pengurangan potensi resiko dan kewajiban terkait dengan penggunaan, penyimpanan dan pembuangan bahan berbahaya.

Minimalisasi limbah juga akan berdampak pada lingkungan, perusahaan mendapatkan keuntungan ketika

menerapkan Sistem Manajemen Lingkungan seperti pengurangan karbon, udara dan emisi air serta konservasi sumber daya alam yang biasanya berhubungan dengan bahan baku ekstraksi dan pembuangan limbah, melestarikan energi dan air yang digunakan untuk pengolahan limbah dan bahan baku.

Prosedur awal program minimalisasi limbah yang efektif memenuhi tahapan berikut ini:

1. Menetapkan Komitmen Manajemen

Dukungan manajemen menunjukkan komitmen tujuan dari organisasi dan dapat membantu mengurangi kecenderungan bagi karyawan untuk mengabaikan perubahan prosedural.

2. Membagi Area Identifikasi Bahan Baku dan Limbah

Pemetaan sumber daya dan limbah akan menentukan kuantitas dan lokasi di mana bahan baku yang digunakan bersama dengan jumlah dan lokasi limbah. Informasi ini dapat membantu limbah keluar dari proses manufaktur.

3. Mengidentifikasi Biaya Operasional

Akuntansi biaya lingkungan membantu perusahaan menghitung keseluruhan dampak dari proses produksi. Informasi ini dapat berfungsi sebagai dasar untuk mengukur kemajuan dan penghematan biaya setelah program minimalisasi limbah dilaksanakan.

4. Menetapkan Tujuan dan Prioritas dan Rencana Pengembangan Manajemen Limbah

Rencana minimalisasi limbah akan menjadi alat yang lebih berguna jika dibingkai dalam konteks tujuan fasilitas khusus. Hal ini harus ditetapkan sebelum rencana minimalisasi limbah dikembangkan, dengan masukan dari

manajemen senior dan karyawan untuk memastikan bahwa prioritas diselaraskan. Perumusan tujuan secara prioritas dan kolaboratif memastikan bahwa rencana minimalisasi limbah menjadi efektif.

#### 5. Melaksanakan Rencana Pengelolaan Limbah dan Menerapkan *Continuous Improvement*

Rencana pengelolaan limbah harus dilaksanakan di fasilitas tersebut, umpan balik dan rekomendasi untuk perbaikan membantu menjamin bahwa rencana minimalisasi limbah dapat dilaksanakan seefektif mungkin, disaat bersamaan mampu memotivasi karyawan dan menunjukkan bagaimana keahlian mereka dihargai. Berusaha untuk terus meningkatkan rencana minimalisasi limbah menjadikan perusahaan selangkah lebih maju dari kompetisi.

### **B. Kegiatan minimisasi limbah meliputi:**

1. Pencegahan pencemaran yang dikenal dengan nama *in-process recycling and reuse* atau *on-site closed-loop*. Bahan kimiawi bergerak hanya di dalam produksi khusus dan tidak akan muncul sebagai limbah. Upaya yang dilakukan pada tahap ini adalah *reduce, reuse* dan *recycling*.
2. Penanggulangan Pencemaran yang dikenal dengan nama *out-of-process recycling and reuse* atau *out-of-loop*. Penggunaan kembali bahan atau produk sampingannya oleh manufacturing (meskipun berada di pabrik yang sama) atau melalui sebuah fasilitas di luar (*off-site-facility*) tidak dapat dianggap sebagai pencegahan pencemaran. Alasannya adalah bahwa pencemaran/limbah telah terjadi (meskipun bahan atau produk sampingan di gunakan kembali sebagai bahan baku yang berharga) dan resikonya untuk

pekerja, konsumen dalam masyarakat dan lingkungan bertambah karena kebutuhan untuk *out-of-process handling, storage, transportation and reuse*. Kegiatan penanggulangan dilakukan setelah kegiatan pencegahan sudah tidak dimungkinkan lagi.

Metode 4 R (*reduce, reuse, recycle, recovery*) pada dasarnya ditujukan untuk efisiensi penggunaan materi dan energi, pemisahan ketidak-murnian dari limbah sehingga dapat digunakan kembali dan pemanfaatan kembali limbah untuk menghasilkan bahan baku sekunder atau memanfaatkan limbah yang semula dianggap tidak berharga menjadi produk lain. Berbagai teknologi yang digunakan dalam 4 R antara lain:

1. *Absorpsi* (penyerapan).
2. *Filtrasi* (penyaringan).
3. *Clarification* (klarifikasi), suatu atau kombinasi proses yang tujuan utamanya untuk mengurangi konsentrasi bahan padat tersuspensi dalam cairan.
4. *Segregation*, upaya memisahkan suatu limbah (cairan limbah) dari limbah yang lain untuk tujuan pengolahan tertentu. Cara ini dapat mengurangi beban dan biaya pengolahan limbah.
5. *Reverse Osmose* (osmose terbalik) adalah proses pemisahan yang dikendalikan tekanan membran. Proses RO menggunakan membran *semipermeable* yang dapat melewatkan air yang dimurnikan dan menahan garam-garam terlarut.
6. *Ion exchange* (penukar ion), digunakan untuk merecover drag out dari larutan pembilas encer.
7. *Recovery Nutrient* dan Energi
8. Bioteknologi.

Dengan makin meningkatnya tuntutan untuk melaksanakan produksi bersih dan tidak mencemari lingkungan, maka usaha pencegahan timbulnya buangan yang berbahaya dan beracun sampai ke tingkat minimal merupakan prioritas pertama. Pertimbangan selanjutnya baru kemungkinan proses daur ulang bahan buangan. Pertimbangan akhir adalah bagaimana mengolah buangan yang tidak dapat dihindari pembentukannya. Dalam hal ini, nilai usaha pencegahan lebih diutamakan dari penanggulangan akibat negatif dari limbah yang terbentuk. Limbah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi diolah melalui berbagai teknik pengolahan limbah, seperti teknik pengolahan secara mekanis, kimia, biologi.

### **C. Tahap-tahap Prosedur Pelaksanaan Minimisasi Limbah**

1. Menentukan prioritas tujuan. Upayakan untuk merumuskan tujuan-tujuan realistik yang dapat dicapai berdasarkan skala prioritas.
2. Audit awal pengurangan aliran Iimbah. Audit yang dilakukan harus mencakup jenis, jumlah dan kadar konsentrasi limbah yang dihasilkan dari sumber limbah.
3. Identifikasi dan tentukan prioritas aliran untuk minimisasi limbah.
4. Upayakan untuk mendapat dukungan dari pimpinan puncak.
5. Lakukan penilaian atas lokasi secara berkala.
6. Libatkan, tumbuhkan motivasi dan latih semua karyawan.
7. Buat desain dan evaluasi rencana tindakan.

8. Pengujian rencana tindakan terpilih.
9. Upayakan untuk memperoleh biaya.
10. Revisi metode akunting dan distribusikan.
11. Revisi dan distribusikan prosedur standar operasi.
12. Pelaksanaan tindakan minimisasi limbah.

Prosedur di atas dapat disederhanakan menjadi empat tahap, yaitu :

1. Perencanaan dari organisasi (langkah 1-4)
2. Fase penilaian (langkah 5)
3. Fase analitis kelayakan (langkah 7 dan 8)
4. Implementasi (langkah 12)

#### **D. Pilihan dan Prioritas Minimisasi Limbah**

Pilihan program minimisasi limbah di bawah ini disusun berdasarkan prioritas dan dikelompokkan ke dalam kategori minimisasi bahan-bahan berbahaya dan pengurangan limbah berbahaya. Inti dari minimisasi bahan-bahan berbahaya adalah pengurangan sumber. Bahan-bahan berbahaya sebaiknya tidak digunakan dalam kegiatan operasional sejak awal; atau minimumkan jumlah yang diperlukan. Minimisasi bahan-bahan berbahaya dapat dicapai melalui pilihan-pilihan yang sifatnya tumpang tindih:

##### **1. Substitusi**

Jika dimungkinkan ganti produk, bahan yang mengandung bahan berbahaya dengan yang tidak atau sedikit mengandung bahan berbahaya. Gantikan sistem, proses dan peralatan yang tidak mengandung atau menggunakan bahan berbahaya.

2. Pengendalian Persediaan Dengan membeli bahan yang diperlukan hanya pada waktunya dan mengurangi jumlah merek sehingga jumlah persediaan dapat ditekan ke tingkat minimum.
3. Pemurnian Bahan Baku Pihak pembuat produk harus didorong untuk membersihkan produk sehingga mencapai standar mutu yang lebih tinggi.
4. Pengembangan Prosedur Operasional Baru Kegiatan operasional menyeleksi atau memeriksa lembar data keamanan bahan untuk semua produk baru yang dibeli akan membantu mengurangi jumlah bahan berbahaya yang harus diolah oleh organisasi.
5. Penjadwalan Produksi Ketatkan jadwal produksi sehingga mengurangi frekuensi tindakan menghidupkan dan mematikan proses yang akan meminimumkan limbah produk kumulatif, emisi dan residu
6. Pemeliharaan Kebersihan Peralatan dan Area Kerja.
7. Penggunaan Ulang, Pertukaran dan Penjualan Bahan-bahan Berbahaya.

Beberapa bahan berbahaya dapat digunakan kembali tanpa pengolahan.

Bahan-bahan berbahaya dapat dipertukarkan dengan diberikan pada pihak lain dengan cuma-cuma atau dijual, sehingga beban tanggung jawab beralih kepada pemilik baru.

8. Mengubah proses yang digunakan.

## **E. Mengatasi Hambatan**

Kendala bagi perusahaan yang ingin meminimalkan limbah mereka di masa ekonomi yang sulit menjadi tantangan untuk mengamankan sumber daya yang diperlukan selama

proses produksi. produsen *supply chain* yang kompleks atau kurang transparan memberikan kesulitan dalam menemukan atau mengamankan bahan baku alternatif untuk proses manufaktur sehingga menghambat upaya untuk mengurangi racun proses limbah. Perusahaan dapat mengatasi rintangan ini dengan cara yang berbeda misalnya dengan berkomunikasi dan mempertahankan perspektif jangka panjang, meskipun beberapa investasi dalam minimalisasi limbah memerlukan biaya awal, tetapi akan menjadi biaya netral dalam periode waktu yang singkat dan akan menghemat uang perusahaan setelahnya.

Vendor harus membantu produsen dalam mencapai tujuan dan tidak menghalangi pelaksanaan minimalisasi limbah. Perusahaan harus berkolaborasi dengan vendor untuk memastikan bahwa bahan yang dibeli tiba dalam kemasan minimal atau kemasan dapat digunakan kembali untuk menghindari biaya pembuangan. Vendor juga dapat membantu meminimalkan limbah dengan menyediakan input dari ukuran atau bentuk untuk menghindari kelebihan barang bekas dalam proses manufaktur.

Perjanjian kontrak juga dapat membantu memastikan bahwa vendor memberikan kontribusi positif menuju tujuan organisasi. Dukungan manajemen dan strategi keterlibatan karyawan dapat membantu mengurangi kecenderungan bagi karyawan untuk menolak perubahan. Ada beberapa alat dan teknik yang dapat diterapkan oleh produsen untuk meminimalkan limbah, misalnya perwakilan dari masing-masing daerah operasi dapat membentuk "Tim Penghijauan" untuk mengkomunikasikan ide-ide dan kemajuan dari pimpinan senior turun ke karyawan departemen, memastikan pendekatan terpadu dan komprehensif untuk minimalisasi seluruh fasilitas. Pengurangan bahan kemasan juga dapat mempengaruhi keseluruhan volume aliran limbah. Produsen dapat mendesain ulang kemasan produk untuk meminimalkan

jumlah bahan yang digunakan dan untuk memaksimalkan jumlah yang dapat didaur ulang.

## **F. Alat dan Teknik**

Perusahaan harus mengoptimalkan produksi melalui daur ulang yang komprehensif untuk menghindari biaya pembuangan, meminimalkan limbah dan menghindari pembelian bahan baku yang tidak perlu. Selain itu, perusahaan harus berusaha untuk melaksanakan pengadaan bahan baku dengan potensi daur ulang sebesar mungkin. Setelah menyelesaikan akuntansi biaya lingkungan dalam proses produksi, produsen harus memanfaatkan teknik yang sama dengan Penilaian Siklus Hidup, untuk membantu dalam pemilihan bahan baku alternatif atau teknologi yang mengurangi limbah dan mengurangi dampak lingkungan. praktek "Bersih-bersih " ditingkatkan untuk memastikan bahwa bahan baku digunakan secara efisien, praktik ini juga mencegah kerugian material karena tumpahan, penguapan atau penguapan. Produsen harus mengambil tindakan pencegahan untuk menghindari proses yang menyebabkan limbah berbahaya tercampur dengan limbah non-berbahaya, juga karena hal ini mampu meminimalkan jumlah limbah berbahaya yang harus disimpan, dirawat dan dibuang, yang akan mengurangi biaya yang berkaitan dengan manajemen bahan berbahaya. Mempertahankan persediaan yang akurat dari bahan baku dan penggunaan label wadah yang tepat juga membantu untuk menghindari pemborosan material, membantu untuk memastikan bahwa jumlah minimal bahan baku yang dibeli dan juga bahwa bahan-bahan yang mudah rusak dapat digunakan sebelum mereka mencapai tanggal kedaluwarsa.



## **BAB II**

### **REKAYASA PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI**

Perkembangan industri di Indonesia saat ini semakin meningkat. Pemerintah terus mendukung pembangunan kawasan industri untuk dapat meningkatkan ekonomi dan penyerapan tenaga kerja di daerah tersebut. Kawasan Industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri (Himpunan Peraturan Perundang-undangan Republik Indonesia, 2014, p. 3). Kawasan Industri dalam definisi tersebut merupakan tempat berlangsungnya kegiatan industri yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri yang telah memiliki izin usaha kawasan industri.

Tujuan pembangunan kawasan industri secara tegas dapat disimak di dalam Keppres Nomor 41 Tahun 1996 tentang kawasan industri pada pasal 2 yang menyatakan pembangunan kawasan industri bertujuan untuk, (a) Mempercepat pertumbuhan industri di daerah, (b) Memberikan kemudahan bagi kegiatan industri, (c) Mendorong kegiatan industri untuk berlokasi di kawasan industri dan (d) Meningkatkan upaya pembangunan industri yang berwawasan lingkungan. Sektor industri memiliki peran strategis dan penting untuk mewujudkan tujuan pembangunan, selain itu sektor industri saat ini memiliki tantangan berupa benturan aktivitas industri dengan dampak yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan dan kaitannya dengan proses pembangunan berkelanjutan. Seperti contoh terjadinya konflik antara masyarakat sekitar dengan industri tersebut yang berkaitan dengan kesenjangan kesejahteraan

serta potensi pencemaran lingkungan baik cair, gas/udara, padatan akibat aktifitas industri.

Untuk mengurangi dampak industri tersebut, dibutuhkan komitmen semua pihak yang terlibat dengan kegiatan industri untuk menjaga kelestarian lingkungan (Dr. Ir. Fatah Sulaiman, 2016) Salah satu dampak dari aktivitas industri tersebut adalah limbah yang dihasilkan oleh perusahaan. Limbah tersebut tidak hanya dihasilkan dari aktivitas produksi perusahaan, tetapi juga dapat dihasilkan dari aktivitas supply chain, dimana supply chain tersebut mencakup proses dari hulu ke hilir yaitu proses untuk mendapatkan bahan mentah hingga pendistribusiannya ke konsumen. *Supply Chain Management* (SCM) yang berorientasi terhadap lingkungan disebut *Green Supply Chain Management* (GSCM). Limbah dan emisi yang dihasilkan dari aktivitas supply chain merupakan sumber utama masalah pencemaran lingkungan diantaranya pemanasan global dan hujan asam (Jacqueline M.Bloemhof-Ruwaard, 1995).

Strategi yang dapat dilakukan dalam pengelolaan industri adalah dengan penerapan *Eco Industrial Park* (EIP) yaitu pengembangan kawasan industri hijau (*green industrial park*) dengan membangun sistem penanganan limbah secara terpadu dengan menggunakan teknologi (Dr. Ir. Fatah Sulaiman, 2016). Penggunaan teknologi diharapkan dapat menangani, mengolah dan memanfaatkan limbah yang dihasilkan industri agar tidak merusak lingkungan. Selain itu dalam pengelolaan industri juga harus memperhatikan teknik pengelolaan yang sinergi dengan limbah yang dihasilkan. Para pelaku usaha harus proaktif melakukan pengelolaan limbah tidak hanya setelah limbah terbentuk, tetapi sejak awal pengelolaannya diupayakan sedemikian rupa mulai dari bahan baku sampai akhir pemakaian produk agar limbah yang dihasilkan seminimal mungkin. Perencanaan untuk pengelolaan limbah industri tentu sudah menjadi kewajiban

dan menjadi syarat untuk mendapatkan perizinan pembangunan industri, hal ini di atur dalam Peraturan Pemerintah Tahun 2009 tentang Kawasan Industri. Untuk itu, perusahaan mencoba melakukan beberapa teknik pengelolaan untuk menangani limbah yang dihasilkan dari setiap kegiatan industri mulai dari pra produksi sampai pasca produk atau yang disebut sebagai Rekayasa Lingkungan. Menurut Sumarno, rekayasa lingkungan adalah upaya sadar manusia untuk merekayasa hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan dengan tujuan untuk mencapai kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan disamping membuat perangkat undang-undang mengenai lingkungan hidup. Aktifitas yang dilakukan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu usaha rekayasa pencemaran atmosfer (udara), usaha rekayasa pencemaran hidrosfir (air) dan usaha rekayasa pencemaran litosfir (tanah).

## **2. 1 Pemilihan Teknologi Pengolahan Limbah Industri**

### **A. Limbah Padat**

Sampah merupakan masalah yang umum terjadi di Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup (Meneg LH, 2008) produksi sampah di Indonesia mencapai 167 ribu ton perhari dengan komposisi sampah plastik di Indonesia adalah 11%. Dalam pengelolaan sampah plastik, di Indonesia masih sulit dilakukan karena sulit untuk mengotomatisasi penyortiran sampah plastik yang apabila dibakar sampah plastic akan menghasilkan asap beracun yang berbahaya bagi kesehatan dan jika ditimbun maka dibutuhkan waktu 1000 tahun agar plastik dapat terurai secara sempurna (Radar Sulteng, 2009). Isu yang berkembang saat ini adalah mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar cair alternatif dengan cara pirolisis. Dengan cara ini dapat dihasilkan minyak dan gas yang bisa digunakan sebagai bahan

bakar alternative pengganti bahan bakar fosil (Bhattacharya, 2009).

### **a. Plastik**

Plastik adalah suatu material organik sintetis atau material organik semi sintetis. Plastik berasal dari Bahasa Yunani yaitu "plastikos" artinya kemudahan untuk dibentuk atau dicetak atau "platos" artinya dicetak, karena sifat plastik yang mudah dicetak atau kekenyalannya dalam dalam pembuatan yang membuatnya mudah dibuat. Ada 3 macam tipe plastik yaitu:

1. Thermoplastics Thermoplastics adalah plastik yang tidak mengalami perubahan komposisi kimia ketika dipanaskan dan dapat dicetak kembali. Contohnya: polyethylene, polystyrene, polyvinyl chloride dan polytetrafluoroethylene (PTFE).
2. Thermoset Thermoset adalah plastik yang dapat dicairkan dan dibentuk tetapi hanya sekali.
3. Polypropylene Polypropylene adalah plastik tidak jernih atau berawan, lebih kuat, ringan, daya tembus yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil pada suhu tinggi, mengkilap, aman untuk menyimpan makanan dan minuman. Plastik Polypropylene ini mempunyai rumus molekul  $(C_3H_6)_n$  (Caglar, A. & Aydinli, B. 2009).

### **1. Pengelolaan Limbah Plastik dengan Metode *Recycle* (Daur Ulang)**

Pemanfaatan limbah plastik merupakan upaya menekan pembuangan plastik seminimal mungkin dan dalam batas tertentu menghemat sumber daya dan mengurangi

ketergantungan bahan baku impor. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan pemakaian kembali (*reuse*) maupun daur ulang (*recycle*). Di Indonesia, pemanfaatan limbah plastik dalam skala rumah tangga umumnya adalah dengan pemakaian kembali dengan keperluan yang berbeda, misalnya tempat cat yang terbuat dari plastik digunakan untuk pot atau ember. Sisi jelek pemakaian kembali, terutama dalam bentuk kemasan adalah sering digunakan untuk pemalsuan produk seperti yang seringkali terjadi di kota-kota besar (Syafitrie, 2001).

Pemanfaatan limbah plastik dengan cara daur ulang umumnya dilakukan oleh industri. Secara umum terdapat empat persyaratan agar suatu limbah plastik dapat diproses oleh suatu industri, antara lain limbah harus dalam bentuk tertentu sesuai kebutuhan (biji, pellet, serbuk, pecahan), limbah harus homogen, tidak terkontaminasi, serta diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebelum digunakan limbah plastik diproses melalui tahapan sederhana, yaitu pemisahan, pemotongan, pencucian, dan penghilangan zat-zat seperti besi dan sebagainya (Sasse *et al.*,1995).

Terdapat hal yang menguntungkan dalam pemanfaatan limbah plastik di Indonesia dibandingkan negara maju. Hal ini dimungkinkan karena pemisahan secara manual yang dianggap tidak mungkin dilakukan di negara maju, dapat dilakukan di Indonesia yang mempunyai tenaga kerja melimpah sehingga pemisahan tidak perlu dilakukan dengan peralatan canggih yang memerlukan biaya tinggi. Kondisi ini memungkinkan berkembangnya industri daur ulang plastik di Indonesia (Syafitrie, 2001).

Pemanfaatan plastik daur ulang dalam pembuatan kembali barang-barang plastik telah berkembang pesat. Hampir seluruh jenis limbah plastik (80%) dapat diproses kembali menjadi barang semula walaupun harus dilakukan

pencampuran dengan bahan baku baru dan additive untuk meningkatkan kualitas (Syafitrie, 2001). Menurut Hartono (1998) empat jenis limbah plastik yang populer dan laku di pasaran yaitu polietilena (PE), High Density Polyethylene (HDPE), polipropilena (PP), dan asoi.

## **2. Plastik Daur Ulang Sebagai Matriks**

Di Indonesia, plastik daur ulang sebagian besar dimanfaatkan kembali sebagai produk semula dengan kualitas yang lebih rendah. Pemanfaatan plastik daur ulang sebagai bahan konstruksi masih sangat jarang ditemui. Pada tahun 1980 an, di Inggris dan Italia plastik daur ulang telah digunakan untuk membuat tiang telepon sebagai pengganti tiang-tiang kayu atau besi. Di Swedia plastik daur ulang dimanfaatkan sebagai bata plastik untuk pembuatan bangunan bertingkat, karena ringan serta lebih kuat dibandingkan bata yang umum dipakai (YBP, 1986).

Pemanfaatan plastik daur ulang dalam bidang komposit kayu di Indonesia masih terbatas pada tahap penelitian. Ada dua strategi dalam pembuatan komposit kayu dengan memanfaatkan plastik, pertama plastik dijadikan sebagai binder sedangkan kayu sebagai komponen utama; kedua kayu dijadikan bahan pengisi/ *filler* dan plastik sebagai matriksnya. Penelitian mengenai pemanfaatan plastik polipropilena daur ulang sebagai substitusi perekat termoset dalam pembuatan papan partikel telah dilakukan oleh Febrianto dkk (2001). Produk papan partikel yang dihasilkan memiliki stabilitas dimensi dan kekuatan mekanis yang tinggi dibandingkan dengan papan partikel konvensional. Penelitian plastik daur ulang sebagai matriks komposit kayu plastik dilakukan Setyawati (2003) dan Sulaeman (2003) dengan menggunakan plastik polipropilena daur ulang. Dalam pembuatan komposit kayu plastik daur ulang, beberapa polimer termoplastik dapat digunakan sebagai matriks, tetapi

dibatasi oleh rendahnya temperatur permulaan dan pemanasan dekomposisi kayu (lebih kurang 200°C).

## **b. Kompos**

Kompos adalah pupuk alami (organik) yang terbuat dari bahan-bahan hijauan dan bahan organik lain yang sengaja ditambahkan untuk mempercepat proses pembusukan, misalnya kotoran ternak atau bila dipandang perlu, bisa ditambahkan pupuk buatan pabrik, seperti urea (Wied, 2004). Pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Dalam pengomposan terjadi proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis. Khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat (Ninie Nuryanto, 2008). Menurut Unus (2002) banyak faktor yang mempengaruhi proses pembuatan kompos, baik biotik maupun abiotik. Faktor – faktor tersebut antara lain : 1. Pemisahan bahan : bahan-bahan yang sekiranya lambat atau sukar untuk didegradasi/diurai, harus dipisahkan/diduakan, baik yang berbentuk logam, batu, maupun plastik. Bahkan, bahan-bahan tertentu yang bersifat toksik serta dapat menghambat pertumbuhan mikroba, harus benar-benar dibebaskan dari dalam timbunan bahan, misalnya residu pestisida. 2. Bentuk bahan : semakin kecil dan homogen bentuk bahan, semakin cepat dan baik pula proses pengomposan. Karena dengan bentuk bahan yang lebih kecil dan homogen, lebih luas permukaan bahan yang dapat dijadikan substrat bagi aktivitas mikroba. Selain itu, bentuk bahan berpengaruh pula terhadap kelancaran difusi oksigen yang diperlukan serta pengeluaran CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. 3. Nutrien : untuk aktivitas mikroba di

dalam tumpukan sampah memerlukan sumber nutrisi Karbohidrat, misalnya antara 20% - 40% yang digunakan akan diasimilasikan menjadi komponen sel dan CO<sub>2</sub>, kalau bandingan sumber nitrogen dan sumber karbohidrat yang terdapat di dalamnya (C/N -resio) = 10 : 1. Untuk proses pengomposan nilai optimum adalah 25 : 1, sedangkan maksimum 10 : 1. 4. Kadar air bahan tergantung kepada bentuk dan jenis bahan, misalnya, kadar air optimum di dalam pengomposan bernilai antara 50 – 70, terutama selama proses fasa pertama. Kadang - kadang dalam keadaan tertentu, kadar air bahan bisa bernilai sampai 85%, misalnya pada jerami. Disamping persyaratan di atas, masih diperlukan pula persyaratan lain yang pada pokoknya bertujuan untuk mempercepat proses serta menghasilkan kompos dengan nilai yang baik, antara lain, homogenitas (pengerjaan yang dilakukan agar bahan yang dikomposkan selalu dalam keadaan homogen), aerasi (suplai oksigen yang baik agar proses dekomposisi untuk bahan -bahan yang memerlukan), dan penambahan starter (preparat mikroba) kompos dapat pula dilakukan, misalnya untuk jerami. Agar proses pengomposan bisa berjalan secara optimum, maka kondisi saat proses harus diperhatikan. (Unus, 2002)

## **B. Teknologi Pengolahan Limbah Padat**

### **a. Pirolisis**

Pirolisis adalah suatu proses penguraian material organik secara thermal pada temperature tinggi tanpa adanya oksigen (Bhattacharya P et al 2009) pirolisis berasal dari Bahasa Yunani "pyr" artinya api dan "lysis" artinya memisahkan. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis adalah padatan, minyak dan gas. Padatan mempunyai struktur seperti grafit. Padatan tersusun atas karbon murni pada temperature tinggi. Struktur ini bias juga ditemukan pada membrane fuel cell. Minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis dapat dibandingkan dengan minyak tanah dan minyak

ini merupakan sumber dari bahan kimia yang berharga misalnya alkohol, asam organik, eter, karbon, aliphatic dan hidrokarbon aromatic dengan gas yang dihasilkan berupa CO, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub> dan alkane (Aydinli, B & Caglar, A., 2010).

### **1. Parameter yang Berpengaruh Pada Proses Pirolisis**

Parameter utama yang mempengaruhi pirolisis adalah sebagai berikut:

#### 1. Kadar Air

Kadar air berpengaruh terhadap proses pirolisis. Energi dari luar yang seharusnya digunakan untuk proses pirolisis digunakan sebagian untuk proses pengeringan kadar air dalam bahan. Akibatnya, pada bahan dengan kadar air yang lebih tinggi akan diperoleh padatan yang lebih banyak atau dengan kata lain proses dekomposisi pada bahan dengan kadar air yang tinggi membutuhkan energi yang lebih besar (Chaurasia & Babu, 2015).

#### 2. Ukuran Partikel

#### 3. Laju Pemanasan

#### 4. Temperatur

#### 5. Bahan

#### 6. Tipe Pirolisis

### **b. Distilasi**

Distilasi merupakan suatu perubahan cairan menjadi uap dan uap tersebut didinginkan kembali menjadi cairan. Unit operasi distilasi merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang terdapat dalam suatu larutan atau campuran dan tergantung pada

distribusi komponen-komponen tersebut antara fasa uap dan fasa air. Semua komponen tersebut terdapat dalam fasa cairan dan uap. Fasa uap terbentuk dari fasa cair melalui penguapan (evaporasi) pada titik didihnya. Syarat utama dalam operasi pemisahan komponen-komponen dengan cara distilasi adalah komposisi uap harus berbeda dari komposisi cairan dengan terjadi keseimbangan larutan-larutan, dengan komponen-komponennya cukup dapat menguap. Suhu cairan yang mendidih merupakan titik didih cairan tersebut pada tekanan atmosfer yang digunakan.

### **c. Aklimatisasi**

Aklimatisasi adalah proses adaptasi dari suatu mikroorganisme pada sebuah media sebagai lingkungan hidup barunya. Beberapa kondisi yang pada umumnya disesuaikan adalah suhu lingkungan, derajat keasaman (pH), dan kadar oksigen. Proses penyesuaian ini berlangsung dalam waktu yang cukup bervariasi tergantung dari jauhnya perbedaan kondisi antara lingkungan baru yang akan dihadapi, dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Selama proses aklimatisasi, dapat diberikan nutrisi sebagai katalis pertumbuhan mikroorganisme di media. Proses aklimatisasi tersebut akan membentuk lapisan biofilm pada media.

Ada 5 tahap dalam proses pembentukan biofilm.

1. Pelekatan awal: mikroba melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh fli (rambut halus sel) contohnya pada *P.aeruginosa*.
2. Pelekatan permanen: mikrob melekat dengan bantuan eksopolisakarida (EPS).
3. Maturasi I: proses pematangan biofilm tahap awal.
4. Maturasi II: proses pematangan biofilm tahap akhir, mikrob siap untuk menyebar.

5. Dispersi: Sebagian bakteri akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.

## **C. Perancangan Rekayasa Unit Pengolahan Limbah Cair**

### **1. Pengolahan Secara Fisika**

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air limbah, bahan-bahan tersuspensi dalam air limbah yang berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Tahap penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar biasanya dengan menggunakan sand filter dengan ukuran silica yang disesuaikan dengan bahan-bahan tersuspensi yang akan disaring. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Pada proses ini bisa dilakukan tanpa tambahan bahan kimia tapi dalam kondisi tertentu, dimana bahan-bahan teruspensi sulit diendapkan maka akan digunakan bahan kimia sebagai bahan pembantu dalam proses sedimentasi. Pada proses ini akan terjadi pembentukan flok-flok dalam ukuran tertentu yang lebih besar sehingga mudah diendapkan. Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

## 2. Pengolahan Secara Biologis

Pengolahan air buangan secara biologis adalah salah satu cara pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air buangan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat tersebut. Proses pengolahan air buangan secara biologis dapat berlangsung dalam tiga lingkungan utama, yaitu:

- Lingkungan aerob, merupakan lingkungan dimana oksigen terlarut (DO) didalam air cukup banyak, sehingga mikroorganisme aerob yang ada pada limbah dapat mendegradasi bahan organik dengan baik.
- Lingkungan anaerob, merupakan kebalikan dari lingkungan aerob, yaitu tidak terdapat oksigen terlarut, sehingga oksigen menjadi faktor pembatas berlangsungnya proses metabolisme mikroorganisme dalam mengurai zat organik yang ada pada limbah.

## 3. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

## **D. Analisa kualitas limbah cair hasil pengolahan**

Tujuan utama sistem pengelolaan air limbah adalah untuk menghilangkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Di dalam metoda pengolahannya umumnya dilakukan secara kimia untuk menghilangkan senyawa anorganik, sedangkan untuk penghilangan bahan pencemar organik biasanya dilakukan dengan proses biologis atau kimia. Dengan demikian, dalam penentuan jenis dan tahapan pengeolahan limbah perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik limbah cair yang akan diolah dan kualitas limbah cair hasil olahan yang diharapkan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menguji dan menganalisa limbah cair sebelum dan sesudah pengolahan. Limbah cair yang telah diolah pada unit IPAL harus dianalisa kualitas fisik, kimia maupun biologisnya untuk mengetahui efesiensi dan efektifitas unit IPAL yang digunakan. Pengujian kualitas limbah cair ini juga bertujuan untuk memastikan limbah yang dialirkan ke badan air sudah aman dan sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Selain itu, pengujian kualitas limbah cair ini dapat dijadikan bahan evaluasi untuk memperbaiki unit IPAL yang ada.

### **a. TSS**

*Total suspended solid* atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 $\mu$ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. Prinsip analisa TSS dapat dilakukan sebagai berikut : Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan

pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

$$\text{TSS (mg/L)} = (A-B) \times 1000 / V$$

Keterangan: A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg) V = volume (mL)

## **b. Suhu**

Pengukuran suhu menggunakan termometer. Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari – hari. Naiknya suhu atau temperatur air akan menimbulkan akibat berikut :

- Menurunnya jumlah oksigen terlarut dalam air.
- Meningkatkan kecepatan reaksi kimia.
- Mengganggu kehidupan organisme air.

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, serta kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, volatilisasi, dekomposisi bahan organik oleh mikroba, serta menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air (gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan sebagainya). Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C – 30°C.

### **c. Kekeruhan**

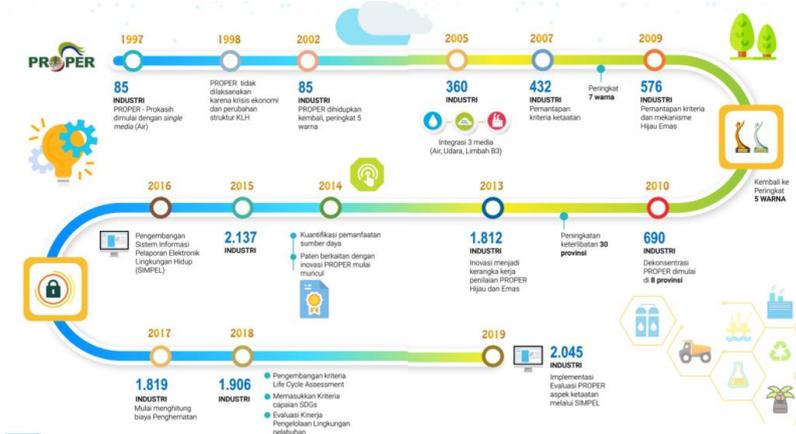
Kekeruhan dapat mempengaruhi masuknya sinar matahari ke dalam air. Sinar matahari sangat diperlukan oleh organisme yang berada didalam perairan untuk proses metabolisme. Bila suatu perairan keruh maka sinar matahari yang masuk akan sedikit karena terpecah-pecah oleh adanya partikel yang terlarut, dan bila air tidak keruh maka sinar matahari yang masuk akan banyak. Kekeruhan dapat dipakai sebagai indikasi kualitas suatu perairan. Air alami dan air buangan yang mengandung koloid dapat memudahkan sinar sehingga mengurangi transmisi sinar. Kekeruhan dapat mengurangi proses fotosintesis tanaman dalam air. Misalnya vegetasi perairan berakar dan ganggang, mengurangi pertumbuhan tanaman dan mengurangi produktifitas ikan. Kekeruhan dapat disebabkan oleh tanah liat dan lempung, buangan industri dan mikroorganisme. Upaya untuk mengurangi kekeruhan ini antara lain dengan penyaringan dan koagulasi. Tujuan dari pemeriksaan parameter ini adalah untuk mengetahui derajat kekeruhan air yang disebabkan oleh adanya partikel-partikel yang tersebar merata dan dapat menghambat jalannya sinar matahari yang melalui air tersebut.

### **d. pH**

Keasaman air diukur dengan Indikator universal. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi-rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. pH dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air. Bila terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mematikan kehidupan mikroorganisme. pH normal untuk kehidupan air 6 s.d. 8.

## 2. 2 Nilai Pengelolaan Lingkungan Bagi Perusahaan.

### A. Pengertian PROGRAM PENILAIAN KINERJA PERUSAHAAN DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP (PROPER) PROPER



Gambar 2.1 Sejarah perjalanan PROPER.

Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup yang selanjutnya disebut PROPER yang dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) sejak tahun 1995 adalah evaluasi kinerja penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan di bidang pengelolaan lingkungan hidup, yaitu segala bentuk aktivitas yang dapat menimbulkan perubahan terhadap rona lingkungan hidup serta menyebabkan dampak terhadap lingkungan hidup.

PROPER merupakan salah satu bentuk kebijakan pemerintah untuk meningkatkan kinerja pengelolaan lingkungan perusahaan sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan. Selanjutnya PROPER juga merupakan perwujudan transparansi dan demokratisasi dalam pengelolaan lingkungan di Indonesia. Penerapan instrumen ini merupakan upaya Kementerian Lingkungan

Hidup untuk menerapkan sebagian dari prinsip-prinsip “*good governance*” (transparansi, berkeadilan, akuntabel dan pelibatan masyarakat) dalam pengelolaan lingkungan.

PROPER dikembangkan karena adanya faktor-faktor sebagai berikut:

- Masih rendahnya tingkat penataan perusahaan karena belum efektifnya berbagai instrumen penataan yang ada
- Meningkatnya tuntutan transparansi dan keterlibatan publik dalam pengelolaan lingkungan
- Adanya kebutuhan insentif terhadap upaya pengelolaan lingkungan dilakukan oleh perusahaan, demi menciptakan nilai tambah pengelolaan lingkungan
- Adanya potensi peningkatan kinerja penataan melalui penyebaran informasi

PROPER merupakan *Public Disclosure Program for Environmental Compliance*. PROPER bukan pengganti instrumen penataan konvensional yang ada, seperti penegakan hukum lingkungan pidana maupun pidana. Program ini merupakan komplementer dan bersinergi dengan instrumen penataan lainnya. Dengan demikian upaya peningkatan kualitas lingkungan dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan efisien.

## **B. Dampak PROPER**

Dengan adanya Program Penilaian Peringkat Kerja Perusahaan (PROPER). Perusahaan mendapatkan manfaat :

- mendorong perusahaan untuk menaati peraturan perundangan lingkungan hidup melalui instrumen insentif dan disinsentif reputasi.

- mendorong perusahaan yang sudah baik kinerja lingkungannya untuk menerapkan produksi bersih.

Dan dengan adanya PROPER kita bisa mengetahui kualitas Sistem Manajemen Lingkungan pada perusahaan. dengan ditandai peringkat yaitu berupa berbagai warna, seperti PROPER **Hitam, Merah, Biru, Hijau, Emas.**

### **C. Tujuan PROPER**

Adapun PROPER diperlukan, dikarenakan beberapa hal berikut. yaitu :

1. Mendorong terwujudnya pembangunan berkelanjutan
2. Meningkatkan komitmen para stakeholder dalam upaya pelestarian lingkungan
3. Meningkatkan kesadaran para pelaku usaha/kegiatan
4. Menaati peraturan perundangan lingkungan hidup
5. Meningkatkan penataan dalam pengendalian dampak lingkungan melalui peran aktif masyarakat
6. Mengurangi dampak negatif kegiatan perusahaan terhadap lingkungan

### **D. Kategori Peringkat Kinerja**

Dari penilaian PROPER KLH, perusahaan akan memperoleh penilaian sesuai bagaimana pengelolaan lingkungannya. Penilaian tersebut menggunakan nilai warna, yaitu warna emas, hijau, biru, merah dan hitam. Penilaian PROPER ini secara garis besar dibagi menjadi dua jenis, yaitu wajib atas rekomendasi KLHK (*mandatory*) dan penilaian secara mandiri (*self-assessment*). Penilaian secara mandiri berarti perusahaan tersebut tidak termasuk dalam kategori wajib mengikuti program PROPER KLH, namun secara inisiatif

sendiri mengikuti program ini. Peringkat kinerja usaha dan/atau kegiatan yang diberikan terdiri dari:

**a. PROPER Emas**

Perusahaan telah secara konsisten menunjukkan keunggulan lingkungan dalam proses produksi dan jasa, serta melaksanakan bisnis yang beretika dan bertanggung jawab terhadap masyarakat.

**b. PROPER Hijau**

Perusahaan telah melakukan lingkungan lebih dari yang dipersyaratkan dalam peraturan (*beyond compliance*) melakukan pelaksanaan sistem pengelolaan lingkungan dan mereka telah memanfaatkan sumber daya secara efisien serta melaksanakan tanggung jawab sosial dengan baik.

**c. PROPER Biru**

Perusahaan telah melakukan upaya pengelolaan lingkungan, yang di syaratkan sesuai dengan ketentuan atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

**d. PROPER Merah**

Perusahaan telah melakukan upaya pengelolaan lingkungan tetapi belum sesuai dengan persyaratan sebagaimana diatur dalam perundang-undangan.

**e. PROPER Hitam**

Perusahaan telah dengan sengaja melakukan perbuatan atau melakukan kelalaian sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan, serta melakukan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan tidak melaksanakan sanksi administrasi.

**E. Kriteria PROPER**

Kriteria penilaian PROPER terdiri dari dua kategori, yaitu kriteria penilaian ketaatan dan kriteria penilaian lebih

dari yang dipersyaratkan dalam peraturan (*beyond compliance*) Kriteria penilaian ketaatan menjawab pertanyaan sederhana saja. Apakah perusahaan sudah taat terhadap peraturan pengelolaan lingkungan hidup. Peraturan lingkungan hidup yang digunakan sebagai dasar penilaian saat ini adalah peraturan yang berkaitan dengan:

### **1. Persyaratan Dokumen Lingkungan dan Pelaporannya**

Perusahaan dianggap memenuhi kriteria ini jika seluruh aktivitasnya sudah dinaungi dalam dokumen pengelolaan lingkungan baik berupa dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), Dokumen Pengelolaan dan Pemantauan Kualitas Lingkungan (UKL/UPL) atau dokumen pengelolaan lain yang relevan. Selanjutnya dilakukan penilaian terhadap ketaatan perusahaan dalam melakukan pelaporan terhadap pengelolaan lingkungan yang dipersyaratkan dalam AMDAL dan UKL/UPL.

### **2. Pengendalian pencemaran air**

Pada prinsipnya ketaatan terhadap pengendalian pencemaran air dinilai berdasarkan ketentuan bahwa semua pembuangan air limbah ke lingkungan harus memiliki izin. Air limbah yang dibuang ke lingkungan harus melalui titik penataan yang telah ditetapkan. Pada titik penataan tersebut berlaku baku mutu kualitas air limbah yang diizinkan untuk di buang ke lingkungan. Untuk memastikan air limbah yang dibuang setiap saat tidak melampaui baku mutu maka perusahaan berkewajiban melakukan pemantauan dengan frekuensi dan paramater yang sesuai dengan izin atau baku mutu yang berlaku. Untuk menjamin validitas data, maka pemantauan harus dilakukan oleh laboratorium terakreditasi. Perusahaan juga harus taat terhadap persyaratan-persyaratan teknis seperti pemasangan

alat pengukur debit yang diatur dalam izin atau ketentuan peraturan baku mutu.

### **3. Pengendalian pencemaran udara**

Ketaatan terhadap pengendalian pencemaran udara didasarkan atas prinsip bahwa semua sumber emisi harus diidentifikasi dan dilakukan pemantauan untuk memastikan emisi yang dibuang ke lingkungan tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan. Frekuensi dan parameter yang dipantau juga harus memenuhi ketentuan dalam peraturan. Untuk memastikan bahwa proses pemantauan dilakukan secara aman dan valid secara ilmiah maka prasarana sampling harus memenuhi ketentuan peraturan.

### **4. Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3)**

Ketaatan pengelolaan limbah B3 dinilai sejak tahapan pendataan jenis dan volumenya. Setelah dilakukan pendataan, maka dilakukan pengelolaan lanjutan. Pengelolaan lanjutan harus dilengkapi dengan izin pengelolaan limbah B3. Ketaatan terhadap ketentuan izin pengelolaan limbah B3, merupakan komponen utama untuk menilai ketaatan perusahaan.

### **5. Pengendalian pencemaran air laut**

Untuk aspek ini, ketaatan utama dilihat dari kelengkapan izin pembuangan air limbah dan ketaatan pelaksanaan pembuangan air limbah sesuai dengan ketentuan dalam izin.

### **6. Potensi kerusakan lahan**

Kriteri potensi kerusakan lahan hanya digunakan untuk kegiatan pertambangan. Kriteria ini pada dasarnya adalah implementasi *best mining practices*, seperti kesesuaian pelaksanaan kegiatan dengan rencana

tambang, sehingga dapat dihindari bukaan lahan yang tidak dikelola. Mengatur ketinggian dan kemiringan lereng/jenjang agar stabil. Acuan adalah kestabilan lereng. Mengidentifikasi potensi pembentukan air asam tambang setiap jenis batuan dan penyusunan strategi pengelolaan batuan penutup. Membuat dan memelihara sarana pengendali erosi. Membuat sistem pengaliran (*drainage*) yang baik supaya kualitas air limbah memenuhi baku mutu. Memilih daerah timbunan dengan risiko kebencanaan paling kecil.

### **a. Kriteria “*Beyond Compliance*”**

Kriteria “*beyond compliance*” lebih bersifat dinamis karena disesuaikan dengan perkembangan teknologi, penerapan praktik-praktik pengelolaan lingkungan terbaik dan isu-isu lingkungan yang bersifat global. Penyusunan kriteria yang terkait dengan pelaksanaan PROPER dilakukan oleh tim teknis dengan mempertimbangkan masukan dari berbagai pihak, antara lain: pemerintah kabupaten/kotamadya, asosiasi industri, perusahaan, LSM, universitas, instansi terkait dan dewan pertimbangan PROPER. Aspek-aspek yang dinilai dalam “*beyond compliance*” adalah:

- 1. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan,** termasuk di dalamnya bagaimana perusahaan memiliki sistem yang dapat mempengaruhi penyedia dan konsumennya untuk melaksanakan pengelolaan lingkungan dengan baik.
- 2. Upaya efisiensi energi dengan mencakup empat ruang lingkup efisiensi energi,** yaitu peningkatan efisiensi energi dari proses produksi dan utilitas pendukung, penggantian mesin atau proses yang lebih ramah lingkungan, efisiensi dari bangunan dan sistem transportasi.

3. **Upaya penurunan emisi**, baik berupa emisi kriteria polutan maupun emisi dari gas rumah kaca dan bahan perusak ozon. Termasuk dalam lingkup penilaian ini adalah persentase pemakaian energi terbarukan dalam proses produksi dan jasa, pemakaian bahan bakar yang ramah lingkungan.
4. **Implementasi *reduce, reuse* dan *recycle* limbah B3**. Penekanan kriteria ini adalah semakin banyak upaya untuk mengurangi terjadinya sampah, maka semakin tinggi nilainya. Selain itu, semakin besar jumlah limbah yang dimanfaatkan kembali, maka semakin besar pula nilai yang diperoleh perusahaan.
5. **Implementasi *reduce, reuse* dan *recycle* limbah padat non B3** kriteria sama dengan 3R untuk limbah B3.
6. **Konservasi air dan penurunan beban pencemaran air limbah**. Semakin kecil intensitas pemakaian air per produk, maka akan semakin besar nilai yang diperoleh. Demikian juga semakin besar upaya untuk menurunkan beban pencemaran di dalam air limbah yang dibuang ke lingkungan maka akan semakin besar nilai yang diperoleh.
7. **Perlindungan keanekaragaman hayati**. Pada dasarnya, bukan jumlah pohon yang dinilai, tetapi lebih diutamakan pada upaya pemeliharaan dan perawatan keanekaragaman hayati. Salah satu bukti bahwa perusahaan peduli dengan keanekaragaman hayati adalah perusahaan memiliki sistem informasi yang dapat mengumpulkan dan mengevaluasi status dan kecenderungan sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis yang dikelola dan memiliki data tentang status dan kecenderungan

sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis yang dikelola.

**8. Program Pengembangan Masyarakat.** Untuk memperoleh nilai yang baik dalam aspek ini perusahaan harus memiliki program strategis untuk pengembangan masyarakat yang didesain untuk menjawab kebutuhan masyarakat. Program ini didasarkan atas pemetaan sosial untuk menggambarkan jaringan sosial yang memberikan penjelasan tentang garis-garis hubungan antarkelompok/individu. Pemetaan Sosial memberikan informasi mengenai siapa, kepentingannya, jaringannya dengan siapa dan posisi sosial serta analisis jaringan sosial dan derajat kepentingan masing-masing pemangku kepentingan. Identifikasi masalah sosial, identifikasi potensi (modal sosial) perumusan kebutuhan masyarakat yang akan ditangani dalam program *community development* dan identifikasi kelompok rentan yang akan menjadi sasaran program pengembangan masyarakat. Rencana strategis pengembangan masyarakat harus bersifat jangka panjang dan dirinci dengan program tahunan, menjawab kebutuhan kelompok rentan dan terdapat indikator untuk mengukur kinerja capaian program yang terukur dan tentu saja proses perencanaan melibatkan anggota masyarakat.

**b. Kriteria Penilaian Proper :**

- Disusun berdasarkan Peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- Kriteria Penilaian Proper merupakan bentuk evaluasi terhadap upaya penataan peraturan LH oleh setiap pelaku usaha/kegiatan

- Kriteria Penilaian Proper dibuat secara terintegrasi dan bersifat multi media

Perusahaan yang memperoleh nilai emas artinya perusahaan sudah menerapkan pengelolaan lingkungan secara menyeluruh, melampaui yang dipersyaratkan oleh peraturan perundangan terkait, dan dilakukan terus secara kontinu. Dengan mencapai nilai PROPER emas, hijau atau biru, maka akan meningkatkan prestise perusahaan tersebut di mata publik, dan juga akan meningkatkan 'nilai jual' perusahaan tersebut di dunia usaha. Namun jika sebuah perusahaan mendapat dua kali warna hitam secara berturut-turut, perusahaan dapat dituntut atau bahkan izin usaha perusahaan juga akan dihentikan.

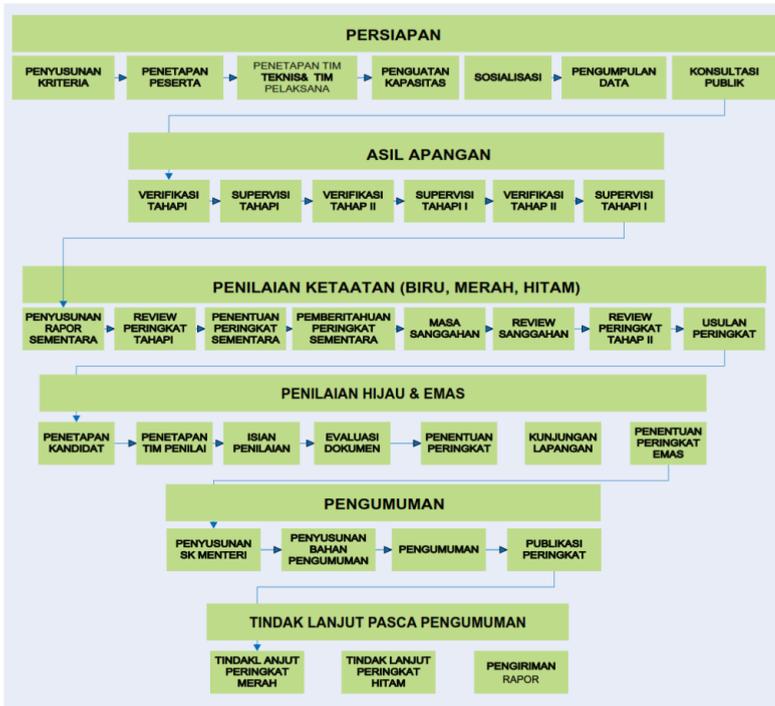
Penilaian dalam PROPER adalah penataan terhadap pengendalian pencemaran air, udara, pengelolaan limbah B3, dan penerapan RKL-RPL/UKL-UPL. Selain itu, dinilai pula sistem manajemen lingkungan, pemanfaatan limbah, konservasi sumberdaya dan pelaksanaan CSR nya.

Berdasarkan data yang dikutip dari dari [proper.menlh.go.id](http://proper.menlh.go.id), transformasi perjalanan PROPER selama 21 tahun sejak 1997 hingga 2018 menunjukkan hasil penilaian yang cukup baik. Dari total 1.872 perusahaan, diketahui bahwa hanya sekitar 12% saja perusahaan yang masih memiliki penilaian merah dan hitam. Sementara lebih dari 77% perusahaan sudah mendapat penilaian biru. Hampir 10% dari total perusahaan yang sudah meminta penilaian PROPER, mendapatkan penilaian hijau dan emas. Persentase ini menunjukkan bahwa sebagian perusahaan di Indonesia sudah mulai memikirkan pengelolaan lingkungan untuk menjaga kelestarian lingkungan sekitarnya.

Untuk meningkatkan penilaian peringkat Hijau dan Emas PROPER, perusahaan dengan peringkat biru harus mulai menerapkan sistem manajemen lingkungan berdasarkan ISO

14001:2015, sistem manajemen energi berdasarkan ISO 50001:2018, efisiensi energi, konservasi air, pengurangan emisi, perlindungan keanekaragaman hayati, 3R limbah B3 dan limbah padat Non B3 serta pemberdayaan masyarakat.

## F. Mekanisme PROPER



Gambar 2.2 Mekanisme PROPER.

Pelaksanaan PROPER yaitu:

### 1. Pemilihan perusahaan peserta

Perusahaan yang menjadi target peserta PROPER adalah perusahaan yang menimbulkan dampak penting terhadap lingkungan, tercatat di pasar bursa, mempunyai produk yang berorientasi ekspor atau digunakan oleh masyarakat luas.

### 2. Pengumpulan data swapantau dan data primer

- 3. Pemantauan data swapantau** dengan jalan mengevaluasi laporan pelaksanaan pengelolaan lingkungan yang disampaikan perusahaan. Selain data swapantau, juga dilakukan pengumpulan data primer dengan jalan melakukan pengawasan langsung ke lapangan secara rutin yang dilaksanakan oleh Pejabat Pengawas Lingkungan Hidup (PPLH). Informasi yang terkumpul kemudian diolah menjadi rapor sementara, yang berisi evaluasi kinerja perusahaan di bidang pengelolaan air, udara, limbah B3 dibandingkan dengan kriteria penilaian PROPER yang ditetapkan. Rapor sementara ini sudah mengindikasikan peringkat kinerja perusahaan berdasarkan kriteria peringkat PROPER.
- 4. Pembahasan rapor sementara dalam mekanisme *peer review* oleh tim teknis**
- 5. Hasil pembahasan** dilaporkan kepada pejabat Eselon I Kementerian Negara Lingkungan HIidup untuk mendapat komentar dan pertimbangan. Setelah itu, rapor dilaporkan kepada Dewan Pertimbangan untuk mendapat pendapat dan persetujuan Dewan. Rapor hasil pembahasan dengan Dewan ini kemudian ditetapkan sebagai Rapor Sementara yang akan disampaikan kepada perusahaan dan pemerintah daerah. Perusahaan dan pemerintah daerah diberi kesempatan untuk menyampaikan keberatan dengan didukung data-data baru yang sah. Setelah masa sanggah dilewati, maka hasilnya dilaporkan kepada Dewan Pertimbangan. Dewan akan memberikan pendapat terakhir mengenai status kinerja perusahaan sebelum dilaporkan kepada Menteri. Menteri memeriksa, memberikan kebijakan dan menetapkan status peringkat kinerja perusahaan dengan

mempertimbangkan laporan dari Dewan Pertimbangan.

## **6. Pengumuman peringkat kinerja**

Setelah semua proses dilewati maka pengumuman peringkat kinerja perusahaan disampaikan kepada publik dan juga kepada perusahaan dan pemerintah daerah.

### **2. 3 Pola Pengelolaan Limbah Industri**

Konsep *zero waste* penggunaan bahan baku kayu sebenarnya telah lama muncul (di seminar industri perkayuan pada akhir tahun 1970-an) mengantisipasi berkurangnya kemampuan pasokan dan untuk memberikan nilai tambah yang lebih tinggi pada hasil kayu dari hutan alam. Konsep ini diharapkan dapat diimplementasikan mulai dari penebangan hutan hingga penggunaan bahan baku di industri. Meskipun beberapa industri pengolahan kayu telah mencoba mengurangi limbah kayu khususnya yang berskala besar dengan membangun *integrated wood* industri, sebagai contoh : yang menggabungkan antara pabrik kayu lapis dan *blockboard* atau *particleboard*, ataupun dengan menggunakan mesin-mesin kupas yang menghasilkan *core* yang sangat kecil (*spindles*) namun *zero waste* tidak pernah tercapai secara *significant* karena tetap saja terjadi limbah di tempat penebangan maupun di industri dalam jumlah yang cukup besar. Menteri kehutanan dalam diskusi sesuai pemaparan Ka Badan Litbang pada waktu yang lalu mengatakan terdapat suatu teknologi produksi pengolahan kayu buatan Eropa seharga US\$ 22 juta yang mampu menghasilkan *zero waste* dan mampu bersaing dengan pabrik kayu olahan di Cina. Teknologi produksi buatan Eropa atau Amerika tentunya dirancang untuk dioperasikan dengan menggunakan tenaga manusia yang seminimal

mungkin karena mahalnnya biaya tenaga kerja di negara-negara industri maju sehingga mereka tetap memiliki daya saing dengan teknologi produksi lain yang semi manual atau manual khususnya yang banyak digunakan di negara berkembang.

Konsep *zero-waste* dalam penggunaan bahan baku secara tidak sengaja (*by accident*) sebenarnya telah diimplementasikan secara alamiah di P. Jawa. Penebangan hutan-hutan jati tidak meninggalkan limbah karena cabang-cabang yang besar maupun kecil hingga diameer 10 cm digunakan oleh pengrajin kayu, sedangkan cabang yang lebih kecil dipakai untuk keperluan kayu bakar dan tunggak jati hingga keakaryapun laku dijual untuk produk-produk seni (ukiran dan patung) bernilai tinggi. Kecakapan pengrajin lokal (*local ingenuity* atau *local genius*) dan usaha kayu skala kecil dan menengah (UKM) seperti yang terdapat di sentra-sentra industri Jepara dan Klaten dan di sentra industri lainnya telah mampu memanfaatkan kayu tanpa limbah. Kalaupun terjadi limbah jumlahnya sangat kecil. Dalam beberapa tahun terakhir telah terjadi diversifikasi bahan baku pada sentra-sentra industri tersebut termasuk penggunaan jenis kayu hutan alam seperti Bangkirai dan Merbau serta beberapa jenis kayu lainnya dari wilayah sekitar yang disebabkan oleh semakin menurunnya produksi kayu jati. Produk-produk kayu sekunder yang dihasilkan sentra-sentra industri telah berahun-tahun berorientasi ekspor yang menghasilkan devisa tidak kecil, sebagai contoh : Devisa yang dihasilkan industri sekunder di Jepara saja berkisar (berfluktuasi) antara US\$ 150-200 juta per tahun. Jepara telah menjadi *icon* internasional sebagai daerah penghasil meubel tradisional jati, sekitar 71 negara di lima benua tercatat telah mengimpor produk Jepara. Dari sisi penyerapan tenaga kerja menurut perkiraan sebanyak 400.000 tenaga kerja terserap di sentra-sentra industri dan sector uang terkait di Jepara. Di sentra-sentra industri

dengan skala yang lebih kecil, yakni, di Klaten dan Sukoharjo tenaga yang terserap sekitar 85.000 orang. Sedangkan bahan baku yang digunakan di wilayah Jepara hanya sekitar 400.000 m<sup>3</sup> kayu bulat saja per tahun (sumber lain menunjukkan angka taksiran pengguna bahan baku antara 400-600 ribu m<sup>3</sup> tahun). Penggunaan kayu sebanyak ini hanya cukup untuk 4 industri (pabrik) pengolahan kayu primer berskala besar dengan penyerapan tenaga kerja yang jatuh lebih kecil. Dengan asumsi setiap perusahaan mempekerjakan lebih kurang 2.500 orang/pabrik maka total tenaga yang terserap sekitar 10.000 tenaga kerja saja.

Pertanyaan yang relevan saat ini adalah dengan semakin berkurangnya bahan baku yang berasal dari hutan alam bagaimana kita mengalokasikannya pada industri kayu : 1) apakah ke industri primer atau sekunder, 2) apakah ke industri yang padat modal (*capital intensive*) atau padat karya (*labour intensive*).

Dari hasil studi ITTO (2005) yang dilaksanakan oleh Puslit Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan dengan pendanaan dari ITTO salah satu rekomendasi yang bersifat strategis adalah : bahwa perkembangan industri kayu nasional pada masa yang akan datang lebih diarahkan kepada pengembangan industri sekunder (furniture, BJC dan lainnya) dengan meningkatkan peranan Usaha Skala Kecil dan Menengah. Alasan yang mendasari rekomendasi tersebut adalah : (i) Dengan semakin berkurangnya bahan baku maka perlu diciptakan produk-produk yang bernilai tambah tinggi sehingga nilai devisa negara dari sektor kehutanan tidak mengalami penurunan secara tajam, (ii) Untuk meningkatkan penyerapan tenaga kerja, terlebih lagi dengan banyaknya industri primer yang gulung tikar, (iii) Industri kecil dan menengah lebih fleksibel dalam merespons pasar yang dinamis, serta terbukti lebih tahan terhadap krisis ekonomi seperti yang terjadi beberapa tahun

yang lalu. Dalam hal yang terakhir masih segar dalam ingatan kita bahwa perusahaan-perusahaan kayu berskala besar telah meninggalkan hutang yang sangat besar pada perbankan nasional.

Sentra-sentra industri di Jepara dan Klaten serta beberapa wilayah lainnya memiliki populasi pengrajin, Usaha Kecil dan Menengah yang sangat tinggi ( $\geq 95\%$ ) serta memiliki keunggulan kompetitif, antara lain, dalam hal tingkat spesialisasi pembuatan produk yang tinggi. Terdapat sekitar 900an kelompok pengrajin yang tersebar di berbagai desa yang masing-masing memiliki spesialisasi dalam pembuatan produk. Disamping industri kayu berskala UKM, terdapat beberapa perusahaan skala menengah dan besar sebagai minoritas yang mampu menghasilkan produk dengan kualitas tidak kalah dengan produk-produk furniture mancanegara bermerek seperti *da vinci*, dll. Perusahaan-perusahaan ini mendapatkan produk furniture setengah jadi dari pengrajin dan UKM, sebagian produk setengah jadi tersebut dibuat sendiri. Jika dikelola dengan lebih profesional serta memperoleh dukungan dari pemerintah daerah dan pusat, sentra-sentra industri di Jepara akan tetap mampu bersaing pada tingkat global ditengah-tengah persaingan internasional yang semakin ketat. Dukungan yang dapat diberikan adalah : (1) memberikan kemudahan bahan baku khususnya kayu dari luar Jawa seperti Bangkirai dan Merbau, (2) Penyediaan infra-struktur seperti fasilitas pengerigan kayu dalam jumlah yang memadai, (3) Memberikan training untuk meningkatkan kualitas produksi, (4) Penyediaan lembaga keuangan yang efektif (kredit) bagi UKM hingga tingkat desa, (5) Memperkuat kemampuan pemasaran. Salah satu sumber kayu Merbau yang potensial sebagaimana kita ketahui adalah Papua, sedangkan Bangkirai umumnya berasal dari Kalimantan. Permohonan bantuan bahan baku tersebut telah berulang kali menjadi sorotan media masa dan telah disampaikan pula kepada Menteri Kehutanan.

Solusi yang ditawarkan adalah membangun terminal atau sub terminal kayu yang dapat diakses oleh UKM dengan harga yang layak.

## **2. 4 Pencegahan Pencemaran**

Pencemaran lingkungan merupakan masalah kita bersama, yang semakin penting untuk diselesaikan, karena menyangkut keselamatan, kesehatan, dan kehidupan kita. Siapapun bisa berperan serta dalam menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan ini, termasuk kita. Dimulai dari lingkungan yang terkecil, diri kita sendiri, sampai ke lingkungan yang lebih luas.

### **A. Sumber Pencemaran**

Pencemar datang dari berbagai sumber dan memasuki udara, air dan tanah dengan berbagai cara. Pencemar udara terutama datang dari kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran sampah. Pencemar udara dapat pula berasal dari aktivitas gunung berapi.

Pencemaran sungai dan air tanah terutama dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah cair domestik terutama berupa BOD, COD, dan zat organik. Limbah cair industri menghasilkan BOD, COD, zat organik, dan berbagai pencemar beracun. Limbah cair dari kegiatan pertanian terutama berupa nitrat dan fosfat.

### **B. Proses Pencemaran**

Proses pencemaran dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung yaitu bahan pencemar tersebut langsung berdampak meracuni sehingga mengganggu kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan atau mengganggu keseimbangan ekologis baik air, udara maupun tanah. Proses tidak langsung, yaitu beberapa zat kimia

bereaksi di udara, air maupun tanah, sehingga menyebabkan pencemaran.

Pencemar ada yang langsung terasa dampaknya, misalnya berupa gangguan kesehatan langsung (penyakit akut), atau akan dirasakan setelah jangka waktu tertentu (penyakit kronis). Sebenarnya alam memiliki kemampuan sendiri untuk mengatasi pencemaran (*self recovery*), namun alam memiliki keterbatasan. Setelah batas itu terlampaui, maka pencemar akan berada di alam secara tetap atau terakumulasi dan kemudian berdampak pada manusia, material, hewan, tumbuhan dan ekosistem.

### **C. Cara Pencegahannya**

Cara pencegahan pencemaran terdiri dari langkah pencegahan dan pengendalian. Langkah pencegahan pada prinsipnya mengurangi pencemar dari sumbernya untuk mencegah dampak lingkungan yang lebih berat. Di lingkungan yang terdekat, misalnya dengan mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan, menggunakan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*).

Di bidang industri misalnya dengan mengurangi jumlah air yang dipakai, mengurangi jumlah limbah, dan mengurangi keberadaan zat kimia PBT (*Persistent, Bioaccumulative, and Toxic*), dan berangsur-angsur menggantinya dengan *Green Chemistry*. *Green chemistry* merupakan segala produk dan proses kimia yang mengurangi atau menghilangkan zat berbahaya.

Tindakan pencegahan dapat pula dilakukan dengan mengganti alat-alat rumah tangga, atau bahan bakar kendaraan bermotor dengan bahan yang lebih ramah lingkungan. Pencegahan dapat pula dilakukan dengan kegiatan konservasi, penggunaan energi alternatif,

penggunaan alat transportasi alternatif, dan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Langkah pengendalian sangat penting untuk menjaga lingkungan tetap bersih dan sehat. Pengendalian dapat berupa pembuatan standar baku mutu lingkungan, monitoring lingkungan dan penggunaan teknologi untuk mengatasi masalah lingkungan. Untuk permasalahan global seperti perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, dan pemanasan global diperlukan kerjasama semua pihak antara satu negara dengan negara lain.

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menjaga kelestarian lingkungan, seperti:

- Melakukan perlindungan hutan dengan cara antara lain: menebang hutan secara selektif, melakukan reboisasi, mencegah terjadinya kebakaran hutan, pangadaan taman nasional, dan lain-lain.
- Menggunakan pestisida dan pupuk sesuai dosis yang dianjurkan.
- Mengolah limbah sebelum dibuang ke sungai atau ke saluran air yang lain.
- Tidak membuang sampah sembarangan.
- Melakukan proses daur ulang untuk sampah yang bisa dimanfaatkan.

Pada dasarnya ada tiga cara yang dapat dilakukan dalam rangka pencegahan pencemaran lingkungan, yaitu:

#### 1. Secara Administratif

Upaya pencegahan pencemaran lingkungan secara administratif adalah pencegahan pencemaran lingkungan yang dilakukan oleh pemerintah dengan cara mengeluarkan kebijakan atau peraturan yang berhubungan dengan

lingkungan hidup. Contohnya adalah dengan keluarnya undang-undang tentang pokok-pokok pengelolaan lingkungan hidup yang dikeluarkan oleh presiden Republik Indonesia pada tanggal 11 Maret 1982. Dengan adanya AMDAL sebelum adanya proyek pembangunan pabrik dan proyek yang lainnya.

## 2. Secara Teknologis

Cara ini ditempuh dengan mewajibkan pabrik untuk memiliki unit pengolahan limbah sendiri. Sebelum limbah pabrik dibuang ke lingkungan, pabrik wajib mengolah limbah tersebut terlebih dahulu sehingga menjadi zat yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

## 3. Secara Edukatif

Cara ini ditempuh dengan melakukan penyuluhan terhadap masyarakat akan pentingnya lingkungan dan betapa bahayanya pencemaran lingkungan. Selain itu, dapat dilakukan melalui jalur pendidikan-pendidikan formal atau sekolah

## **2. 5 Pembatasan Pemakaian Bahan-Bahan Berbahaya**

Menurut PP No. 101 Tahun 2014, yang dimaksud dengan limbah B3 adalah "sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusakkan lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta mahluk hidup lain." Materi yang karena konsentrasi dan atau sifat dan atau jumlahnya mengandung B3 dan membahayakan manusia, mahluk hidup dan lingkungan, apapun jenis sisa bahannya.

Limbah B3 didefinisikan sebagai limbah padat atau kombinasi dari limbah padat yang karena jumlah, konsentrasinya, sifat fisik, kimia maupun yang bersifat infeksi yang dapat menyebabkan kematian dan penyakit yang tidak dapat pulih, yang substansinya dapat membahayakan bagi kesehatan manusia atau lingkungan dikarenakan pengelolaan yang tidak tepat, baik itu penyimpanan, transportasi, ataupun dalam pembuangannya.



Gambar 2.3 Merkuri merupakan bahan berbahaya dan beracun yang dibatasi penggunaannya namun masih digunakan di penambangan emas skala kecil di Indonesia seperti di Sekotong (Lombok Barat) dan Gunung Pani (Gorontalo)

### **A. Sifat dan Karakteristik Limbah B3**

Limbah Beracun ialah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia dan lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk kedalam tubuh melalui pernafasan, kulit, dan mulut. Indikator racun yang digunakan adalah TCLP (*Toxicity Characteristics Leaching Procedure*) seperti tercantum dalam

PP No. 101 tahun 2014 pasal 5 yang menjelaskan tentang karakteristik limbah B3 ada 6, yaitu : (a). Mudah meledak; (b). Mudah terbakar; (c). Reaktif; (d). Infeksius; (e). Korosif; (f). Beracun.

## **B. Penanganan atau pengolahan limbah padat atau lumpur B-3**

Penanganan atau pengolahan limbah padat atau lumpur B-3 pada dasarnya dapat dilaksanakan di dalam unit kegiatan industri (*on-site treatment*), maupun oleh pihak ketiga (*off-site treatment*) di pusat pengolahan limbah industri. Pertimbangan Pengolahan B-3 Secara *on-site* harus memperhitungkan:

- Jenis dan karakteristik limbah padat yang akan diolah harus diketahui secara pasti, agar dapat ditentukan teknologi pengolahannya yang tepat dan antisipasi terhadap jenis limbah di masa mendatang;
- Jumlah limbah yang dihasilkan harus cukup memadai, sehingga dapat menjustifikasi biaya yang akan dikeluarkan dan perlu dipertimbangkan pula, jumlah limbah tersebut dalam waktu mendatang (1 atau 2 tahun ke depan);
- *on-site* membutuhkan tenaga tetap (*in-house staff*) yang menangani proses pengolahan, sehingga perlu dipertimbangkan SDM;
- Peraturan yang berlaku dan antisipasi peraturan yang akan dikeluarkan oleh pemerintah di masa mendatang dan perlu mendapat perhatian yang cukup, agar teknologi terpilih tetap dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah di masa mendatang.

Teknologi pengolahan setempat (*on-site*) dilaksanakan dengan

menggunakan salah satu atau beberapa jenis teknologi berikut:

- limbah lumpur B-3: perlakuan lumpur & chemical conditioning,
- incineration,
- solidification (stabilisasi),
- penanganan limbah padat atau lumpur B-3, dan
- disposal (*land fill* dan *injection well*).

Pengolahan oleh pihak ketiga (*off-site*) dilaksanakan dengan menggunakan sekaligus beberapa teknologi-teknologi tersebut.

Tabel 2.1 Pilihan cara pengolahan lumpur dan disposal

<b><i>Thickening</i></b>	<b><i>Stabilization/Conditioning</i></b>	<b><i>De-watering</i></b>	<b><i>Partial Disposal</i></b>	<b><i>Ultimate Disposal</i></b>
<b><i>Gravitation</i></b>	<b><i>Lagooning</i></b>	<b><i>Drying Bed</i></b>	<b><i>Incineration</i></b>	<b><i>Sanitary Landfill</i></b>
<b><i>Flotation</i></b>	<b><i>Aerobic Digestion</i></b>	<b><i>Filter Press</i></b>	<b><i>Pyrolysis</i></b>	<b><i>Crop Land</i></b>
<b><i>Centrifugation</i></b>	<b><i>An-aerobic Digestion</i></b>	<b><i>Centrifuge</i></b>	<b><i>Wet Air Oxidation</i></b>	<b><i>Ocean</i></b>
	<b><i>Polyelectrolyte Flocculation</i></b>	<b><i>Vacuum Filter</i></b>	<b><i>Composting</i></b>	<b><i>Solidification</i></b>
	<b><i>Chemical Conditioning</i></b>	<b><i>Belt Press</i></b>		
	<b><i>Elutriation</i></b>			

	<b>Heat treatment</b>			
--	---------------------------	--	--	--



Gambar 2.4 Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 merupakan tempat untuk menyimpan limbah B3 sebelum dikelola lebih lanjut. TPS ini membutuhkan izin pengelolaan limbah B3 untuk kegiatan penyimpanan dari Bupati / Walikota

#### **a. Stabilization/Solidification**

- Stabilisasi adalah pencampuran limbah dengan aditif untuk menurunkan laju migrasi pencemar dan mengurangi toksisitas.
- Solidifikasi adalah pemadatan B-3 dengan penambahan aditif.
- Kedua proses ini saling terkait, sehingga istilah 'stabilisasi dan solidifikasi' sering dianggap mempunyai arti yang sama.

- Pada 'stabilisasi dan solidifikasi', interaksi limbah dan aditif terjadi secara fisika atau kimia. Interaksi kimia lebih diinginkan karena bahan pencemar yang terikat bersifat lebih stabil.
- Keluaran proses ini adalah limbah yang bersifat lebih stabil atau padat, sehingga memenuhi syarat untuk dibuang ke land fill, sesuai dengan aturan yang berlaku.

### **Teknis pelaksanaan**

- *Macroencapsulation*, limbah B-3 dibungkus dalam matriks struktur yang lebih besar.
- *Microencapsulation*, seperti pada *macroencapsulation* tetapi B-3 terbungkus secara fisik dalam struktur kristal tingkat mikroskopik.

### **b. Precipitation.**

- Adsorpsi, yaitu proses di mana bahan pencemar diikat secara elektrokimia pada bahan pematid melalui mekanisme adsorpsi. Logam berat yang terlarut dalam limbah dapat dipisahkan dengan cara mengubah sifatnya sehingga kelarutannya menjadi lebih kecil, proses ini yang dikenal dengan presipitasi.
- Absorpsi, adalah solidifikasi bahan pencemar dengan menyerapnya ke bahan padat.
- Detoxification, yaitu proses yang mengubah suatu senyawa beracun menjadi senyawa lain yang tingkat racunnya lebih rendah atau hilang sama sekali.

Pertimbangan untuk menentukan apakah suatu limbah dapat diolah dengan metoda solidifikasi dilakukan dengan

memperhatikan kandungan beberapa senyawa dalam limbah tersebut, diantaranya asbestos, organik, sianida, dan logam. Limbah yang mengandung asbestos tidak cocok diolah dengan metoda ini. Untuk senyawa organik dan sianida, kandungan maksimalnya masing-masing adalah 1 % dan 0,3 %.

### **c. Disposal**

Sebagian dari limbah bahan kimia (B3), yang telah diolah atau tidak dapat diolah dengan teknologi yang tersedia, harus berakhir pada pembuangan (disposal). Tempat pembuangan akhir yang banyak digunakan untuk limbah B3 adalah landfill (lahan urug) dan disposal well (sumur pembuangan/injeksi).

### **d. Land Fill (Lahan Urug)**

Tata cara dan persyaratan mengenai lahan urug secara rinci telah diatur oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan melalui Kep-04/Bapedal/09/1995.

#### **1) Perlakuan Limbah Sebelum Ditimbun**

Tujuan perlakuan ini adalah untuk memenuhi beberapa persyaratan tertentu, sehingga meminimumkan dampak yang mungkin timbul selanjutnya. Salah satu perlakuan adalah stabilisasi/solidifikasi yang bertujuan mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 melalui upaya membatasi daya larut, pergerakan dan daya racunnya.

#### **2) Penimbunan Limbah B-3**

Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi penimbunan untuk meminimumkan resiko kesehatan bagi manusia dan lingkungan, antara lain:

- Hidrogeologi, meliputi air tanah dan air permukaan.
- Geologi lingkungan, meliputi batuan dasar dan bencana alam.
- Pengaruh terhadap flora dan fauna.
- Topografi, meliputi iklim dan curah hujan.
- Keselamatan operasi.
- Penyebaran penyakit.
- Pengaruh terhadap rantai makanan.

Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam merancang lahan urug :

- Tipe dan volume limbah yang akan ditimbun.
- Harapan hidup lahan urug selama aktif beroperasi.
- Topografi dan karakteristik tanah di lokasi dan sekitarnya.
- Kondisi iklim sepanjang tahun.
- Air permukaan dan air tanah sekitar.
- Pengumpulan dan pengolahan aliran di permukaan.
- Tanah penutup yang diperlukan untuk penahanan individual.
- Antisipasi kualitas dan volume lindi.
- Pemilihan sistem pengumpulan dan pengolahan lindi.
- Pemantauan air tanah dan air permukaan selama operasi dan sesudahnya.
- Pemilihan sistem ventilasi untuk gas produk.
- Pemilihan lapisan membran fleksibel dan lapisan impermeable.
- Perencanaan penutupan dan sesudah penutupan.

- Alternatif penggunaan selama sesudah penutupan.
- Dampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Dari pertimbangan di atas ada tiga kategori lahan urug yaitu :

- Kategori I (*secured landfill double liner*),
- Kategori II (*secured landfill single liner*), dan
- Kategori III (*landfill clay liner*).

Masing-masing kategori mempunyai ketentuan khusus sesuai dengan limbah B3 yang ditimbun. Rancang bangun lahan urug terdiri atas tiga bagian yaitu bagian dasar, limbah B3, dan bagian penutup. Bagian dasar terdiri atas tanah setempat, lapisan dasar, sistem deteksi kebocoran, lapisan tanah penghalang, sistem pengumpulan dan pemindahan lindi, dan lapisan pelindung. Untuk kasus tertentu di atas dan/atau di bawah sistem pengumpulan dan pemindahan lindi dilapisi geomembran. Sedangkan bagian penutup terdiri dari tanah penutup perantara, tanah tudung penghalang, tudung geomembran, pelapis tudung drainase, pelapis tanah untuk tumbuhan dan vegetasi penutup. Bagian dasar lahan urug harus mampu menahan resapan air dari luar serta menahan ekspansi limbah B3 ke lingkungan sekitar dan mengakomodasi lindi yang timbul. Lindi kemudian dikumpulkan untuk diolah lebih lanjut di lokasi pengolahan limbah cair. Bagian penutup berfungsi meminimumkan infiltrasi air permukaan, mencegah kontaminasi aliran air dan terutama untuk menjamin keamanan lingkungan akibat limbah B3 selama periode sesudah ditutup.

### 3) Pemantauan selama Operasi dan sesudah Penutupan

Selama operasi dan pasca-operasi, lahan urug harus dilengkapi dengan sistem pemantauan kualitas air tanah dan

air permukaan di sekitar lokasi. Sistem pemantauan tersebut berupa sumur pantau pada upstream dan downstream lokasi lahan urug, serta pemantauan air permukaan disekitar lokasi. Sampel air kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan bakumutu yang telah ditentukan. Jika kualitas sampel air tidak memenuhi bakumutu, maka harus dilakukan evaluasi serta perbaikan lahan urug.

Beberapa parameter yang harus diukur terhadap sampel air adalah :

- pH,
- TOC (disaring),
- konduktivitas,
- mangan,
- besi,
- amonium (sebagai N),
- klorida, dan
- natrium.

Setelah lahan urug ditutup harus selalu dilakukan pengumpulan lindi yang timbul, dan lokasi tersebut jangan dimanfaatkan sehingga membahayakan bagi manusia, flora, fauna dan lingkungan sekitar, serta secara periodik harus selalu dipantau.

#### **e. Sumur Injeksi**

Sumur injeksi atau sumur dalam (deep well injection) digunakan di Amerika Serikat sebagai salah satu tempat pembuangan limbah B3 (hazardous wastes). Data tahun 1984 menunjukkan bahwa sekitar 195 sumur digunakan secara aktif sebagai sumur injeksi limbah B3. Pembuangan

ke sumur injeksi dilakukan dengan memompakan limbah cair ke dalam sumur.

Berdasarkan sumber pustaka yang ada, tidak dijumpai adanya sumur-dalam ex sumur eksplorasi minyak (abandoned oil and gas well) digunakan sebagai pembuangan limbah bahan kimia. Pembuangan limbah ke sumur dalam (deep well injection) merupakan suatu usaha membuang limbah B3, ke dalam formasi geologi yang berada jauh di bawah permukaan bumi, dan memiliki kemampuan mengikat limbah, seperti halnya kemampuan formasi tersebut menyimpan cadangan minyak dan gas bumi. Hal penting untuk diperhatikan adalah struktur dan kestabilan geologi serta hidrogeologi wilayah setempat.

Pembuangan ke sumur dalam dapat dibagi menjadi 5 kelas, yaitu:

1. Kelas I, untuk membuang limbah B3, non B3, juga limbah rumah tangga (municipal waste) ke lapisan yang berada di bawah lapisan sumber air yang paling bawah (underground source of drinking water).
2. Kelas II, membuang air yang dikeluarkan dari dalam bumi pada produksi minyak dan gas bumi, yang dapat pula tercampur dengan limbah bukan B3.
3. Kelas III, untuk menginjeksikan fluida untuk ekstraksi mineral.
4. Kelas IV, untuk pembuangan limbah yang mengandung radioaktif, (sumur jenis ini tidak lagi digunakan).
5. Kelas V, yang tidak termasuk kelas-kelas di atas, biasanya untuk pembuangan limbah bukan B3 ke dalam atau ke bagian atas lapisan sumber air.

## 1. Mekanisme Pengikatan Limbah dalam Sumur

Pada pembuangan ke sumur dalam, limbah diinjeksikan ke dalam suatu formasi berpori yang berada cukup jauh di bawah lapisan yang mengandung air tanah. Di antara lapisan ini harus ada lapisan *impermeable* seperti *shale* atau tanah liat yang cukup tebal, sehingga cairan limbah yang diinjeksikan tidak dapat bermigrasi. Kedalaman sumur ini berkisar antara 0,5 sampai dengan 2 mil dari permukaan. Kemampuan formasi untuk menahan dan menyimpan cairan juga merupakan karakter yang memungkinkannya menampung kandungan minyak dan gas.

- Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi yang sesuai untuk pembuatan sumur pembuangan adalah :
- Kondisi geologi dan hidrogeologi, termasuk kestabilannya.
- Keberadaan sumur setelah pasca-operasi, yang dapat mengakibatkan bocoran limbah ke luar formasi.
- Cadangan / deposit mineral, termasuk minyak dan gas.
- Air tanah.

Selain itu perlu pula diperhatikan karakter fisik dan kimia formasi serta cairan alami yang berada di dalamnya. Hal ini untuk memperkirakan interaksi yang akan terjadi antara limbah dengan formasi tersebut.

## 2. Teknis Pelaksanaan

Pembuatan sumur untuk kelas I dan II pada dasarnya adalah sama. Perbedaan antara keduanya adalah pada lapisan geologis penerima limbah. Pada sumur kelas I lapisan penerima limbah adalah formasi gamping atau batuan pasir yang berada pada kedalaman 2000 ft atau lebih di bawah

permukaan, dengan lapisan penahan umumnya adalah tanah liat atau shale. Sedangkan pada sumur kelas II, limbah dapat dimasukkan ke lapisan geologis manapun, selama tidak mengganggu manusia dan lingkungan.

Langkah-langkah pembuatan sumur adalah sebagai berikut :

- Membuat lubang hingga melampaui kedalaman aquifer air tanah. Lubang ini dilapisi casing baja yang disemen ke bagian luar lubang.
- Melalui lubang tadi, pengeboran diteruskan hingga mencapai zona penginjeksian. Pada lubang inipun dipasang casing yang dilapisi dengan semen.
- Ke dalam lubang kedua ini dimasukkan pipa injeksi, yang dibagian atasnya dipasang well head, dan dibagian bawahnya dipasang packer.
- Ruang kosong antara pipa injeksi dan casing kedua diisi
- dengan cairan bertekanan yang non korosif.
- Tekanan pada cairan ini terus dipantau untuk mengetahui jika terjadi kebocoran pada pipa injeksi.

### **3. Pemilihan Jenis Limbah untuk Pembuangan ke Sumur Dalam**

Beberapa jenis limbah dapat mengakibatkan gangguan atau kerusakan pada sumur dan formasi penerima limbah. Gangguan yang dimaksud dapat berupa :

- penyumbatan sumur.
- kerusakan pada casing sumur dan/atau pada formasi lapisan penahan.
- ledakan sumur.

Gangguan di atas dapat dihindari dengan tidak memasukkan limbah yang memiliki karakteristik sebagai berikut

- Dapat mengalami presipitasi/represipitasi.
- Memiliki partikel padatan atau koloid.
- Dapat membentuk emulsi.
- Bersifat asam kuat atau basa kuat.
- Bersifat aktif secara kimia.
- Densitas dan viskositasnya lebih rendah daripada cairan alami dalam formasi.
- Kadar HCl > 6 % dan bersuhu lebih tinggi dari 88 F.

#### **4. Ketentuan mengenai Pembuangan ke Sumur Dalam dan Situasi Saat ini dalam Penggunaan Sumur Dalam**

Hingga saat ini di Indonesia belum ada ketentuan mengenai pembuangan ke sumur dalam. Ketentuan yang ada mengenai hal ini ditetapkan oleh U.S. EPA (53 Federal Register 281188-28157, July 26, 1988). Dalam ketentuan ini disebutkan antara lain bahwa:

- Dalam kurun waktu 10.000 tahun tidak akan bermigrasi secara vertikal keluar dari zona injeksi atau lateral ke titik temu dengan sumber air tanah
- Sebelum limbah yang diinjeksikan bermigrasi dalam arah seperti disebutkan di atas, limbah telah mengalami perubahan sehingga tidak lagi bersifat B3.

Berdasarkan sumber pustaka (Wentz, 1989, Hazardous Waste Management, McGraw-Hill) dilaporkan bahwa dijumpainya kebocoran pada sejumlah sumur injeksi di

AS. Hal ini menimbulkan keraguan terhadap keselamatan pembuangan ke sumur-dalam, karena kebocoran pada sumur-dalam akan memiliki potensi untuk mencemari air-tanah.

Disamping itu, peraturan yang dikeluarkan oleh EPA akan makin ketat di masa mendatang. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah pemantauan dan kuantifikasi masalah untuk pembuangan ke sumur- dalam jauh lebih sulit. Dampak terhadap kesehatan manusia dan lingkungannya jauh lebih kompleks. Untuk dapat mengkaji dampak tersebut secara tepat dan komprehensif masih perlu dikembangkan teknik pengkajian yang lebih baik.

Pertimbangan-pertimbangan di atas menyebabkan pembuangan ke sumur-dalam belum bisa diterima di seluruh negara bagian di Amerika Serikat atau di banyak negara di dunia ini. Disamping itu, data memperlihatkan bahwa pembuatan sumur-injeksi paling banyak dilakukan di AS antara tahun 1965 hingga 1974. Setelah tahun 1980 hampir-hampir tidak ada sumur baru yang dibuat (Freeman, 1989).





## **BAB III**

### **REKAYASA PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI**

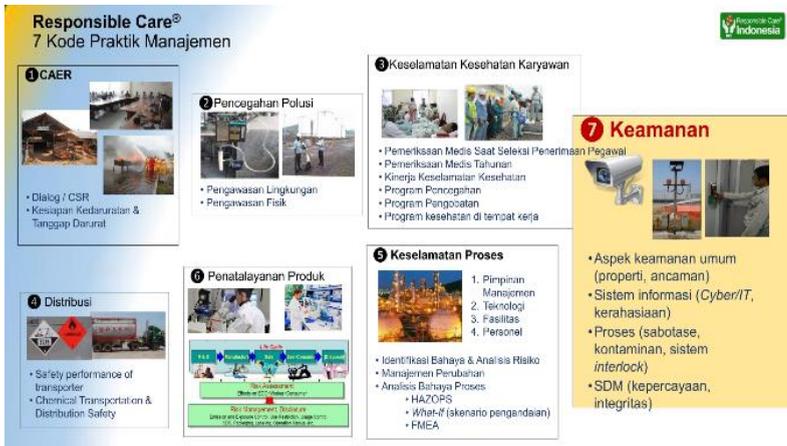
Penggunaan teknologi sebagai bagian dari proses kehidupan bukan lagi menjadi barang mahal dan telah menjadi kebutuhan sehari-hari. Saat ini perkembangan teknologi telah maju dengan pesat. Munculnya teknologi yang ramah lingkungan telah menjadi suatu kebutuhan untuk turut menjaga kelestarian lingkungan.

Teknologi ramah lingkungan adalah teknologi yang diciptakan untuk memudahkan kehidupan manusia tanpa perlu merusak atau memberikan dampak negatif pada lingkungan dan sekitarnya. Teknologi Ramah Lingkungan dapat diartikan juga teknologi yang dalam pembuatan dan penerapannya menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan, proses yang efektif dan efisien dan mengeluarkan limbah yang minimal sehingga dapat mengurangi dan mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup.

Verifikasi teknologi ramah lingkungan memastikan kepastian informasi kinerja teknologi bagi pembeli atau pemberi ijin. Hal ini dilaksanakan sesuai amanah Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pasal 63 ayat 1 butir V bahwa Pemerintah mengkoordinasikan, mengembangkan, dan mensosialisasikan pemanfaatan teknologi ramah lingkungan hidup. Mekanisme verifikasi merujuk standar SNI ISO 14034 – 2017 : Manajemen Lingkungan – Verifikasi Teknologi Lingkungan (Environmental Technology Verification). Amanah tersebut dilaksanakan dalam bentuk bahan informasi bagi pengguna/calon pengguna.

### 3.1 Responsible Care

*Responsible Care*® adalah inisiatif sukarela industri kimia di seluruh dunia yang dibentuk oleh perusahaan-perusahaan kimia melalui asosiasi nasional mereka untuk terus meningkatkan kinerja keselamatan, kesehatan dan lingkungan (SHE). • Diadopsi pertama kali pada 1985 oleh Asosiasi Produsen Kimia Kanada (CCPA) • Pada 1988 *Responsible Care*® diadopsi oleh U.S. *Chemical Manufacturers' Association* (CMA), sekarang bernama *American Chemistry Council* (ACC). • Dan pada 1989, formasi *International Council of Chemical Association* (ICCA), badan dunia industri kimia yang mewakili produsen kimia dari seluruh dunia, tengah memimpin dalam promosi dan implementasi Inisiatif *Responsible Care*® di seluruh dunia.



Gambar 3.1 Kode Etik Manajemen

### 3.2 Eco-Efficiency

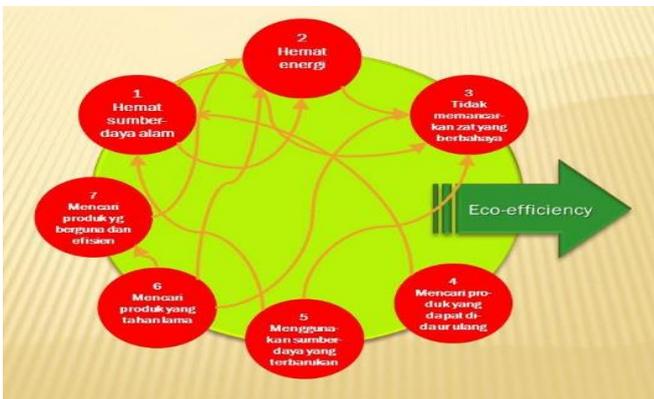
Pengukuran produktivitas sumber daya untuk mengevaluasi performansi industri sangat sesuai dengan pelestarian lingkungan. Pengurangan limbah dan

ketidakefisienan dalam proses produksi menandakan produktifitas atau efisiensi penggunaan sumber daya.

Eko efisiensi merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. Eko efisiensi menurut Kamus Lingkungan Hidup dan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia didefinisikan sebagai suatu konsep efisiensi yang memasukkan aspek sumber daya alam dan energi atau suatu proses produksi yang meminimumkan penggunaan bahan baku, air, energi serta dampak lingkungan per unit produk. Eko-efisiensi dapat diartikan sebagai suatu strategi yang menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit energi dan sumber daya alam. Dalam bisnis, eko efisiensi dapat dikatakan sebagai strategi bisnis yang mempunyai nilai lebih karena sedikit menggunakan sumber daya alam serta mengurangi jumlah limbah dan pencemaran lingkungan. Tujuan eko-efisiensi adalah untuk mengurangi dampak lingkungan per unit yang diproduksi dan dikonsumsi. Bisnis dapat mencapai keuntungan karena mempunyai daya saing dengan cara mengurangi sumber daya yang diperlukan bagi terbentuknya produk serta pelayanan yang lebih baik.

Konsep eko-efisiensi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1992 oleh *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). WBCSD telah mengidentifikasi adanya tujuh faktor kunci dalam eko-efisiensi yaitu: mengurangi jumlah penggunaan bahan, mengurangi jumlah penggunaan energi, mengurangi pencemaran, memperbesar daur ulang bahan, memaksimalkan penggunaan sumber daya alam (SDA) yang dapat diperbarui, memperpanjang umur pakai produk dan meningkatkan intensitas pelayanan (ProLH). Seiring dengan semakin tinggi tingkat kesadaran masyarakat mengembangkan industri dengan mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan, maka konsep eko efisiensi ini sangat

tepat bila bisa dipraktikkan di dunia industri. Penelitian terkait dengan eko efisiensi di dunia industri telah banyak dilakukan, Klunder merancang kerangka kerja untuk mencari strategi paling eko-efisien untuk konstruksi rumah yang sustainable dan memaparkan manfaatnya untuk lingkungan. Thant dan Charmondusit , melakukan penilaian eko efisiensi dari industri pulp dan kertas di Myanmar menggunakan indikator konsumsi bahan baku, konsumsi energi, waste, konsumsi air dan emisi CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan level kinerja ekonomi dan lingkungan menggunakan rasio eko efisiensi menurun sejak tahun 2002 dan mulai naik lagi di tahun 2005. Rancangan desain yang eko efisiensi dihasilkan oleh Ding et al., hasil rancangannya berupa desain mesin tool bed dengan tujuan memperoleh struktur mesin yang eko-efisien, melalui optimasi desain layout, ukuran dan desain topologinya dengan mempertimbangkan manufacturing requirement. Penelitian tentang eko-efisiensi dari sistem manufaktur di perusahaan listrik dan elektronik juga telah dilakukan Gutierrez et al. Penelitian di industri pertanian juga telah dilakukan Pelletier et al. yang merancang model skenario potensial eko-efisiensi yang akan diperoleh dari peralihan ke sistem organik di Kanada. Proses peralihan ke produksi organik mampu mengurangi konsumsi energi, pemanasan global dan emisi.



Gambar 3.2 Lingkaran ekoefisiensi

## A. LCA

*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengestimasi energi atau aliran material yang berhubungan dengan siklus hidup produk yang berpengaruh pada dampak ke lingkungan (Fiksel, 2011). *Life Cycle Assessment* (LCA) meliputi beberapa tahapan, antara lain (Horne, 2009):

### 1. *Goal and Scope*

Tahap ini bertujuan untuk memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan, sistem yang akan dievaluasi, batasan-batasan dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem.

### 2. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Merupakan proses kuantifikasi kebutuhan energi dan material, emisi udara, limbah padat dan semua keluaran yang dibuang ke lingkungan selama daur hidup produk.

### 3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) merupakan tahap analisa mengenai jenis dan besarnya nilai tiap kategori dampak yang dihasilkan (nilai *Eco-costs*) menggunakan metode *Eco-costs* 2012, nilai dan indikator dari *Eco-costs* berdasarkan standar dari WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*). Pada fase LCIA terbagi lagi menjadi beberapa tahapan analisa diantaranya (Vogtlander et al, 2010):

- Klasifikasi dan karakterisasi Klasifikasi merupakan langkah untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan substansi yang berasal dari LCI ke dalam kategori II-23 dampak yang heterogen

yang telah ditentukan sebelumnya sedangkan karakterisasi merupakan penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada kategori dampak.

- Normalisasi Prosedur yang diperlukan untuk menunjukkan kontribusi relatif dari semua kategori dampak pada seluruh masalah lingkungan untuk menciptakan satuan yang seragam untuk semua kategori impact dengan mengalikan nilai karakterisasi dengan nilai normal.
  - Pembobotan Pembobotan didapatkan dengan mengalikan kategori impact dengan faktor pembobotan dan ditambahkan untuk mendapatkan nilai total.
  - *Single score* Digunakan untuk mengklasifikasikan nilai kategori impact berdasarkan aktivitas atau proses. Nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan.
4. Interpretasi Mengevaluasi hasil dan mengimplementasikan kesempatan untuk pengembangan lebih lanjut.

## **B. *Eco-costs***

*Eco-costs* adalah ukuran untuk menyatakan jumlah dampak lingkungan dari suatu produk atas dasar pencegahan dampak itu sendiri. Ini adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi polusi dan berkurangnya bahan material yang ada di bumi. Konsep dari *Eco-costs* merupakan konsep biaya bayangan atau *shadow prices*, biaya bayangan merupakan suatu poin dimana biaya-biaya pencegahan bertemu dengan biaya-biaya kerusakan yang dihasilkan di

dalam suatu sistem perdagangan bebas. Bagaimanapun, kalkulasi perhitungan di dalam *Eco-costs* memberikan hasil sebagai kalkulasi di dalam biaya kerusakan (TU Delft, 2015).

### **C. Cost Benefit Analysis (CBA)**

*Cost Benefit Analysis* (CBA) digunakan untuk menghitung *net value* dari suatu produk. *Net value* ini diperoleh dengan mengurangi harga jual dengan Harga Pokok Produksi (HPP), sehingga besarnya nilai dari *net value* ini dipengaruhi oleh biaya-biaya yang dibutuhkan dalam produksi suatu produk dan nilai penjualan dari produk tersebut.

### **D. EEI**

*Eco Efficiency Index* (EEI) Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable*. Input EEI berupa besar *Eco-costs* yang dihasilkan dan besar *net value* produk dengan input nilai rasio kelayakan keuntungan (*benefit cost*). Menurut Tak Hur et al. (2003), perhitungan *Eco Efficiency Index* (EEI) berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi

### **E. Eco-costs Value Ratio (EVR)**

*Eco-costs Value Ratio* (EVR) digunakan untuk menghitung nilai dari tingkat *Eco Efficiency Ratio* (EER), sehingga dari perhitungan ini dapat diketahui hasil tingkat efisiensi dari suatu proses pembuatan suatu produk. Nilai dari EVR ini diperoleh dari membagi *Eco-costs* dengan *net value*, dari sini hasil kalkulasi antara *net value* yang diperoleh dari interpretasi analisis LCA, sehingga akan dihasilkan suatu nilai yang disebut *Eco Efficiency Ratio* (EER).

## **F. *Eco Efficiency Ratio* (EER)**

Menurut Vogtlander et al. (2010) hasil perhitungan EER Rate diperoleh dengan cara membagi nilai *Eco-cost* yang dihasilkan dengan nilai net value yang diperoleh sehingga diketahui rasio *Eco-costs* dengan *net value* kemudian hasilnya dikurangkan dengan 1 dan dikalikan 100%. Adapun data yang digunakan untuk menghitung nilai EEI antara lain biaya dari hasil representasi nilai atau output *Eco-costs* dan besar *net value* produk.

$$\text{EER Rate} = (1 - \text{EVR})100\%$$

## **3. 3 Mengubah Limbah Menjadi Produk**

Satu di antara penanganan limbah padat yang sekaligus memanfaatkannya menjadi sumber energi atau bahan lainnya yang mempunyai nilai tambah adalah pengolahan biokonversi limbah padat. Biokonversi adalah suatu proses mengkonversi atau mengubah bahan-bahan organik yang memiliki rumus kimia yang kompleks menjadi bahan-bahan organik yang lebih sederhana, akan tetapi lebih berguna dan memiliki nilai tambah dengan memanfaatkan peristiwa biologis dari mikrobiologi atau enzim. Metoda ini pada akhir-akhir ini merupakan metoda yang banyak disoroti dan mulai berkembang pesat. Hal ini disebabkan karena lebih efisien dan efektif dalam mengkonversi suatu bahan. Contoh dari penggunaan metoda ini dalam memanfaatkan limbah padat adalah pembuatan gas metana dari bahan-bahan organik dan pembuatan glukosa atau etanol dari limbah selulosik.

### **A. Pembuatan gas metana**

Pada proses pembuatan metana, digunakan mikroorganisme yang bersifat anaerobik sehingga proses

ini dikenal sebagai proses biokonversi anaerobik. Berbeda dengan proses biokonversi aerobik yang membutuhkan oksigen, seperti misalnya pada pembuatan kompos, pada biokonversi anaerobik justru tidak membutuhkan oksigen, bahkan jika terdapat oksigen berlebih akan menghambat jalannya proses.

Pada proses ini, bahan-bahan organik dikonversi menjadi gas metana dalam dua tahap proses. Tahap pertama bertujuan untuk mendegradasi bahan-bahan organik menjadi asam-asam organik oleh bakteri anaerobik pembentuk asam. Sedang tahap kedua bertujuan untuk mengubali asam-asam organik menjadi gas metana oleh bakteri anaerobik pembentuk metana. Pada tahap kedua tersebut juga dihasilkan gas CO<sub>2</sub>.

Pada tahap pertama, bahan-bahan limbah organik yang mengandung protein, karbohidrat dan lemak akan dikonversi menjadi asam-asam organik rantai pendek sebanyak kurang lebih 35 persen (15 persen berupa asam propionat dan 20 persen berupa asam asetat), dan asam organik rantai panjang sekitar 65 persen (misalnya alkohol, aldehid dan asam-asam lemak). Pada tahap kedua terjadi fermentasi asam-asam organik oleh bakteri spesifik yang mampu mengkonversi menjadi metana. Pada proses ini tidak boleh terdapat oksigen. Adanya oksigen yang sedikit saja akan merusak pembentukan metana. Proses fermentasi ini biasanya berlangsung selama 10 hingga 15 hari.

Pada pembentukan metana terdapat dua kondisi suhu optimum, yaitu antara suhu 30°C hingga 37,5°C dan pada suhu antara 49°C hingga 51°C. Pada selang suhu rendah yang aktif adalah bakteri mesofilik, sedang pada kondisi optimum kedua yang aktif bakteri termofilik. Bakteri termofilik akan lebih cepat membentuk metana, tetapi akan dibutuhkan lebih banyak energi dalam mengoperasikannya: PH yang di- perlukan pada proses ini

berkisar antara 6,6 hingga 7,6. pada pH dibawah 6,2 akan berefek racun terhadap bakteri metana untuk meningkatkan efisiensi proses, biasanya ditambah nutrisi nitrogen dan lumpur dari pengolahan limbah biologis. Bahan-bahan organik beracun dan bahan non-organik biasanya dipisahkan dahulu sebelum diolah. Hubungan tingkat produksi gas metana dengan retensi dan suhu proses dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Sedangkan contoh bakteri yang biasa aktif pada proses biokonversi ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.1 Hubungan suhu, retensi dan produksi gas metana

Suhu	Setensi (Hari)					
	4	8	10	15	20	30
95.0	1.40	2.30	2.58	2.88	2.95	3.05
104.0	2.33	2.98	3.20	2.60	3.85	4.10
107.8	2.59	3.14	3.33	3.74	3.95	4.20
109.4	2.58	3.09	3.26	3.67	3.82	4.09
113.0	2.08	2.55	2.70	3.05	3.14	3.36
118.4	2.94	3.14	3.33	3.57	3.82	4.06
127.4	3.33	3.88	4.07	4.29	4.51	4.70
132.8	3.74	4.20	4.35	4.54	4.75	4.88
140.0	4.23	4.49	4.57	4.97	4.93	4.98
	Cu ft/lb padatan kering					

Sumber : De Renzo, (1977)

Tabel 3.2 Komposisi gas metana : pada suhu 35°C dan 60°C]

Nomor	35°C RETENSI (hari)			60°C RETENSI (hari)		
		%CH <sub>4</sub>	%CO <sub>2</sub>		%CH <sub>4</sub>	%CO <sub>2</sub>
1	4	69.7	30.3	3	53.5	46.5
2	4	69.8	30.2	4	55.0	45.0
3	6	64.3	35.7	6	51.9	48.1
4	8	58.6	41.4	8	50.2	49.8
5	10	57.2	42.8	10	52.3	47.7
6	15	53.8	46.2	15	53.5	46.5
7	20	53.4	46.6	20	49.1	50.9
8	30	53.8	46.2	30	53.7	46.3

Tabel 3.3 Bakteri non-metanogenik yang aktif pada biokonversi

Bakteri	Selulosa	Pati	Protein		Lemak
			Pepton	Kasein	
<i>Aerobacter aerogenes</i>					
<i>Alcaligenes bookeril</i>					x
<i>A. faecalis</i>	x				
<i>Bacillus sp</i>	x				
<i>B. cercus var. mycoides</i>		x		x	
<i>B. cercus</i>	x	x	x	x	
<i>B. circulans</i>	x		x		
<i>B. firmus</i>			x		
<i>B.knelfelhampi</i>					x
<i>B. megaterium</i>		x		x	x
<i>B. pumilis</i>			x	x	x
<i>B. shpacricus</i>			x	x	
<i>B. subtilis</i>	x		x	x	
<i>Clostridium carnofoetidum</i>	x				
<i>Escherichia coli</i>			x	x	x
<i>E. intermedia</i>				x	
<i>Mictococcus candidus</i>		x			
<i>M. lutcus</i>		x	x		
<i>M. varians</i>		x	x		
<i>M. ureas</i>	x		x		
<i>Paracolibacirum intermedium</i>	x				
<i>P. coliforme Proteus vulgaris</i>	x				
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>					
<i>P. ambiguus</i>					x
<i>P. oleovorans</i>				x	x
<i>P. perolens</i>					
<i>P. psrudomallei</i>			x		
<i>P. reptilivors</i>					x
<i>P. riboflovina</i>		x			x
<i>P. spp</i>					
<i>Sarcina cooksonil</i>					
<i>Streptomyces bikiniensis</i>					x

Prinsip dari proses ini ialah mendegradasi atau mendekomposisi bahan-bahan organik yang telah mengalami perlakuan awal di dalam tabung pencernaan anaerobik dengan mikroorganisma sehingga dihasilkan gas metana.

Tabel 3.4 Bakteri metanogenik

Bakteri	Substrat	Hasir
<i>Methanobacterium</i>		
<i>Formicum</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<i>M. mobilis</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<i>M. propionicum</i>	propionat	CO <sub>2</sub> + asetat
<i>M. ruminantium</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<i>M. soebagenii</i>	asetat butirit	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>M. suboxidans</i>	kaproat dan butirat	propionat dan asetat
<i>Methanococcus mazei</i>	asetat dan butirat	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>M. vannielii</i>		
<i>M. vannielii</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<i>Methanosarcina Barkeri</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
	Metanol	CH <sub>4</sub>
	Asetat	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>M. methanica</i>	Asetat	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
	Butirat	

Sumber : De Renzo, (1977)

Pada pelaksanaannya, proses biokonversi ini dibagi menjadi empat tahap yaitu:

- Penanganan bahan
- Pengolahan dalam tabung pencernaan
- Penanganan gas metana
- Pembuangan air limbah dan residu

## **B. Pembuatan sirup glukosa**

Limbah selulosik ialah limbah yang mengandung banyak selulosa, seperti misalnya jerami, kertas, kayu, dan ampas tebu. Indonesia sebagai negara agraris mempunyai limbah selulosik sangat besar. Hal ini perlu dimanfaatkan, bahkan merupakan sumber yang potensial dalam industri biokonversi. Potensi limbah selulosik dari sektor pertanian dan kehutanan dapat dilihat pada Tabel 3.5

Bahan selulosik yang kaya selulosa di dunia ini dapat mencapai sekitar 1.800 juta ton pertahunnya. Bahan ini sebagian terdapat di Asia yang berupa jerami padi-padian. Tabel 3.5 menunjukkan limbah jerami yang kaya akan kandungan selulosa. Di Indonesia, limbah selulosik berupa jerami dapat mencapai sekitar 70 juta ton per tahun.

Tabel 3.5 Potensi limbah pertanian/kehutanan di Indonesia

	Sumber Limbah	K ton/tahun
1.	Sekam padi kasar	4.892
2.	Merang padi	1.581
3.	Tongkol jagung	2.177
4.	Kulit kacang tanah	266
5.	Limbah kacang kedelai	1.314
6.	Limbah ubi kayu	7.467
7.	Ampas tebu	266
8.	Tempurung kelapa	951
9.	Serabut kelapa	345
10.	Kulit kelapa sawit	129
11.	Limbah kayu karet	6.939
12.	Kulit kopi	4
13.	Kayu tanaman kopi	3
14.	Kayu tanaman hoklat	8
15.	Limbah penebangan kayu	550
16.	Limbah penggergajian kayu	825
Jumlah		30.815

Sumber : Saswinadi di dalam Manurung (1983)

Prinsip pembuatan glukosa dari limbah selulosik adalah dengan menghidrolisa selulase yang terdapat dalam limbah dengan enzim selulase selulase yang merupakan polimer glukosa linier yang tersusun dari

satuan glukosa anhidrat dengan ikatan glikosidik 1,4, akan mampu dipecah ikatannya oleh enzim selulase, sehingga menjadi glukosa. Enzim selulase dapat diproduksi dari beberapa genus kapang dan bakteri, diantaranya yang terbaik adalah dari genus *Trichoderma*, *Pennicillium*, *Fusarium* dan *Aspergillus*.

Enzim selulose bekerja baik pada suhu antara 50 - 60°C dan pH antara 4,5 - 6,5. Enzim selulose yang berasal dari strain mutan kapang *Trichoderma viride* dapat mengkonversi selulase menjadi glukosa sekitar 90 persen dalam waktu 24 jam, tergantung dari bahan yang akan dihidrolisa. Mekanisma hidrolisa selulosa secara enzimatik dapat dilihat pada Gambar. Enzim selulase pertama-tama merusak bentuk kristal selulase (C<sub>1</sub>) kemudian merusak bentuk amorfous (C<sub>x</sub>), baru kemudian menghidrolisanya menjadi glukosa.

Tabel 3.6 Produksi jerami pada tahun 1974

Tanaman	Produksi (juta ton)			
	Dunia	Afrika	Amerika	Asia
Padi	323	8	10	294
Gandum	360	8	10	90
Jagung	586	54	58	100
Jerami lainnya	441	41	18	123
Tebu	116	9	28	46
Total	1.826	120	124	653

Sumber: Van der Wal (1978)

Prinsip biokonversi limbah padat selulosa dapat dilihat pada Gambar. Enzim selulose terbuat dari hasil pembiakan *Tricoderma viride* dengan sistem kultur terendam dalam fermentor. Kemudian disaring dan filtratnya merupakan enzim selulosa yang belum murni tetapi sudah dapat digunakan. Limbah selulosa dengan konsentrasi 30 persen merupakan bahan baku yang akan dikonversi. Jika selulosa ini masih terikat lignin dalam bentuk kayu, maka harus dilakukan delignifikasi terdahulu. Selulosa ini kemudian dimasukkan ke dalam reaktor dan ditambahkan enzim sebanyak 0,1 persen dan diatur pHnya pada 4,8 dan suhu pada 50°C. Setelah 40 jam waktu retensi di dalam reaktor, kemudian disaring dengan filter untuk memisahkan sirup glukosanya, sedang selulosa dan enzim yang belum bereaksi dapat diresirkulasi lagi. Sirup glukosa yang belum murni ini perlu dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan.

Sebelum dilakukan proses enzimatik, perlu dilakukan perlakuan pendahuluan terhadap limbah selulosik. Hal ini untuk mendapatkan bahan selulosa yang siap dikonversi, sedangkan kenyataannya limbah selulosik masih banyak mengandung bahan-bahan lain, terutama lignin sebagai pengikat. Adanya lignin merupakan penghalang terhadap proses konversi oleh enzim selulase, karena itu perlu delignifikasi terdahulu. Delignifikasi dapat dilakukan secara fisika, biologis dan kimiawi. Delignifikasi secara fisik, tidak dapat menghilangkan lignin, akan tetapi dapat melemahkan ikatannya, sehingga akan mempermudah perlakuan delignifikasi selanjutnya. Perlakuan fisik ini berupa pengecilan ukuran limbah selulosik dengan cara pernotongan atau penggilingan. Dengan pengecilan ini akan merusak bentuk kisi-kisi kristal selulosa dan menurunkan tingkat polimerisasi, sehingga akan

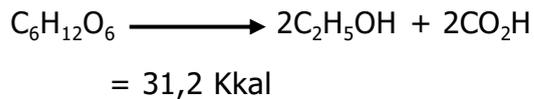
membantu kecepatan proses biokonversi. Perlakuan secara biologis, pada prinsipnya menggunakan enzim pemecah lignin yang dalam hal ini dilakukan oleh organisme thermophilik. Pada perlakuan secara kimiawi, meliputi perlakuan alkali, asam dan ekstraksi dengan pelarut yang mudah menguap. Perlakuan secara alkali memerlukan biaya besar dan lagi pula dapat menghilangkan beberapa hemiselulosa. Delignifikasi dengan asam akan menghilangkan hemiselulosa dan merusak sebagian selulosa. Karena itu digunakan perlakuan lain berupa etanol atau butanol yang dicampur dengan "*catalic agent*".

### **C. Pembuatan etanol**

Pembuatan etanol dari limbah selulosik merupakan rangkaian dari proses pembuatan glukosa karena dalam pembuatan etanol harus melalui tahap pembuatan glukosa. Pada tahap pembuatan glukosa mempunyai prinsip yang sama dengan yang telah diuraikan di atas, yaitu dengan menghidrolisa bahan selulosa yang telah mendapat perlakuan awal oleh enzim selulosa. Glukosa hasil hidrolisa enzim ini kemudian dikonversi menjadi etanol oleh *enzim zimase* dan enzim *invertase* yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cereviside*. Fungsi enzim zimase adalah memecahkan sukrosa yang masih terdapat di dalam proses hidrolisa dan diubah menjadi monosakarida (glukosa atau fruktosa). Sedang enzim invertase selanjutnya mengubah monosakarida menjadi etanol dengan proses fermentasi.

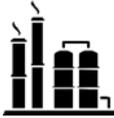
Pada tahap permulaan fermentasi hasil diperlukan oksigen guna pertumbuhan dan perkembangan *Saccharomyces cerevisiae*, tetapi

kemudian tidak diperlukan lagi oksigen karena kondisi proses menghendaki anaerobik. Suhu optimum fermentasi ini biasanya berkisar antara 25–5.0°C, sedang kondisi pH optimum berkisar antara 4.0-5.0. Reaksi pembentukan etanol dari glukosa dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Reaksi Pembentukan etanol dari glukosa (Frazier, 1967)





## **BAB IV**

### **REKAYASA PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI DI BIDANG KEHUTANAN**

#### **4. 1 Desain Berwawasan Lingkungan**

Energi utama yang dipakai oleh sebuah rumah biasanya adalah listrik dari PLN yang sampai saat ini proses pembangkitannya masih menggunakan BBM, gas, atau batubara yang proses pembakarannya akan menyebabkan polusi udara dan efek pemanasan global. Salah satu energi alternatif yang dapat diaplikasikan pada rumah adalah energi matahari, dalam bentuk panel surya yang bisa dipakai sebagai atap dan sel gratzel yang bisa dipasang menjadi jendela rumah. Selain penggunaan energi matahari, perancangan bentuk konstruksi dan pemilihan bahan material yang memperhatikan aspek pencahayaan, ventilasi, dan sanitasi akan mempengaruhi kontinuitas sifat hemat energi dan ramah lingkungan dari sebuah rumah.

Kelangkaan BBM & BBG serta fenomena *global warming* menyebabkan setiap bidang keilmuan berlomba untuk melakukan inovasi penggunaan energi-energi alternatif selain minyak dan gas bumi, serta berlomba menciptakan dan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan "*Green Technolog'*". Energi alternatif yang banyak dieksplorasi oleh para ahli agar bisa digunakan sebagai pengganti BBM dan BBG adalah energi matahari, angin, biofuel, biogas, dan bioetanol. Teknologi ramah lingkungan juga telah ramai dikampanyekan, masyarakat dikenalkan dengan konsep ramah lingkungan, misal prinsip pemisahan sampah organik dan anorganik, serta penggunaan plastik dan sabun yang bisa terdegradasi. Selain

itu perusahaan-perusahaan juga mulai diwajibkan untuk menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dan penanganan pengolahan limbah sesuai dengan standard yang telah ditetapkan oleh badan yang terkait, misalnya dengan adanya ISO 4001 tentang lingkungan.

Rumah merupakan elemen terdekat dan terkecil yang merupakan tempat singgah dari subjek (pelaku utama) pengguna energi BBM & BBG serta sebagai produsen dari limbah baik secara langsung maupun tidak langsung. Para ahli baik itu arsitek maupun teknokrat sedang dan telah melakukan berbagai inovasi untuk menciptakan rumah yang hemat energi dan ramah lingkungan.

Indonesia merupakan negara tropis yang dilewati oleh garis katulistiwa sehingga dilimpahi sinar matahari yang cukup sepanjang tahun, serta suhu yang cukup stabil. Dengan memperhatikan kondisi geografis tersebut, maka energi alternatif matahari sangat cocok diterapkan di Indonesia. Konstruksi bangunan rumah juga harus memperhatikan unsur penggunaan bahan/material dan bentuk bangunan yang mampu mengurangi penggunaan lampu untuk pencahayaan, AC untuk pendingin, sistem pembuangan yang baik.

### **A. Penggunaan energi matahari**

Sinar dari matahari dapat dirubah menjadi energi listrik menggunakan komponen yang disebut sel surya. Sel surya merubah sinar matahari menjadi arus listrik DC. Arus yang dihasilkan sebanding dengan intensitas sinar matahari yang diterima dan juga sebanding dengan luas permukaan dari sel surya yang terpapar sinar matahari.

Para ahli telah berhasil memanfaatkan prinsip dari sel surya dengan menciptakan panel surya yang dapat digunakan sebagai atap rumah. Dengan pesatnya kemajuan teknologi,

para ilmuwan juga telah menciptakan panel surya yang mampu berputar untuk menyesuaikan posisinya mencari intensitas matahari yang tertinggi. Profesor Michael Gratzel dari Lausanne Federal Technology Institute juga telah berhasil menemukan sel surya murah yang bisa digunakan membangun jendela yang menghasilkan listrik dengan efisiensi yang tinggi.

Peralatan pendukung untuk bisa memanfaatkan energi matahari sebagai pengganti listrik dari PLN, antara lain adalah *controller* (pengatur pengeluaran daya dari sel surya), inverter untuk merubah arus DC menjadi arus AC karena peralatan elektronik rumah tangga sebagian besar menggunakan sumber arus AC, dan baterai yang berguna untuk menyimpan energi yang dihasilkan sel surya pada siang hari agar bisa dimanfaatkan oleh penghuni rumah pada malam hari.

Kendala yang dihadapi agar bisa memanfaatkan energi matahari menggunakan panel surya adalah dari segi biaya pemasangan/instalasi masih mahal jika dibandingkan menggunakan energi listrik dari PLN. Biaya yang perlu dikeluarkan untuk pemasangan panel surya adalah US\$ 8-10/Watt. Jika seseorang ingin membeli sel surya untuk keperluan penerangan rumah tangga yang sekitar 900 Watt, maka secara kasar biaya yang perlu dikeluarkan (diinvestasikan?) sebesar 900 Watt x US\$ 8 = US\$ 7200. Harga ini sudah termasuk biaya pemasangan dan beberapa komponen pendukung untuk dipasang di atap sebuah rumah. Sedangkan pemasangan listrik PLN dengan daya 900 Watt sekitar Rp. 1.500.000,- . Hal inilah yang menyebabkan masyarakat masih jarang menggunakan panel surya sebagai sumber listriknya.

Tingginya biaya untuk pemasangan panel surya sebenarnya bisa diatasi jika pemerintah punya tekad yang kuat untuk memasyarakatkan energi-energi alternatif selain

BBM. Pada awalnya pemerintah bisa memberikan subsidi-subsidi pada energi alternatif untuk menggantikan listrik PLN, khususnya penggunaan panel surya. Sebagai contoh di Korea Selatan, harga sel surya yang dibeli oleh konsumen setempat mampu ditekan hingga 70% sekitar US\$ 3 hingga 4 per Watt-nya. Jika diasumsikan pemerintah telah memberikan subsidi sama dengan Korea, maka biaya pemasangan untuk daya 900 Watt adalah Rp. 27.000.000,-(dengan kurs US\$ 1 sebesar Rp. 10.000.000,-).

Selanjutnya dilakukan sosialisasi besar-besaran mengenai keuntungan-keuntungan yang diperoleh jika menggunakan panel surya, antara lain panel surya bisa digunakan sampai +/- 15 tahun. Jika dihitung biaya listrik yang harus dibayar ke PLN selama 15 tahun dengan rata-rata pemakaian tiap bulan Rp. 200.000,- adalah sebesar Rp. 36.000.000,- sehingga masih ada selisih keuntungan sebesar Rp. 9.000.000,- ditambah lagi jika TDL naik maka nilai keuntungan pemakaian panel surya akan lebih besar lagi. Jika semakin banyak pengguna panel surya, maka pasar otomatis akan berusaha untuk memenuhi permintaan tersebut, dan bisaanya akan diikuti oleh usaha inovasi-inovasi untuk bisa memproduksi dengan efisien dan murah oleh produsen-produsen/pabrik pembuat panel surya, sehingga harga akan semakin murah, sebagai contoh semakin murah harga-harga barang elektronik pada saat sekarang ini karena telah ditemukan teknologi dan proses produksi yang efisien.

Selain keuntungan dari segi biaya jangka panjang (investasi), masih ada lagi keuntungan-keuntungan yang diperoleh jika menggunakan panel surya. Antara lain penggunaan panel surya akan mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan, kita ketahui bahwa pembangkit tenaga listrik masih banyak yang menggunakan proses pembakaran dari BBM, BBG, batu bara, dan bahkan nuklir. Pembakaran bahan apapun pasti akan menghasilkan

gas yang akan mencemari udara. Keuntungan yang lain penggunaan listrik dari panel surya ini adalah tidak akan terpengaruh oleh adanya pemadaman bergilir dari PLN, bayangkan jika tempat transaksi ekonomi, misalnya mall ataupun perkantoran mengalami pemadaman listrik dari PLN dalam satu jam saja berapa kerugian yang harus ditanggung.

## **B. Konstruksi & Material Rumah Ramah Lingkungan**

Kampanye *green technology* juga telah membuat para arsitektur maupun teknokrat dibidang konstruksi untuk melakukan berbagai inovasi untuk merancang konstruksi bangunan dan memilih material bangunan yang sesuai dengan prinsip ramah lingkungan. Sebagai contoh, berbagai instansi telah banyak mengadakan lomba desain rumah indah, sederhana, hemat, dan ramah lingkungan.

Terdapat banyak aspek yang harus diperhatikan ketika merancang sebuah rumah. Berikut ini adalah berbagai contoh yang telah ditawarkan/dicontohkan oleh para arsitektur yang peduli akan lingkungannya. Pertama, kita bisa meniru konsep rumah panggung. Dengan adanya jarak antara tanah dengan lantai, maka area tanah dibawah lantai masih bisa berfungsi untuk penyerapan air. Hal ini bisa bermanfaat untuk mengurangi banjir. Kedua, harus diperhatikan masalah pencahayaan. Jika rumah mempunyai titik-titik masuknya cahaya yang cukup, maka akan mengurangi penggunaan lampu pada siang hari. Selanjutnya yang ketiga adalah masalah ventilasi, jika pertukaran udara di rumah cukup, maka akan mengurangi penggunaan AC maupun kipas angin, ditambah lagi jika rumah mempunyai ruang terbuka hijau maka udara yang keluar masuk rumah akan lebih bersih begitupun suhu udara akan menjadi lebih rendah. Masalah sanitasi juga harus diperhatikan, misalnya perancangan

saluran pembuangan air dan penempatan tempat sampah organik maupun anorganik.

Pemilihan material untuk membangun sebuah rumah juga akan berpengaruh terhadap efek keramah-tamahan lingkungan yang sedang gencar-gencarnya dikampanyekan. Pertama, gunakan sumber daya yang bisa diperbarui. Sumber daya yang bisa diperbarui misalnya material bangunan dari kayu, bebatuan dan sebagainya yang pada umumnya adalah material alami yang banyak terdapat di lingkungan sekitar dan mudah untuk diperbarui kembali. Selanjutnya kita bisa menggunakan kembali material bangunan yang masih layak pakai, dan mengolah limbah atau material sisa bangunan untuk dapat dimanfaatkan kembali.

Berikut ini adalah contoh berbagai bahan yang bisa dipilih untuk menghasilkan sebuah rumah yang ramah lingkungan. *Low E-Glass*, yang bisa digunakan untuk kaca jendela yang akan menyerap panas sehingga ruangan tidak akan terlalu panas dan berarti penggunaan AC juga bisa dihemat. *Rain Harvesting* yang memanfaatkan air hujan dengan cara menampungnya dan digunakan kembali untuk kebutuhan sehari-hari seperti menyiram tanaman sampai untuk toilet. *Storage Heating* adalah penyimpanan sumber panas yang nantinya akan digunakan untuk menghangatkan ruangan pada saat suhu dingin tiba, sehingga penggunaan mesin penghangat ruangan (*heater*) dapat dikurangi. Penggunaan bahan *Photocatalytic* pada permukaan dinding bagian luar yang akan mengkonversi organik yang berbahaya menjadi tidak berbahaya.

## **4. 2 Produk Ramah Lingkungan**

Kesadaran terhadap kelestarian lingkungan sangat berdampak terhadap keinginan masyarakat membeli produk yang ramah lingkungan. Survei Katadata *Insight Center* (KIC) tentang Persepsi Konsumen Terhadap Produk Berkelanjutan

menunjukkan secara umum masyarakat memiliki keinginan yang cukup besar untuk membeli produk ramah lingkungan.

Masyarakat yakin produk itu lebih menguntungkan. Bahkan, beberapa dari anggota masyarakat bersedia membayar lebih tinggi untuk produk ramah lingkungan. Survei juga masih memperlihatkan bahwa dampak terhadap lingkungan dan kesehatan mulai menjadi faktor bagi konsumen ketika membeli produk baru. Dari hasil survei, sebanyak 20,3 persen konsumen mempertimbangkan dampak lingkungan dan kesehatan ketika membeli suatu produk baru.

Survei yang dilakukan secara daring pada 30 Juli – 1 Agustus 2021 ini dilaksanakan dalam rangka kegiatan *Sustainability Action for the Future Economy (SAFE) 2021*, yang bertujuan untuk membahas masalah serta solusi pembangunan ekonomi berkelanjutan. Responden dalam survei ini sebanyak 3.631 orang dalam rentang usia 17-60 tahun.

Survei yang dirilis Selasa (24/8) juga menemukan sebanyak 62,9 persen pernah membeli produk berkelanjutan atau ramah lingkungan selama satu tahun terakhir. Alasan utama tertinggi masyarakat dalam membeli **produk ramah lingkungan** adalah ingin melestarikan bumi, yakni sebesar 60,5 persen.

Sedang sebanyak 51,1 persen beralasan karena merasa suka/puas dengan menggunakan produk ramah lingkungan. Survei ini menunjukkan sebanyak 62,9 persen masyarakat pernah membeli produk berkelanjutan/ramah lingkungan. Bagi mereka, syarat utama untuk menjadi produk berkelanjutan adalah produk yang ramah lingkungan dari produksi, bahan baku, sampai kemasan.

Kegiatan menjaga lingkungan dilakukan melalui beragam upaya mulai dari menjaga sumber air, daerah aliran sungai, pengurangan emisi karbon hingga gerakan Bijak

Berplastik melalui edukasi, inovasi dan daur ulang sampah plastik.

Menurut Survei KIC, dalam satu tahun terakhir, jenis produk berkelanjutan/ramah lingkungan yang paling sering dibeli masyarakat adalah makanan (56,7 persen). Disusul produk rumah tangga lainnya (47,8 persen) dan pakaian (37,4 persen).

Faktor utama konsumen dalam membeli produk baru masih terkait dengan kebutuhan atau kegunaannya. Hal itu sebagaimana disampaikan oleh 82,7 persen konsumen. Pertimbangan harga masih menjadi urutan teratas bagi konsumen ketika membeli produk baru, yang diikuti pertimbangan kualitas dan rasa.

Selain itu, ada 8,7 persen konsumen yang mempertimbangkan estetika ketika membeli produk baru. Sebanyak 7,8 persen konsumen mempertimbangkan apakah produk tersebut buatan dalam atau luar negeri ketika membelinya. Sedangkan, 0,3 persen konsumen punya pertimbangan lainnya.

## **A. Pengertian produk ramah lingkungan dan tidak ramah lingkungan**

Produk ramah lingkungan ialah produk yang berasal biasanya dari bahan yang tidak mencemari lingkungan dan kemasannya juga mudah diurai sehingga tidak menjadi sampah selain itu proses produksinya juga tidak banyak mengeluarkan limbah sesungguhnya produk ramah lingkungan ini sendiri belum ada standarnya, jadi bebas untuk semua industri untuk melabeli produk mereka ramah lingkungan bahayanya tergantung produknya itu sendiri dan sangat bervariasi.

## **B. Asal usul produk ramah lingkungan**

Dahulu, efek dari perusakan lingkungan hidup sering kali tidak dipedulikan dalam mendesain sebuah produk baru atau dari proses produksinya. Limbah – limbah yang berbahaya dibuang tanpa memedulikan kemungkinan kerusakan lingkungan. Penggunaan energi dalam proses produksi yang tidak efisien menghasilkan biaya operasional produk yang sangat tinggi. Serta hasil produk yang penuh dengan bahan – bahan kimia dibiarkan bebas beredar di pasaran. Tentu hal ini sangat membahayakan konsumen dan menyebabkan lingkungan yang semakin tercemar. Hal ini menginspirasi para pakar teknologi untuk membersihkan polusi masa lalu dan mengatur aliran limbah.

Proses membersihkan polusi memang hal yang penting dalam menyelamatkan lingkungan hidup, tetapi akan lebih efektif lagi jika mengubah desain produk. Beberapa contoh perubahan desain produk antara lain :

- a. Mengganti bahan baku produk dari sintetis / kimia ke bahan alami

Contohnya adalah menggunakan campuran minyak serih (Cymbopogon citratus 250 ml, alkohol 50 ml, dan air 250 ml) untuk bahan baku pengusir nyamuk sekaligus sebagai pewangi ruangan.

- b. Mengganti sistem pengencer pada bahan kimia.

Contohnya adalah mengganti pengencer yang tidak mengandung racun. Dalam hal ini pengencer berbahan dasar air lebih disenangi.

- c. Mengganti bahan baku plastik pembungkus.

Saat ini telah beredar plastik pembungkus yang ramah lingkungan, yaitu ecoplast. Ecoplast merupakan kantong plastik yang terbuat dari tepung tapioka. Bila kantong plastik lainnya baru dapat teruarai di dalam

tanah setelah 100 hingga 500 tahun yang akan datang, ecoplast dapat terurai hanya dalam kurun waktu 6 bulan sampai 5 tahun.

- d. Menggunakan bahan baku produk yang familier dengan alam.

Contohnya adalah penggunaan selulosa sebagai pengganti khlor dalam pengharum ruangan.

- e. Mengganti sumber daya pembuatan produk.

Contohnya adalah pemanfaatan sinar matahari sebagai pengganti sumber daya untuk menyalakan listrik.

### **C. Cara mudah untuk membantu menghentikan perusakan lingkungan**

- a. Pilih produk ramah lingkungan

Sebisa mungkin, pilihlah produk yang mencantumkan label *ecofriendly* atau *recycling* symbol pada kemasannya. Label *ecofriendly* ditujukan pada barang atau jasa yang menimbulkan dampak negatif seminimal mungkin terhadap lingkungan. Sayangnya, belum ada standar internasional untuk konsep ini. Di Indonesia, produk berlabel ramah lingkungan seperti ini masih sulit ditemui. Yang lebih banyak adalah produk yang diklaim produsen sebagai produk ramah lingkungan, tanpa persetujuan pihak ke tiga. Label tipe ini sebetulnya sah saja dan juga bisa ditemui di negara maju seperti Amerika Serikat.

Produk dengan *recycling* symbol lebih umum ditemui. Simbol yang terdiri dari tiga anak panah hijau yang saling mengejar ini, digunakan untuk menandai produk yang bisa didaur ulang. Walau belum ada standar baku tentang

pelabelan simbol ini, setidaknya bisa Anda jadikan patokan ketika memilih produk bagi si buah hati.

Saat ini makin banyak perusahaan apparel yang makin peduli dengan konservasi alam, sehingga memproduksi koleksi pakaian yang ramah alam. Sebisa mungkin, gunakan baju-baju berbahan 100% katun dan tidur di ranjang beralas spreï dari bahan serat alami.

#### b. Ganti *toiletries*

Mengganti produk *toiletries* adalah cara paling cepat untuk mengurangi paparan pada kimia pada tubuh yang akibatnya makin terasa menakutkan. Kulit adalah organ terbesar yang kita miliki dan melalui kulit itu pulalah tubuh kita menyerap sebanyak apapun yang kita oleskan. Sabun mandi, sampo, pasta gigi, *bubble bath*, krim tabir surya dan pelembab wajah dan kulit yang kita pakai sehari-hari dipenuhi dengan zat kimia perusak yang menyebabkan sakit kulit dan alergi. Kini saatnya mengganti dengan produk natural atau organik dan tak mengandung deterjen. Serta sebisa mungkin hindari produk yang mengandung sulfat.

Khusus untuk bayi, hindari produk yang menggunakan pewangi buatan. Produk kosmetik dengan pewangi buatan ini cenderung lebih ekonomis, namun penggunaannya meningkatkan resiko terjadinya iritasi dan alergi pada kulit. Apalagi, kulit bayi sangat halus dan tipis. Ini terjadi karena kandungan air masih cukup banyak dan ikatan antarselnya cukup longgar, sehingga kulit mudah sekali teriritasi dan mudah menyerap berbagai zat yang masuk ke dalam kulit

### c. Pilih produk pembersih ramah lingkungan

Produk pembersih rumah dan perabotan yang dipakai rumah tangga kita sangat banyak variannya : deterjen masing-masing untuk baju putih, berwarna, hitam, pakaian dalam, lalu ada pewangi cucian, pewangi setrika, belum lagi cairan pembersih perabot, kaca, kamar mandi dan seterusnya. Semua bisa dipastikan mengandung zat kimia. Tak hanya berbahaya ketika terminum atau termakan oleh anak-anak, kandungan kimia para pembersih ini dalam jangka pendek dapat mempengaruhi kondisi kesehatan kita. Dan dalam jangka panjang dapat merusak bumi tercinta.

Di Indonesia sayangnya memang belum banyak diproduksi pembersih rumah dan perabot yang ramah alam. Tapi bila kita benar-benar mau peduli, ada baiknya anda mulai memilih produk yang *ecofriendly*. Pilih produk yang bersifat biodegradable (bisa diuraikan lagi menjadi senyawa yang ramah lingkungan), tidak mengandung CFC atau *chlorofluorocarbon*, bahkan tidak mengandung parfum dan warna, serta tentu saja bebas toksik. Anda juga dapat membuat pembersih sendiri, misalnya minyak *eukaliptus* sebagai disinfektan atau cuka putih sebagai pembersih.

Untuk mencuci pakaian bayi, Anda dapat memilih sabun nondeterjen seperti lerak. Meski busanya tidak melimpah, lerak yang di luar negeri dikenal dengan nama soap nut, sangat aman digunakan untuk pakaian bayi dan tidak mengiritasi kulit, serta hipoalergenik sehingga tidak menimbulkan alergi.

### d. Rumah ramah lingkungan

Gunakan bahan yang tidak mengandung mold, asbestos dan timbal. Paparan dari salah satu dari ketiga bahan ini menimbulkan dampak negatif, mulai dari reaksi alergi ringan sampai yang membahayakan jiwa. Pada beberapa orang,

mold dapat menyebabkan reaksi alergi seperti iritasi pada mata, hidung, tenggorokan dan paru-paru. Serat asbes yang terhirup dapat menyebabkan penyakit serius, termasuk *mesothelioma* (sejenis kanker) dan *asbestosis* (peradangan pada jaringan di paru-paru).

Sedangkan timbal bersifat racun dan bila tertelan atau terhirup dapat membahayakan organ tubuh manusia terutama otak dan ginjal, serta fungsi reproduksi baik pada pria dan wanita. Wanita hamil, janin, dan anak usia kurang dari 4 tahun adalah kelompok yang paling rentan terhadap resiko ini.

Pilih cat yang bebas toksik. Selesai mengecat dinding, jangan buang sisa cat begitu saja ke bak cucian atau got depan rumah, simpan dalam wadahnya yang tertutup rapat. Bila Anda merenovasi rumah, tinggalkan rumah ketika kontraktor membongkar rumah Anda karena bisa saja ada timbal dan asbes yang berbahaya.

Untuk anak yang menderita asma dan alergi, perlu tempat tidur dan perlengkapan yang bebas kuman dan debu. Hindari pemakaian karpet karena lebih mudah mengumpulkan debu, kuman dan zat berbahaya lainnya. Riset yang dilakukan di Jepang dan AS menyebutkan, pilihan terbaik untuk mengurangi alergi adalah lantai kayu atau parket.

#### e. Kurangi AC

Tinggal di ruang berpendingin udara memang nyaman. Namun, bayi yang terus menerus menghirup udara dingin AC lebih mudah mengalami iritasi saluran pernapasan atas. Bukankah aliran udara AC berputar di ruangan itu saja ? Padahal agar sehat, Anda butuh pertukaran dengan udara luar. Belum lagi jika Anda tak sempat mengurus kebersihan AC, bisa-bisa berbagai penyakit infeksi pernapasan menghampiri Anda dan si buah hati. Maka, jika tidak terus

menerus di ruang ber-AC, Anda bisa hemat listrik sekaligus hidup lebih sehat.

f. Kurangi popok sekali pakai

Berapa banyak bahan plastik terbuang dari pemakaian popok sekali pakai? Belum lagi jumlah plastik kemasannya. Padahal, plastik merupakan bahan yang sulit terurai. Jika memilih popok kain, Anda tak hanya membantu mengurangi sampah plastik, tapi juga menghindarkan anak dari kemungkinan iritasi kulit atau ruam popok akibat kulit bersentuhan dengan bahan plastik atau karet diaper. Selain popok kain konvensional, saat ini telah tersedia pula beragam re-usable cloth diaper sehingga Anda leluasa memilih

g. Hindari insektisida

Sadarkan anda bahwa insektisida adalah sumber racun yang sangat nyata? Sebaiknya Anda memilih "pembunuh serangga" yang lebih ramah lingkungan. Misalnya, dengan memilih kelambu untuk menghindarkan Anda dan si buah hati dari gigitan nyamuk. Bagaimanapun, obat nyamuk adalah bahan kimia yang bersifat racun. Walaupun dosisnya kecil sehingga dinyatakan aman, tetap saja sifat-sifat dasar bahan kimia berdampak pada Anda dan si kecil.

Di kebun atau halaman rumah, Anda juga dapat menanam tanaman yang dipercaya sebagai pengusir nyamuk seperti lavender, zodia dan akar wangi. Sebisa mungkin, pilih makanan organik dan bebas dari penggunaan insektisida. Cuci semua sayuran dan buah.

h. Mainan *nontoxic* dan ramah lingkungan

Pilih mainan yang dapat didaur ulang dan tidak menyebabkan kerusakan lingkungan. Misalnya mainan dari bahan kain, atau mainan kayu yang dicat *non-toxic*. Di negara maju, penanganan kasus mainan yang tidak aman sangat baik dan sistematis. Sayangnya hal ini belum terjadi di negara kita.

Hindari mainan berbahan PVC untuk anak-anak kita. Zat kimia beracun tinggi yang dikenal sebagai dioksin adalah hasil dari penggunaan PVC. Ini adalah racun untuk alam dan manusia, dan selalu dihubungkan dengan berbagai masalah kesehatan. Saat ini sudah banyak dijual mainan ramah lingkungan yang berupa produk handmade yang memakai 100% serat alam dan produk daur ulang alam.

#### **D. Pentingnya menggunakan produk ramah lingkungan**

Keuntungan lain memilih produk ramah lingkungan ialah meningkatnya kualitas kesehatan mengingat produk ramah lingkungan umumnya menghindari zat kimia sintetis. Produk yang dibeli sehari-hari, seperti penyegar ruangan, deterjen, sabun, dan shampo terbuat dari bahan kimia yang dalam jangka panjang bisa berpengaruh pada kesehatan tubuh, terutama mereka yang alergi atau rentan terhadap zat tertentu. Ambil contoh, berbagai produk pembersih di rumah kita yang begitu berlimpah jenisnya mulai dari deterjen, pewangi, pelicin pakaian saar menyetriska, cairan pembersih perabot, kamar mandi, kaca jendela dan banyak lagi. Pewangi ruangan yang disemprotkan umumnya mengandung isobutena, butana, propana. Bahan yang sama menjadi bahan bakar di kompor dan korek gas. Sejumlah pembasmi nyamuk juga mengandung zat kimia sintetis seperti organosfat dan karbamat. Shampo yang kita gunakan sehari-hari, air bilasannya masuk ke saluran air dan bahan di dalamnya sulit terurai. Bahan itu bisa tidak hilang dalam pengolahan air

limbah dan dapat membunuh mikroba bermanfaat penghuni air. Pembersih tubuh dan kosmetik pun rawan mengandung zat kimia seperti parfum, pengawet dan pewarna.

Produk-produk tersebut mengandung berbagai zat kimia yang lama-kelamaan berbahaya bagi kesehatan dan juga lingkungan. Guna mengurangi dampak buruk tersebut, pilih produk yang bisa diuraikan kembali senyawa ramah lingkungan, tidak mengandung klorofluorokarbon, pewangi, pewarna, tidak mengandung deterjen, dan bebas racun. Kita dapat berusaha selalu memilih produk mengandung bahan alami dan organik.

Jika mau berkreasi, kita bisa kembali mencoba berbagai resep tradisional jaman dulu untuk menciptakan berbagai alami di rumah. Minyak eukaliptus, misalnya, dapat menjadi desinfektan, cuka putih sebagai pembersih, lerak untuk mencuci pakaian bayi, atau merang untuk berkeramas. Penambahan cuka putih ke dalam cucian juga berguna melembutkan kain, menghilangkan bau dna mengurangi pelekatan statis. Campuran minyak sereh (*Cymbopogon sitratus* 250 ml, alkohol 50 ml, dan air 250 ml) yang disemprotkan di keset, misalnya dapat menjadi pengusir nyamuk sekaligus pewangi ruangan ketimbang menggunakan pengusir nyamuk kimia.

#### Jadilah Konsumen Ramah Lingkungan

- Beli produk dengan jumlah/volume/ukuran lebih besar. Produk berukuran lebih besar jelas lebih murah per satuan beratnya dan perlu pembungkus lebih sedikit. Hindari menggunakan produk sekali pakai kecuali saat darurat. Sebisanya carilah produk yang bisa dipakai berulang kali.
- Hindari membeli produk dengan bungkus berlapis-lapis.

- Kalau memungkinkan, belilah produk yang multiguna (misalnya pembersih serbaguna, dll). Jika satu produk bisa dipakai untuk beberapa kegunaan, buat apa beli tiga atau lima produk yang berbeda?
- Belilah produk yang tahan lama agar tak perlu sering-sering membeli yang baru.
- Berbelanjalah di sekitar tempat tinggal Anda! Lebih hemat bahan bakar dan hemat waktu tentunya.
- Bila memungkinkan, belilah produk hasil daur ulang atau yang dapat didaur ulang. Periksa kemas produk untuk mencari gambar panah saling kejar, lambang daur ulang. Contohnya
- Deterjen bubuk lebih ramah lingkungan daripada deterjen cair. Kandungan airnya yang sedikit membuat deterjen bubuk lebih mudah diangkut ke berbagai tempat. Sebagian kemasan deterjen bubuk menggunakan kardus yang dapat terurai. Jika membeli yang berkemasan plastik, pilih yang kemasannya bertanda daur ulang.
- Gunakan sapu tangan atau lap untuk mengganti tisu. Bahan dasar tisu diambil dari kayu hutan.
- Belilah minuman dalam botol, jangan kaleng. Setidaknya 60 persen kaleng soda terbuat dari aluminium baru (bijih besi bauksit yang ditambang) dan 40 persen dari aluminium yang daur ulang. Energi yang terpakai dalam proses pembuatannya setara dengan jumlah energi untuk menyalakan lampu pijar 50 watt selama 42 jam.
- Hindari produk berkemasan plastik. Plastik polietilena tereftalat (PET) #1 dibuat dari minyak tanah dan gas alam. Energi yang dipakai dalam proses pembuatan setara dengan energi untuk menyalakan lampu pijar

50 watt selama 16 jam. Plastik juga sangat sulit terurai dan hanya bisa didaur ulang beberapa kali saja.

- Kurangi konsumsi produk berbentuk semprotan aerosol (misalnya pembasmi serangga, deodoran, cat semprot, dll). Sebagian masih menggunakan klorofluorokarbon (CFC) yang selain merusak ozon juga termasuk gas rumah kaca.

## **E. Contoh Teknologi Ramah Lingkungan**

- a. Sepeda
- b. Bahan Bakar Biodiesel
- c. Lampu Tenaga Surya
- d. Mesin Tenaga Angin
- e. Mobil atau Sepeda Tenaga Listrik



Gambar 4.1 Mobil Listrik

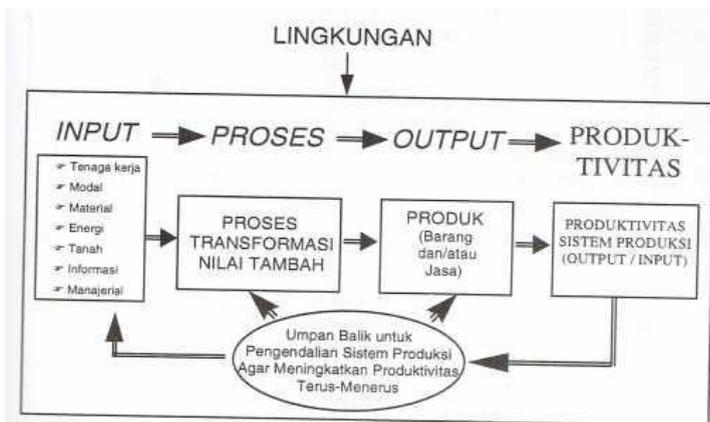
- f. Kulkas yang tidak menggunakan Freon
- g. Pendingin ruangan yang tidak menggunakan Freon
- h. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
- i. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

### 4. 3 Produktivitas Ramah Lingkungan

Pengertian produktivitas dengan berkaitan dengan efektivitas dan efisiensi (Summanth dikutip APO, 2001), yaitu efektivitas merupakan tingkat pencapaian suatu objek, sedangkan efisiensi ialah bagaimana penggunaan sumber daya secara optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Produktifitas dipandang dari dua sisi yaitu sisi input dan sisi *output*. (Gaspersz, 2000).

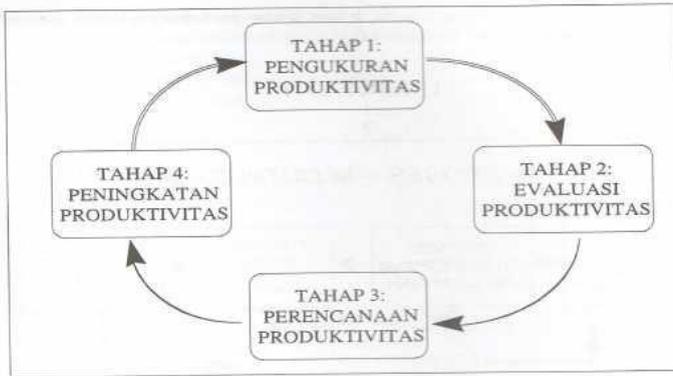
Produktivitas ialah perbandingan antara keluaran (*output*) dengan masukan (*input*) pada perusahaan industri dan ekonomi secara keseluruhan. Peningkatan produktivitas akan menghasilkan peningkatan pada standart hidup dan kualitas hidup pada suatu perusahaan. (APO dikutip Nurcahyanie, 2013)

Berdasarkan definisi produktivitas di atas, sistem produktivitas dalam industri dapat digambarkan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Sistem Produktivitas (Gaspersz, 2000)

Sumanth (1985) memperkenalkan suatu konsep formal yang disebut sebagai siklus produktivitas (*productivity cycle*) yang dipergunakan dalam peningkatan produktivitas terus-menerus. Konsep siklus produktivitas ini ditunjukkan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Siklus Produktivitas (Summanth dikutip APO, 2001)

Produktivitas (P) didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) antara *output* per *input* (Wignjosoebroto, 1995)

$$P = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan demikian, produktivitas merupakan suatu kombinasi dari efektif dan efisiensi, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang dipergunakan}} = \frac{\text{Pencapaian tujuan}}{\text{Penggunaan sumber-sumber daya}}$$

$$= \frac{\text{Efektivitas pelaksanaan tugas}}{\text{Efisiensi penggunaan sumber-sumber daya}} = \frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi}}$$

Gambar 4.4 Pengukuran Produktivitas. (Gaspersz, 2000)

Produktivitas tidak hanya tentang bagaimana mendapatkan efisiensi maksimum dengan “*doing things right*” tetapi juga mencapai efektivitas maksimum dengan “*doing the right things*” (APO, 2001). Produktifitas dapat didefinisikan juga sebagai :

***Productivity = effectiveness + efficiency .....(2)***

Pada umumnya terdapat beberapa strategi yang dapat digunakan dalam menyusun perbaikan produktivitas, (Jonas dikutip Nurcahyanie, 2013) yaitu:

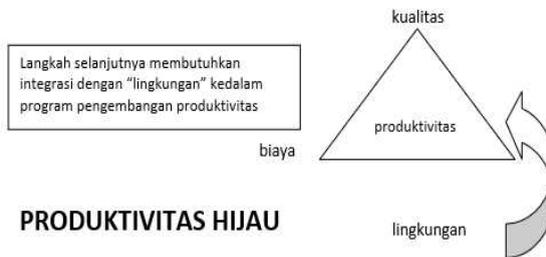
1. Meningkatkan *input* dan *output*, artinya peningkatan *output* lebih besar daripada peningkatan *input*.
2. Menurunkan *input* dan *output*, artinya penurunan input lebih besar daripada penurunan output.
3. *Input* tetap tetapi *output* meningkat.
4. *Input* menurun tetapi *output* tetap.
5. *Input* turun dan *output* meningkat.

### **A. Green Productivity**

Konsep dan definisi *Green Productivity* (GP) integrasi dua konsep penting dari Produktifitas Hijau diambil dari strategi produksi, yaitu perubahan produktivitas dan perlindungan lingkungan. Produktivitas lingkungan

menyediakan kerangka kerja untuk perbaikan terus-menerus, sementara perlindungan lingkungan memberikan landasan untuk berkelanjutan (APO, 2001).

*Green Productivity* bila diterjemahkan dapat diartikan produktivitas ramah lingkungan yang merupakan bagian dari program peningkatan produktivitas yang ramah lingkungan dalam rangka menjawab isu global tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).



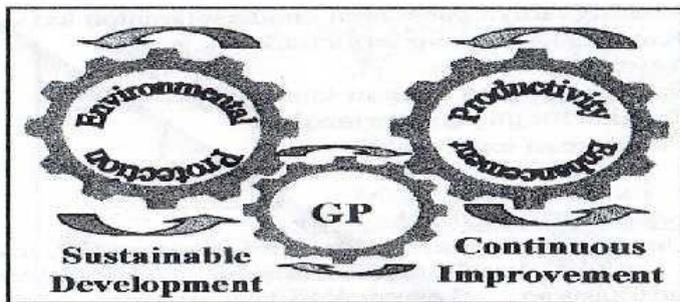
Gambar 4.5 Dasar dari *Green Productivity* (APO dikutip Nurcahyanie, 2013)

Konsep *Green Productivity* diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi pembangunan, (APO, 2001) yaitu:

- Perlindungan lingkungan
- Peningkatan Produktivitas

Oleh karena itu, Produktifitas Hijau ialah strategi untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja yang membutuhkan kerja keras untuk keseluruhan pengembangan ekonomi. Ini adalah aplikasi yang sesuai dengan sistem teknologi dan manajemen untuk menghasilkan barang dan layanan yang sesuai dengan lingkungan (APO, 2001). Kata kunci *sustainable* dalam visi GP, perbaikan strategi yang digunakan oleh praktisi, menginformasikan metodologi.

Konsep GP dikembangkan oleh *Asian Productivity Organization* (APO) pada 1994 untuk menumbuhkan kesadaran masyarakat terhadap permasalahan lingkungan. Tujuan utama APO adalah untuk menunjukkan bahwa perlindungan terhadap lingkungan dan peningkatan produktivitas dapat diharmonisasikan bagi perusahaan, karena proses produksi seringkali mengakibatkan pembuangan material dan energi yang akan membebani lingkungan.



Gambar 4.6 Definisi *Green Productivity* (*Asian Productivity Organization*)

## **B. Tujuan *Green Productivity***

GP bertujuan untuk memastikan perlindungan lingkungan, sementara membuat bisnis GP menguntungkan adalah pendekatan multi-disiplin, sistematis, dan holistik. GP menekankan kerja sama tim dan penerapan teknik dan teknologi yang tepat.

Tujuan dari GP, (APO, 2001) adalah:

- Mengidentifikasi cara untuk menghindari polusi dari sumber

- Mengurangi level input sumberdaya melalui optimasi atau rasionalisasi
- Meningkatkan efisiensi sumberdaya untuk melindungi sumberdaya alam dan meningkatkan produktivitas sekaligus.

*Green Engineering* atau *Green productivity* mempunyai empat tujuan umum (Billatos dikutip L Singgih, 2006) dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan dan ekonomi produksi ketika diimplementasikan pada rantai produksi, yaitu:

- Pengurangan Limbah (*Waste Reduction*)
- Manajemen Material (*Material Management*)
- Pencegahan Polusi (*Pollution Prevention*)
- Peningkatan Nilai Produk (*Product Enhancement*)

GP mengakui bahwa lingkungan dan pembangunan adalah dua sisi dari koin yang sama, konsep GP menunjukkan bahwa untuk setiap strategi pembangunan agar berkelanjutan, perlu ada fokus pada lingkungan, kualitas, dan profitabilitas, yang merupakan fokus dari GP. (APO, 2001)

### **C. Karakteristik *Green Productivity***

Praktik GP ditandai oleh empat karakteristik yang membedakan dengan yang lain, (APO, 2001) yaitu:

#### **1. Kesesuaian Lingkungan**

Hati GP adalah perlindungan lingkungan, langkah pertama adalah kepatuhan peraturan. GP menekankan praktik pencegahan polusi dan reduksi sumber permasalahan, Residu harus dikelola dengan menggunakan perawatan ujung permasalahan. Ini adalah karakteristik unik dari GP bahwa produktivitas juga akan meningkat sementara organisasi mencapai pemenuhan lingkungan. Praktik ini

dapat menyebabkan situasi melampaui kepatuhan terhadap tujuan akhir untuk memastikan kualitas hidup.

## 2. Peningkatan produktivitas

Aspek lain dari GP adalah peningkatan produktivitas. Konsep perbaikan berkesinambungan yang dicapai dengan mengadopsi siklus ditujukan untuk memastikan tidak hanya peningkatan produktivitas, namun juga perbaikan lingkungan. Ini adalah proses yang dinamis dan proses langsung.

## 3. Pendekatan berbasis masyarakat terpadu

Salah satu kelebihan GP adalah keterlibatan pekerja dan pendekatan berbasis tim. Pendekatan berbasis masyarakatnya diperluas untuk memperbaiki lingkungan kerja, kesehatan dan keselamatan pekerja, non-diskriminasi, dan isu-isu kesejahteraan sosial terkait. Pendekatan ini melibatkan partisipasi pemangku kepentingan.

## 4. Informasi perbaikan

Dokumentasi dan pelaporan adalah kekuatan GP yang diambil dari sistem seperti QMS dan EMS. Pepatah "apa yang akan diukur dilakukan adalah salah satu kekuatan pendorong".

*Green Productivity* (GP) berlaku tidak hanya ke sektor *manufacturing*, namun juga untuk sektor pertanian dan jasa. GP juga membahas interaksi antara kegiatan ekonomi dan pengembangan masyarakat. Dimensi GP lainnya adalah peran sektor publik (pemerintah dan pendidikan) dalam perlindungan dan kesadaran lingkungan. APO terutama menangani kebutuhan usaha kecil dan menengah (UKM) untuk memanfaatkan sumber daya organisasi yang langka untuk meningkatkan produktivitas dan melindungi lingkungan.

Fitur menarik dari topik GP menyebabkan keuntungan dapat diperoleh melalui kinerja produk dan lingkungan, Penggunaan *improvement* yang sumber daya yang berlebihan. atau pemborosan merupakan indikasi produktitas rendah serta kinerja lingkungan yang buruk. Dalam banyak hal, ini adalah cacat manufaktur yang perlu diatur dengan benar. Untuk memperbaiki situasi, GP menerapkan strategi berdasarkan intervensi teknis dan manajerial. Ini adalah proses perbaikan terus-menerus.

- Langkah pertama adalah mengidentifikasi cara mencegah polusi atau limbah pada sumbernya, serta mengurangi tingkat *input* sumber daya melalui proses rasionalisasi dan optimalisasi. Memungkinan untuk penggunaan kembali, pemulihan, dan daur ulang diselidiki untuk mengurangi sebanyak mungkin limbah yang dihasilkan.
- Selanjutnya, peluang untuk mengganti zat beracun atau berbahaya, dieksplorasi untuk mengurangi dampak siklus hidup produk yang rendah. Pada tahap ini, produk itu sendiri diperiksa (termasuk kemasan) dalam rangka desain lingkungan.
- Akhirnya, limbah dalam bentuk residu diperlakukan secara memadai untuk memenuhi persyaratan peraturan baik dari sudut pandang tempat kerja dan lingkungan penerima (pemerintah). Untuk memastikan perbaikan terus- menerus dalam produktivitas serta tingkat perlindungan lingkungan, sistem manajemen dikembangkan, sepanjang Sistem Manajemen Lingkungan dari seri ISO 14000.

## D. Manfaat Mengimplementasikan GP

Manfaat yang didapatkan saat GP diimplementasikan, perusahaan akan mengalami perbaikan produktivitas melalui penurunan pengeluaran pada perlindungan lingkungan, seperti pengurangan sumber daya, minimasi *waste*, pengurangan polusi dan produksi yang lebih baik. Dari sini, perusahaan dapat mencapai produktivitas yang lebih tinggi dan melindungi lingkungan yang akan mengarah pada terjadinya *sustainable development*.

Manfaat GP, langsung dan jangka panjang yaitu terjadinya peningkatan produktivitas dalam bentuk peningkatan efisiensi yang diakibatkan efisiensi produksi yaitu minimalisasi pembuangan limbah dan penggunaan akhir yang maksimal sebagai keuntungan, biaya yang lebih rendah dari sistem, teknik dan biaya GP di negara-negara dengan peraturan yang kompleks, yaitu menerapkan metodologi untuk menurunkan biaya kepatuhan lingkungan. Efeknya adalah lingkungan sosial yang nyata.

Implementasi dari GP akan memberikan manfaat jangka menengah maupun jangka panjang bagi semua pihak (*stakeholder*), (APO, 2001) antara lain :

Bagi Perusahaan :

- Penurunan *waste* dengan adanya efisiensi penggunaan sumber daya.
- Penurunan biaya operasional dan biaya pengelolaan lingkungan.
- Pengurangan atau bahkan eliminasi dari hutang-hutang jangka panjang.
- Peningkatan produktivitas.
- Mendukung regulasi pemerintah.
- *Image* yang lebih dimata masyarakat.
- Meningkatkan daya saing.
- Meningkatkan *profit* dan pangsa pasar. Bagi Pegawai :

- Meningkatkan partisipasi para pekerja.
- Meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.
- Kualitas kerja yang lebih baik.

Bagi Konsumen :

- Produk dan jasa dengan kualitas tinggi.
- Tingkat harga yang terjangkau.
- Pengiriman tepat waktu.

Ada banyak situasi di mana GP biasa digunakan.

Beberapa kesempatan:

- Perlindungan lingkungan & konservasi sumber daya
- Legislasi & kepatuhan peraturan
  - ISO 14000, *Environmental Management System* (EMS), Pelabelan Lingkungan, *Design for Environment* (DIE)
  - *End-of-Pipe* (EOP), Minimisasi Limbah, *Cleaner Production* (CP), Pencegahan Pencemaran (P2), Teknologi Bersih, *Eco-efficiency* (EE).
- Limbah kimia & manajemen limbah berbahaya,
- Manajemen energi
- Produktivitas dan peningkatan kualitas
- Kesehatan dan keselamatan kerja
- Pengembangan masyarakat
- Kegiatan pertanian
- *Eco-tourism*
- Industri jasa
- Manajemen industri perkebunan
- Manajemen rantai pasokan

## E. Penelitian Terdahulu

Penerapan *Green Productivity* telah banyak dilakukan sebelumnya, dengan beraneka ragam metode telah digunakan tentang analisis pengurangan inefisiensi

sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.

Tabel 4.1 Penelitian terdahulu tentang peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan menggunakan metode Green Productivity

No	Penelitian dan Tahun	Judul	Objek	Tujuan Penelitian	Hasil	Perbandingan
1	Moses L Singih (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	PT X	Mengurangi beban kerja sistem pengolahan limbah	Tingkat kinerja lingkungan PT X memiliki penyimpangan positif dan disimpulkan alternatif solusi terpilih, dan terjadi peningkatan kontribusi indeks EPI pada awalnya 8,65 hingga mencapai 134,66. Hasil Pengolahan limbah tidak melebihi baku mutu lingkungan.	Lebih fokus mengurangi beban kerja sistem pengolahan limbah, sedangkan penelitian ini cenderung mengurangi limbah untuk meningkatkan produktivitas.

2	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	PT Mermaid Ttxile Industry Indonesia	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Tingkat Produktivitas perusahaan dikatakan stabil pada angka 160-176% dan tingkat kinerja lingkungan juga cukup baik sebesar 22.05, berarti kandungan zat-zat kimia dalam limbah memenuhi baku mutu. Ditemukan juga faktor permasalahan dan solusi perbaikannya, dan produktivitas dan kinerja lingkungan pun meningkat. yaitu sebesar 0,5 % dan 0,68 %	Memiliki kesamaan pada strategi penyelesaian, yaitu dengan meminimalisir limbah dengan cara perbaikan poses.
---	------------------------------	---	--------------------------------------	--	---	--

Tabel 4.2 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap jenis limbah

No.	Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Jenis Limbah		
			Cair	Padat	Gas
1.	Moses L Singh (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	v		
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	v		
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity		v	
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Prroses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity		v	
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	v	v	v
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan Green productivity untuk meningkatkan roduktivitas dan kinerja lingkungan	v	v	V

Tabel 4. 3 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap parameter limbah

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Parameter Limbah												
			BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	S	Cr	NH <sub>3</sub>	M/L	Phenol	Fosfat	Flour	pH	mengurangi penggunaan material
1.	Mosesl. Singh (2006)	Penerapan <i>Green Productivity</i> pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	v	v	v	v									
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi <i>Green Productivity</i> Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	v	v	v		v	v	V	v	v				
3.	Novita Afda (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha <i>Waste Reduction</i> dengan Pendekatan <i>Green Productivity</i>	V	V	V	V	v	v	V						
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan <i>Green Productivity</i>													V
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan <i>Green Productivity</i> untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	v	v	v	v	v								v
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan <i>Green productivity</i> untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan	v	v	v	v						v	v	v	

## DAFTAR PUSTAKA

- Anon. 1996. *Rencana Pelaksanaan Produksi Bersih*. BAPEDAL, Jakarta.
- Anon. 1996. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia*. BAPEDAL, Jakarta.
- Anon. 1996. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tekstil*. BAPEDAL, Jakarta.
- Anon. 1996. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit*. BAPEDAL, Jakarta.
- Anon. 1996. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Lapis Listrik*. BAPEDAL, Jakarta.
- Anon. 1989. *User's Guide: Strategic WASTE Minimization Initiative (SWAMI) Version 2.0, A Software Tool to Aid in Process Analysis For Pollution Prevention*. US EPA (United States Environmental Protection Agency).
- Anon. 1992. *Guides to Pollution Prevention, The Fabricated Metal Products Industry*. Risk Reduction Engineering Laboratory Center for Environmental Research Information Office, Research And Development US EPA, Cincinnati, Ohio.
- Anon. 1994. *Technical Framework for Life-Cycle Assessment 2nd Printing*. SETAC (Society of Environment Toxicology And Chemistry), and SETAC Foundation for Environmental Education Inc., Pensacola, Florida, USA.
- Bishop, P. L. 2001. *Pollution Prevention: Fundamentals and Practice*. McGraw-Hill, Boston.

- Djajadiningrat, S. T. & Famiola, M. 2004. *Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan*. Rekayasa Sains, Bandung.
- Fleig, A. 2000. *ECO-Industrial Parks*. A Strategy towards Industrial ecology in Developing and Newly Industrialized Countries, GTZ.
- Freeman, H. M. 1990. *Hazardous Waste Minimization*. Mc. Graw Hill Publishing Co., Singapore.
- Gradel, T. E. & Allenby B. R. 1995. *Industrial Ecology*. Prentise Hall, Engelwood Cliffs, NY, USA.
- Higgins, T. E. 1995. *Pollution Prevention Handbook*. Lewis Publisher, Boca Raton.
- Lowe, E. A. 2001. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. Indigo Development, Oakland.
- Metcalf & Eddy, Tcobanoglous, G. & Burton, F.L.1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, New York.
- Potter, C. *et al.* 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu EMDI- BAPEDAL*. Project of The Ministry of State for Environment, Republic of Indonesia and Dalhousie University, Canada, Jakarta.
- Van Berkel, R. 2001. *Cleaner Production for Achieving Eco-efficiency in Australian Industry*. Curtin University of Technology, Perth.
- Weston, N. C. & Stuckey, D. C. 1994. Cleaners Technologies and the UK Chemical Industry, *Trans Ichem E*, Vol 72, Part B.