

# KAJIAN PENERAPAN PRINSIP PRODUKSI BERSIH PADA PROSES MANUFAKTUR PIPA APUNG

Wahyu Purwanta

Peneliti di pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

## Abstract

*Manufacture process of floating hose is a rubber technical commodity process, which has potencies to pollute the environment. Two types of waste, which are produced from the purification process and rubber latex process, are liquid and solid waste. Beside those waste, the component developing process, which uses several chemical agents, also has negative impacts to the human who has intensive contacts with those chemicals. Calendering and vulcanisation process are also produce air pollutants, especially the contaminated air from some harmful parameters. Considering that floating hose product will be used by oil companies with very high technical specification, it is necessary to prepare an environmental friendly material and construction technic. Those eco-efficiency planning should be arranged since the beginning, from the using of energy and water resources until waste management and disposal and good house keeping. All materials should be choosen with environmental approach and 4R principle (reduce, reuse, recovery and recycle) must be used for waste disposal activity.*

*Kata kunci : Proses Manufaktur, Pipa Apung, Produksi Bersih*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai penghasil karet alam (*natural rubber*) terbesar di dunia, namun pemanfaatan karet alam oleh industri hilir nasional masih sangat kecil ( $\pm 14\%$ ), dimana kebutuhan akan barang dari karet sebagian besar masih diimpor terutama produk dengan spesifikasi khusus dengan nilai tambah tinggi. Ketergantungan akan barang impor ini terjadi bukan hanya pada produk karet teknik melainkan juga pada produk karet non-teknik.

Dalam kondisi perekonomian sekarang ini kita juga sangat perlu mengurangi ketergantungan kepada barang impor, dengan lebih memberdayakan sumberdaya yang tersedia, sehingga dapat dihasilkan produk-produk substitusi impor khususnya barang teknik karet yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Industri barang karet terdiri dari industri barang karet untuk penggunaan umum dan industri barang karet teknik, barang karet untuk penggunaan umum adalah barang-barang yang terbuat dari karet yang penggunaannya tidak

memerlukan persyaratan teknis tertentu sedangkan barang karet teknik memerlukan persyaratan khusus sesuai penggunaannya, sehingga dalam pembuatannya barang karet teknik memerlukan sentuhan teknologi mulai dari pembuatan formula kompon sampai dengan proses manufaktur produknya<sup>(1)</sup>.

Salah satu produk karet yang masih sepenuhnya diimpor adalah pipa apung. Pipa apung (*floating pipe*) adalah salah satu produk karet berteknologi tinggi terbuat dari material karet, kanvas, kawat baja, kawat slinge dan flange. Pipa apung dapat digunakan pada industri pengerukan (sebagai media untuk mengalirkan pasir, batu karang dan air dari kapal keruk ke pantai), industri perminyakan (media untuk mengalirkan berbagai jenis minyak dari kapal tanker ke terminal/ pangkalan atau sebaliknya). Penggunaan pipa apung juga pada industri lainnya seperti untuk lepas pantai, on-shore dan eksplorasi, *floating hose range*, *sub marine hoses range*, *dock and shore terminal hose*, juga pada *mariculture fish cage*.

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan BPPT, kebutuhan pipa apung cukup besar, sebagai contoh PT. Pertamina memiliki 151

lokasi/pangkalan dan disetiap lokasi dibutuhkan 3 line, dimana setiap line membutuhkan 10 buah pipa apung, sehingga total kebutuhan adalah 4.530 buah dengan harga per buah mencapai Rp. 300 juta sehingga total biaya yang dibutuhkan untuk mengadakan pipa apung import tersebut kurang lebih Rp. 1,359 trilyun.

Melihat penggunaan anggaran (devisa) yang sangat besar tersebut perlu dilakukan pengkajian tentang pipa apung sebagai substitusi impor. Kendala pengembangan program ini antara lain rendahnya penguasaan teknologi karet, terbatasnya kemampuan SDM serta tidak terakomodirnya sumberdaya yang ada sehingga perkembangan industri hilir karet terasa sangat lamban. Pengkajian tentang barang karet teknik khususnya pipa apung bertujuan untuk mengatasi kendala tersebut diatas, dengan cara memberdayakan industri karet nasional yang ada. Selain itu dalam rangka meningkatkan produktivitas, industri karet teknik juga perlu didorong untuk meningkatkan efisiensi dalam rangka mempertinggi daya saing ditingkat global, sehingga sejak awal perlu dilakukan kajian penerapan prinsip-prinsip eco-efisiensi atau yang lebih dikenal dengan Teknologi Produksi Bersih sebagai upaya pembangunan industri yang ramah lingkungan.

## 2. KONSEP TEKNOLOGI BERSIH

Pengertian Teknologi Bersih (*Cleaner Technology*) tidak terlepas dari pemahaman tentang Produksi Bersih (*Cleaner Production*). Teknologi Bersih merupakan bagian dari aktivitas Produksi Bersih yang terfokus pada proses nyata manufaktur itu sendiri dan mempertimbangkan integrasi sistem produksi terbaik untuk meminimalisir bahaya lingkungan dan memaksimalkan efisiensi produksi dari berbagai input prosesnya. Konsep awal tentang Produksi Bersih lahir pada pertengahan tahun 1980 an yang dimatangkan dengan lahirnya *UNEP's Cleaner Production Programme*. Teknologi Bersih telah lahir sebagai konsep yang menjembatani antara industrialisasi dan isu pembangunan yang berkelanjutan.

Secara umum, teknologi bersih dapat didefinisikan sebagai teknologi yang (Mostert, 1999);

- Mengurangi pemakaian energi dan bahan mentah produksi
- Mengurangi limbah yang dihasilkan
- Memperbesar potensi pendaur ulangan bahan mentah produksi dan produk sampingan (*by-product*)

Batas bidang ini disatu sisi mencakup teknologi proses kontrol terpadu dan optimasi, dan disisi lain mencakup teknologi meminimalan limbah dan pendaur ulangan. Batas kedua cakupan tidaklah pejal. Sementara *UNEP* mendefinisikan Produksi Bersih sebagai; “ *the continuous application of an integrated preventive environmental strategy applied to processes, products and services to increase overall efficiency and reduce risks to humans and the environment. It applies to :*

- *Production processes : conserving raw materials and energy eliminating toxic raw materials and reducing the quantity and toxicity of all emissions and wastes*
- *Products : reducing negative impacts along the life cycle of a product from raw materials extraction to its ultimate disposal*
- *Services : incorporating environmental concern into designing and delivering services.*

The US Environment Protection Agency (*EPA*) mendefinisikan Produksi Bersih sebagai; “*source reduction- preventing or reduction waste where it originates, at the source – including practices that conserve natural resources by reducing or eliminating pollutants through increased efficiency in the use of raw materials, energy, water and land*”<sup>(2)</sup>.

## 3. PROSES MANUFAKTUR PIPA APUNG

### 3.1. Proses Pemurnian Lateks

Bahan baku utama dalam pembuatan karet untuk pipa apung adalah lateks dari karet alam (*hevea brasiliensis*) dengan nama kimiawi cis-1,4 - polyisoprene, yang mana apabila berasal dari penyadapan maka di industri perlu dimurnikan melalui berbagai proses pemurnian. Lateks terbuat dari emulsi ultra lembut partikel karet yang tersuspensi dalam fasa larutan (*aqueous phase*). Fasa larutan lateks – disebut serum –

mengandung berbagai materi non karet seperti seperti karbohidrat, protein, mineral, mikroorganisme dan air.

Berbagai teknologi pengolahan lateks yang telah dikenal selama ini adalah proses pendadahan (*creamed latex*) dan proses pemusingan (*centrifuged latex*) yang biasanya digunakan untuk pembuatan bahan-bahan karet yang tipis dan bermutu tinggi. Pada proses sentrifugasi partikel karet pada saat yang sama akan tersisihkan 2/3 material non karet (serum) dari konsentrat. Berdasar standar mutu lateks, jenis *creamed latex* mempunyai kadar karet kering (KKK) minimum 60% dan jenis *centrifuged latex* mempunyai KKK 62%<sup>(3)</sup>.

Dalam rencana pengembangan produk pipa apung ini diharapkan menghasilkan produk lateks dengan KKK minimal 80%. Adapun proses pemurnian dilakukan dengan sentrifugasi putaran tinggi (minimal 1000 rpm) serta diikuti cara kimiawi yaitu menggunakan pelarut seperti *acetone* dan *alcohol*. Pada proses sentrifugasi ini juga dihasilkan limbah berupa *scrum water* yang kaya akan nilai protein, karbohidrat dan NPK (Nitrogen, Phosporus, Potassium) yang bila dibuang ke perairan akan sangat berbahaya. Limbah *scrum water* ini umumnya memiliki pH dibawah 4 serta nilai COD 6000 – 7000 mg/l serta BOD 3000 – 4000 mg/l. Karena *scrum water* ini termasuk kaya akan nutrisi maka terbuka peluang untuk dikaji bagi pemanfaatannya untuk pupuk cair (*liquid fertilizer*) dan makanan hewan. Penerapan beberapa teknologi lingkungan harus sudah diterapkan sejak proses pemurnian lateks ini khususnya pengolahan limbah cairnya.

### 3.2. Formulasi Kompon

Berdasarkan hasil kajian maka telah diketahui formula kompon yang akan dipakai dalam membuat karet luar, karet dalam dan *sponge* pada konstruksi pipa apung. Karena setiap bahan mempengaruhi sifat vulkanisat mutu produk jadi, maka penimbangan setiap bahan penyusun kompon harus dilakukan dengan teliti, khususnya untuk bahan-bahan yang jumlah PHR-nya rendah seperti belerang (sulfur), accelerator, anti oksidan dll. Setiap formula kompon dinyatakan dalam jumlah PHR (*Part Hundred Rubber*) atau berat per seratus karet. Tabel1

memperlihatkan formula kompon karet dalam, sedangkan Tabel 2 merupakan formula kompon karet luar.

Tabel 1 Formula Kompon Karet Dalam

No.	Jenis Bahan	Phr		
		I	II	III
1	Sheet III	90	90	90
2	KBR 01	10	10	10
3	Asam Stearat	3	3	3
4	ZnO	6	6	6
5	Ultrasil VN3	5	5	5
6	PEG 4000	0,5	0,5	0,5
7	Rubatan TMQ	1,5	1,5	1,5
8	Vulcanox LG	1,5	1,5	1,5
9	ISAF N220	35	45	50
10	Cumaron Res	8	8	8
11	Minarex Oil	6	6	6
12	CBS	1	1	1
13	Sulfur	2	2	2
Total		169,5	179,5	184,5

Sumber : Laporan akhir RUK BPPT-Inkaba, 2000

Sebelum karet mentah dicampur dengan bahan kimia, bandela karet terlebih dahulu dipotong dengan alat pemotong bandela hidrolik atau mekanik menjadi bagian-bagian karet yang besarnya cukup untuk digiling pada mesin dua rol (*open mixer*). Potongan-potongan karet dan bahan pembantu yang diperlukan ditimbang sesuai dengan berat rancangan formula kompon yang dibuat.

Proses mastikasi merupakan proses pemutusan rantai-rantai karet untuk dicampur dengan bahan kimia lainnya. Tujuan utama dari proses mastikasi adalah membuat karet menjadi homogen dan konstan sehingga terbentuk sifat palstis dan '*uncured compound*' untuk mempermudah pencampuran antara karet dengan bahan kimia, bahan pengisi dan bahan-bahan lain yang ditambahkan. Sedangkan tujuan utama dari proses pencampuran adalah untuk menjadikan kompon karet yang telah mengalami proses mastikasi menjadi kompon yang bersifat elastis. Proses pencampuran ini umumnya dilakukan dengan alat; *open mill*, *banbury* dan *dispersion kneader*.

Tabel 2 Formula Kompon Karet Luar

No.	Jenis Bahan	Phr	
		I	II
1	Sheet III	90	70
2	EPDM	10	30
3	Asam Stearat	3	3
4	ZnO	6	6
5	Ultrasil VN3	5	5
6	PEG 4000	0,5	0,5
7	Rubatan TMQ	1,5	1,5
8	Vulkanox LG	1,5	1,5
9	ISAF N220	35	35
10	Cumaron Resin	8	8
11	Minarex Oil	6	6
12	CBS	1	1
13	Sulfur	2	2
<b>Total</b>		<b>169,5</b>	<b>179,5</b>

Sumber : Laporan akhir RUK BPPT-Inkaba, 2000

### 3.3. Vulkanisasi

Guna mendapatkan hasil produk karet yang diinginkan maka lateks harus dicampur dengan berbagai bahan kimia lainnya sebelum dilakukan proses vulkanisasi. Proses vulkanisasi secara sederhana adalah proses peningkatan karakteristik atau kegunaan karet dengan jalan pemanasan bersama belerang. Tujuan vulkanisasi adalah menghubungkan secara kimiawi rantai-rantai karet dengan jalan "crosslinks" guna membentuk suatu jaringan tiga dimensi<sup>(4)</sup>. Dalam vulkanisasi konvensional biasanya terdapat 2 hingga 3 bagian belerang dalam per 100 bagian kompon karet. Ada dua faktor yang sangat penting dalam vulkanisasi karet yakni;

- Tingkat kepadatan "crosslinking" (frekuensi rantai karet saling berinteraksi)
  - Sifat "crosslinking" yang terjadi
- Sebelum dilakukan vulkanisasi umumnya guna mendapatkan hasil produk karet yang berkualitas tinggi maka ditambahkan pula beberapa bahan kimia antara lain;
- Bahan pencepat (*accelerator*) ; Thiazole, sulphenamide
  - Bahan penggiat (*activator*) ; ZnO, Asam Stearat
  - Anti Oksidan ;
  - Anti Ozonan ;

- Bahan Pengisi (*filler*) ; *carbon black*
- Bahan Pelunak ; minyak aromatik
- Bahan Perwarna
- Bahan Peniup ; BSH
- Bahan Pencegah pra vulkanisasi

Proses vulkanisasi umumnya menimbulkan emisi uap yang kaya akan bahan-bahan organik yang dilepas ke udara. Suatu pengelolaan limbah udara ini sangat diperlukan dalam rangka meningkatkan kesehatan lingkungan baik di tempat kerja maupun masyarakat sekitar yang mana ini juga meningkatkan citra perusahaan.

### 3.4 Uji Konstruksi

Tahapan selanjutnya dari proses produksi pipa apung, apabila telah ditetapkan formula kompon maka dilakukan pembuatan disain produk dan proses manufakturmnya. Disain produk dilakukan untuk mendapatkan bentuk produk serta spesifikasi teknis yang sesuai dengan keperluan industri pengguna. Disain konstruksi meliputi perancangan konstruksi prototype sehingga dapat menahan beban kerja yang dipersyaratkan (12 bar *working pressure*) akan tetapi harus tetap ringan sehingga dapat tetap berfungsi sebagai pipa apung. Pengembangan teknologi manufaktur pada dasarnya bertujuan untuk mendapatkan proses yang terbaik baik dari segi teknis dan kelayakan ekonomi.

Secara umum pengujian sifat terhadap vulkanisat yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan, ketahanan terhadap lingkungan, dan kemantapan dimensi, antara lain;

- Uji waktu pematangan (*curing test*)
- Uji ketahanan kikis (*abrasion test*)
- Uji tarik (*tension test*)
- Uji kekerasan (*hardness test*)
- Uji berat jenis (*density test*)

Adapun uji mekanik terhadap kekuatan pipa Apung itu sendiri dilakukan dengan;

- Uji tarik
- Uji tekan
- Uji tekuk
- Uji getar
- Uji Adhesive

### 4. MASALAH LIMBAH

Selain kegiatan utama pada proses manufaktur guna menghasilkan pipa apung, juga muncul problema buangan ke lingkungan akibat sisa proses produksi pada berbagai tahapan

kegiatan manufaktur. Identifikasi jenis dan jumlah dari buangan (limbah) yang dihasilkan penting diketahui dalam rangka menetapkan teknik pemantauan, pengukuran sekaligus pengendalian sejak awal agar tercapai sistem manajemen lingkungan yang mengarah pada sertifikasi ISO 14001.

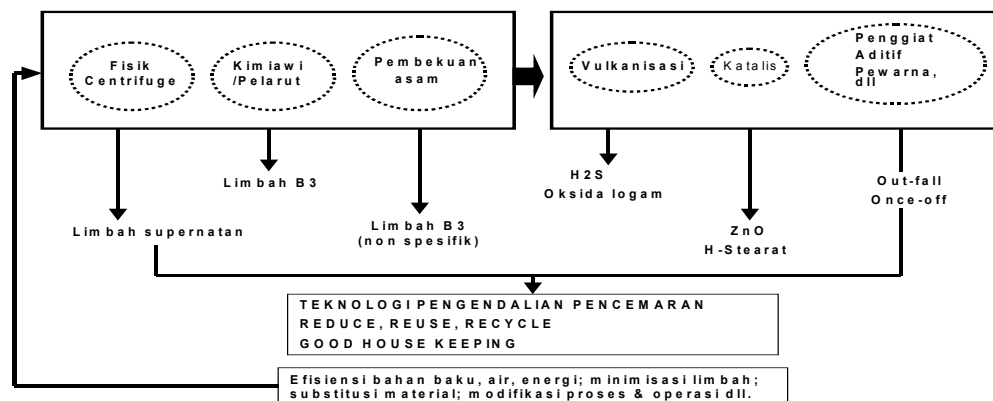
Industri pengolahan karet sendiri sebenarnya sejak dari hulunya sudah banyak menghasilkan limbah terutama cair dan gas. Semenjak persiapan dan pengangkutan lateks berpotensi untuk menghasilkan limbah lateks itu sendiri. Kemudian pada saat pemurnian lateks maka akan menghasilkan limbah berupa *serum water* dengan kandungan organik yang sangat tinggi dan berbahaya bagi lingkungan. Tabel 3 memperlihatkan gambaran komposisi parameter kimiawi efluen dari industri karet.

Setelah lembaran lateks masuk kedalam gudang industri manufaktur karet teknik, maka potensi limbah padat berupa karet mentah. Pada proses pencampuran dan pra vulkanisasi berpotensi terjadinya tumpahan bahan kimia berbahaya dari bahan-bahan campuran baik katalis, pengisi maupun anti oksidan dan *blowing agent*. Dalam proses vulkanisasi limbah gas dengan uap suhu tinggi serta mengandung sulfur merupakan paparan yang berbahaya bila dibuang langsung ke udara maupun bagi kesehatan para pekerja. Pada proses pelilitan dan finishing, maka potongan karet matang (*crumb rubber*) diperkirakan akan menumpuk dan memerlukan cara pengelolaan tersendiri, misalnya dengan pola 4R – *reduce, reuse, recovery* dan *recycle*.

Tabel 3 Komposisi Kimiawi Pada Efluen Limbah Karet

Parameter	RSS	Crepe	TSR	Latex concentrate	Dipped Product
pH	4,9	5,0	5,7	3,7	7,2
Settable solids (mg/l)	50	45	155	100	200
Suspended solids (mg/l)	140	130	237	190	241
Total solids (mg/l)	3745	3500	1915	7576	2457
COD (mg/l)	3300	3500	2740	6201	2011
BOD (mg/l)	2630	2500	1747	3192	1336
Nitrogen Amonia (mg/l)	75	80	66	401	126
Total Nitrogen (mg/l)	500	550	147	616	180
Sulfat (mg/l)	-	-	-	1610	72

Sumber : Peiris., S., (2000)



Gambar 1. Skema Potensi Limbah dalam industri Pipa Apung

Pada sisi industri karet, masalah limbah yang menonjol dan perlu mendapat perhatian adalah adanya air bekas pendinginan (proses *mixing, calendaring*), terjadinya emisi ke udara (*autoclave curing*) dan limbah karet sisa (*crumb rubber*). Hampir semua proses pada dasarnya juga mengeluarkan emisi ke udara akibat pemakaian bahan-bahan kimia pada formula kompon. Hanya saja khusus pada proses *autoclave curing* perlu diperhatikan besaran emisi ini karena proses ini menggunakan uap jenuh (*saturated steam*) dan bertekanan tinggi.

## 5. PENERAPAN KONSEP TEKNOLOGI BERSIH

### 5.1. Penggunaan Energi

Secara umum penggunaan energi dalam suatu proses industri karet teknik seperti pipa apung meliputi; Energi listrik untuk penerangan pabrik maupun proses produksi seperti untuk mesin pencampur (*open mills*), ekstruder, motor strex, mesin calendar, mesin pelilitan, untuk boiler dan blower pada autoclave<sup>(2)</sup>. Sementara energi solar digunakan dalam menjalankan boiler dan generator, adapun bensin digunakan dalam transportasi.

Hampir 50% dari total penggunaan energi listrik umumnya adalah untuk proses pencampuran, ekstruder dan proses rolling, sementara pada vulkanisasi maka konsumsi energi minyak mencapai 80% dari total kebutuhan. Untuk itu suatu usaha konservasi energi menjadi sangat penting dalam suatu industri karet seperti pipa apung ini. Selain itu langkah penghematan juga merupakan tindakan yang penting.

Penghematan energi bisa dicapai dengan cara ;

- Perbaikan langkah-langkah pemeliharaan
- Perbaikan praktik operasi tanpa membebani pengguna
- Perbaikan *plant* secara seperlunya
- Penambahan modal dengan waktu pengembalian yang relatif singkat

Langkah pertama yang paling penting dalam mengurangi biaya energi ini adalah dengan mengetahui kondisi konsumsi energi yang sebenarnya, khususnya pada tiap proses produksi. Secara teori dengan kita mengetahui kondisi maka akan mudah bagi kita untuk mengontrolnya.

Tabel 4. memperlihatkan komposisi penggunaan energi secara umum pada industri karet yang diambil dari pengalaman di Jepang.

Tabel 4 Proporsi Pemakaian Energi Tiap Proses

Proses	Bahan Bakar Minyak	Tenaga Listrik
Mixing	9,7 %	32,8 %
Extruding	0,8 %	17,0 %
Sheeting	0,5 %	4,9 %
Cutting	0,2 %	5,7 %
Beadng	0,1 %	0,1 %
Forming	0,1 %	4,7 %
Vulcanization	81,1 %	4,3 %
Finishing & testing	0,9 %	2,2 %
Driving	1,9 %	17,0 %
Others	4,0 %	10,4 %

Sumber : UNIDO & MITI Japan, 1998

Dari tabel diatas terlihat bahwa proses vulkanisasi sangat besar dalam mengkonsumsi bahan bakar minyak sementara listrik lebih banyak digunakan dalam proses pencampuran dan ekstruder. Tindakan konservasi selain mengarah kepada penghematan, juga dilakukan dengan upaya-upaya meningkatkan kinerja tiap proses yang antara lain juga mencegah terjadinya kebocoran (*losses*) yang akan mempengaruhi harga energi. Proses *mixing* misalnya dapat ditingkatkan dengan pemanasan pada karet mentahnya, teliti dan amati *peptizer*, teliti kondisi pencampurannya, sirkulasi air hangat dan pasang *exhaust fan*. Sementara pada *extruding*, kontrol suhu lembaran karet, periksa *role size*, pemanasan pada *mouth ring*, kontrol jumlah *remolding*, persempit lebar *conveyor cooling*. Pada vilkanisasi dapat ditingkatkan dengan mengontrol radiasi, perbaiki metode *curing*, percepat waktu pergantian *die*, periksa aliran udara blower, perbaiki *ventilation fan*.

### 5.2. Efisiensi Penggunaan Air

Secara umum pemakaian air dalam industri pipa apung terdiri atas; air untuk proses produksi itu sendiri serta air untuk keperluan domestik (air minum dll). Merujuk pada pengalaman PT. Agronesia (Divisi Inkaba) selama ini dalam memenuhi

kebutuhan air untuk proses produksi bersumber dari air tanah dengan kebutuhan hampir 20m<sup>3</sup>/hari. Kebutuhan tersebut hanya untuk proses produksi barang karet yang ada selama ini, sehingga apabila diproduksi untuk menghasilkan pipa apung, maka diperkirakan akan memerlukan hampir 40 m<sup>3</sup>/hari. Penggunaan air ini antara lain digunakan dalam *boiler*, kemudian sebagai pendingin mesin pada *open mills mixer*, *ekstruder* dan *calendar*. Secara umum industri pipa apung memang lebih sedikit dalam konsumsi air untuk proses produksi bila dibanding industri lain seperti tekstil atau makanan/sayuran, sehingga beberapa proses *recycle* air memang sangat direkomendasikan. Proses *recycle* ini dapat diterapkan misalnya pada *open mills* sejauh air tidak bersinggungan langsung dengan bahan kimia campuran karet.

### 5.3. Minimisasi Limbah dan Potensi Daur Ulang

Pada prinsipnya limbah dalam industri karet seperti halnya manufaktur pipa apung dapat diminimalisir dengan cara;

- Pengurangan limbah (*source reduction*) melalui beberapa perubahan produk, pencegahan dan perencanaan yang cermat.
- Kontrol bahan (*source control*) terhadap perubahan input bahan, perubahan teknologi dan pelaksanaan operasi yang baik.
- Kontrol terhadap kegiatan daur ulang (*recycling*) didalam maupun di luar lokasi industri, seperti pemanfaatan dan penggunaan kembali (*use and reuse*) dan reklamasi (*recovery*) untuk mengembalikan bahan pembantu dari limbah.

Peminimalan dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah cair, gas/udara, kebisingan/suara, dan limbah padat yang timbul selama dan sesudah proses produksi. Keberhasilan dalam peminimalan limbah sangat erat hubungannya dengan penguasaan seseorang akan teknologi proses, struktur, dan sifat bahan, baik dilihat dari mutu hasil produksi dan tinjauan ekonomi, maupun ditinjau dari karakteristik limbah selama dan sesudah proses produksi. Dengan perencanaan yang baik tersebut, dapat diukur keberhasilan usaha-usaha dalam;

- Peminimalan dan pengendalian limbah suara, limbah udara dan penghematan penggunaan medium (air dan bahan pelarut), bahan penolong yang akrab lingkungan (zat warna, resin dan zat kimia pembantu).
- Penghindaran pemakaian bahan beracun berbahaya (B3)
- Penghematan energi (uap, bahan bakar dan listrik), serta
- Pemilihan teknologi proses dengan pemilihan mesin-mesin yang tepat guna dan usaha lainnya untuk memperoleh beban pencemaran yang seminimal mungkin.

Industri karet pada dasarnya adalah industri yang cukup banyak menghasilkan limbah padat khususnya sisa-sisa karet (*crumb rubber*) sehingga pengelolaan secara khusus perlu disiapkan dalam rangka sistem manajemen lingkungan disamping karet merupakan substansi yang tidak mudah terdegradasi di alam dan akan memakan banyak ruang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) jika dibuang begitu saja. Dua prinsip dasar yang dapat dilakukan dalam rangka mengelola limbah padat ini adalah peminimalan dan pendaur ulangan.

Khusus peminimalan limbah telah kita bahas diatas, sementara dalam upaya daur ulang, maka perlu dikenali akan sifat-sifat limbah karet yang dibuang sehingga dengan mudah kita dapat mengidentifikasi segala kemungkinan pemanfaatannya.

Selain daur ulang sebagai solusi penanganan limbah karet, teknik lain yang juga sering diterapkan adalah dengan pirolisa. Manfaat proses degradasi cara ini adalah mengkonversikan limbah plastik menjadi barang bernilai tambah seperti olefin, kimia-kimia dan *surface-activated carbon*. Pirolisa sendiri dikenal dengan emisi yang rendah ke lingkungan, hanya saja tingginya temperatur harus diperhatikan betul agar tidak terjadi polutan yang tidak diharapkan. Kendala utama pirolisa ini adalah belum diketemukannya cara yang layak dari sisi teknis dan ekonomi. Sejauh ini telah dikembangkan empat jenis teknik baru pirolisa dalam rangka menjembatani berbagai kendala tersebut diatas. Keempat teknologi tersebut adalah;

#### *Microwave Pyrolysis*

Metode ini dapat membakar obyek lebih seragam daripada pemanasan konvensional, selain itu juga memerlukan waktu pembakaran

yang lebih singkat. Teknik ini dapat menghasilkan senyawa dengan berat molekul tinggi seperti olefin serta produk bernilai tambah tinggi seperti etilen, propilen dan butane. Karena waktu proses yang pendek berarti juga mereduksi biaya.

#### *Ultrasonic devulcanization*

Metode ini dipatenkan oleh Isayev dengan pemanasan yang minimal serta menggunakan energi suara untuk memutus ikatan kimiawi karbon-sulfur dalam karet jadi. Potongan karet dipanaskan hingga 400<sup>o</sup>F kemudian diberi energi ultrasonic 20.000 cps dan tekanan sampai beberapa ratus pond per inch persegi.

#### *Supercritical fluid depolymerization*

Supercritical water dapat digunakan dalam mengontrol depolimerisasi kompon karet. Cara ini memerlukan suhu rendah ( $\pm 750^{\circ}\text{F}$ ) dan waktu proses pendek, tetapi baru dalam taraf skala laboratorium.

#### *Use of special catalists*

Penggunaan katalis dapat mereduksi suhu dan waktu proses. Keuntungan sistem katalis adalah tidak diperlukan peralatan dan teknologi yang baru, sehingga perhitungan ekonomi dan *scale up* akan lebih mudah.

## 6. RENCANA TINDAK (Action Plan)

Suatu praktek produksi bersih atau eco-effisiensi haruslah diimplementasikan melalui penyusunan Rencana Tindak guna memberikan arah yang ingin dicapai manajemen. Untuk itu langkah pertama yang penting adalah penyusunan pedoman yang berbentuk Daftar Periksa (*Check List*). Dalam kasus pabrik pipa apung, daftar periksa memuat sejumlah pertanyaan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul, penyebabnya dan langkah korektif yang dapat diambil dalam lingkungan perusahaan pada ke-6 bidang yang berkaitan dengan Good House Keeping, yang meliputi Bahan, Limbah, Penyimpanan dan Penanganan, Air dan Air Limbah, Energi dan Proteksi Keselamatan dan Kesehatan Tempat Kerja <sup>(5)</sup>. Adapun butir daftar periksa adalah;

### a. Bahan

Penggunaan efisien atas bahan dan pengkajian dampak lingkungan hidup

- Memantau konsumsi bahan
- Melakukan pengkajian kehilangan secara reguler pada semua langkah

- manufakturing dan pengolahan
- Menghindari kehilangan akibat tumpahan dan kebocoran
- Menetapkan program pemeliharaan preventif
- Mengganti dan/atau mengurangi pemakaian bahan yang berbahaya terhadap lingkungan hidup (misalnya zat pembersih, disinfektan, bahan bakar bertimbal)

### b. Limbah

Pengurangan, pemakaian kembali, pendauran ulang yang ramah lingkungan dan pengolahan limbah

- Memantau jumlah dan kualitas limbah
- Memisahkan dan mengumpulkan limbah menurut kategori yang berlainan
- Menghindari/ mengurangi limbah (termasuk limbah kemasan)
- Menggunakan kembali limbah bahan dan produk samping kedalam proses produksi perusahaan sendiri
- Mendaur ulang/ menjual limbah tertentu (misalnya kertas, kaca, plastik, aluminium, baja, karet dll)
- Membuang dengan benar limbah yang tidak dapat dipakai kembali atau didaur ulang

### c. Penyimpanan, penanganan dan pengangkutan bahan

- Memantau mutu bahan baku yang telah dibeli dan produk yang telah dibeli
- Memastikan penanganan dan penyimpanan yang benar atas bahan baku yang telah dibuat
- Menerapkan prinsip lebih dahulu masuk lebih dahulu keluar (FIFO)
- Mengatur penyimpanan yang memadai, aman, dan terkendali terhadap bahan berbahaya
- Menangani zat berbahaya dengan hati-hati
- Membersihkan dan membuang dengan baik bahan kemasan.

### d. Pengurangan konsumsi air, air limbah dan polusi

- Memantau konsumsi dan mutu air
- Mengurangi konsumsi air dalam proses produksi dan bidang lain
- Menghindari tumpahan dan kebocoran



- Menggunakan kembali dan/atau mendaur ulang sumber air yang cocok
- Mengurangi polusi air limbah
- Mengolah air limbah dengan cara yang baik dari segi lingkungan hidup

**e. Pengurangan Konsumsi Energi dan Pemanfaatan Limbah Panas**

- Memantau konsumsi energi
- Mengurangi konsumsi dan biaya energi
- Menghindari kehilangan energi dan mengoptimalkan instalasi listrik
- Memulihkan dan menggunakan kembali energi
- Mengoperasikan peralatan listrik (untuk penerangan, pemanasan, pendinginan, pembekuan, penyejuk udara) dengan cara yang efisien dari segi energi
- Menerapkan program pemeliharaan preventif terhadap peralatan
- Membeli peralatan yang efisien dari segi energi
- Menangani secara memadai terputusnya aliran listrik

**f. Proteksi Keselamatan dan Kesehatan Tempat Kerja**

- Memperkecil risiko kecelakaan dan kebakaran
- Menyediakan sarana secukupnya bilamana terjadi kecelakaan dan kebakaran
- Menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi para karyawan
- Menyediakan dan memelihara dengan baik perlengkapan proteksi diri
- Menggunakan zat berbahaya dengan hati - hati
- Mengurangi risiko kesehatan bagi para pekerja
- Mengawasi emisi udara
- Memperkecil bau
- Menurunkan taraf kebisingan

**7. KESIMPULAN**

Proses manufaktur pipa apung pada dasarnya adalah jenis kegiatan industri yang berskala cukup besar serta berpotensi penting untuk menimbulkan dampak ke lingkungan,

untuk itu suatu pendekatan proses yang ramah lingkungan serta penerapan prinsip Sistem Manajemen Lingkungan sejak awal disain menjadi penting dalam rangka meningkatkan kualitas citra produk dan citra unit usaha.

Untuk itu guna lebih mendapatkan gambaran tentang Sistem Manajemen Lingkungan yang akan disusun, maka beberapa kajian yang bersifat melanjutkan dan mendetailkan hasil *Kajian Awal Lingkungan* ini perlu dilakukan yakni;

- Melakukan uji model fisik sistem pengolahan limbah gas (*waste gas*) pada proses *curing* dengan autoclave, hasil akhirnya adalah disain enjinereng.
- Melakukan uji skala laboratorium untuk pengolahan limbah lateks, hal ini mengantisipasi seandainya kompon pipa apung akan menggunakan bahan karet alam.
- Merancang sistem keselamatan lingkungan secara keseluruhan untuk unit usaha pipa apung dengan target memenuhi seri ISO 14000.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Laporan Akhir RUK (2000), *Pembuatan Komposit Matrik Karet Untuk Floating Pipe*, Direktorat TPR-TIRBR, BPPT Jakarta
2. UNIDO (1998), *Seminar On Energy Conservation In Rubber Industry*, Ministry of Industry Socialist Republic of Vietnam, Hanoi
3. Amari, T., Themelis, N., J, (2000) *Resources Recovery From Used Rubber Tires*, Resources Policy
4. Peiris, S., (2000), *Experience of Cleaner Production Implementation In Rubber Industry and Potential For Future In Sri Langka*, CP Association of Sri Lanka
5. GTZ, (2001) *Good HouseKeeping, Pengelolaan Internal Yang Baik*, Proyek Produksih, Pedoman, Bapedal Jakarta