

KONSERVASI SUMBERDAYA BERKELANJUTAN PADA SISTEM INDUSTRI TEKSTIL

Reda Rizal

Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta

reda_rizal59@yahoo.co.id

Abstract

The implementation of resource conservation on textile industry activities is more important thing to obtain the sustainability development program in integrated textile industry. We are required to follow certain procedures when generating, storing, transporting, treating, or disposing of hazardous waste. The term paper provides an overview of the regulation required to follow and the wastes that are likely to be hazardous in textile industry. It also provides guidance recycling and pollution prevention options to decrease the amount of hazardous waste generate.

Key word : industri tekstil, limbah B3, konservasi, sumberdaya alam.

PENDAHULUAN

Industri tekstil di Indonesia mulai berkembang pada akhir tahun 1960-an dengan menggunakan teknologi yang berasal dari negara Jepang, Cina dan Eropa. Industri tekstil yang berorientasi pada industri padat karya (*labor intensive*) mampu menyerap tenaga kerja cukup besar. Pada tahun 1970-an sampai akhir 1980-an industri tekstil mengalami perkembangan yang sangat pesat karena industri ini telah berorientasi kepada pemenuhan kebutuhan tekstil internasional. Sekitar awal tahun 1990-an industri tekstil mulai memacu produksi melalui sistem produktivitas tinggi dengan mengganti teknologi dan peralatan tekstil yang telah usang dengan teknologi baru. Penggunaan peralatan Computer Aided Design (CAD) dan *Computer Aided Manufacturing* (CAM) pada industri garment telah berhasil mengurangi bahan tekstil yang terbuang, memperbesar keluesan (*flexibility*) dalam operasi serta mengurangi lama waktu proses produksi.

Sejalan dengan upaya produktivitas tinggi pada industri garment maka pada industri tekstil yang memproses tekstil basah justru terjadi kebalikannya, yaitu; terjadi inefisiensi penggunaan bahan, banyak dijumpai sisa-sisa material proses serta limbah cair yang dikeluarkan memberi kontribusi pencemaran terhadap sumber daya alam dan lingkungan kehidupan.

Hukum alam tentang energi yang kita kenal

dengan hukum termodinamika menyatakan, bahwa; "tidak ada energi yang seluruhnya dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja" atau dengan kata lain bahwa; tidak ada energi yang dapat dimanfaatkan dengan efisiensi 100%. Hal ini berarti bahwa setiap proses transformasi energi selalu terjadi entropi (kerugian energi), demikian pula pada materi yang memiliki energi, tidak semua materi dalam proses industri dapat diproses dengan efisiensi 100% sehingga disinipun terjadi pula limbah (*material use-less*).

Dalam tulisan ini akan dibahas bagaimana upaya menyelamatkan lingkungan dan sumberdaya alam dari aktivitas kegiatan industri tekstil melalui pendekatan konservasi sumberdaya alam, dan peluang-peluang apa yang dapat dilakukan guna menopang program pembangunan berkelanjutan di bidang industry tekstil.

Konservasi Sumberdaya Alam

Konservasi sumberdaya alam adalah suatu tindakan manajerial dalam upaya untuk melakukan penataan, pemanfaatan sumberdaya alam dan pemulihan kembali terhadap keseluruhan sumberdaya yang digunakan pada kegiatan industri, baik terhadap material atau sumberdaya alami maupun sumberdaya buatan yang digunakan dalam upaya mencapai kondisi sustainable resources. The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) yang bernaung dibawah hukum federal yang disebut;

the Resource Conservation and Recovery Act (ReCRA) memberi petunjuk berbagai opsi proses daur ulang (*recycling*) dan pencegahan polusi (*pollution prevention*) guna membantu masyarakat industri dalam upaya untuk meminimumkan jumlah limbah khususnya limbah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dihasilkan oleh kegiatan industri.

Terdapat tiga kelompok limbah yang dikategorikan sebagai limbah berbahaya (*hazardous*) oleh EPA yaitu:

1. Limbah yang berasal dari sumber yang tidak spesifik (*non-specific source wastes*) seperti; zat-zat terlarut hasil buangan beberapa industri, limbah yang berasal dari industri tekstil diantaranya adalah *Methylene chloride* dan Toluene yang biasa digunakan untuk finishing tekstil.
2. Limbah yang berasal dari sumber yang spesifik (*specific source wastes*), limbah ini biasanya bersumber dari kegiatan industri yang telah teridentifikasi secara spesifik.
3. Hasil buangan produk kimia komersial (*discarded commercial chemical products*) yaitu produk yang tidak memiliki spesifikasi yang tidak jelas dikenal, seperti; residu kaleng dan botol, residu yang jatuh hanyut, atau zat-zat aktif yang tercecer atau yang tidak terpakai dan terbuang.

Karakteristik limbah yang termasuk kedalam kategori limbah berbahaya menurut ReCRA adalah sebagai berikut;

1. Limbah yang mudah terbakar (*ignitability*); limbah yang mudah terbakar akan mudah meledak atau menyala pada kondisi tertentu, dan biasanya bahan ini memiliki titik nyala kurang dari 60°C (140°F). Salah satu contoh limbah ini yang dihasilkan oleh kegiatan industri tekstil adalah larutan yang keluar dari proses pengelantangan (*bleaching*) dan proses pencelupan (*dyeing*).
2. Korosifitas (*corrosivity*); limbah korosif (*corrosive*) meliputi semua zat asam atau basa yang dapat merusak benda logam, dan limbah ini sering dijumpai pada tangki-tangki penyimpanan dan drum penyimpan limbah. Salah satu contoh limbah ini yang dihasilkan oleh kegiatan industri tekstil adalah limbah proses pengelantangan atau pemutihan (*bleaching*) kain yang memiliki pH lebih besar dari 12,5 dan faktor ini adalah salah satu

penyebab timbulnya korosif.

3. Reaktifitas (*reactivity*): adalah limbah reaktif yang tidak stabil di bawah kondisi normal. Bahan ini mudah meledak bila bercampur dengan air, gas toksik, gas, atau bercampur dengan uap air. Sebagai contoh limbah ini ditemui pada Lithium-sulfur pada baterai yang bersifat mudah meledak.
4. Toksik : adalah limbah yang bersifat racun pada jumlah dan konsentrasi tertentu yang sangat berbahaya bila terserap oleh media tertentu. Bila limbah toksik dibuang di tanah, akan mengkontaminasi tanah, dan bila limbah ini hanyut oleh air hujan maka akan menjadi pencemar air tanah. Tingkat toksisitas suatu bahan baru akan teridentifikasi jika dilakukan pengujian pada laboratorium dengan prosedur *Toxicity Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP). Pada industri tekstil terdapat limbah toksik yang bersumber dari limbah bahan kimia dan logam berat yang dihasilkan oleh proses pewarnaan dan finishing tekstil .

Dalam rangka konservasi terhadap bahan yang bersifat toksik tersebut di atas, maka tindakan utama yang perlu dilakukan adalah: mengganti bahan yang bersifat toksik dengan bahan nir toksik, atau jika terpaksa menggunakan zat toksik maka gunakanlah seminimal mungkin jumlahnya dan meminimumkan jumlah limbah yang terbentuk. Jika limbah toksik ini juga tidak dapat dihindari penggunaannya, maka jalan terakhir yang dapat ditempuh adalah mengamankan limbah tersebut dengan cara mengisolasi atau menyimpannya di tempat yang aman, sehingga keberadaannya dapat dimonitor setiap waktu.

Regulasi

Bilamana kita memiliki industri apapun jenisnya, maka lengkapilah industri kita dengan fasilitas pengelolaan bahan (dan limbah) berbahaya dan beracun (B3). Fasilitas pengelolaan material B3 mengacu kepada regulasi yang dikeluarkan oleh “the U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA)” yang bernaung dibawah hukum federal yang disebut *the Resource Conservation and Recovery Act* (ReCRA). Dengan ReCRA kita dapat mengikuti prosedur yang pasti bila menghasilkan, menyimpan, memindahkan, mengolah, atau membuang limbah B3. Pada bagian ini akan disajikan petunjuk regulasi federal yang dibutuhkan untuk pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun pada industri tekstil. Pada bagian ini juga

akan diberikan gambaran tentang pilihan-pilihan proses daur ulang dan pencegahan polusi, guna membantu manajemen pabrik tekstil untuk menekan jumlah limbah B3 yang dihasilkan oleh pabrik tekstil.

ReCRA merupakan salah satu aturan hukum federal yang mengatur tata-cara konservasi sumberdaya alam dan pemulihan lingkungan hidup dari aktivitas kegiatan industri. Penerapan ReCRA dimaksudkan untuk mendorong industri mengelola limbahnya sebagaimana yang telah dilakukan oleh banyak negara maju pada tingkat pengelolaan limbah komunitas rumah tangga dan limbah perkotaan.

ReCRA memuat aturan mengenai bagaimana tata cara penampungan material B3, prosedur transportasi B3, prosedur penyimpanan B3, pengolahan B3, dan prosedur pembuangan limbah B3.

Seluruh fasilitas kegiatan pabrik tekstil penghasil limbah B3 harus melakukan pengujian-pengujian yang dipersyaratkan oleh regulasi atau sesuai dengan ilmu pengetahuan tentang pengelolaan limbah pabrik tekstil; untuk kemudian ditetapkan apakah itu limbah berbahaya ataukah tidak. Pemrakarsa industri berhadapan dengan pemerintah berikut ancaman hukuman kriminal jika tidak melakukan identifikasi limbah B3 yang dihasilkan oleh kegiatan industri tekstil.

EPA mendefinisikan limbah padat (*solid waste*) sebagai sampah (*garbage*), sampah (*refuse*), lumpur (*sludge*), atau material terbuang lainnya (termasuk padat, semi padat, cair, dan gas).

Jika limbah pabrik tekstil berupa limbah padat, selanjutnya harus ditentukan apakah limbah tersebut termasuk berbahaya atau tidak. Masing-masing tipe limbah berbahaya menurut ReCRA diberi kode huruf yang spesifik, seperti; D, F, K, P, atau U dengan tiga digit angka (misal; D001, F005, P039) dapat dilihat pada informasi tambahan tentang kode-kode limbah industri tekstil. Dalam daftar limbah dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok limbah yaitu;

1. Limbah-limbah dari sumber yang tidak spesifik (*non-specific source wastes*); kode limbah dari F001 s/d F039.
2. Limbah-limbah dari sumber yang spesifik (*specific source wastes*) dengan kode limbah golongan ini adalah; K001 s/d K161.
3. Hasil buangan produk-produk kimia komersial (*discarded commercial chemical products*) dengan kode P001 s/d P205 dan U001 s/d U411.

Karakteristik limbah, jika limbah pabrik tekstil tidak termasuk kedalam salah satu daftar-daftar limbah berbahaya tersebut di atas, maka pemrakarsa atau pengelola pabrik tekstil seharusnya melakukan regulasi yang mungkin masuk dalam 4 (empat) kategori limbah sebagai berikut:

1. Limbah yang mudah menyala (*ignitability*) yaitu limbah yang mudah terbakar pada kondisi tertentu atau secara tiba-tiba mudah meledak, dan memiliki titik nyala kurang dari 60°C (140°F).
2. Korosifitas (*corrosivity*) yaitu limbah bersifat korosif (*corrosive*) diantaranya adalah asam atau basa yang dapat merusak kaleng logam, seperti yang sering terjadi pada tangki-tangki penyimpanan, drum, dan kaleng bekas, dengan kode materi limbah D002.
3. Reaktifitas (*reactivity*) adalah limbah reaktif yang tidak stabil di bawah kondisi normal. Bahan ini mudah meledak bila bercampur dengan air, gas bersifat toksik, atau bahan yang mudah bercampur dengan uap air, dengan kode material limbah D003.
4. Toksisitas; adalah limbah yang bersifat toksik yang sangat berbahaya bagi lingkungan kehidupan, dengan kode limbah D004 s/d D043.

Bilamana pabrik tekstil dalam operasionalnya menghasilkan limbah B3, maka pemrakarsa pabrik harus mengelolanya sesuai regulasi dan spesifikasi sumber limbah. Pada umumnya sumber limbah B3 dapat digolongkan ke dalam 3 (tiga) kategori besaran jumlah limbah yang dihasilkan setiap bualannya;

1. Sumber limbah (*generator*) yang menghasilkan besaran jumlah limbah yang banyak/besar (*large quantity generator* = LQGs); LQGs penghasil limbah B3 yang kuantitasnya lebih besar dari 1000 kg (\pm 220 pounds) per bulan, atau lebih besar dari 1 kg (\pm 2,2 pounds) limbah akut (beracun) per bulan.
2. Sumber limbah yang menghasilkan besaran jumlah limbah sedikit/kecil (*small quantity generators* = SQGs); SQGs penghasil limbah B3 lebih besar dari 100 kg (\pm 220 lbs) atau kurang dari 1000 kg per bulan.
3. Sumber limbah yang menghasilkan besaran jumlah limbah sedikit/kecil pada kondisi tertentu (*condition exempt small quantity generators* = CESQGs); CESQGs limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 100 kg per bulan, atau menghasilkan limbah akut (beracun) kurang dari 1 kg per bulan.

Beberapa negara tidak mengakui klasifikasi CESQGs, sehingga otoritas pengaturan/regulasi berada pada institusi Pengelolaan Lingkungan setempat di Negara mana pabrik tekstil tersebut mendapatkan pengakuan status CESQGs. Berdasarkan persyaratan yang ditentukan ReCRA, maka status sumber penghasil limbah diupayakan untuk dapat dirubah setiap bulannya kearah yang lebih rendah. Persyaratan di tiap negara sangat bervariasi, sehingga pemrakarsa pabrik tekstil harus tunduk pada standard yang telah ditentukan oleh peraturan pemerintah atau institusi pengelola lingkungan hidup setempat.

Dalam banyak kasus, usaha kecil yang banyak menghasilkan limbah berbagai kategori dalam waktu tertentu harus diatur dengan sangat ketat (umumnya regulasi pemerintah) untuk kemudian para industriawan tersebut secara sukarela melakukan penyederhanaan terhadap limbah yang dihasilkan.

Penghasil limbah harus mampu mengkalkulasikan jumlah limbah yang dihasilkannya, termasuk tambahan berat dari keseluruhan karakteristik limbah dan daftar penghasil limbah secara spesifik. Limbah-limbah yang sudah diketahui secara pasti seperti; limbah yang dapat di daur ulang (*recycle*) secara terus menerus di lokasi setempat tidak perlu dihitung sebagai limbah yang dipersyaratkan oleh regulasi pemerintah, akan tetapi dapat dihitung menggunakan regulasi yang ada pada industri itu sendiri.

Regulasi ReCRA mengatur berbagai jenis pengeluaran limbah dan petunjuk praktis pengelolaan limbah yang tidak termasuk kategori limbah B3. Regulasi ReCRA juga membahas pengeluaran limbah spesifik dari kegiatan industri tekstil dan distribusi limbah industri tekstil yang spesifik, namun di beberapa negara ada yang tidak setuju dengan regulasi ini.

Siklus Hidup Material Limbah Industri Tekstil

Secara spesifik siklus hidup material limbah industri tekstil diperlihatkan oleh gambaran bagaimana pengelolaan yang seharusnya dilakukan terhadap sumber pencemar (*generator*) untuk kategori limbah kuantitas kecil (SQG), mulai dari sumber limbah sampai ke tempat pembuangan akhir yang berada di luar lokasi pabrik/industri. Untuk pengelolaan limbah dengan kategori kuantitas sedang dan besar harus dibuat berbeda. Perbedaan pengelolaan sangat tergantung kepada;

jenis limbah, apakah limbah dapat diolah di tempat (*onsite treatment*), atau menggunakan unit pengolahan limbah tersendiri dengan status fasilitas instalasi pengolahan limbah yang sesuai dengan kondisi generator limbah yang ada. *Resources Conservation and Recovery Act* (ReCRA) atau peraturan tentang konservasi dan pemulihan sumberdaya alam memberikan ilustrasi tentang siklus hidup limbah industri tekstil secara spesifik seperti berikut;

Tahap pertama, proses identifikasi terhadap material limbah dilakukan dengan mengajukan pertanyaan sebagai berikut; apakah limbah tekstil yang ada di pabrik tekstil termasuk kedalam kategori limbah berbahaya (*hazardous*) ataukah tidak. Proses identifikasi ini harus dilakukan dengan cara melakukan pengujian-pengujian sesuai dengan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang limbah. Berdasarkan atas analisis hasil identifikasi limbah, maka tentukan kode limbah berbahaya sebagaimana yang terdapat pada daftar ReCRA yang sesuai dengan kriteria limbah yang dihasilkan oleh pabrik tekstil.

Tahap kedua, menentukan seberapa besar/banyak limbah B3 yang dihasilkan oleh kegiatan produksi tekstil setiap bulannya. Manajemen pabrik tekstil tidak perlu menghitung limbah yang mengalir terbuang (*discharge*) atau limbah yang dapat diolah secara sukarela sebagaimana diatur oleh peraturan "*clean water act*" guna diolah pada instalasi pengolahan limbah, atau limbah yang dapat di-*recycling* dalam *onsite process* (di *recycle* sendiri dalam pabrik) tanpa harus disimpan terlebih dahulu dalam suatu tangki penyimpanan atau tangki penampungan.

Tahap ke tiga, lakukan penetapan status sumber limbah; apakah seluruh limbah B3 yang dihasilkan oleh pabrik tekstil pada bulan terakhir jumlahnya mencapai kisaran >100 kg sampai < 1000kg ataukah tidak, jika tidak, maka status limbah pabrik tekstil berada pada status small quantity generators (SQG). Jika jumlah limbah yang dihasilkan berfluktuasi setiap bulannya, maka pemrakarsa pabrik tekstil harus berusaha untuk lebih memperketat persyaratan tiap bulannya dan melakukan penyederhanaan proses dengan membuat tangki penyimpanan sehingga jumlah limbah sesuai dengan status SQG.

Tahap ke empat, melakukan identifikasi terhadap pabrik tekstil sebagai generator limbah B3, memperoleh sebuah nomor identitas EPA dengan mengajukan permohonan (*notification of regulated waste activity*) kepada pemerintah setempat. Harus diperhatikan, bahwa pemerintah

setempat tentunya mempunyai regulasi/peraturan yang berbeda dengan pemerintah di negara lainnya. Hal ini disebabkan oleh kondisi ekologis di masing-masing Negara yang belum tentu sama, misalnya; daya dukung dan daya tampung lingkungan yang belum tentu sama pada setiap Negara.

Tahap ke lima, bilamana limbah telah dihasilkan, maka tempatkanlah limbah tersebut pada unit penampungan yang memadai seperti; tangki atau kontainer yang desainnya cocok dengan sistem pengolahan limbah yang tipenya sesuai dengan persyaratan unit penampungannya. Lakukan pencatatan dan pemberian tanda tentang; akumulasi jumlah limbah yang terdapat pada kontainer, berikut hari dan tanggal limbah ditempatkan/dimasukkan ke dalam kontainer tersebut, dan beri tanda bahwa kontainer berisi "*hazardous waste*". Jangan membiarkan limbah pabrik tekstil menumpuk lebih lama dari waktu penumpukan yang diperkenankan (180 hari, atau 270 hari jika limbah harus segera dikirim yang jaraknya lebih dari 200 mil).

Tahap ke enam, lakukan pemeriksaan dengan teliti dan yakinkan bahwa persiapan-persiapan darurat yang diperlukan, serta tindakan pencegahan yang diperlukan, termasuk identifikasi terhadap kondisi darurat dan catatan otoritas darurat lokal yang bertanggung jawab. Bilamana kondisi dalam keadaan darurat, segera kirim informasi melalui nomor telepon instansi terkait dengan menyatakan bahwa pabrik dalam kondisi darurat.

Tahap ke tujuh, yakinkan apakah karyawan pabrik tekstil mengenal (*familiar*) dengan baik tentang; cara penanganan limbah berbahaya, dan tindakan prosedur operasional standard darurat yang harus mereka lakukan.

Tahap ke delapan, mengirim limbah keluar lokasi pabrik/industri menuju ke tempat TSDF, dan buatlah kontrak kerjasama permanent dengan perusahaan jasa transportasi limbah B3 yang teregistrasi. Untuk mengetahui tempat transporter limbah yang dapat dipercaya dan handal, maka hubungi instansi terkait untuk mendapatkan referensi.

Tahap ke Sembilan, sebelum limbah dikirim keluar lokasi pabrik guna diolah, maka lakukanlah pengepakan (*packaging*), beri label dan tanda "*waste container*" sesuai petunjuk DOT (*department of transportation*) atau di Indonesia disesuaikan dengan regulasi yang ditentukan oleh kementerian perhubungan.

Tahap ke sepuluh, lakukan pengiriman manifest limbah ke tempat TSDF yang berada di luar lokasi pabrik, dan simpan copynya di pabrik

selama 3 (tiga) tahun. Manifest berisi ketentuan program sertifikasi yang dimiliki guna mereduksi volume dan toksisitas limbah ke tingkat ekonomis dan praktis, dan pabrik tekstil memiliki teknologi treatment yang tepat, metode minimisasi limbah serta metode treatment limbah yang modern. Tahap ke sebelas, yakinkan bahwa seluruh limbah berbahaya dikirim keluar lokasi pabrik untuk diolah, disimpan dan dibuang disertai catatan dan sertifikasi.

Tahap ke sebelas ini hanya dipergunakan untuk inisial pengiriman limbah ke luar pabrik. Tahap ke duabelas, lakukanlah pengiriman limbah B3 hanya dengan menggunakan transporter yang teregistrasi, kirimlah limbah B3 yang disertai dengan manifest yang benar, sehingga pemrakarsa pabrik tekstil dapat memilih berbagai izin atau status TSDF. Pemilihan tempat/tujuan untuk pelarutan termasuk incinerator limbah B3 yang akan merubahnya menjadi abu, suatu limbah B3 campuran minyak yang dicampur dengan pelarut dengan limbah lainnya, yang kemudian membakarnya menjadi energi yang pulih dalam boiler atau industri pembakaran, atau sebagai fasilitas yang akan mendaur ulang zat-zat pelarut.

Regulasi Lingkungan Industri Tekstil The Clean Water Act

Ketentuan pengawasan terhadap pencemaran air umumnya dikenal dengan "*The Clean Water Act (CWA)*" yang didisain oleh program federal untuk mengamankan dan menjaga integritas air permukaan. Pengawasan CWA langsung terhadap permukaan air antara lain melalui pipa dilakukan sejak dari proses industri atau sistem kumpulan air panas aktivitas-aktivitas industri. Hal ini juga secara tidak langsung mengatur pengaliran air ke POTWs melalui sistem saluran umum, dengan pengaturan fasilitas industri untuk pre treatment limbah sebelum dikeluarkan ke saluran publik. Polutan industri dari industri tekstil yang diatur dalam CWA meliputi zat-zat pelarut, logam berat dan limbah alkali.

Pengaturan pengawasan dan pengelolaan terhadap kualitas air di wilayah Republik Indonesia diatur oleh UU. No. 7/2004, tentang Sumber Daya Air, UU. No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Kep. Men.LH No. 110/2003 tentang Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air, Kep. Men.LH No. 115/2003 tentang Pedoman penentuan Status Mutu Air dan Per.Men.Kes. No.416/1990 tentang Syarat-syarat Pengawasan Kualitas Air, dan Kep.

Men.Kes. No. 907/2002, tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Pencegahan Polusi Minyak oleh CWA

Peraturan CWA juga mengatur regulasi pencegahan polusi minyak terhadap kualitas sumberdaya air. Regulasi ini membuat persyaratan-persyaratan untuk semua fasilitas untuk mencegah tumpahan minyak pada sumber air bersih. Regulasi ini diaplikasikan untuk fasilitas non-transportasi yang berhubungan dengan spesifikasi limbah yang ditempatkan/disimpan di atas tanah dan atau penyimpanan minyak di bawah tanah, sehingga lokasi penempatannya dapat dipantau setiap saat agar tidak mencemari sumber air bersih.

The Clean Air Act

Regulasi tentang polusi udara (*the clean air act* = CAA), termasuk dalam standar emisi nasional untuk sumber pencemar tidak bergerak (*stationary*) dalam hubungannya dengan kategori industri. Pengaturan ini juga termasuk pengaturan standar emisi nasional yang didisain untuk mengontrol emisi udara khususnya polusi udara berbahaya (*hazardous air pollutants* = HAPs).

Pada industri tekstil terdapat sumber pencemar udara (HAPs) seperti penguapan senyawa organik yang terdapat pada zat-zat pelarut organik yang digunakan pada proses finishing tekstil. CAA juga mengatur pencegahan terjadinya ancaman terhadap kecelakaan dan keselamatan kerja yang terkait dengan polusi udara berbahaya dari bahan-bahan kimia, dan usaha untuk meminimumkan akibatnya. Di Indonesia, aturan hukum yang mengatur tentang kualitas udara ambient diatur oleh Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian Pencemaran Udara dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan, dan lain sebagainya.

Tanggungjawab Lingkungan, Kompensasi, dan Kewajiban

Tanggungjawab terhadap lingkungan secara komprehensif, pemberian kompensasi, dan aturan kewajiban CERCLA 1980, umumnya dikenal sebagai SUPERFUND, dibawah otoritas EPA untuk merespon dan melakukan pengetatan pembebasan zat-zat berbahaya yang membahayakan kesehatan manusia, kesejahteraan manusia, atau lingkungan yang dapat datang dari berbagai sumber. SUPERFUND juga menjamin otoritas EPA untuk bertanggungjawab terhadap lingkungan yang

terkontaminasi dan melakukan tindakan untuk membersihkannya, atau mengganti biaya kerugian sebagai biaya pertanggungjawaban. Yang paling penting dari bagian ini adalah bagaimana mengaplikasikannya pada industri tekstil yang banyak menghasilkan bahan-bahan berbahaya. Di Indonesia, aturan hukum yang mengatur tentang tanggungjawab lingkungan diatur oleh Undang-Undang RI Nomor 40 Tahun 2007 tentang kewajiban menjalankan tanggung jawab sosial dan lingkungan (Pasal 74 ayat 1), UU No.25 Tahun 2007 tentang Penanaman Modal (Pasal 15 b) dan UU No.19 Tahun 2003 tentang BUMN, serta Peraturan Menteri Negara BUMN No.4 Tahun 2007 tentang besaran dana dan tatacara pelaksanaan CSR.

Kondisi Darurat dan Hak Komunitas untuk Mengetahui Aturan

Amandemen Superfund dan re-otorisasi aturan (*Superfund Amendments and Reauthorization Act* = SARA) yang didirikan pada tahun 1986 oleh komunitas yang memiliki hak untuk mengetahui perencanaan keadaan darurat (*the Emergency Planning and Community Right-to-know Act* = EPCRA). Aturan hukum ini dirancang untuk memperbaiki akses komunitas terhadap informasi tentang potensi kimia berbahaya dan memberikan fasilitas pengembangan respon darurat pabrik kimia oleh pemerintah pusat dan lokal. Regulasi EPCRA membuat berapa tipe laporan obligasi dalam mengelola zat-zat kimia yang spesifik. Seperti fasilitas peralatan pencapan (*printing*) tekstil yang menggunakan zat kimia spesifik berupa; amoniak, formaldehid, hidrokuinon, propilene oksida, asam sulfat, dan zat 2,4-toluene diisositrat. Banyak zat kimia lainnya yang digunakan pada proses pencapan tekstil, seperti; *phosphoric acid*, *lead*, *perchloroethylene*, dan minyak lainnya yang ditetapkan sebagai bahan kimia berbahaya oleh *Occupational Safety and Health Administration*. Zat kimia tersebut di atas ditambahkan dalam persyaratan dalam ketentuan EPCRA. Di Indonesia, aturan hukum tentang keadaan darurat diatur oleh Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 08 Tahun 2000, tentang Keterlibatan Masyarakat dan Keterbukaan Informasi Dalam Proses Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.

Safe Drinking Water Act

Safe drinking water act (SDWA) telah memberi mandat kepada EPA untuk membuat

Syarat-syarat Pengawasan Kualitas Air, dan Kep. Men.Kes. No. 907/2002, tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Pencegahan Polusi Minyak oleh CWA

Peraturan CWA juga mengatur regulasi pencegahan polusi minyak terhadap kualitas sumberdaya air. Regulasi ini membuat persyaratan-persyaratan untuk semua fasilitas untuk mencegah tumpahan minyak pada sumber air bersih. Regulasi ini diaplikasikan untuk fasilitas non-transportasi yang berhubungan dengan spesifikasi limbah yang ditempatkan/disimpan di atas tanah dan atau penyimpanan minyak di bawah tanah, sehingga lokasi penempatannya dapat dipantau setiap saat agar tidak mencemari sumber air bersih.

The Clean Air Act

Regulasi tentang polusi udara (*the clean air act* = CAA), termasuk dalam standar emisi nasional untuk sumber pencemar tidak bergerak (*stationary*) dalam hubungannya dengan kategori industri. Pengaturan ini juga termasuk pengaturan standar emisi nasional yang didisain untuk mengontrol emisi udara khususnya polusi udara berbahaya (*hazardous air pollutants* = HAPs).

Pada industri tekstil terdapat sumber pencemar udara (HAPs) seperti penguapan senyawa organik yang terdapat pada zat-zat pelarut organik yang digunakan pada proses finishing tekstil. CAA juga mengatur pencegahan terjadinya ancaman terhadap kecelakaan dan keselamatan kerja yang terkait dengan polusi udara berbahaya dari bahan-bahan kimia, dan usaha untuk meminimumkan akibatnya. Di Indonesia, aturan hukum yang mengatur tentang kualitas udara ambient diatur oleh Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian Pencemaran Udara dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan, dan lain sebagainya.

Tanggungjawab Lingkungan, Kompensasi, dan Kewajiban

Tanggungjawab terhadap lingkungan secara komprehensif, pemberian kompensasi, dan aturan kewajiban CERCLA 1980, umumnya dikenal sebagai SUPERFUND, dibawah otoritas EPA untuk merespon dan melakukan pengetatan pembebasan zat-zat berbahaya yang membahayakan kesehatan manusia, kesejahteraan manusia, atau lingkungan yang dapat datang dari berbagai sumber. SUPERFUND juga menjamin otoritas EPA untuk

bertanggungjawab terhadap lingkungan yang terkontaminasi dan melakukan tindakan untuk membersihkannya, atau mengganti biaya kerugian sebagai biaya pertanggungjawaban. Yang paling penting dari bagian ini adalah bagaimana mengaplikasikannya pada industri tekstil yang banyak menghasilkan bahan-bahan berbahaya. Di Indonesia, aturan hukum yang mengatur tentang tanggungjawab lingkungan diatur oleh Undang-Undang RI Nomor 40 Tahun 2007 tentang kewajiban menjalankan tanggung jawab sosial dan lingkungan (Pasal 74 ayat 1), UU No.25 Tahun 2007 tentang Penanaman Modal (Pasal 15 b) dan UU No.19 Tahun 2003 tentang BUMN, serta Peraturan Menteri Negara BUMN No.4 Tahun 2007 tentang besaran dana dan tatacara pelaksanaan CSR.

Kondisi Darurat dan Hak Komunitas untuk Mengetahui Aturan

Amandemen Superfund dan re-otorisasi aturan (*Superfund Amendments and Reauthorization Act* = SARA) yang didirikan pada tahun 1986 oleh komunitas yang memiliki hak untuk mengetahui perencanaan keadaan darurat (*the Emergency Planning and Community Right-to-know Act* = EPCRA). Aturan hukum ini dirancang untuk memperbaiki akses komunitas terhadap informasi tentang potensi kimia berbahaya dan memberikan fasilitas pengembangan respon darurat pabrik kimia oleh pemerintah pusat dan lokal. Regulasi EPCRA membuat berapa tipe laporan obligasi dalam mengelola zat-zat kimia yang spesifik. Seperti fasilitas peralatan pencapan (*printing*) tekstil yang menggunakan zat kimia spesifik berupa; amoniak, formaldehid, hidrokuinon, propilene oksida, asam sulfat, dan zat 2,4-toluene diisosiyanat. Banyak zat kimia lainnya yang digunakan pada proses pencapan tekstil, seperti; *phosphoric acid*, *lead*, *perchloroethylene*, dan minyak lainnya yang ditetapkan sebagai bahan kimia berbahaya oleh *Occupational Safety and Health Administration*. Zat kimia tersebut di atas ditambahkan dalam persyaratan dalam ketentuan EPCRA. Di Indonesia, aturan hukum tentang keadaan darurat diatur oleh Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 08 Tahun 2000, tentang Keterlibatan Masyarakat dan Keterbukaan Informasi Dalam Proses Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.

Safe Drinking Water Act

Safe drinking water act (SDWA) telah

memberi mandat kepada EPA untuk membuat regulasi penyelamatan air minum guna melindungi kesehatan manusia dari kontaminasi zat-zat kimia ke dalam air minum. Dibawah otoritas SDWA, EPA telah mengembangkan standar air minum secara nasional, dan bekerjasama dengan sistem negara federal untuk menjamin pentaatan (compliance) terhadap standar yang ada. EPA juga mengatur injeksi limbah cair ke dalam tanah di bawah pengawasan SDWA guna melindungi sumber air minum yang ada dalam tanah. Di Indonesia, aturan hukum tentang perlindungan kualitas air diatur oleh Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran air dan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 907/MENKES/SK/VII/ 2002, tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Toxic Substances Control Act

Pengawasan terhadap bahan-bahan toksik yang digunakan di berbagai kegiatan industri, EPA mengeluarkan regulasi tentang pengawasan bahan

teksik (toxic substances control act = TSCA). Regulasi TSCA memberikan petunjuk mengenai tata cara pengumpulan data zat-zat kimia guna dievaluasi, diperiksa, dikurangi, dan pengawasan risiko yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik, proses, dan penggunaannya. Fasilitas peralatan printing tekstil misalnya diatur oleh persyaratan-persyaratan yang dikeluarkan oleh TSCA. Di Indonesia, aturan hukum tentang bahan-bahan toksik diatur oleh Peraturan Pemerintah RI Nomor 74 tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun, dan Keputusan Menteri Perindustrian Nomor 148/M/SK/4/1985 tentang Pengamanan Bahan Beracun dan Berbahaya di Perusahaan Industri.

Berikut ini adalah tabel regulasi yang dikeluarkan oleh EPA tentang konservasi sumberdaya alam yang digunakan pada kegiatan industri tekstil yang meliputi; generator limbah LQGs, SQGs, atau CESQGs. Sebagai catatan bahwa tiap negara terdapat persyaratan regulasi yang berbeda yang disesuaikan tipologi lingkungannya.

Syarat Regulasi	Jumlah limbah Banyak (LQGs)	Jumlah limbah sedikit (LQGs)	Jumlah limbah kecil pada kondisi Tertentu (CESQGs)	Penjelasan
				<ul style="list-style-type: none"> Guna mendapatkan nomor identitas EPA untuk masing-masing fasilitas dalam perusahaan tekstil. EPA dan pemerintah daerah menggunakan 12 karakter nomor identifikasi guna melacak keberadaan limbah B3. Untuk mendapatkan nomor identitas EPA dengan perolehan izin dari 8700-12 (catatan aktifitas regulasi limbah) yang dikeluarkan oleh lembaga pemerintah yang menangani limbah. Suatu catatan bahwa; hubungilah lembaga yang berwenang di pemerintah setempat untuk memperoleh keterangan catatan bila industri tekstil terjadi perubahan fasilitas.
				<ul style="list-style-type: none"> Lakukan identifikasi, apakah pabrik tekstil menghasilkan limbah B3 dan masuk dalam daftar subjek regulasi limbah ReCRA. Prosedur pengujian dijelaskan dalam “metode uji evaluasi limbah padat” secara kimia dan fisika (<i>test methods for the evaluation of solid waste</i>) atau pengujian dapat dilakukan oleh laboratorium setempat.
				<ul style="list-style-type: none"> Jika sumber pencemar menggunakan minyak, maka pemrakarsa pabrik tekstil harus melakukan pemisahan dengan standar pengelolaan limbah B3 untuk di recycle. Jika menggunakan minyak untuk perlakuan dan pembuangan, maka lakukanlah langkah identifikasi seperti daftar di atas.
				<ul style="list-style-type: none"> Tentukan berapa banyak limbah B3 yang dihasilkan pabrik tekstil guna menetapkan status sumber limbah (generator).
				<ul style="list-style-type: none"> pemrakarsa pabrik tekstil dapat menghitung limbah dalam suatu area satelit dengan regulasi larangan minimal. Area ini harus dekat dengan titik sumber pencemar/limbah dan dengan pengawasan oleh seorang operator pengelola. Tidak ada batas waktu penimbunan dalam area penimbunan limbah , 55 galon. Terdapat 55 galon batas penimbunan dalam area, dan kelebihan dari batas 55 galon harus segera dipindahkan dari are dalam waktu 3 hari pemrakarsa pabrik tekstil harus menimbun limbah pada kontainer-kontainer, dan kontainer ini harus diberi tanda dengan kalimat “limbah berbahaya” atau dengan menggunakan kalimat lain yang dapat memberikan identifikasi isi kontainer. Limbah ini adalah pengecualian dari syarat penimbunan limbah lain yang masuk kedalam area satelit.

			<ul style="list-style-type: none"> • Jika jumlah timbunan limbah tidak sesuai dengan persyaratan pada areal satelit, maka persyaratan lebih diperketat lagi, dimana LQGs dapat menimbun limbah selama 90 hari tanpa izin, atau 270 hari bila SQG diharuskan memindahkan limbah sejauh lebih dari 200 mil ke tempat pembuangan akhir. • Mulai menghitung waktu penimbunan bila limbah adalah limbah pertama yang ditempatkan dalam unit penimbunan. • Limbah harus diletakkan di dalam sebuah unit pembebasan (exempt unit), di-recycle atau kirim ke luar lokasi pabrik dalam jangka waktu seperti dijelaskan di atas. • Jika penimbunan limbah pada LQG melewati periode waktu yang ditentukan, fasilitas penuh sesuai persyaratan fasilitas penimbunan limbah B3 maka tidak akan ada jaminan pembebasan. SQGs tidak dapat menumpuk limbah lebih dari 6000 kg limbah pada setiap saat. • CESQGs dapat menumpuk lebih dari 1000 kg limbah B3, lebih dari 1 kg limbah yang sangat beracun, atau 100 kg timbunan residu limbah B3 setiap saat. • Penumpukan limbah hanya ditempat yang kondisinya baik, tertutup rapat, terkecuali bila ada tambahan removing limbah yang diperiksa setiap akhir minggu, tipe limbah padat, dan sesuai dengan standard khusus untuk limbah yang tidak terdapat dalam tabel dan limbah yang tidak cocok (incompatible). • LQGs dapat menggunakan tangki penimbunan dan kontainer-kontainer yang telah diperiksa secara seksama, memiliki sistem sekunder yang diawasi oleh operator setiap harinya. • SQGs dapat menggunakan tangki penimbunan sesegera mungkin. • LQGs dapat menggunakan bangunan yang memadai sebagai kontainer. • Untuk seluruh unit, tanggal dimulainya periode penimbunan harus secara jelas diberi tanda, dan dapat dilihat/ terbaca disetiap kontainer. Seluruh kontainer dan tangki harus secara jelas mencantumkan tanda atau label "Hazardous Waste" dan unit penimbunan harus dihentikan dan ditutup secara permanent sesuai standar-standar akhir hidup unit penimbunan. • LQGs dan AQGs dapat mengelola limbahnya tanpa izin dari ReCRA dalam unit penimbunan yang sesuai standar.
			<ul style="list-style-type: none"> • LQGs harus dilengkapi dengan persyaratan emisi udara organik.
			<ul style="list-style-type: none"> • LQGs dan SQGs harus melengkapi persyaratan persiapan dan pencegahan-pencegahan, termasuk; alarm yang memadai dan sistem komunikasi yang memadai, peralatan yang memadai bagi personil yang menangani masalah darurat, tekanan air yang memadai untuk sistem kontrol pemadam kebakaran, pengujian dan perawatan yang memadai terhadap sistem darurat, akses komunikasi selama aktifitas penanganan limbah, gang spasi/celah yang memadai untuk merespon keadaan darurat, pengaturan hubungan dengan peralatan otomatisasi keadaan darurat.
			<ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas LQG harus dipersiapkan dengan rencana fasilitas kontingensi yang sesuai dengan regulasi
			<ul style="list-style-type: none"> • Rencana regulasi harus didesain guna meminimalkan bahaya kebakaran, ledakan, ataupun hal-hal yang tidak dikehendaki yang ada hubungannya dengan limbah berbahaya atau unsur-unsur pokoknya. • Copy rencana kontingensi harus disimpan ditempat dan copy tambahan harus disampaikan kepada penyedia jasa darurat setempat. • LQGs dan SQGs harus mempunyai koordinator darurat yang berada ditempat untuk dapat dihubungi setiap saat guna merespon hal-hal yang bersifat darurat. • Bila terjadi kebakaran, ledakan, ataupun kejadian yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan manusia, atau tumpahan limbah yang mencapai permukaan air, maka koordinator darurat harus membuat laporan kepada pusat responsi nasional pada 800-424-8802.
			<ul style="list-style-type: none"> • LQGs harus mempunyai program pelatihan personil sesuai standar regulasi; • Pelatihan harus memberikan fasilitas-fasilitas dan petunjuk tentang prosedur pengelolaan limbah berbahaya dan keadaan darurat. • Pelatihan harus dilengkapi mencapai 6 bulan sejak waktu yang dipersyaratkan. • Pelatihan harus diberikan berupa gambaran-gambaran kegiatan tahunan . • SQGs harus dapat menjamin seluruh pekerja untuk dapat mengenal cara penanganan limbah dan prosedur keadaan darurat yang relevan dengan tugas dan tanggungjawabnya.
			<ul style="list-style-type: none"> • Sebelum dikirim, limbah harus dipak (packaging), diberi label, dan tanda-tanda sesuai persyaratan penggunaan DOT. Hubungi pusat informasi material berbahaya DOT pada 202-366-4488.

			<ul style="list-style-type: none"> • Limbah berbahaya dikirim keluar pabrik untuk ditangani hanya oleh TSDF limbah B3, atau fasilitas recycle tanpa pembebasan. • CESQGs; lihat manajemen limbah berikut. • CESQGs boleh mengolah di tempat, jika masuk dalam kualifikasi sebagai berikut; atau yakinkan pengiriman limbah pada fasilitas berikut; ijin dari ReCRA TSDF; status TSDF internal; otoritas penanganan limbah B3 oleh pemerintah dengan suatu acuan program limbah b3; ijin, lisensi, atau terintegrasi oleh pemerintah untuk menangani limbah padat perkantoran sesuai standar; ijin, lisensi, atau teregistrasi oleh pemerintah untuk menangani limbah bukan municipal; jika dikelola setelah 12 Januari 1998, ijin fasilitas, lisensi, atau registrasi oleh pemerintah untuk menangani limbah tidak berbahaya menurut standar; pemanfaatan keuntungan fasilitas, atau penggunaan kembali, atau melegitimasi daur ulang; fasilitas pengelolaan limbah diprioritaskan untuk penggunaan yang bermanfaat, reuse, atau legitimasi recycling, atau penggunaan limbah umum sesuai dengan standar. • Pengiriman limbah B3 ke luar pabrik harus dibarengi dengan suatu manifest, suatu multi dokumen tentang progres limbah melalui proses treatment, penyimpanan, dan pembuangan. Hal ini selalu dapat diperoleh dari agen pemerintah. • Manifest harus dibuat copynya untuk instansi penghasil limbah, untuk transporter, dan fasilitas sendiri dengan masing-masing satu copy untuk catatan mereka, dan satu copy lagi untuk dikembalikan ke pabrik yang menghasilkan limbah setelah dilengkapi oleh petugas pengelola limbah. • SQGs yang mempunyai kontrak persetujuan dengan pihak penampung limbah dengan tipe dan spesifikasi serta frekwensi pengapalan tidak memerlukan manifest limbah jika mereka menyimpan sebuah copy persetujuan untuk dokumennya. • Karakteristik limbah pabrik tekstil harus sesuai dengan standar perlakuan limbah program LDR, limbah harus di treatment guna mereduksi zat-zat yang berbahaya pada tingkat yang diatur oleh EPA, atau limbah harus di treatment dengan teknologi khusus. Seluruh limbah dikirim ke luar pabrik untuk di treatment, disimpan, dan dibuang harus dibarengi dengan catatan resmi program LDR, berikut sertifikatnya. Tidak ada persyaratan khusus, tetapi tulisan ini harus memberikan indikasi apakah ada atau tidak limbah yang sesuai dengan standar treatment, atau apakah limbah sudah bebas dari unsur-unsur berbahaya. • Guna meyakinkan sumber pencemar menghasilkan limbah yang tidak berbahaya, LQGs memberi syarat untuk memiliki program pengurangan volume dan toksisitas sumber pencemar sampai ketinggian yang praktis dan ekonomis, dan harus diseleksi secara terarah perlakuan yang tepat, penyimpanan, atau dengan cara memembuangnya bila dapat meminimalkannya. • LQGs dan SQGs harus memberi tanda dengan sertifikasi administrasi limbah berbahaya pada manifest.
			<ul style="list-style-type: none"> • SQGs harus berusaha sebaik mungkin untuk meminimumkan limbah yang dihasilkan, dan berusaha menyeleksi manajemen limbah yang baik. • LQGs harus membuat laporan Biennial dari limbah yang dihasilkan, dan aktivitas pengelolaan mulai setiap tanggal 01 Maret tiap tahunnya. EPA atau agen lainnya, atau publik dapat saja memanfaatkan informasi ini untuk mengevaluasi program pengelolaan limbahnya. • LQGs harus menjaga dan merawat catatan pelatihan personil sampai proses penutupan fasilitas • LQGs harus menyimpan copy masing-masing laporan tahunan biennial untuk tiga tahunan, LQGs dan SQGs harus menyimpan copy manifest selama 3 tahun. • LQGs harus menyimpan laporan hasil uji, analisis limbah dan ketentuan limbah lainnya selama 3 tahun. <p>Sumber: ReCRA inFocus Textile Manufacturing. U.S. Environmental Protection Agency.</p>

Minimisasi Limbah B3 Industri Tekstil

Upaya konservasi sumberdaya alam yang dapat dilakukan oleh berbagai industri termasuk industri tekstil salah satunya adalah tindakan minimisasi limbah B3. Pelaksanaan daur ulang dan pencegahan timbulnya polusi secara signifikan

dapat menghemat biaya dan penggunaan fasilitas lainnya. Pada bagian di bawah ini akan menjelaskan tentang limbah B3 yang dihasilkan oleh industri tekstil, dan tindakan yang dapat dilakukan untuk mendaur ulang limbah dan bagaimana implementasi pencegahan terbentuknya polutan. Table di bawah

ini tidak membahas seluruh zat-zat kimia yang digunakan atau limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil. Konsultasikan daftar limbah B3 dan karakteristiknya untuk menetapkan apakah limbah pabrik tekstil tergolong limbah B3 atau tidak. Pada

bagian di bawah ini disajikan contoh tentang pengelolaan limbah B3 yang secara spesifik bersumber dari beberapa aktivitas kegiatan industri tekstil meliputi; proses, sumber limbah, cara daur ulang, dan metode pencegahan pencemaran.

Tabel 2. Proses Tekstil, Sumber Pencemar dan Pencegahan Pencemaran

Proses Sumber Pencemar	Pengelantangan / Pemutihan Tekstil H ₂ O ₂ (Oksidator), NaOH, sodium silikat, dan zat-zat organik penstabil lainnya
Kode Limbah Menurut ReCRA	D002 (H ₂ O ₂)
Daur Ulang, Treatment, Disposal	<ul style="list-style-type: none"> • Treatment limbah pada unit netralisasi • Tempatkan limbah berbahaya pada kontainer dan kirim ke TSDF untuk pengolahan selanjutnya
Metode Pencegahan Polusi	Gunakan zat pemutih yang kadar toksisitasnya rendah
Proses	Merserisasi
Sumber Pencemar	NaOH
Kode Limbah Menurut ReCRA	D002 (Alkali)
Daur Ulang, Treatment, Disposal	<ul style="list-style-type: none"> • Treatment limbah pada unit netralisasi • Tempatkan limbah berbahaya pada tempat yang aman dan kirim ke TSDF untuk pengolahan selanjutnya
Metode Pencegahan Polusi	<ul style="list-style-type: none"> • Gunakan zat yang kadar toksistasnya rendah • Maksimalkan penggunaan bahan dan maksimumkan efisiensi proses
Proses Sumber Pencemar	Perawatan mesin dan peralatan Tetrachloroethylene, Trichloroethylene, Methylene chloride, Chlorobenzene, Toluene, Methylethyl, Benzene, Xylene, Ethylene dichloride, Methyl ethyl ketone, Isopropyl alcohol, dan Mineral spirits (naptha).
Kode Limbah Menurut ReCRA	D001 (Isopropyl alcohol dan Mineral spirits), D018 (Benzene), D021 (Chlorobenzene), D035 (Methyl ethyl ketone), D039 (Tetrachloroethylene), D040 (Trichloroethylene), F001-F005 (Benzene, Methylene chloride, Methyl ethyl ketone, Tetrachloroethylene, Trichloroethylene, Toluene, Xylene), U019 (Benzene), U037 (Chlorobenzene), U077 (Ethylene dichloride), U159 (Methyl ethyl ketone), U201 (Tetrachloroethylene), U220 (Toluene), U228 (Trichloroethylene), dan U239 (Xylene).
Daur Ulang,	<ul style="list-style-type: none"> • Reklamasi penggunaan pelarut-pelarut di tempat atau lakukan kontrak kerjasama dengan
Treatment, Disposal	<ul style="list-style-type: none"> • jasa pendaur ulang. • <i>Reuse</i> pelarut bekas • Kumpulkan limbah berbahaya dan kirim dengan transporter yang teregistrasi ke TSDF untuk dolah lanjut. • Pengolahan limbah cair dalam IPAL yang mengacu kepada aturan “<i>the Clean Water Act</i>”
Metode Pencegahan Polusi	<ul style="list-style-type: none"> • Jangan terlalu berlebihan melakukan pembersihan bahan. • Gunakan pelarut sedikit mungkin sesuai keperluan. • Jagalah kontainer pelarut dengan pelindung, dan bila perlu cegah terjadinya penguapan zat pelarut, dan reduksi emisi yang terjadi. • Carilah ganti bahan pelarut berbahaya dengan bahan yang tidak berbahaya (<i>non hazardous solvents</i>)

Inefisiensi Industri Sebagai Kontra Konservasi Sumberdaya

Secara harfiah efisiensi (*efficiency*) dapat diartikan sebagai perbandingan antara output dan input, atau lazim disebut sebagai “daya guna” pemanfaatan input untuk menghasilkan output. Efisiensi kegiatan industri adalah daya guna pemanfaatan keseluruhan sumberdaya yang ada pada industri dalam upaya menghasilkan produk tekstil berkualitas. Efisiensi yang tinggi ditandai dengan tingkat pemanfaatan sumberdaya yang maksimum dengan pelepasan limbah dan pencemaran (*entropy*) yang minimum. Inefisiensi adalah kontra efisiensi atau merupakan tindakan kontra konservasi sumberdaya alam, dimana industri tidak efisien dalam memanfaatkan sumberdaya, sistem dan proses produksi akan menguras penggunaan sumberdaya alam dan lingkungan hidup, dan kegiatan industri ini banyak menghasilkan limbah dan pencemaran (*entropy*). Ditinjau dari aspek proses produksi, inefisiensi yang menghasilkan entropy ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain; penggunaan bahan baku yang tidak tepat, penggunaan mesin dan peralatan yang kurang tepat guna, manajemen dan proses produksi kurang baik, kurang memadainya penguasaan pengetahuan oleh pekerja tentang bahan baku, mesin, peralatan kerja, sistem dan proses produksi.

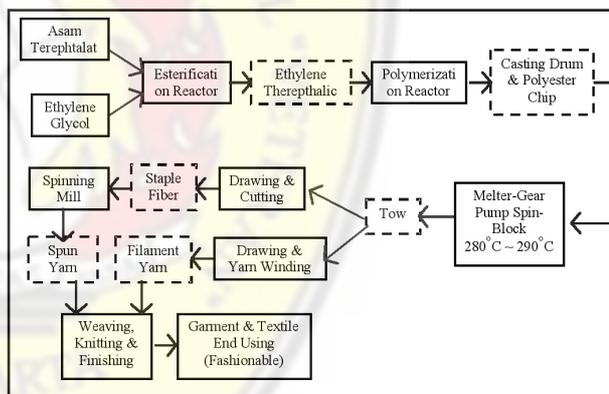
Sub-sub sektor industri yang berada dalam kategori industri tekstil meliputi; 1) pabrik pembuatan serat (*man-made fiber*), 2) pabrik pemintalan (*spinning mills*), 3) pabrik pertenunan dan Perajutan (*woven & knitting*), 4) garment, 5) lainnya seperti pabrik pembuatan benang jahit, bordir, carpet dan lain sebagainya.

Pabrik Pembuatan Serat Sintetis (*man-made fiber industries*)

Pada pabrik pembuatan serat terdapat beberapa tahapan proses penting yang menimbulkan inefisiensi sebelum, selama dan setelah proses produksi yaitu;

- bahan baku *Therephthalic Acid* (TPA) berbentuk bubuk dan termasuk jenis bahan berbahaya beracun (B3) mengeluarkan sedikit debu, bocor dan tercecer dilantai selama proses pengangkutan (*transport*) dari gudang ke reaktor polimerisasi,
- bahan baku *Ethylene Glicol* (EG) berbentuk cairan dan termasuk jenis bahan B3 dapat tercecer selama proses transportasi mulai dari mobil tangki kimia ke EG-tank, kebocoran pada

- pipa-pipa penyalur ke reaktor polimerisasi,
- pada proses esterifikasi dengan panas mencapai 245°C disini terjadi asap yang berasal dari boiler, sisa hasil reaksi berupa *sludge*, uap EG dan waste pada mulut bawah reaktor,
- pada proses pembuatan chip (*pada casting drum*) terdapat debu yang berasal dari sisa potong chip hasil polimerisasi,
- pada proses melting bahan chip dirubah menjadi tow, disini juga dapat terjadi sisa-sisa tow (biasa disebut *un-draw yarn waste*) yang tidak terproses dengan sempurna,
- pada proses drawing dan cutting bahan tow dirubah menjadi benang filament dan serat staple, disini juga dapat terjadi oligomer waste berbentuk tepung dan sisa-sisa potongan serat (*fiber waste*) yang tidak terproses dengan sempurna,
- limbah-limbah tersebut diatas ada yang di gunakan kembali (*reuse*) untuk menghasilkan produk yang berkualitas rendah, ada yang di recycle untuk sisa-sisa yang terseleksi pada proses yang sama, sedangkan oligomer waste terbuang tidak dapat dimanfaatkan, serta residu polimer dibakar pada incenerator.



Gambar-1. Alir Proses Pembuatan Serat Polyester sampai Pembuatan Pakaian

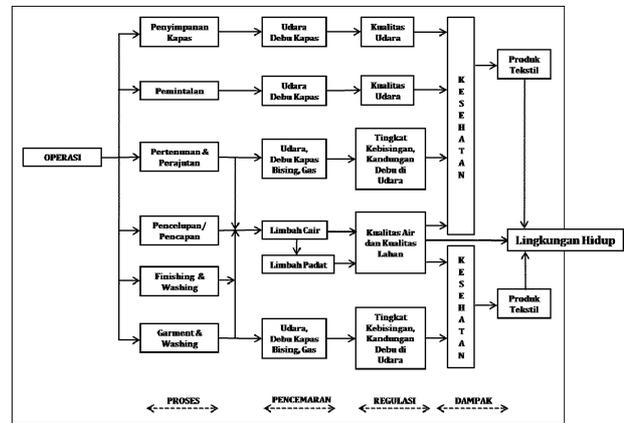
Pabrik Pemintalan (*spinning mills*)

Pabrik pembuatan benang yang lazim disebut pabrik pemintalan pada dasarnya tidak menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika dilihat dari aspek lingkungan global, akan tetapi pada lingkungan kerja memang ada misalnya; debu, bising, dan masalah kelembaban udara di lingkungan kerja. Inefisiensi proses tetap saja terjadi namun masih dapat diupayakan untuk ditingkatkan melalui pendekatan kinerja bersih lingkungan (*good house keeping*).

Pada pabrik-pabrik pemintalan terdapat inefisiensi pada proses produksi yang menimbulkan

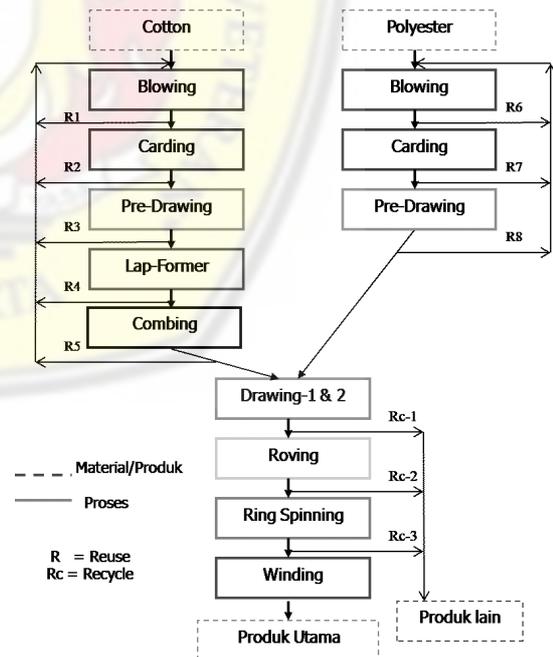
limbah sekalipun limbah ini sebagian dapat diproses kembali dan dimanfaatkan untuk pembuatan produk yang berbeda.

- a. Di bagian gudang terdapat limbah dalam bentuk *flies*, debu, *trash*, dan kotoran lain yang tidak dapat diolah kembali menjadi produk utama. Namun limbah tersebut dapat didaur ulang menjadi produk yang berbeda dengan produk utama, atau dilakukan degradasi material secara alamiah tanpa merusak lingkungan.
- b. Proses di mesin *Blowing* menghasilkan produk yang disebut lap dan biasanya proses ini menimbulkan limbah dalam bentuk *flies*, debu, *trash*, dan kotoran lain yang tidak dapat diolah kembali. Namun limbah tersebut dapat didaur ulang menjadi produk yang berbeda dengan produk utama, atau dilakukan degradasi material secara alamiah tanpa merusak lingkungan. Debu dan *flies* serat kapas dapat dimanfaatkan untuk campuran pembuatan atap asbes.
- c. Proses di mesin *Carding* menghasilkan produk yang disebut sliver dan proses ini juga menimbulkan limbah dalam bentuk *flies*, debu dan *trash*, sedangkan noil serta sisa potongan sliver yang masih dapat diolah kembali menjadi produk utama sliver.
- d. Proses di mesin *Drawing* menghasilkan produk sliver yang kualitasnya lebih baik dibanding hasil proses carding dan proses ini juga menimbulkan limbah dalam bentuk *flies* dan debu, sedangkan sisa potongan sliver yang masih dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk utama.
- e. Proses di mesin *Roving* menghasilkan produk benang roving dan proses ini juga menimbulkan limbah dalam bentuk *flies* dan debu, sedangkan sisa potongan sliver dan roving yang masih dapat diolah kembali menjadi produk utama.
- f. Proses di mesin *Ring spinning* menghasilkan produk benang dan proses ini juga menimbulkan limbah dalam bentuk *flies* dan debu, sedangkan sisa potongan roving dan benang yang masih dapat diolah kembali menjadi produk utama.
- g. Proses di mesin *Winding* menghasilkan produk benang yang bentuk gulungannya berbeda dengan hasil mesin ring spinning dan proses ini juga menimbulkan limbah dalam bentuk *flies* dan debu, sedangkan sisa potongan benang yang masih dapat didaur ulang menjadi produk lain yang berbeda dengan produk utama.



Gambar 2. Jaringan Produksi dan Pencemaran Lingkungan Pada Industri Tekstil

Gambar 2 menunjukkan jaringan produksi dan limbah yang dihasilkan oleh setiap tahap kegiatan serta dampak yang ditimbulkan terhadap kesehatan pekerja. Konservasi sumberdaya dapat dilakukan dengan menerapkan regulasi yang terkait dengan kesehatan dan regulasi tentang meminimasi limbah dan pencemar. Regulasi yang harus diterapkan dalam mengelola kegiatan industri mengacu pada regulasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Tenaga Kerja, Kementerian Kesehatan dan Kementerian Lingkungan Hidup.



Gambar 3. Model Siklus Tertutup Aliran Materi dan Energi pada Proses Pemintalan *Blended Yarn*, T/C Ne1. 32s

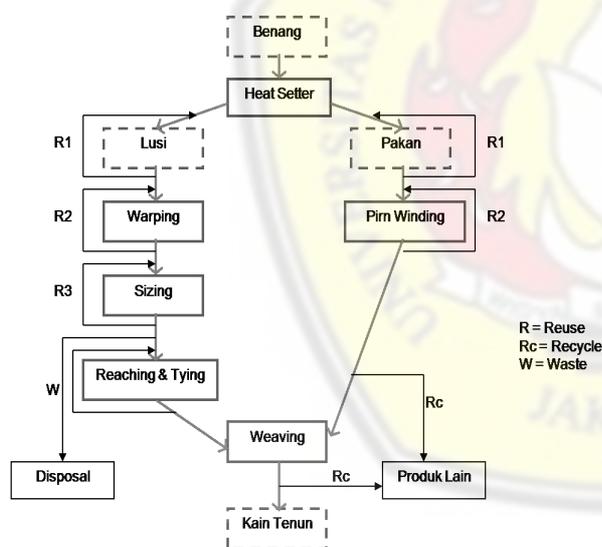
Gambar 3 menunjukkan model siklus tertutup material dan aliran energi pada proses pemintalan benang polyester-cotton serta produk yang

dihasilkan. Bahwa setiap tahapan proses mesin-mesin pemintalan menghasilkan material limbah berupa; serat, trash, flies, benang, debu, dan energy-lost berupa bising, panas, getaran dan asap keluar pabrik. Setiap tahapan transportasi material dan produk memungkinkan timbulnya limbah yang tidak perlu. Sehingga tindakan konservasi yang harus dilakukan adalah meminimumkan limbah yang tidak perlu terjadi melalui pemilihan bahan baku berkualitas, peningkatan efisiensi kerja mesin dan proses.

Pabrik Pertenunan

Kegiatan pabrik pertenunan sangat potensial menghasilkan limbah dan pencemar hingga mencapai 60% total material *use-less* yaitu utamanya di bagian penganjian dan sisa proses penghilangan kanji pada persiapan finishing kain. Material *use-less* berpotensi besar untuk mencemari lingkungan dan biaya ekonomi adalah material kanji dan bahan kimia lainnya.

Pabrik perajutan (*knitting*) pada dasarnya tidak menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika dilihat dari aspek lingkungan global.



Gambar 4. Model Kuasiklus Aliran Materi dan Energi pada Proses Pertenunan

Sama seperti halnya pada pabrik pemintalan, inefisiensi proses pertenunan dan proses perajutan akan menimbulkan limbah dan pencemar berupa; debu, bising, masalah kelembaban udara di lingkungan kerja. Inefisiensi proses tetap saja terjadi namun masih dapat diupayakan untuk ditingkatkan melalui peningkatan kinerja bersih lingkungan. Ketidakefisienan kerja dan proses pada pabrik pertenunan dan pabrik pembuatan kaos tersebut

dapat terjadi pada tahapan proses sebagai berikut;

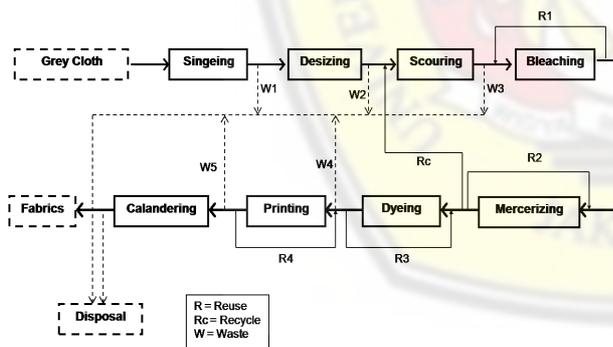
- Proses *Pirn Winding* menghasilkan gulungan benang pakan untuk disuplai ke mesin tenun, disini terjadi limbah berbentuk *flies*, debu, dan sisa potongan benang yang masih dapat diolah kembali menjadi produk lain, seperti; pengisi jok, pengisi boneka mainan anak, untuk bahan pembuatan atap asbes dan lain sebagainya.
- Proses *Warping* menghasilkan gulungan benang lusi untuk disuplai ke mesin tenun, disini terjadi limbah berbentuk *flies*, debu, dan sisa potongan benang yang masih dapat diolah kembali menjadi produk lain, seperti; pengisi jok, pengisi boneka mainan anak, untuk bahan pembuatan atap asbes dan lain sebagainya.
- Proses *Sizing* adalah proses penganjian benang-benang lusi, disini terjadi limbah cair sisa-sisa larutan kanji, uap panas yang jarang dimanfaatkan untuk keperluan lain.
- Proses pencucukan benang pada mata gun dan atau penyambungan benang lusi lama dengan lusi baru (*tying and reaching-in*) juga terdapat limbah berbentuk sisa potongan-potongan benang yang masih dapat diolah kembali menjadi produk lain, seperti; pengisi jok, pengisi boneka mainan anak, untuk bahan pembuatan atap asbes dan lain sebagainya.
- Proses Pertenunan (*weaving*) menghasilkan kain tenun, disini terjadi limbah berbentuk debu dan bising, sedangkan sisa potongan-potongan benang masih dapat diolah kembali menjadi produk lain seperti; pengisi jok, pengisi boneka mainan anak, untuk bahan pembuatan atap asbes dan lain sebagainya.
- Proses *Heat Setting* menghasilkan limbah uap panas yang sering tidak dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk lain.
- Proses Perajutan (*knitting*) menghasilkan kain kaos atau rajutan, disini terjadi limbah berbentuk debu dan bising, sedangkan sisa potongan-potongan benang masih dapat diolah kembali untuk bentuk lain seperti; pengisi jok, pengisi boneka mainan anak, untuk bahan pembuatan atap asbes dan lain sebagainya.

Titik sentral upaya melakukan konservasi sumberdaya terletak pada sistem pengelolaan proses penganjian benang lusi dan proses penghilangan kanji pada kegiatan finishing kain.

Pabrik Penyempurnaan Tekstil (*Dyeing - Finishing*)

Industri tekstil dengan proses basah terdapat pada

pabrik pembuatan serat sintetis, pabrik pencelupan dan penyempurnaan kain (*dyeing and finishing*) menghasilkan limbah cair yang relatif banyak. Bahan-bahan terlarut di dalam limbah tersebut bersumber dari proses finishing tekstil sesuai sifat dengan dan bentuk bahan tekstil yang ingin dihasilkan, zat pewarna dan bahan-bahan kimia yang digunakan. Ketiga hal tersebut merupakan variabel yang berpotensi dalam menentukan kadar cemaran dalam air limbah. Salah satu akibat langsung yang tampak adalah air buangan dari proses ini berwarna gelap kotor dan berpotensi menjadi pencemar lingkungan kehidupan. Tindakan konservasi sumberdaya adalah pada pengelolaan banyaknya efluen dan karakteristik air limbah industri tekstil ini dapat dimonitor secara kontinyu dengan meneliti dan mengukur debit air limbah yang dihasilkan. Sedangkan untuk memonitor potensi cemarannya dapat digunakan beberapa parameter seperti COD (*chemical oxygene demand*), BOD (*biological oxygene demand*), padatan tersuspensi, dan pH serta adanya bahan-bahan yang bersifat toksik seperti senyawa sulfida, khromat, zat aktif permukaan, soda kostik, khlorin dan hidrogen peroksida. Konsumsi air untuk memproses kain kapas berkisar antara 50 ~ 200 liter air untuk tiap kilogram kain, sedangkan untuk memproses kain sintetis/polyester berkisar antara 50 ~ 150 liter air untuk tiap kilogram kain.



Gambar-5. Model Linier Aliran Materi dan Energi pada Proses Penyempurnaan Tekstil

Berdasarkan Gambar 5 maka setiap tahapan proses mesin finishing kain menghasilkan limbah berupa; limbah cair, uap panas, bising, asap, dan limbah padat. Khusus mesin Singeing menghasilkan pencemaran udara berupa panas, bising, asap, bau dan debu serta getaran. Setiap tahapan kegiatan transportasi material produk memungkinkan timbulnya limbah yang tidak perlu, baik dalam bentuk cair, padat, dan gas. Proses-proses pembuatan tekstil yang mengkonsumsi banyak air

dan menghasilkan limbah cair diantaranya adalah; proses persiapan penyempurnaan, proses pencelupan dan pencapan serta proses penyempurnaan akhir terhadap kain.

Proses penyempurnaan (*finishing*) tekstil membutuhkan sejumlah air yang relatif cukup banyak, dan menggunakan bermacam jenis zat kimia, serta memerlukan energi panas dengan suhu tertentu. Setelah selesai proses produksi maka sisa-sisa zat kimia yang berakumulasi dengan air akan keluar menjadi limbah cair.

Proses basah tekstil diperkirakan mengkonsumsi air sekitar 50 - 200 liter untuk memproses sebanyak 1 (satu) kilogram tekstil kapas, dan untuk proses bahan tekstil polyester antara 50 - 150 liter. Atkins (1991:21) menyebutkan bahwa kebutuhan air untuk proses bleaching sebanyak 48,000-72,000 meter kubik air untuk tiap ton tekstil dan untuk dyeing sebanyak 7,200- 14,400 meter kubik air untuk setiap ton tekstil, yang berarti setiap kilogram tekstil memerlukan air sebanyak 48~72 liter untuk proses *bleaching* dan sebanyak 7~14 liter untuk proses *dyeing*.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengolah tekstil sebanyak 9.156 ton dibutuhkan air rata-rata sebanyak 1.307.527 m³, yang berarti tiap kilogram tekstil yang diolah membutuhkan air sebanyak kurang lebih 142,8 liter.

Proses-proses penyempurnaan tekstil yang umumnya menghasilkan limbah atau sisa-sisa bahan yang tidak terolah sempurna meliputi;

- Proses pemasakan kain (*scouring*) untuk menghilangkan zat-zat kanji, lemak, dan minyak yang terdapat dalam kain. Proses ini selalu menggunakan air dan zat-zat kimia seperti oksidator H₂O, alkali NaOH, NaHCO₃ atau Na₂CO₃, dan proses ini menghasilkan limbah cair yang memiliki nilai BOD tinggi dan total padatan yang tinggi.

- Proses pengelantangan (*bleaching*) untuk memutihkan kain atau menghilangkan warna pigment alami pada kain kapas. Proses ini selalu menggunakan air dan zat-zat kimia seperti; Kaporit, Sodium Hipoklorit, Natrium Klorit, Hidrogen Peroksida, Natrium Peroksida, Natrium Perborat dan lain sebagainya. Proses ini menghasilkan sisa buangan yang memiliki pH tinggi, padatan total tinggi dan BOD rendah.
- Proses Pencelupan dan atau proses pencapan (*dyeing and printing*) dengan menggunakan bermacam jenis zat pewarna dan zat-zat kimia pembantu seperti; zat-zat bersifat alkalis, zat-

zat bersifat asam, zat-zat yang bersifat oksidator, dan zat-zat yang bersifat reduktor. Proses ini menghasilkan sisa buangan yang memiliki pH netral atau alkalis, padatan tinggi dan BOD cukup tinggi, serta warna air limbah keruh.

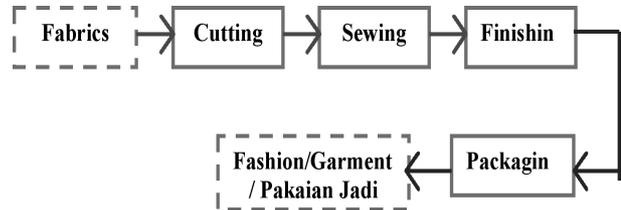
- d. Proses penyempurnaan khusus seperti proses anti susut kain secara kimiawi, proses anti fungi, anti busuk, anti api dan lain sebagainya yang pada dasarnya menggunakan zat-zat kimia beracun dan berbahaya. Proses ini menghasilkan sisa buangan yang umumnya bersifat tidak dapat terurai oleh mikroba, serta warna air limbah keruh.

Kadar pemakaian zat-zat kimia tersebut pada proses penyempurnaan tekstil umumnya berkisar antara 0,01 - 2,5 % terhadap berat kain yang diproses, dan dari jumlah tersebut rata-rata penyerapan zat kimia pembantu berkisar antara 0,001 - 0,01 persen pada kain dan sisanya terlepas bersama limbah cair. Sedangkan zat pewarna (*dye-stuff*) yang terserap pada kain berkisar antara 0,01 - 1,5 persen (untuk kualitas kain yang baik) sedangkan sisanya terbuang bersama limbah cair.

Tergantung pada maksud dan tujuan pembuatan kain serta kegunaan pakai kain maka semakin khusus peruntukannya, maka kain secara bertahap akan mengalami berbagai proses kimiawi dan fisik yang tentunya juga memerlukan zat-zat kimia. Sehingga dengan demikian proses penyempurnaan tekstil ini relatif banyak menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat pencemar yang membahayakan bagi kehidupan lingkungan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Pabrik Garment

Pabrik pembuatan pakaian (*garment*) pada dasarnya tidak menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika dilihat dari aspek lingkungan global, sama seperti halnya pada pabrik pemintalan dan pertenunan, inefisiensi proses menimbulkan; debu, bising, masalah kelembaban udara di lingkungan kerja. Inefisiensi proses yang menghasilkan limbah tetap terjadi selama proses produksi berlangsung namun masih dapat diupayakan untuk ditingkatkan melalui pemanfaatan kembali limbah untuk produk yang berbeda; misalnya sisa potongan kain dimanfaatkan untuk membuat pakaian anak-anak, untuk pengisi jok kursi, untuk pembuatan keset dan lain sebagainya.



Gambar 6. Alir Proses Pembuatan Pakaian pada Industri Garment

Berdasarkan Gambar 6 maka hampir semua limbah padat pada industri ini dapat dimanfaatkan kembali untuk produk lain seperti; kain perca untuk pengisi boneka, pengisi jok, kain lap, dan lain sebagainya. Setiap tahapan proses pada industri garment ini menghasilkan limbah berupa; limbah padat, bising, debu, uap panas, dan asap. Setiap tahap kegiatan transportasi material produk memungkinkan timbulnya limbah berupa; debu, potongan kain dan benang.

Peluang Konservasi Sumberdaya Alam

Peluang-peluang yang memungkinkan untuk dapat melakukan konservasi dan pemulihan sumberdaya alam (*resources conservation and recovery*) yang digunakan pada industri tekstil dapat dilakukan pada beberapa titik tahapan proses produksi meliputi :1) sebagian kecil mata rantai proses pada industri pembuatan serat, 2) sebagian besar mata rantai proses pada proses pemintalan, 3) sebagian kecil mata rantai proses pada proses pertenunan, 4) sebagian besar mata rantai proses pada proses perajutan, 5) sebagian kecil mata rantai proses pada proses pencelupan dan pencapan kain, dan 6) sebagian besar mata rantai proses pada industri garment.

Peran sub-sub sektor industri tekstil tersebut di atas secara proaktif dapat dilakukan untuk meminimumkan terjadinya limbah dan memaksimalkan daur ulang bahan dan energi akan dapat memacu pelaksanaan program Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan.

Peranan industri tekstil dalam upaya daur hidup limbah industri dalam kerangka konservasi sumberdaya dapat dijelaskan sebagai berikut; Peran Sub Sektor Industri Pembuatan Serat

- Mencegah terjadinya kebocoran bungkus material bubuk *Therephthalic Acid*, agar tidak tercecer dilantai selama proses pengangkutan (*transport*) dari gudang ke reaktor polimerisasi.
- Mencegah terjadinya ceceran material cairan *Ethylene Glicol* selama proses transportasi sejak

dari mobil tangki penyuplai ke EG-tank, kebocoran pada pipa-pipa penyalur ke reaktor polimerisasi.

- c. Menyalurkan asap dari boiler pemanas pada proses esterifikasi ke udara melalui cerobong asap, memaksimalkan hasil reaksi polimerisasi, dan mengamankan *sludge* yang terdapat pada mulut bagian bawah reactor.
- d. Menampung dan memanfaatkan kembali material debu chip sisa potongan chip hasil polimerisasi pada proses pembuatan chip (pada *casting drum*).
- e. Memanfaatkan kembali sisa-sisa material tow atau un-draw yarn waste untuk pembuatan plastik.
- f. Memanfaatkan kembali *fiber waste* pada proses *drawing* dan *cutting* untuk dijadikan fiber bahan pengisi kasur dan bantal.
- g. Mengamankan material oligomer waste dan residu polimer pada tempat tertentu untuk kemudian dibakar pada *incinerator*.

Peran Sub Sektor Industri Pemintalan

- a. Mencegah timbulnya limbah dalam bentuk flies selama proses pemintalan dengan cara pengaturan kelembaban (*relative humidity*) ruang pabrik.
- b. Jika flies masih timbul maka lakukan penangkapan dan penampungan untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan kembali untuk campuran pembuatan atap asbes.
- c. Memperkecil suara bising pada mesin ring spinning, mesin winding dan mesin twisting.

Peran Sub Sektor Industri Pertenunan dan Perajutan

- a. Memperkecil suara bising pada mesin tenun konvensional, atau menggantinya dengan mesin baru yang tidak menimbulkan bising serta efisiensi tinggi.
- b. Mencegah timbulnya debu dengan mengatur kelembaban udara di lingkungan kerja, dan peningkatan kinerja bersih lingkungan.

Peran Sub Sektor Industri Penyempurnaan Tekstil

- a. Berupaya menggunakan bahan baku yang berkualitas, ketepatan dalam mengatur komposisi bahan reaktan, pengaturan kecepatan penyerapan bahan dan reaksi kimia yang sempurna pada proses sehingga dapat diperoleh hasil penyempurnaan kain yang optimal dengan limbah yang minimal.

- b. Memanfaatkan kembali sisa-sisa material yang masih dapat dipergunakan untuk keperluan lainnya.
- c. Menghindari penggunaan material toksik atau walaupun terpaksa harus memakainya, maka gunakanlah seefisien mungkin.

SIMPULAN

Terdapat beberapa peluang untuk melakukan konservasi sumberdaya alam pada kegiatan industri tekstil diantaranya pada proses pemintalan benang, proses pertenenan, proses perajutan, dan proses pembuatan garment. Sedangkan pada proses-proses basah tekstil atau proses penyempurnaan tekstil masih terdapat banyak limbah cair dan padat yang sulit dilakukan untuk dipulihkan, karena banyaknya komponen-komponen zat kimia limbah cair yang berakumulasi membentuk limbah sekunder. Tindakan daur ulang penggunaan limbah dengan memanfaatkan kembali (*reuse*) bahan-bahan yang tidak termanfaatkan secara sempurna pada waktu proses produksi agar diupayakan untuk dimasukkan kembali pada proses awal sehingga menghasilkan produk nihil limbah. Cara ini merupakan salah satu bagian tindakan konservasi sumberdaya alam yang dapat menopang program pembangunan berkelanjutan yang gencar dilakukan oleh masyarakat industri internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. at al. 1994. *Chemical Principles of Environmental Pollution*. Publisher: Blackie Academic & Professional, An Imprint of Chapman & Hall, Wester Cleddens Road, Bishopbriggs, Glasgow G64 2NZ, UK. (Pages: 214-215).
- Atkins, M.H. 1979. *Case Studies in Pollutant Control Measures in The Textile Dyeing and Finishing Industries*. Mc Grawhill Ny.
- Bazerman, 2006. Charles and René Agustin De los Santos. "Measuring Incommensurability: Are toxicology and ecotoxicology 2006.
- Chapman, P. M. 2002, "Integrating toxicology and ecology: putting the "eco" into ecotoxicology", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, no. 1, pp. 7-15.
- Corbman, B. 1983. *Textiles Fiber to Fabrics*. Sixth Ed. McGraw-Hill Book Company, Ny: 309-

- Crown, F. 1982. *How to Recycle Old Clothes into New Fashion*. 2nd Edition. Prentice Hall International, Inc., London : 151 hlm.
- Djajadiningrat, Aziz. 2000. *Ekologi Industri sebagai Konsep Teknologi Pengelolaan Lingkungan*. Jurnal Ekologi & Pembangunan UNPAD.
- Djajadiningrat, Surna T. 2001. *Pemikiran, Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*. Studio Tekno Ekono ITB-Bandung.
- Djufri, Rasyid, dkk. 1976. *Teknologi Pengelantangan, Pencelupan dan Pencapan*. Institut Teknologi Tekstil Bandung
- EPA, US. 2003. *ReCRA inFocus Textile Manufacturing*. U.S. Environmental Protection Agency.
- 2001. *Guide to Industrial Assessments for Pollution Prevention and Energy Efficiency*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Fiksel, J. 1996. *Design for Environment, Creating Eco-Efficient Products and Processes*. McGraw-Hill, New York.
- Graedel, T.E. et al. 1995. *Industrial Ecology*. AT&T, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kulkarni dan Alexander. 1986. *Textile Dyeing Operations, Chemistry, Equipment, Procedures and Environmental Aspects*. Radian Corporation Research Triangle Park, North Carolina. New Jersey: Noyes Publications.
- Kristanto, Philip. 2002. *Ekologi Industri*. LPPM Universitas Kristen Petra. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Rizal, Reda 2008. *Ekoefisiensi Pemanfaatan Materi dan Energi pada Industri Tekstil*, Disertasi Program Pascasarjana Universitas Indonesia.
- Rizal, Reda 2013. *Manajemen Ekologi Industri*, Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- Rizal, Reda 2013. *Pendekatan Ergonomi Dalam Pengembangan Produktivitas, Keselamatan dan Kesehatan Kerja Secara Berkelanjutan*. Jurnal Bina Teknika, Volume 9 No. 1. Edisi Juni 2013. (ISSN: 1693-8550).
- Rizal, Reda 2012. *Perancangan Lingkungan Industri Dalam Upaya Meningkatkan Ekoefisiensi Proses dan Produk Industri*. Jurnal Bina Teknika, Volume 8 Nomor 1. Edisi Juni 2012. (halaman 1 s/d 16) (ISSN: 1693-8550).
- Rizal, Reda 2010. *Metabolisme Industri Dalam Rangka Minimisasi Limbah Industri Tekstil*. Jurnal Bina Widya, Volume 21 Nomor 2. April 2010. (halaman 51 s/d 62). (ISSN: 0853-2621).
- Rizal, Reda 2008. *Konsep Eco-Efficiency Dalam Pengembangan Industri Tekstil*. Jurnal Bina Widya, Majalah Ilmiah UPN "Veteran" Jakarta Volume 19 Nomor 2. Juli 2008. (halaman 76 s/d 92)(ISSN: 0853-2621).
- Rizal, Reda 2009. *Ekotoksikologi Pada Industri Tekstil*. Jurnal Bina Widya, Volume 20 Nomor 2. Agustus 2009. (halaman 56 s/d 65). (ISSN: 0853-2621).
- Rizal, Reda et al 2010. *Ekologi*, Buku Materi Pokok MMPI5101/3SKS/MODUL 1 – 9 Universitas Terbuka. Penerbit Universitas Terbuka, Departemen Pendidikan Nasional. ISBN: 978-979-011-325-1.
- Rizal, Reda et al 2006. *Ekologi*, Buku Materi Pokok BIOL4215/3 SKS/MODUL 1 – 9 Universitas Terbuka. Penerbit Universitas Terbuka, Departemen Pendidikan Nasional. ISBN: 978-979-011-325-1.
- Scaltegger, S., 2002. *Sustainability Management in Business Enterprises; Concepts and Instrument for Sustainable Organization Development*. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Bonn Germany.
- Thee Kian Wie. 1997. *Pengembangan Kemampuan*