

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Pabrik Alkohol Jatiroto**

Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur mulai berdiri sejak tahun 1948. Pabrik ini memanfaatkan produk tetes dari Pabrik Gula Jatiroto Lumajang Jawa Timur sebagai bahan bakunya. Produksi yang dihasilkan berupa alkohol teknis dan dipasarkan sebagai spiritus untuk keperluan konsumsi dalam negeri.

Dengan adanya perkembangan industri gula dewasa ini, Pabrik Gula Jatiroto Lumajang Jawa Timur mengalami rehabilitasi dan peningkatan kapasitas dari semula 2400 TCD menjadi 4800 TCD. Hal ini berakibat pula terhadap peningkatan produksi tetes dari  $\pm$  15000 ton/tahun menjadi 30000 ton/tahun. Mengingat kapasitas pabrik alkohol yang ada hanya : 10000 liter/hari dan menghasilkan alkohol teknis, maka dirasa perlu didirikannya satu unit pabrik alkohol baru yang memungkinkan untuk dapat dijual sebagai alkohol murni (*fine alcohol*) baik untuk konsumsi dalam negeri maupun untuk konsumsi luar negeri.

Rencana pendirian Pabrik Alkohol II Jatiroto disetujui oleh Bapak Menteri Keuangan dengan suratnya No.S-1015/MK.011/197 tertanggal 22 desember 1997. Hasil produksi Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur ini berupa alkohol murni/prima, yang direncanakan untuk konsumsi *export* dan akan dilaksanakan melalui pelabuhan Meneng-Banyuwangi. Sesuai dengan perkembangan industri dewasa ini, dimana segala sesuatu pekerjaan berjalan dengan cepat, maka proses pembuatan alkohol pada sistem “VOGELBUSCH-BD-8” ini menerapkan proses fermentasi cepat.

Dimana proses fermentasinya bekerja pada suasana aerob, menggunakan media cairan gula/ tetes pada konsentrasi yang tinggi.

Serta pemberian pupuk urea dan asam fosfat sebagai bahan makanan pada suasana asam dengan pH 4.0-4.5.

Proses fermentasi dengan sistem “VOGELBUSCH-BD-8” cukup efisien dimana waktu fermentasi hanya berjalan selama  $\pm$  8-9 jam, kemudian cairan hasil fermentasi diambil raginya kembali dan dipakai lagi untuk proses fermentasi berikutnya. Setelah itu ragi diasamkan dengan asam sulfat pada pH 2.5-3.0 untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Cairan hasil fermentasi yang sudah bebas ragi, disuling dalam alat destilasi yang terdiri dari 5 kolom distilasi, akan memisahkan alkohol dari air dan cairan-cairan kotoran lain menjadi produk berupa alkohol prima dan hasil sampingan berupa alkohol teknis dan minyak fusel.

## 2.2 Definisi Alkohol

Alkohol adalah istilah yang dipakai untuk menyebut etanol, khususnya dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian. Secara umum bahan-bahan tersebut dapat dibagi dalam tiga golongan yaitu bahan yang mengandung turunan gula sebagai golongan pertama, antara lain molase, gula tebu, gula biet dan sari buah. Golongan kedua adalah bahan-bahan yang mengandung pati seperti biji-bijian, kentang dan tapioka. Golongan ketiga adalah bahan yang mengandung selulosa seperti kayu dan beberapa limbah pertanian (Gumbira S., 1987)

Hal ini disebabkan karena memang etanol yang digunakan sebagai bahan dasar pada minuman tersebut, bukan methanol atau group alkohol lainnya. Begitu juga dengan alkohol yang digunakan dalam dunia farmasi. Alkohol yang dimaksudkan adalah etanol. Sebenarnya alkohol dalam ilmu kimia memiliki pengertian yang lebih luas lagi.

Industri kimia dengan proses fermentasi bisa dikatakan mempunyai fleksibilitas tinggi terhadap bahan bakunya. Terdapat banyak variasi bahan baku yang dapat digunakan dalam industri fermentasi. Dalam proses fermentasi alkohol digunakan ragi. Ragi ini

dapat mengubah glukosa menjadi alkohol dan gas CO<sub>2</sub>. Ragi merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil dan termasuk golongan *eumycetes*.

Pada umumnya sebagai media untuk produksi alkohol secara komersial pada industri fermentasi alkohol di Indonesia dipakai tetes (*molase*) yang bisa didapatkan secara luas dan murah. Tetes merupakan hasil samping dari industri gula yang didapatkan setelah setelah sakhorasanya dikristalisasi dan disentrifusi dari sari gula dan tebu. Etanol merupakan cairan tak berwarna dan larut dalam air. Jenis alkohol ini sering disebut juga sebagai alkohol biji-bijian. Sebenarnya fermentasi dari bahan yang mengandung karbohidrat seperti anggur, molase padi, kentang akan menghasilkan etanol.

Etanol juga dapat dihasilkan dari hidrasi etilen yang merupakan *derivate* dari minyak bumi dan batu bara. Proses tanpa fermentasi ini berlangsung dengan cara menambahkan air pada suhu tinggi (Winarno,2007). Menurut Murdiyatno (2007) 68% etanol di dunia digunakan sebagai bahan bakar. Produksi etanol tersebut banyak dikembangkan dengan komoditi pertanian melalui fermentasi. Menurut Harahap (2003), produksi etanol dengan cara fermentasi bisa diproduksi dari 3 macam karbohidrat yaitu bahan-bahan yang mengandung gula seperti gula tebu, gula bit, *molase* (tetes), sari buah dan lain-lain.

Etanol sering disebut juga etil-alkohol atau alkohol saja, adalah sifatnya yang tidak beracun, bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Bahan ini dapat memabukkan jika diminum. Rumus molekul etanol adalah C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH atau rumus empiris C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O. Etanol telah digunakan manusia seejak jaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol

telak digunakan oleh manusia prasejarah pada masa neolitik (Muslimin, 1996).

Etanol dan alkohol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Etanol murni (absolut) dihasilkan pertama kali pada tahun 179 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang. Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hydrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure dapat menentukan rumus kimia etanol.

Lima puluh tahun kemudian (Couper, 1858) menerbitkan rumus bangun etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus bangunnya (Muslimin, 1996).

Etanol dapat dibuat melalui proses fermentasi diikuti kemudian dengan proses destilasi sehingga serat dan gumpalan gula dari bahan dasar (jagung, gandum, tebu, buah-buahan ataupun sisa sayur mayur) ataupun pengotor lainnya terpisah dari etanolnya. Produksi etanol/bioethanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim dengan perbandingan 1:2, kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan penambahan *yeast* atau ragi. Selain etanol/bioethanol dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa, namun dengan adanya lignin mengakibatkan proses penggulaannya menjadi sulit, sehingga pembuatan etanol dari selulosa tidak direkomendasikan meskipun teknik produksi etanol/bioethanol merupakan teknik yang sudah lama diketahui, namun etanol/bioethanol untuk bahan bakar kendaraan memerlukan etanol dengan karakteristik tertentu yang memerlukan teknologi yang relatif baru di Indonesia antara lain mengenai neraca

energi (*energy balance*) dan efisiensi produksi, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai teknologi proses produksi etanol masih perlu dilakukan.

Waktu inkubasi berpengaruh terhadap hasil fermentasi karena semakin lama inkubasi akan meningkatkan kadar etanol. Pada proses fermentasi sebelum terbentuk alkohol maka akan membentuk glukosa lebih dahulu sehingga untuk pembentukan alkohol membutuhkan waktu lebih lama dari pada pembentukan glukosa. Namun bila fermentasi terlalu lama nutrisi dalam subtract, akan habis dan khamir tidak dapat memfermetasikan bahan (Anik Purbarini, 2003).

### 2.3 Definisi Tetes/Molase

*Molase* adalah hasil samping yang berasal dari pembuatan gula tebu. Tetes tebu berupa cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisah Kristal gula. *Molase* tidak dapat lagi dibentuk menjadi sukrosa namun masih mengandung gula dengan kadar tinggi 50-60%, asam amino dan mineral. Tingginya kandungan gula dalam *molase* sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku *bioethanol*. *Molase* masih mengandung kadar gula yang cukup untuk dapat menghasilkan etanol dengan proses fermentasi, biasanya pH *molase* berkisar antara 5,5-6,5. *Molase* yang masih mengandung kadar gula sekitar 10-18% telah memberikan hasil yang memuaskan dalam pembuatan etanol.

Tetes berupa cairan kental berwarna coklat kehitaman, yang merupakan produk samping dari Pabrik Gula (PG), hasil dari pemisahan masakan akhir. Di dalam tetes sering bagian yang tidak larut, baik berupa kristal gula maupun kotoran. Komposisi tetes yang diproduksi antara suatu Pabrik Gula yang satu dengan yang lain tidak sama. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah, iklim, jenis tebu, kemasakan dan jenis proses pengolahan yang digunakan pabrik gula.

Secara garis besar komposisi tetes terdiri dari sukrosa, glukosa dan fruktosa. Dimana gula – gula tersebut merupakan komponen utama yang memiliki potensi besar digunakan sebagai bahan baku utama yang memiliki potensi besar digunakan sebagai bahan baku utama dalam fermentasi. Disamping itu terdapat zat mereduksi lain yang berasal dari gula maupun bukan gula, protein terlarut, serta beberapa senyawa anorganik dengan persentase yang lebih kecil.

Komponen lain yang bukan gula terutama tersusun oleh asam organik dan protein. Kadar abu terutama tersusun oleh kalium, kalsium dan magnesium. Keberadaan beberapa kation logam yang cukup signifikan tersebut didalam sampel tetes harus diperhatikan, berkenaan dengan metode analisa gula reduksi yang digunakan. Disamping itu jika kita tinjau lebih jauh dari tabel 1, pada dasarnya tetes (*molasses*) masih mengandung beberapa senyawa organik esensial seperti vitamin yang dapat digunakan sebagai *precursor* matabolisme makhluk hidup.

#### **2.4 Limbah Pabrik Alkohol Jatiroto**

Limbah bisa juga diartikan sebagai benda yang diperlukan dan dibuang, baik berasal dari alam maupun dari hasil proses teknologi, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah mengandung bahan pencemar dengan konsentrasi bervariasi. Bila dikembalikan ke alam dalam jumlah besar akan terakumulasi hingga mengganggu keseimbangan ekosistem alam.

Berdasarkan dari wujudnya, limbah sejatinya dibagi menjadi tiga bagian, yakni limbah padat, limbah gas dan limbah cair. Pada Pabrik Alkohol Jatiroto, ini menghasilkan limbah cair dan gas. Limbah cair adalah air yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi.

Jenis dan macam air limbah dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil atau penyebab air limbah. Menurut Notoatmojo (1997) secara garis besar air limbah dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

- 1) Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (domestic wasters water), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur, kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.
- 2) Air buangan industri yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi, zat-zat yang terkandung didalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri, antara lain: nitrogen, sulfide, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut dan sebagainya. Oleh sebab itu, pengolahan jenis ini, agar tidak menimbulkan polusi lingkungan menjadi lebih rumit.
- 3) Air buangan kotapraja (municipal waste water), yaitu air buangan yang berasal dari daerah: perkantoran, perdagangan, hotel, restoran tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

Data mengenai sumber air limbah dapat dipergunakan untuk memperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah dari berbagai jenis perumahan, industri dan aliran air tanah yang ada disekitarnya. Kesemuanya ini harus dihitung perkembangannya atau pertumbuhannya sebelum membuat suatu bangunan pengolahan air limbah serta merencanakan pemasangan saluran pembuangannya.

Selain limbah cair juga terdapat limbah gas yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Hal ini disebabkan karena limbah gas mengandung zat partikulat yang berbentuk asap yang dilepas ke udara. Udara merupakan sarana pencemaran dari limbah gas ini. Penyebab dari terjadinya perubahan udara di dalam lingkungan adalah limbah gas. Limbah gas terbentuk dari kumpulan zat-zat pencemar gas atau partikel kecil yang dilepas ke udara (Moestikahadi, 2000).

Mengolah limbah gas merupakan cara yang dirasa cukup sulit. Untuk menyiasati pencemaran pada udara, pengelola industri dapat mengurangi penggunaan zat dan bahan kimia yang berbahaya dalam proses produksinya. Seperti karbon dioksida atau  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari proses pembakaran senyawa karbon. Setiap hari kita menghasilkan gas ini melalui proses pernafasan. Namun bila lebih dari 5000 ppm maka akan menyebabkan masalah pada kesehatan manusia, sedangkan bila konsentrasi lebih dari 50.000 ppm dapat membahayakan kehidupan hewan.

Cerobong asap pada pabrik alkohol jatiroto dibuat tinggi menjulang supaya karbon dioksida terlepas pada udara di ketinggian yang jauh dari jangkauan manusia bernafas. Contoh lain selain karbon dioksida yaitu karbon monoksida yang proses pembakarannya tidak sempurna, sulfur dioksida yang proses pembakarannya mengandung sulfur, gas ammonia yang memiliki aroma yang sangat kuat dan gas metan dari proses pembusukan anaerobik beragam bahan organik. Berikut adalah masalah-masalah limbah yang dihadapi selama ini adalah sebagai berikut:

1. Sikap masyarakat yang kurang menghargai limbah.
2. Belum semua limbah hasil pertanian dimanfaatkan secara optimal.
3. Pencemaran oleh limbah yang belum dimanfaatkan.
4. Teknologi yang tepat dan mudah diterapkan dimasyarakat belum ada.



5. Adanya tanggapan bahwa pemanfaatan limbah mengakibatkan nilai tambah yang relatif kecil.
6. Kurangnya usaha pemerintah yang mendorong pengusaha untuk memanfaatkan limbah industri.

## 2.5 Vinasse

*Vinasse*, biasa juga disebut sebagai stillage merupakan hasil samping akhir dari proses pengolahan ethanol. Sebelum dihasilkan *vinasse* hasil samping lainnya dapat dimanfaatkan sebagai diversifikasi proses ethanol seperti *yeast mud*, biogas, CO<sub>2</sub> dll. Penampakan *vinasse* berupa cairan kecoklatan dengan massa jenis lebih besar daripada air atau sekitar 1,042 g/cm<sup>3</sup>. Menurut Meeyer (2013), di beberapa negara, *vinasse* mengandung nutrisi tinggi terutama potasium dan baik digunakan sebagai pupuk.

Limbah cair *vinasse* merupakan limbah yang mempunyai volume paling besar dan memiliki BOD, COD yang tinggi (BOD kurang lebih 30.000 ppm dan COD kurang lebih 70.500 ppm), suhu kurang lebih 98°C dan pH 3,8. Jika limbah ini dibuang ke lingkungan maka kualitas air permukaan akan sangat terpengaruh dan *self purification* alam terganggu. Secara fisik limbah ini berwarna coklat kehitaman dan berbau sehingga pembuangan limbah cair tersebut akan menimbulkan gangguan lingkungan.

Limbah pabrik alkohol dimanfaatkan untuk lahan pertanian tebu di sekitar pabrik, karena mengandung unsur hara yang diperlukan untuk pupuk. Limbah etanol dapat dijadikan pupuk hayati cair yang dapat langsung diaplikasikan ke lahan. Microba yang ada di pupuk ini antara lain *Celulotic bacteria*, *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Lactobacillus* (Meyer et al., 2016).

Hampir 90% kandungan didalam *vinasse* adalah air (H<sub>2</sub>O). Sisanya merupakan senyawa dan unsur yang mendukung terbentuknya *vinasse*. Komposisi *vinasse* bergantung pada bahan baku proses *ethanol*,

model pengolahan *ethanol* bahkan pemanfaatan hasil samping lainnya. Namun, sebagian besar *vinasse* bersifat organik karena bahan baku dan pembantunya juga berasal dari bahan organik (Vyatrissa et al., 2017).

Kandungan *vinasse* (berbahan baku *molasses*), sebagai contoh studi di Brazil yaitu unsur-unsur makro dan mikro N, P, K, Ca Mg dan S yang nilainya berkisar dari 0,04-6,5 g/L, serta pH kisaran 4-5. Sedangkan kandungan *vinasse* di Kolombia berupa N, P, K, Ca Mg dan S berkisar dari 0,01-3,52 g/L, serta pH sekitar 5.

Kegunaan limbah *vinasse* dalam lahan pertanian yaitu :

1. Sebagai sumber ion P yang dibutuhkan oleh lahan pertanian
2. Sebagai sumber ion K yang dibutuhkan oleh lahan pertanian
3. Sebagai sumber ion Ca yang dibutuhkan oleh lahan pertanian
4. Sebagai sumber ion Mg yang dibutuhkan oleh lahan pertanian

Pemakaian limbah cair *vinasse* pada lahan pertanian dilakukan dengan menyemprotkan langsung limbah *vinasse* pada lahan pertanian, lahan pertanian yang baik untuk pupuk ini adalah lahan pertanian dengan tanah bersifat basa.

## 2.6 Produksi Bersih

*Cleaner Production* atau Produksi Bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang sifatnya mengarah pada pencegahan dan terpadu untuk diterapkan pada seluruh siklus produksi. Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif atau pencegahan dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan.

Menurut UNEP, Produksi Bersih adalah strategi pencegahan dampak lingkungan terpadu yang diterapkan secara terus menerus pada proses, produk, jasa untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan dan mengurangi resiko terhadap manusia maupun

lingkungan (UNEP, 1991). Sedangkan menurut Kementerian Lingkungan Hidup, didefinisikan sebagai strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus-menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada, sumbernya sehingga dapat meminimisasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan (KLH,2003).

Hal tersebut, memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan mentah, energi dan air, mendorong performansi lingkungan yang lebih baik, melalui pengurangan sumber-sumber pembangkit limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk terhadap lingkungan. Produksi bersih berfokus pada usaha pencegahan terbentuknya limbah, yang merupakan salah satu indikator inefisiensi. Dengan demikian, usaha pencegahan tersebut harus dilakukan sejak awal proses produksi dengan mengurangi terbentuknya limbah serta pemanfaatan limbah yang terbentuk melalui daur ulang. Keberhasilan upaya ini akan menghasilkan penghematan yang besar karena penurunan biaya produksi yang signifikan sehingga pendekatan ini dapat menjadi sumber pendapatan.

Pola pendekatan produksi bersih dalam melakukan pencegahan dan pengurangan limbah yaitu dengan strategi 1E4R (*Elimination, Reduce, Reuse, Recycle, Recovery/Reclaim*) (UNEP, 1999). Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih (KLH, 2003) dituangkan dalam 5R (*Re-think, Re-use, Reduction, Recovery and Recycle*).

- a. *Reduce* (pengurangan) adalah upaya mengurangi atau meminimumkan penggunaan bahan baku, air, dan energi serta menghindari pemakaian bahan baku beracun dan berbahaya serta mereduksi terbentuknya limbah pada sumbernya, sehingga mencegah dari atau mengurangi timbulnya masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan serta risikonya terhadap manusia.
- b. *Re-think* (berpikir ulang) adalah suatu konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi. Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait baik dari pihak pemerintah, masyarakat maupun kalangan dunia (industriawan). Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan. Selain itu juga, perlu diterapkan pola manajemen di kalangan industri maupun pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan.
- c. *Recycle* (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memrosesnya kembali ke proses semula. Mengaplikasikan teknologi akrab lingkungan, manajemen dan prosedur standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak selalu membutuhkan biaya investasi yang tinggi, walaupun terjadi seringkali waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi relatif singkat.
- d. *Reuse* (pakai ulang/penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia atau biologi.
- e. *Recovery/ Reclaim* (pungut ulang/ambil ulang) adalah upaya mengambil bahan-bahan yang masih mempunyai nilai

ekonomi tinggi dari suatu limbah kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia dan biologi.

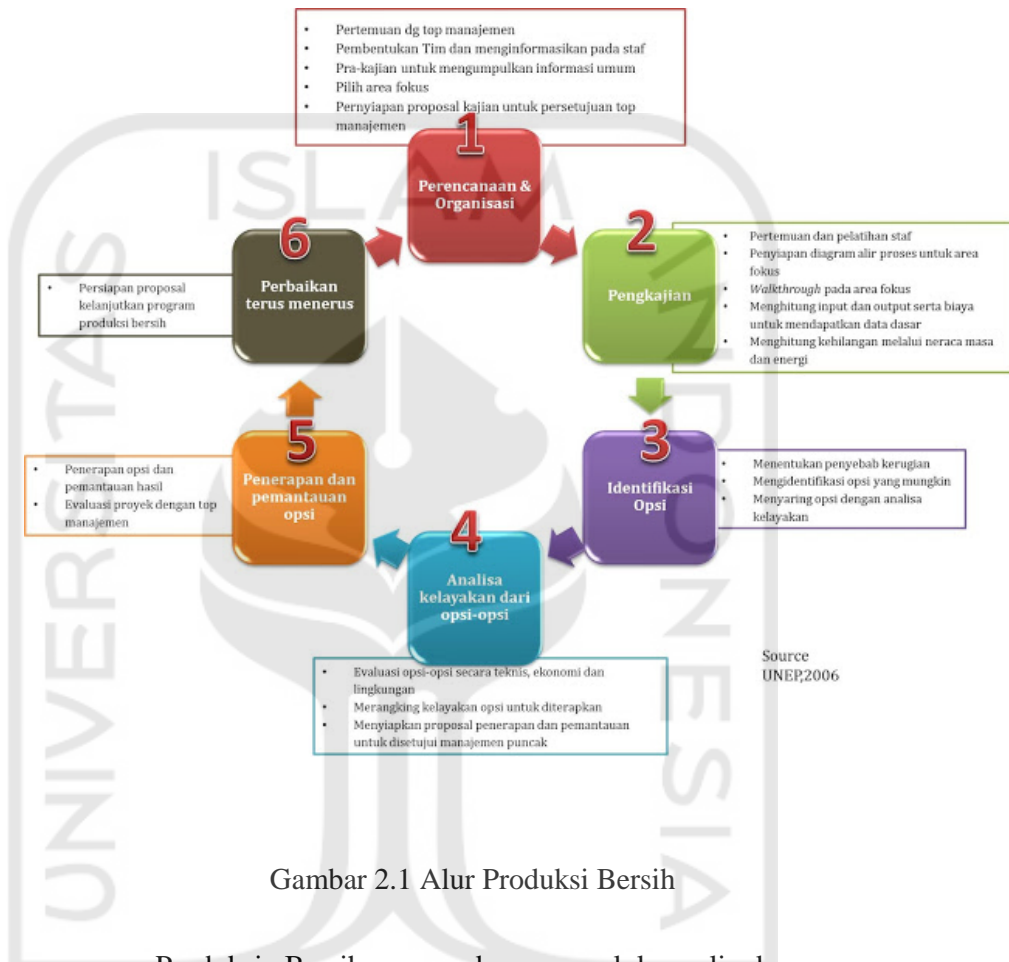
Meskipun prinsip produksi bersih dengan strategi 1E4R atau 5R, namun perlu ditekankan bahwa strategi utama perlu ditekankan pada Pencegahan dan Pengurangan (1E1R) atau 2R pertama. Bila strategi 1E1R atau 2R pertama masih menimbulkan pencemar atau limbah, baru kemudian melakukan strategi 3R berikutnya (*reuse, recycle, dan recovery*) sebagai suatu strategi tingkatan pengelolaan limbah.

Tingkatan terakhir dalam pengelolaan lingkungan adalah pengolahan dan pembuangan limbah apabila upaya produksi bersih sudah tidak dapat dilakukan :

1. *Treatment* (pengolahan) dilakukan apabila seluruh tingkatan produksi bersih telah dikerjakan, sehingga limbah yang masih ditimbulkan perlu untuk dilakukan pengolahan agar buangan memenuhi baku mutu lingkungan.
2. *Disposal* (pembuangan) limbah bagi limbah yang telah diolah. Beberapa limbah yang termasuk dalam kategori berbahaya dan beracun perlu dilakukan penanganan khusus. Tingkatan pengelolaan limbah dapat dilakukan berdasarkan konsep produksi bersih dan pengolahan limbah sampai dengan pembuangan (Weston dan Stuckey, 1994).

Penekanan dilakukan pada pencegahan atau minimisasi timbulan limbah, dan pengolahan maupun penimbunan merupakan upaya terakhir yang dilakukan bila upaya dengan pendekatan produksi bersih tidak mungkin untuk diterapkan. UNEP telah membuat alur atau siklus produksi bersih yang dapat menjadi acuan

bagi Industri besar, menengah, kecil maupun konsultan dalam pelaksanaannya.



Gambar 2.1 Alur Produksi Bersih

Produksi Bersih merupakan pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara kontinyu pada proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan ekoefisiensi sehingga mengurangi resiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Secara singkat, produk bersih memberikan dua keuntungan:

- Meminimalkan terbentuknya limbah sehingga dapat melindungi kelestarian lingkungan hidup.
- Efisiensi dalam proses produksi, sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

Sebagai suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, produk bersih memberikan keuntungan dan manfaat antara lain:

- a. Menghemat dalam pemakaian bahan baku.
- b. Mengurangi biaya pengolahan limbah.
- c. Mencegah terjadinya kerusakan lingkungan.
- d. Mengurangi bahaya terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.
- e. Meningkatkan daya saing produk.
- f. Meningkatkan image yang baik terhadap perusahaan.

