

BAB II

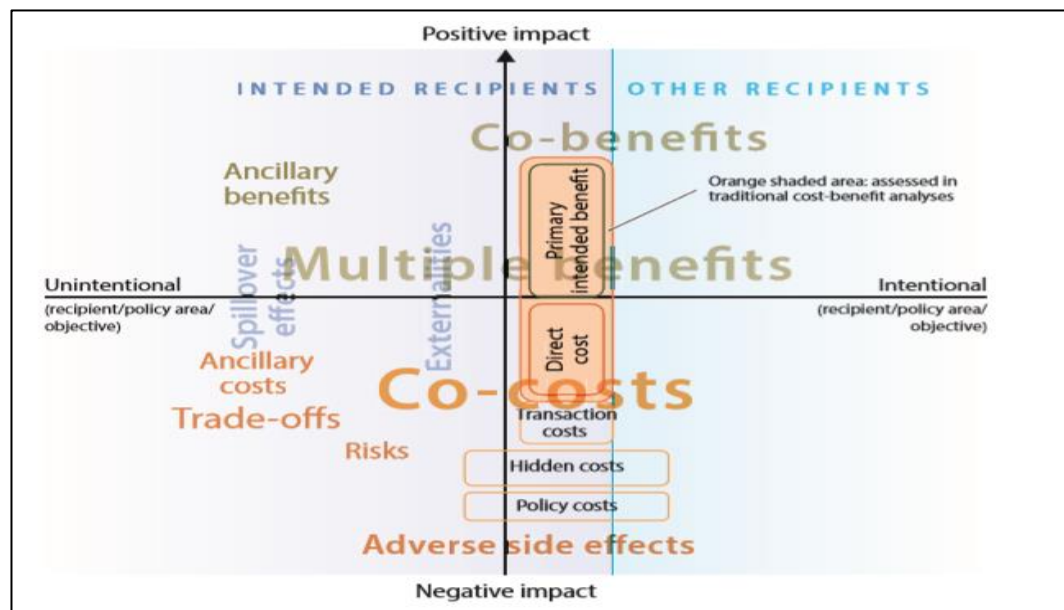
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Co-BENEFIT

2.1.1. Konsep Co-Benefits

Konsep “*Co-Benefits*” menyiratkan “*win-win strategy*” untuk mengatasi dua tujuan atau lebih dengan satu ukuran kebijakan. Ada banyak perhatian ilmiah dan kebijakan yang diberikan pada konsep ini sebagai cara untuk menghindari konflik antara isu-isu pembangunan dan lingkungan, dengan memberikan dorongan memikirkan kembali pendekatan ini untuk mempelajari “*Co-Benefit*” dan menunjukkan perlunya penelitian inter dan trans disiplin ilmu ekonomi, politik dan sosial. Konsep “*Co-Benefits*” muncul pada era tahun 1990an ketika ekonom lingkungan menciptakan istilah untuk merujuk *Co-Benefits* dalam mengembangkan kebijakan terkait perubahan iklim global. Pada era 2000-an, Badan-badan International seperti Organisasi Kerjasama Ekonomi dan Pembangunan (OECD) dan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mulai menggunakan istilah ini untuk merujuk pada kebijakan dengan berbagai tujuan, salah satunya adalah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). (IPCC, 2001)

Pendekatan *Co-Benefits* (CBApp), telah dikembangkan sebagai cara untuk mencapai lebih dari satu hasil melalui kebijakan tunggal. Ini digunakan untuk mendorong negara-negara berkembang menerapkan kebijakan lingkungan dalam mengatasi masalah perubahan iklim global dan lokal sambil menangani prioritas pembangunan lokal. (Puppim & dkk, 2013)



Gambar 2.1 Konsep Co Benefits, Vorsatz et al (2014)

Dari gambar diatas dapat diuraikan, bahwa konsep *co-benefits* merupakan bagian dari pemanfaatan kegiatan tertentu dengan proses tertentu yang menghasilkan nilai tambah dan mengurangi eksploitasi sumber daya alam berlebihan. Kondisi awal menunjukkan dampak negatif (*negative impact*) dari pengelolaan limbah industri dengan *multiple cost* yang tinggi, dari biaya perijinan, biaya transaksi, biaya pemeliharaan, biaya uji laborat sampai biaya yang tersembunyi untuk pembuangan ke tempat pembuangan supaya tidak berbahaya. *Waste management* yang hanya mengandalkan pembuangan dengan proses oksidasi limbah hanya akan membuang limbah tanpa *add value* pada lingkungan dan bahkan cenderung *hazardous*. Dengan konsep *co benefits*, *multiple cost* yang awalnya berat bagi pihak industri diarahkan kepada *multiple benefits* bagi banyak pihak (*positive impact*). Beberapa konsep *co benefits* yang sudah diimplementasikan di Indonesia antara lain:

Tabel 2.1 Implementasi *Co Benefit*

| No | Jenis Teknologi | Aktivitas <i>Co Benefit</i> |
|----|---|--|
| 1 | Teknologi Biofilter Kombinasi Anaerobik-Aerobik | Pengolahan limbah organik konsentrasi tinggi secara anaerobik, seperti Semanan, Jakarta Barat, atau Sentra Industri Tahu di Tegal, Limbah Peternakan babi Pulau Bulan, MCK komunal di Petojo, Jakarta. |
| 2 | Teknologi Kolam <i>Oxidation Ditch</i> (Sistem Aerobik) | Pengolahan limbah industri skala besar untuk menurunkan konsentrasi limbah pencemaran, seperti di Kawasan Industri Jababeka |
| 3 | Teknologi reaktor anaerobik | Pengolahan Limbah dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH) di Cakung, Jakarta dan Suwung-Denpasar) |
| 4 | Teknologi pengelolaan limbah <i>leachate</i> | Menetralkan kemasaman air, menurunkan kandungan organik dalam air limbah |

Sumber: IPCC, 2001

2.1.2. Metode Evaluasi pada Pendekatan *Co-Benefits*

Secara umum metode perhitungan didasarkan pada *Draft Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change*. Namun demikian, ada beberapa pendekatan dibuat berdasarkan data dari IPCC serta US-EPA, yang dirasa lebih sederhana serta lebih mudah diaplikasikan. (MOEJ, 2009).

Kriteria Metodologi untuk Evaluasi Pendekatan *Co-Benefits* didasarkan pada kondisi yang berbeda di setiap negara juga harus mudah dan efisien diterapkan. Pemrakarsa harus memilih metodologi evaluasi yang tepat dari opsi yang disajikan, dengan mempertimbangkan kondisi di negara yang bersangkutan, untuk mengevaluasi secara kuantitatif manfaat proyek.

Pertimbangan kriteria berikut dalam setiap metodologi evaluasi:

- a) Mampu mencerminkan inisiatif masing-masing negara, dengan mempertimbangkan keragaman di antara negara-negara berkembang dan perbedaan dalam pendekatan mereka terhadap pembangunan berkelanjutan
- b) Transparan, adil, dan dapat direproduksi
- c) Mudah dan cepat untuk diterapkan

2.1.3. Tingkat Metodologi Evaluasi untuk Pendekatan *Co-Benefits*

Dengan pertimbangan kriteria tersebut, klasifikasi metodologi evaluasi pendekatan *Co-Benefits* yang ditunjukkan di Tabel 2-2.

Tabel 2.2. Tingkat Metodologi Evaluasi untuk Pendekatan *Co-Benefits* Kategori Penanggulangan Perubahan Iklim

| Tingkat | Deskripsi nilai Metodologi | Keterangan |
|-----------|---|--|
| Tingkat 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada perhitungan yang dilakukan. • Evaluasi dilakukan berdasarkan kriteria evaluasi yang sesuai dengan rincian aktual kegiatan. | Dalam kasus di mana sulit untuk merumuskan yang diperlukan persamaan untuk menghitung manfaat secara kuantitatif, data sulit diperoleh, dan evaluasi kuantitatif sulit, salah satu opsi adalah mengevaluasi proyek berdasarkan kriteria yang telah ditentukan untuk evaluasi kualitatif. Pendekatan ini adalah yang paling mudah diterapkan. |
| Tingkat 2 | Evaluasi kuantitatif dilakukan sejauh mungkin, menggunakan persamaan yang telah ditentukan dan data pengukuran yang tersedia. | Ini adalah metode untuk menerapkan evaluasi manfaat secara kuantitatif. Sedapat mungkin, menggunakan data pengukuran aktual yang diperlukan untuk perhitungan kuantitatif manfaat. Jika tidak ada data pengukuran yang tersedia, nilai standar digunakan. |
| Tingkat 3 | Evaluasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan data pengukuran kegiatan dan parameter, dan menggunakan persamaan spesifik | Ini adalah metode untuk menerapkan evaluasi kuantitatif manfaat. Biasanya menggunakan data pengukuran aktual dan persamaan tertentu. Karena metode ini membutuhkan data pengukuran dan persamaan, jadi metodologi evaluasi yang paling sulit. |

Sumber: *Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change Projects Version 1.0, June 2009*

2.1.4. Tingkat Indikator dan Evaluasi

Sebagai indikator yang akan digunakan dalam evaluasi, perlu untuk menentukan tingkat berdasarkan situasi di proyek dan pada sifat indikator yang diinginkan. Tabel.2-3 menunjukkan perbedaan tingkat indikator evaluasi berdasarkan tingkat kesulitan evaluasi kuantitatif.

Tabel.2.3. Tingkat, Fitur dan Contoh Indikator dalam Evaluasi Kuantitatif

| Tingkat | Fitur | Contoh Indikator |
|-----------|--|--|
| Tingkat 1 | Sulit untuk mengevaluasi secara kuantitatif dan hanya bisa dinyatakan secara kualitatif | Stimulasi ekonomi, pengurangan kemiskinan, dll |
| Tingkat 2 | Pengambilan data menggunakan alat ukur dan evaluasi kuantitatif menggunakan formulasi yang mudah dilakukan. | COD, Sulfida, Konsumsi bahan bakar, volume pengolahan limbah, bau yang menyengat, tingkat pemadaman listrik, dll |
| Tingkat 3 | Pengambilan data menggunakan alat ukur dan evaluasi kuantitatif menggunakan formulasi yang lebih sulit dari pada tingkat 2 | Pengurangan pembuangan limbah, nilai ekonomi perbaikan lingkungan, dll |

Sumber: *Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change Projects Version 1.0, June 2009*

2.1.5. Indikator Evaluasi dalam Kategori Pengelolaan Limbah

Indikator evaluasi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel.2.4. Indikator Evaluasi Kategori Pengelolaan Limbah

| Tahap | Indikator Evaluasi | Penjelasan Indikator | Penggunaan Indikator | Target Indikator |
|---|-------------------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Penetapan infrastruktur sistem pengelolaan limbah | Rasio pengumpulan limbah | Rasio total limbah yang dikumpulkan | Mengevaluasi dampak pengembangan sistem infrastruktur pengelolaan limbah, dari peningkatan rasio limbah yang dikumpulkan | |
| Inisiatif untuk mengurangi jumlah limbah | Jumlah limbah yang dihasilkan | Jumlah limbah yang dihasilkan | Evaluasi volume yang dikurangi dari pengurangan limbah yang dihasilkan | |
| | Tingkat daur ulang | Tingkat daur ulang sebagai energi atau mentah bahan | Mengevaluasi pengurangan volume limbah dari perbaikan tingkat daur ulang | Penanggulangan pencemaran lingkungan |
| | Jumlah pembuangan limbah | Jumlah limbah yang dibuang di TPA atau di <i>landfill</i> | Mengevaluasi pengurangan volume limbah dari berkurangnya jumlah pembuangan limbah akhir (TPA) | |
| Pengolahan limbah yang tepat | Bahan kimia kebutuhan oksigen (COD) | Jumlah bahan organik yang terkandung pada lindi TPA | Mengevaluasi penurunan polusi dari pengurangan Konsentrasi COD | |
| | Bau | Bau yang dihasilkan dari limbah | Mengevaluasi kontrol bau tidak enak dari perubahan indeks bau. | |

Sumber : *Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change Projects Version 1.0, June 2009*

Tabel2.5. Indikator Evaluasi pada Bahan Beracun dan Berbahaya

| Indikator Evaluasi | Penjelasan Indikator | Penggunaan Indikator | Area Target |
|---------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Bahan berbahaya | Zat yang dapat merusak kesehatan manusia jika dibuang ke badan air | Mengevaluasi efek pen- Pencegahan pencemaran air dan pencegahan pembuangan zat lingkungan berbahaya | Pencegahan pencemaran zat lingkungan |

Sumber: *Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change Projects Version 1.0, June 2009*

2.2. INDUSTRI TEKSTIL DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN

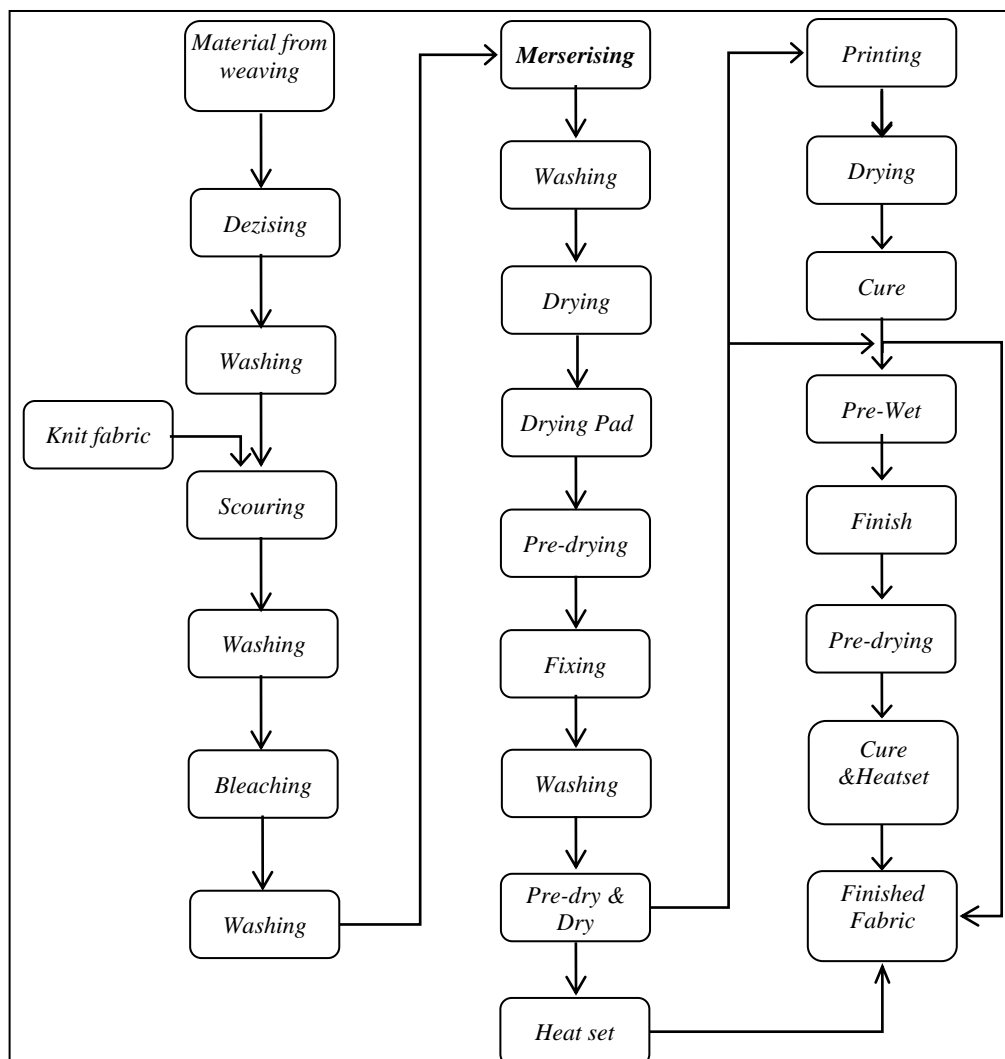
2.2.1. Tinjauan Umum Industri Tekstil

Sektor industri tekstil di Jawa Tengah, mempunyai dampak perekonomian penting, memberikan kontribusi Produk Domestik Bruto sebesar 34,82 % dari PDB Provinsi Jawa Tengah. Industri tekstil dan produk tekstil tersebar di sebagian besar wilayah provinsi Jawa Tengah, meliputi Wilayah Pekalongan, Batang, Semarang, Boyolali, Magelang, Purworejo, Surakarta, Sukoharjo dan Wonogiri. Skala industri terdiri atas industri kecil, menengah hingga industri besar. Proses produksi tekstil di Jawa Tengah meliputi proses Terpadu, Finishing, Dyeing, Printing, dan Garment(BPS, 2017). Produksi tekstil tergolong proses yang mengkonsumsi sumber daya yang tinggi seperti air, bahan bakar dan berbagai bahan kimia dalam rangkaian proses panjang yang menghasilkan sejumlah besar limbah. Rendahnya efisiensi proses pada umumnya menghasilkan pemborosan sumber daya yang besar dan kerusakan parah terhadap lingkungan. Masalah lingkungan utama yang terkait dengan industri tekstil biasanya terkait dengan pencemaran badan air yang disebabkan oleh buangan limbah yang tidak diolah (Bathia, 2017)

Proses produksi tekstil meliputi pemintalan (serat menjadi benang), menenun / merajut (benang untuk kain), pengolahan kimia (basah), dan manufaktur garmen. Sebagian besar konsumsi air (72%) terjadi dalam pemrosesan tekstil (basah) kimia (Juang dkk. 1996). Air diperlukan untuk menyiapkan kain untuk proses mewarnai, mencetak, dan proses finishing;

pencucian / pembilasan; dan pembersihan mesin. Jumlah air yang diperlukan untuk pengolahan basah tekstil sangat besar (120-150 l / kg) dan bervariasi dari industri ke industri tergantung pada jenis kain yang diproses, kualitas dan kuantitas kain, urutan pengolahan, dan sumber air (Ghaly et al. 2014).

Menurut Ramesh Babu et al, 2007 berbagai proses industri tekstil secara lengkap digambarkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2. Proses Produksi Tekstil Terpadu

Vineta (2014) menyatakan Industri tekstil menghasilkan berbagai macam polutan dari semua tahap dalam pemrosesan benang, kain dan produksi garmen (Tabel 2.5), termasuk didalamnya air limbah, limbah padat, emisi udara dan

kebisingan. Perhatian utama dampak lingkungan pada industri tekstil adalah tentang jumlah air yang dibuang dan kandungan kimia yang dibawanya.

2.2.2. Karakteristik Air Limbah Tekstil

Berikut jenis limbah yang dihasilkan industri tekstil

Tabel 2.6. Jenis Limbah Yang Dihasilkan Dari Proses Industri Tekstil

| Proses | Limbah Padat | Emisi | Air Limbah | |
|-----------------|--|--|---|---|
| | | | Pencemar | Sifat Buangan |
| Pembuatan Serat | Sisa serat & Kemasan | - | - | - |
| Pemintalan | Limbah pengemasan, sisa benang, limbah serat, pem- dan limbah pengolahan | - | - | - |
| Perekatan | Serat, sisa benang, limbah kemasan, sisa pati/kanji | VOCs | Kanji, glukosa, PVA, resin, lemak, dan lilin | Volume sangat kecil, BOD tinggi (30-50% dari total), PVA. |
| Penenunan | limbah kemasan benang dan kain, minyak bekas | - | - | - |
| Perajutan | Limbah pengemasan, sisa benang dan kain | - | - | - |
| Proses tufting | Limbah pengemasan, sisa benang dan kain, kain <i>out of spec</i> | VOC dari ester glikol dan pelarut | Desinfektan, NaOH, deterjen, pelumas rajut | |
| Desizing | Limbah kemasan, serat, sisa benang, bahan pembersih dan perawatan | VOC dari Glycol ester | Kanji, enzim, pati, lilin, amonia | Volume sangat kecil, BOD tinggi, PVA |
| Scouring | - | VOC dari ester glikol dan pelarut | Disinfektan, residu dinsektisida, NaOH, surfaktan | Volume kecil, sangat basa, BOD rendah |
| Bleaching | - | - | H ₂ O ₂ , AOX, natrium silikat, pH. | Volume kecil, sangat basa, BOD rendah |
| Mercerizing | - | - | Tinggi, pH, NaOH | Volume kecil, sangat basa, BOD rendah |
| Heat Setting | Sedikit atau bahkan tidak ada | Uap pemintalan akhir pembuatan serat sintetis. | - | - |

Tabel 2.6. (lanjutan)

| Process | Limbah Padat | Emisi | Air Limbah | |
|-----------|--|---|---|--|
| | | | Pencemar | Sifat Buangan |
| Dyeing | - | VOCs | Warna, logam, garam, surfaktan, organik, sulfida, keasaman, alkalinitas, formaldehida | Volume besar, BOD sangat berwarna, cukup tinggi |
| Printing | - | Pelarut, asam asetat dan emisi pengeringan oven | Urea, pelarut, warna, logam | Volume sangat kecil, berminyak, BOD cukup tinggi |
| Finishing | Potongan kain dan hiasan, sisa kemasan | VOC, kontaminan dalam Bahan Kimia, uap formaldehida, gas pembakaran | Resin, lilin, senyawa terklorinasi, asetat | Volume sangat kecil, kurang basa, rendah BOD. |

Sumber : *Vineta (2014)*

Air limbah yang dibuang dari industri tekstil dicirikan oleh kandungan kimia yang tinggi, biodegradabilitas rendah, dan kandungan garam yang tinggi (Karthik dan Gopalakrishnan 2012). Beberapa pewarna seperti pewarna azo bersifat karsinogenik dan menyebabkan masalah kesehatan yang serius seperti kanker (Joshi dkk 2004).

Sifat limbah yang dihasilkan tergantung pada jenis proses yang digunakan dan teknologi yang terlibat, dan jenis bahan baku dan bahan kimia yang digunakan. Karakteristik air limbah industri tekstil berdasarkan pada proses produksinya, terlihat pada data yang disajikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Karakteristik Air Limbah Proses Produksi Tekstil

| Parameter | Satuan | Standard | Cotton | Synthetic | Wool scouring | Wool dyeing, |
|------------------------------------|--------|----------|------------|-----------|---------------|--------------|
| pH | - | 5.5-9.0 | 8-12 | 7-9 | 3-10 | 5-10 |
| BOD ₅ | mg/L | 30-350 | 150-750 | 150-200 | 5000-8000 | 500-600 |
| COD | mg/L | 250 | 200-2400 | 400-650 | 10000-20000 | 1700-2400 |
| Alkalinity as (CaCO ₃) | mg/L | - | 180-7300 | 550-630 | 80-100 | 240-300 |
| Phenols | mg/L | - | 0.030-1.00 | - | - | - |
| Oils and grease | mg/L | 10-20 | 4.5-30 | - | 2000-2500 | 400-500 |
| TSS | mg/L | 100-600 | 35-1750 | 50-150 | 5000-6000 | 500-700 |
| TDS | mg/L | - | 2100-7700 | 1060-1080 | 10000-13000 | 800-1000 |

Sumber: *Bathia, 2017*

Karakteristik pencemar yang mungkin dihasilkan dari dari pengolahan basah proses produksi tekstil ditunjukkan pada Tabel 2.8, tipikal karakteristik dari buangan air limbah tekstil yang belum diolah ditunjukkan pada Tabel 2.8. dan tipikal karateristik kualitas air limbah dari berbagai macam proses produksi tekstil diperlihatkan pada tabel. 2.9 (Ghaly et al. 2014).

Tabel 2.8. Karakteristik Air Limbah Buangan Dari Berbagai Proses Pengolahan Tekstil Basah

| Sumber Limbah | Parameter | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| | pH | COD (mg/L) | BOD (mg/L) |
| Limbah proses | | | |
| Desizing | 5,83 -6,50 | 10.000 – 15.000 | 1.700 – 5.200 |
| Scouring | 10,0 – 13,0 | 1.200 – 3.300 | 260 - 400 |
| Bleaching | 8,50 – 9,60 | 150 - 500 | 50 - 100 |
| Mercerising | 8,0 – 10,0 | 100 - 200 | 20 - 50 |
| Dyeing | 7,0 – 10,0 | 1.000 – 3.000 | 400 – 1.200 |
| Limbah Cucian | | | |
| bleaching | 8,0 –9,0 | 50–100 | 10–20 |
| acidrinsing | 6,5–7,6 | 120–250 | 25–50 |
| dyeing(hotwash) | 7,5– 8,5 | 300–500 | 100–200 |
| dyeing(acidandsoapwash) | 7,5– 8,64 | 50–100 | 25–50 |
| dyeing(finalwash) | 7,0 –7,8 | 25–50 | – |
| Printingwashing | 8,0 –9,0 | 250–450 | 115–150 |
| Blanket washing of rotary printer | 7,0 –8,0 | 100–150 | 25–50 |

Sumber: *Ghalyet.al.(2014)*

Tabel2.9. Karakteristik Air Buangan Industri Tekstil Yang Belum Diolah

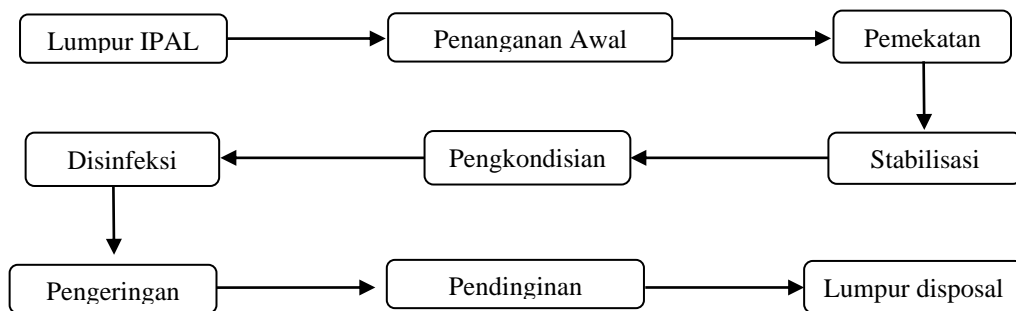
| Parameter | Kisaran mg/L | Parameter | Kisaran mg/L | Parameter | Kisaran mg/L |
|--------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------|--------------|
| pH | 6-10 | Boron | <10 | Fe | <10 |
| Temperatur | 35-45°C | Flour | <10 | Zn | <10 |
| TS | 8.000-12.000 | Mangan | <10 | Cu | <10 |
| BOD | 80-6.000 | Hg | <10 | As | <10 |
| COD | 150-12.000 | PO ₄ | <10 | Ni | <10 |
| TSS | 15-8.000 | CN | <10 | SO ₄ | 600–1.000 |
| TDS | 2.900-3.100 | <i>Oil and grease</i> | 10–30 | Silica | <15 |
| Chlorine | 1.000-6.000 | TNK | 10–30 | TotalNitrogen | 70–80 |
| Free Chlorin | <10 | NO ₃ -N | <5 | Colour(PtCo) | 50–2.500 |
| Sodium, % | 70 | Free Ammonia | <10 | | |

Sumber: *Ghaly et al. (2014)*

2.2.3 Lumpur Ipal Industri

Lumpur yang telah dikeringkan, saat ini disimpan di gudang penyimpanan sementara. Pengelolaan yang tidak memadai dapat menimbulkan lindi beracun dan pencemar organik yang dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan tanah. Sangat penting untuk mengelola lumpur yang dihasilkan dari pengolahan limbah, karena pembuangan lumpur sebagai tanah urug yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah di sekitar lokasi pembuangan. (Thompson et al. 1999).

Berbagai proses pengelolaan lumpur IPAL di industri tampak pada gambar diagram alir berikut

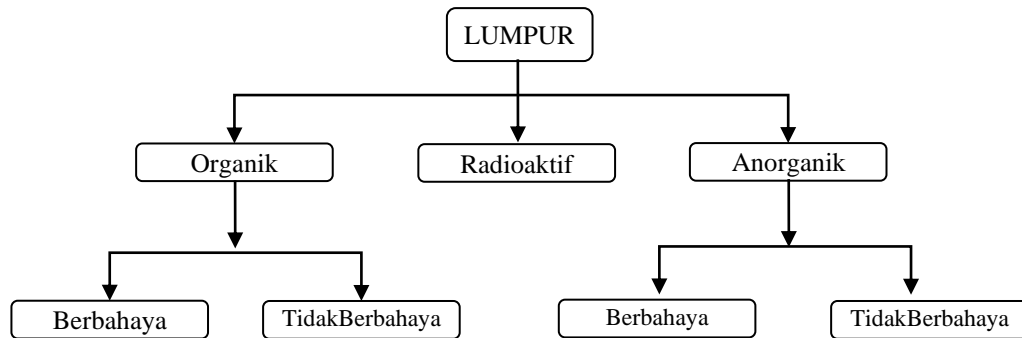


Gambar 2.3.Proses Pengolahan Lumpur IPAL di Industri

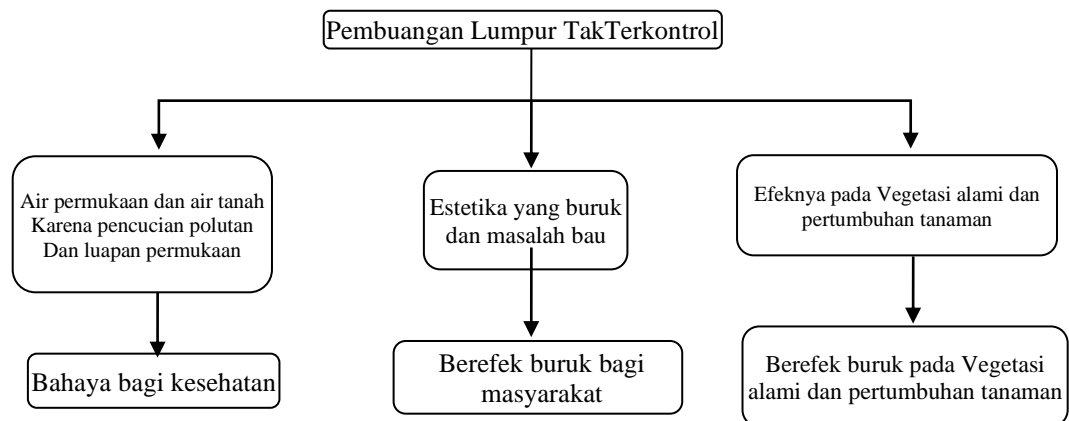
Organik *biodegradable* dan organik *nonbiodegradable*, pencemar anorganik ada dalam air limbah dalam bentuk partikel terlarut atau koloid tersuspensi dihilangkan dengan sejumlah metode dalam instalasi pengolahan air limbah. Padatan tersuspensi dan beberapa padatan terlarut yang ada dalam air limbah atau yang ditambahkan dalam proses air limbah, dipisahkan dalam bentuk padatan yang dapat diendapkan (Bhalerao et al. 1997).

Lumpur IPAL adalah residu padat, cair, atau semipadat (kontaminan terkonsentrasi) yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari pengolahan air limbah. Biasanya lumpur mengandung 0,25–12% padatan, tergantung pada operasi dan proses yang digunakan (Metcalf Eddy Inc. et al. 2001). Biaya pengolahan / pembuangan lumpur merupakan 50% dari modal dan biaya operasional instalasi pengolahan air limbah (Aksu dan Yener 1998). Berbagai jenis lumpur dengan contoh diberikan pada Gambar 2.3.

Lumpur bisa menjadi masalah jika tidak dikelola atau dibuang dengan benar, dan dapat menimbulkan dampak pada lingkungan pada fase gas, cair, dan padat (Wett et al. 2002).



Gambar 2.4. Klasifikasi Lumpur Industri



Gambar 2.5. Dampak Lumpur IPAL pada Lingkungan

2.2.4. KARAKTERISTIK LOGAM BERAT PADA LUMPUR IPAL INDUSTRI TEKSTIL

Banyak penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki logam berat di lumpur limbah atau sedimen. Dai et al. (2007) menemukan bahwa konsentrasi total Hg dan Cd di semua sampel lumpur melebihi standar. Namun, penelitian dari Fuentes et al. (2008) menunjukkan bahwa logam berat di semua sampel lumpur berada di dalam standar maksimum yang diizinkan. Mempertimbangkan spesiasi

logam berat, Ngiam dan Lim (2001) menemukan bahwa 70 persen Cd, Zn dan Pb berhubungan dalam fraksi teroksidasi. Temuan serupa diperoleh oleh Wang et al. (2005) menunjukkan bahwa Pb dan Cr terutama didistribusikan di fraksi teroksidasi atau fraksi residual. Di sisi lain, Wang et al. (2006) menunjukkan bahwa pada beberapa sampel lumpur lebih dari 45 persen Ni dalam bentuk fraksi yang dapat ditukar. Alvarez dkk. (2002) melaporkan bahwa Ni terutama hadir dalam fraksi yang teroksidasi dan residual dalam lumpur yang dikeringkan dan dicerna.

Penelitian yang dilakukan Liang dkk(2003) terhadap lumpur IPAL dari 9 industri tekstil proses pencelupan di Cina, diperoleh data karakteristik dan konsentrasi total enam logam berat (Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) sebagaimana pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Konsentrasi Total Logam (Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) pada Lumpur IPAL Industri Tekstil Proses Pencelupan

| Sample | Total Logam (mg/kg) | | | | | |
|--------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | Cu | Pb | Ni | Cd | Cr | Zn |
| S1 | 317 | 30.2 | 126 | 4.08 | 151 | 1210 |
| S2 | 441 | 36.9 | 62.0 | 2.60 | 75.1 | 639 |
| S3 | 61.5 | 19.2 | 193 | 1.16 | 577 | 963 |
| S4 | 571 | 20.1 | 80.9 | 5.66 | 69.2 | 351 |
| S5 | 66.5 | 6.32 | 31.5 | 2.45 | 530 | 42.5 |
| S6 | 222 | 36.5 | 90.7 | 4.75 | 129 | 328 |
| S7 | 115 | 32.9 | 46.8 | 3.47 | 354 | 468 |
| S8 | 230 | 26.8 | 57.8 | 4.54 | 106 | 938 |
| S9 | 105 | 23.4 | 57.1 | 4.80 | 210 | 685 |

Sumber : Liang (2003)

2.3. INDUSTRI BATU BATA

2.3.1. Industri Batu Bata dan Dampaknya pada Lingkungan

Hasil penelitian mengenai dampak industri batu bata pada kondisi lingkungan di Kecamatan Nagreg Kabupaten Bandung menunjukkan bahwa keberadaan industri bata merah memberikan dampak pada lingkungan sosial

seperti memberikan peluang pekerjaan bagi penduduk, pendapatan, dan tingkat pendidikan, serta dampak kepada lingkungan fisik seperti lubang bekas galian dan kerusakan jalan. Untuk mengurangi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh industri bata perlu diadakannya upaya pengurangan kerusakan dengan cara menanam tanaman padi atau umbi-umbian pada lahan bekas galian atau menjadikan genangan bekas galian menjadi kolam ikan. Rekomendasi dari penelitian ini untuk pengusaha industri bata merah sebaiknya melakukan pencampuran bahan baku untuk pembuatan bata merah sehingga penggunaan bahan baku tanah bisa dikurangi.(Deismasuci, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas lingkungan hidup di lokasi sebagian besar tambang batu bata sudah mengalami perubahan fisik, kimia dan hayati. Berdasarkan tingkat kerusakannya, tambang batu merah sudah mengalami tingkat kerusakan sedang, hal ini ditandai dengan terjadinya perubahan tofografi tanah, sumber daya hayati, tidak adanya tanah yang dikembalikan sebagai *top soil*, tidak adanya vegetasi tanaman budidaya dan tanaman tahunan yang di temui di lokasi penelitian. Solusi pengendalian lingkungan di lokasi penambangan batu merah yang berkaitan dengan kerusakan lingkungan adalah pemindahan lokasi penambangan, reklamasi lahan.(Nursia, 2016)

Kerusakan lahan bekas tambang tanah liat dapat dikategorikan menjadi 3, diantaranya adalah sebagai berikut.

- (1) Tingkat kerusakan ringan, yaitu apabila lahan bekas tambang hanya mengalami perubahan tofografi saja.
- (2) Tingkat kerusakan sedang, apabila lahan bekas tambang mengalami perubahan tofografi dan sumber daya hayati.
- (3) Tingkat kerusakan berat, apabila lahan bekas tambang mengalami perubahan tofografi, sumber daya hayati dan erosi.

Dampak kerusakan lainnya terkait penambangan batu bata di Kelurahan Kolasan dapat berupa rusaknya permukaan bekas penambangan batu bata yang tidak teratur, hilangnya lapisan tanah yang subur, dan sisa ekstraksi (*tailing*) yang akan berpengaruh pada reaksi tanah dan komposisi tanah. Sisa ekstraksi ini bisa

bereaksi sangat asam atau sangat basa, sehingga akan berpengaruh pada degradasi kesuburan tanah. Penambangan batu bata disamping akan merusak tata air juga akan terjadi kehilangan lapisan tanah bagian atas (*top soil*) yang relatif lebih subur, dan meninggalkan lapisan tanah bawahan (*sub soil*) yang kurang subur, sehingga lahan pertanian akan menjadi tidak produktif (Alam prabu, 2007).

2.3.2. SNI 15-2094-2000 BataMerah Pejal untuk Pasangan Dinding

2.3.2.1. Definisi

Batu bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15 %, dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu.

2.3.2.2. Klasifikasi

Bata merah pejal untuk pasangan dinding mmenurut kekuatan tekan rata-rata terendah dibagi dalam 3 (tiga) kelas, yaitu :

- Kelas 50
- Kelas 100
- Kelas 150

2.3.2.3. Syarat Mutu

a. Sifat Tampak

Bata merah pejal untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak-retak.

b. Ukuran dan Toleransi

Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding dihitung sebagai berikut :

Tabel2.11. Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pejal Pasangan Dinding

| Satuan dalam milimeter | | | |
|------------------------|--------|-------|---------|
| Modul | Tinggi | Lebar | Panjang |
| M-5a | 65±2 | 92±2 | 190±4 |
| M-5b | 65±2 | 100±2 | 190±4 |
| M-6a | 52±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6b | 55±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6c | 70±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6d | 80±3 | 110±2 | 230±5 |

c. Kuat Tekan

Ukuran Kuat Tekan Pejal untuk Pasangan Dinding dapat dilihat tabel berikut :

Tabel 2.12. Ukuran Kuat Tekan Pejal untuk Pasangan Dinding

| Kelas | Kuat tekan rata-rata Minimum kg/cm ² (Mpa) | Koefisien Variasi dari Kuat tekan (%) |
|-------|--|--|
| 50 | 50 (5) | 22 |
| 100 | 100 (10) | 15 |
| 150 | 150 (15) | 15 |

d. Garam yang membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural “*Efflorescence*” pada permukaan bata adalah Magnesium Sulfat (MgSO₄), Natrium Sulfat (Na₂SO₄), Kalium Sulfat (K₂SO₄), dengan Total kadar Garam Maksimum 1 %.

e. Kerapatan Semu (*Apperent Desity*)

Kerapatan semu hampir sama dengan pori-pori permukaan batu bata. Kerapatan semu minimum bata merah pejal adalah 1,2 g/cm²

(BSN, 2000).

f. Penyerapan air

Penyerapan air perlu diperhitungkan supaya batubata dapat menahan air pada pasangan tertentu. Penyerapan air maksimum bata merah pejal adalah 20 % (BSN, 2000)

Sifat bahan mentah lainnya yang harus menjadi perhatian adalah kemampuan penyerapan air (*Moisture Absorbtion*). Penyerapan air dinyatakan dalam prosen, yaitu banyaknya air yang diserap oleh bahan dalam basis berat kering. Penyerapan air ada kaitannya dengan kuat lentur. Makin kecil penyerapan air maka makin tinggi kuat lentur. Kuat lentur pada umumnya paralel dengan sifat keplastisan. Peresapan berpengaruh pada kerapatan butiran untuk batu bata. Maksimum yang disarankan peresapan air untuk adalah 20 % (Erna P, 1992).

g. Plastisitas

Nilai kuat lentur berbanding lurus dengan *plasticity index*. Semakin banyak campuran limbahnya semakin kecil nilai kuat lenturnya dan semakin kecil pula angka *plasticity index* nya. Berdasarkan percobaan secara empirik yang telah dilakukan para peneliti sebelumnya, menunjukkan bahwa untuk mendapatkan batu bata yang cukup baik besarnya kuat lentur bahan mentah harus diatas 28 kgf/cm^2

(R. Budi SK, 1995).

h. Uji Kuat Bakar

Uji bakar dengan maksud untuk mengetahui sifat bahan batu bata dilakukan dengan pembakaran pada suhu 800°C dan 900°C . Pada pembuatan produk keramik berat (genteng, batu bata dan sebagainya) suhu pembakaran kira-kira $800^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$ (Meda Sagala, 2000).

2.4. KEBIJAKAN PEMERINTAH TENTANG PEMANFAATAN B3

Limbah B3 menurut PP.101 tahun 2014, adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan mahluk hidup lain.

Peraturan ini mengatur tentang penetapan limbah B3, pengurangan limbah B3, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan,

penimbunan, dumping (pembuangan) limbah B3, pengecualian limbah B3, perpindahan lintas batas, penanggulangan pencemaran, kerusakan, pemulihan fungsi lingkungan hidup sistem tanggap darurat dalam pengelolaan limbah B3, pembinaan, pengawasan, pembiayaan dan sanksi administratif.

Gambaran umum proses pemanfaatan limbah B3 adalah sebagai berikut : :

1. Pasal 33, Pemanfaatan limbah diawali dengan pengumpulan oleh pengumpul. Pengumpul limbah B3 wajib memiliki ijin Pengelolaan. Pengumpul limbah B3 dilarang melakukan pemanfaatan dan/atau pengolahan, menyerahkan kepada pengumpul limbah lainnya, dan/atau melakukan pencampuran limbah B3 tanpa ijin.
2. Pasal 47, pengangkutan limbah B3, wajib dilakukan dengan menggunakan alat angkut tertutup untuk limbah B3 kategori 1 dan alat angkut terbuka untuk limbah B3 kategori 2.
3. Pasal 53, pemanfaatan limbah B3 wajib dilaksanakan oleh setiap orang yang menghasilkan limbah B3, sesuai dengan pasal 54, yaitu :
 - a. Pemanfaatan Limbah B3 sebagai substitusi bahan baku;
 - b. Pemanfaatan Limbah B3 sebagai substitusi bahan sumber energi;
 - c. Pemanfaatan Limbah B3 sebagai bahan baku;
 - d. Pemanfaatan Limbah B3 sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
4. Pertimbangan pemanfaatan limbah B3 disebutkan dengan ketersediaan teknologi, standar produksi hasil pemanfaatan limbah, dan standar lingkungan hidup atau baku mutu lingkungan hidup, dan jika tingkat radioaktif dapat diturunkan di bawah tingkat kontaminasi radioaktif dan/atau konsentrasi aktivitas.
5. Pasal 100, Pengelolaan limbah B3 dapat dilakukan dengan *thermal*/pemanasan, stabilisasi dan solidifikasi dan cara lain sesuai dengan perkembangan teknologi, tergantung ketersediaan teknologi dan standar lingkungan hidup atau baku mutu lingkungan hidup.

2.5. TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE (TCLP)

Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) merupakan uji perilindian yang digunakan sebagai penentuan salah satu sifat berbahaya atau beracun suatu limbah dan juga dapat digunakan dalam mengevaluasi produk *pretreatment* limbah sebelum di *landfill* (ditimbun dalam tanah) dalam proses stabilisasi/solidifikasi (S/S). Setelah dilakukan solidifikasi, selanjutnya terhadap hasil olahan tersebut dilakukan uji TCLP untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*) (KEP-03 /BAPEDAL/09/1995). Tujuan dari uji TCLP ini adalah membatasi adanya lindi (*leaching*) berbahaya yang dihasilkan dari penimbunan (*landfilling*) setelah limbah di solidifikasi.

Uji TCLP dilakukan dengan cara menghancurkan material yang telah di solidifikasi dan diayak dengan ukuran 9,5 millimeter. Pemilihan larutan ekstraksi ditentukan berdasarkan pH dari larutan yang berasal dari pengocokan 5 g padatan dan 96,5 ml aquades. Jika pH kurang dari 5,0 maka larutan yang digunakan untuk ekstraksi adalah dapar asetat / buffer sodium asetat dengan pH 4,93. Akan tetapi jika pH dari padatan tersebut lebih dari 5 maka larutan yang digunakan untuk ekstraksi adalah larutan asam asetat dengan pH $2,88 \pm 0,05$. Ekstraksi dilakukan dengan suatu alat yang berputar secara rotasi dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm selama 18 ± 2 jam. Larutan hasil pengocokan kemudian dilakukan penyaringan dan di analisa kadar kandungannya (Manahan, 2000).

Uji TCLP dirancang untuk mensimulasikan potensi kebocoran pencemar dari suatu limbah padat yang disimpan di tempat pembuangan sampah kota (USACE, 1995). Lokasi semacam itu dapat mengeluarkan air lindi yang mengandung asam-asam organik (USACE, 1995). Asam asetat dianggap dapat mewakili asam-asam tersebut sehingga zat ini dipilih sebagai ekstraktan sedangkan pengaturan pH ekstraktan ditentukan oleh alkalinitas bahan; bahan dengan alkalinitas tinggi diekstrak dengan larutan dapar asetat pH $2,88 \pm 0,05$ sedangkan bahan dengan alkalinitas rendah diekstrak dengan larutan dapar asetat pH $4,93 \pm 0,05$.

2.6. UJI LD50

LD50 adalah salah satu cara untuk mengukur potensi jangka pendek keracunan (toksisitas akut) dari suatu material. Uji dilakukan dengan menggunakan tikus percobaan dengan cara pemberian melalui mulut (oral). Menggunakan metode OECD 423 (*OECD Guideline for Testing of Chemicals*). LD50 (dosis oral mematikan median) adalah dosis tunggal secara statistik dari suatu zat yang dapat diperkirakan menyebabkan kematian pada 50 persen hewan ketika dikelola oleh rute oral. Nilai LD50 dinyatakan dalam berat bahan uji per satuan berat hewan uji (mg/kg).

Kriteria bahaya kategori 5 dimaksudkan untuk memungkinkan identifikasi bahan uji yang memiliki bahaya toksisitas akut yang relatif rendah tetapi yang, dalam keadaan tertentu dapat menimbulkan bahaya bagi populasi yang rentan. Zat ini diantisipasi untuk memiliki LD50 oral atau dermal dalam kisaran 2000-5000 mg/kg atau dosis yang setara untuk rute lain. Bahan uji harus diklasifikasikan dalam kategori bahaya yang didefinisikan oleh: 2000 mg/kg <LD50<5000 mg/kg.

2.7. PENELITIAN SEBELUMNYA

2.7.1. Pendekatan Co-Benefits

Hernaningsih (2010) melakukan penelitian mengenai Analisis *Co Benefits* di Sentra Industri Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal. Tujuan kegiatan adalah melakukan evaluasi *Co Benefit* terhadap pengolahan air limbah di Sentra Industri Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal. Adapun sasarannya adalah agar masyarakat mengetahui bahwa dengan pengelolaan lingkungan yang baik akan memberikan keuntungan yang ganda baik untuk lingkungan, kesehatan maupun untuk ekonomi. Dengan pengelolaan lingkungan di industri kecil ini diharapkan dapat merupakan contoh bagi industri kecil lainnya, industri besar ataupun kegiatan lain yang menghasilkan air limbah untuk turut serta melaksanakan pengelolaan lingkungan. Keuntungan ganda yang diperoleh yaitu pengurangan pencemaran dan ekonomi.

Keuntungan ekonomi dapat dirasakan masyarakat secara langsung melalui limbah padat untuk pakan ternak, dan gas metan hasil produk dari instalasi pengolahan limbah tahu.

Limbah yang dihasilkan, dapat dijadikan alternatif pakan ternak karena mengandung protein 23,55%, lemak 5,54 %, karbohidrat 26,92 %, kadar abu 17,3 %, serat kasar 16,53 % dan air sebanyak 10,43 %.

Biogas dari gas metan sebanyak 1000 ft³ (28,32 m³), mempunyai nilai pembakaran setara 6,4 galon (1 US gallon = 3,785 liter) butana atau 5,2 gallon gasolin (bensin) atau 4,6 gallon minyak diesel.

Untuk memasak pada rumah tangga dengan 4-5 anggota keluarga diperlukan 150 ft³ per hari. Proses dekomposisi limbah cair menjadi biogas memerlukan waktu sekitar 8-10 hari.

Satu kilo gram tahu menghasilkan sekitar 29 gram CH₄ jadi gas metana yang dapat digunakan masyarakat adalah 440 kg (setara dengan 11.000 kg /CO₂) per hari. Jumlah keluarga yang menggunakan gas metana adalah 100 keluarga.

Masyarakat sekitar menggunakan hasil gas metana melalui pipa-pipa yang disediakan oleh pengelola tetapi mereka membayar iuran secara bulanan ke pengelola. Untuk pemasangan pipa gas masyarakat membayar biaya pemasangan Rp.150.000,- dengan cara cicilan yang dapat dibayar selama 3 bulan. Pembayaran bulanan dilakukan dengan sistem sebagai berikut:

- 1) Masyarakat yang menghasilkan air limbah tahu dan mengalirkan air limbah ke IPAL membayar Rp.10.000,-per bulan.
- 2) Masyarakat sekitar yang tidak menghasilkan air limbah tahu membayar Rp.15.000,- per bulan.
- 3) Perbaikan manajemen limbah dan pengelolaan limbah cair memberikan kontribusi terhadap penurunan jumlah limbah cair yang dihasilkan, serta penurunan jumlah energi yang digunakan.
- 4) Pembuatan fasilitas pengolahan limbah cair tahu dengan metode anaerobik yang dipadukan dengan sistem lagoon. Kegiatan ini,memiliki dampak positif hadap:

- a. Penurunan konsentrasi COD di effluent
 - b. Penangkapan gas metana untuk sumber bahan bakar/memasak 100 rumah tangga
 - c. Penurunan indeks bau yang diakibatkan oleh terlepasnya volatile organik karbon dalam saluran limbah.
- 5) Analisis co-benefits pada kegiatan ini menggunakan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 2 dan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 3.
 - 6) Katagori Pengelolaan Limbah menyebabkan penurunan jumlah emisi dengan dihasilkannya gas metana dan penurunan konsentrasi COD yang dihasilkan dari adanya proyek ini tidak dapat dikuantifikasi secara series, karena ketiadaan data dasar.
 - 7) Katagori peningkatan kualitas dengan menetapkan asumsi debit air limbah $225 \text{ m}^3/\text{hari}$, dengan konsentrasi COD 3000 kg/m^3 . Diasumsikan limbah sebelumnya tidak diolah karena tidak ada data, maka efisiensi pengurangan COD nya sekitar 10 %, sedangkan dalam proyek, diketahui penurunan COD dalam skenario proyek adalah 98% (dari 30000 g/m^3 menjadi 68 g/m^3). Sehingga pengurangan beban COD setelah adanya proyek adalah 214 ton COD/tahun
 - 8) Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa pengurangan emisi GRK karena adanya proyek ini adalah sebesar 508 ton CO_2 per/tahun.
 - 9) Keuntungan yang dapat dirasakan oleh masyarakat secara langsung yaitu melalui limbah pakan ternak dan hasil produksi gas metana dari IPAL tahu.

2.7.2. Penelitian Pemanfaatan Lumpur IPAL Industri Tekstil sebagai Bahan Campuran Batu Bata

Tay dkk (2002) mengembangkan suatu produk batu-bata dengan memanfaatkan lumpur IPAL yang telah dibakar di unit pembakaran (*kiln*) dan dicampurkan dengan tanah liat. Karena kandungan organik dari lumpur yang terbakar selama proses pembakaran, muncul masalah pada tekstur permukaan yang tidak rata dan porositas yang tinggi, dan menyarankan mengganti lumpur kering dengan abu lumpur yang memiliki kandungan organik nol.

Yague et al. (2002) menyelidiki potensi penggunaan lumpur kering yang telah dihaluskan dalam produksi batu bata. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan tekan, penurunan porositas dan penyerapan air dibandingkan dengan batu bata tanpa campuran lumpur limbah. Chih-Huang dkk. (2003) meneliti batu bata yang dihasilkan dari limbah pabrik pengolahan air limbah industri. Hasil menunjukkan bahwa kualitas produk tergantung pada proporsi lumpur dan suhu pembakaran. Kekuatan batu bata dengan konten lumpur hingga 20% pada rentang suhu 960-1000 °C memenuhi standar Cina yang disyaratkan. Hasil pelindian pada produk menunjukkan tingkat pelindian logam rendah.

Luciana dkk. (2011) mengusulkan produksi batu bata menggunakan lumpur unit pencucian dan tanah liat. Batu bata diproduksi dengan porsi lumpur yang bervariasi, dikeringkan pada 100 °C kemudian pembakaran dilakukan pada 900 °C. Kuat lentur dan penyerapan air memenuhi syarat dalam undang-undang Brasil. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa batu bata dengan kadar lumpur 20% memberikan sifat mekanik terbaik dan uji pelindian yang dilakukan menunjukkan bahwa produk aman tanpa efek kesehatan yang merugikan pada pengguna.

Menurut Herek dkk.(2012) investigasi pada pencampuran lumpur tekstil dari unit *laundry* menjadi batu bata, menunjukkan bahwa penambahan lumpur hingga 20%, diperoleh data kuat tekan bata kontrol adalah 3,73 MPa dan 4,62 MPa untuk bata dengan lumpur, daya serap air yang diperoleh masing-masing 15,73 % dan 10,10 % untuk bata kontrol dan lumpur. Selain itu, batu bata produksi tidak melebihi batas standar aman menurut pelindian yang disyaratkan.

Chih-Huang Weng (2003), pemanfaatan lumpur sebagai bahan bangunan di Taiwan belum menjadi kenyataan produktif karena persetujuan hukum dan penerimaan publik dalam hal ini belum dapat diatasi. Dalam penelitian ini, kondisi yang sesuai menggunakan lumpur kering dalam pembuatan batu bata di bawah kriteria Standar Nasional Cina (SSP) diselidiki. Pengaruh proporsi lumpur dalam bahan baku, suhu dalam berhubungan dengan kualitas batu bata, dan kemampuan pelindian logam diperiksa. Hasil juga menunjukkan bahwa penurunan berat batu

bata pada pengapian terutama disebabkan oleh kandungan bahan organik dalam lumpur yang terbakar selama proses pembakaran. Dengan hingga 20 % lumpur ditambahkan ke batu bata, kekuatan diukur pada suhu 960 °C dan 1000 °C memenuhi persyaratan Standar Nasional Cina. Uji karakteristik pencucian beracun (TCLP) tes batu bata juga menunjukkan bahwa tingkat pelindian logam rendah. Kondisi untuk pembuatan batu bata berkualitas baik adalah 10% lumpur dengan 24% dari kadar air yang disiapkan dalam campuran cetakan dan dibakar pada 880-960 °C.

Baskar dkk (2006) menyampaikan, penggunaan lumpur sebagai bahan bangunan dan konstruksi tidak hanya mengubah limbah menjadi produk yang bermanfaat tetapi juga menghilangkan masalah pembuangan. Sumber daya alam seperti tanah liat juga dilestarikan.

Dalam penelitiannya menyatakan, pada komposisi lumpur 3% hingga 30% dan suhu pembakaran sekitar 200°C hingga 800 ° C. diperoleh kuat tekan antara 4,24 MPa hingga 3,54 MPa yang memenuhi Biro Standar India (BIS). Jumlah maksimum lumpur yang dapat ditambahkan adalah dari 6% hingga 9%.

Jahagirdar et al(2013) menemukan keuntungan dari menggunakan kembali lumpur atau abu lumpur di batu bata tanah liat dibakar atau genteng adalah imobilisasi logam berat dalam proses pembakaran, bahan organik benar-benar pengoksidasi dan menghilangkan semua jenis patogen selama proses pembakaran suhu tinggi. Lumpur pabrik tekstil yang dicampur dengan proporsi berbeda (5% hingga 35%) digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini. Batu bata dibakar pada 600°C hingga 800°C selama 8,16 dan 24 jam. Berdasarkan hasil penelitian ini, lumpur tekstil dapat ditambahkan hingga 15% karena memberikan kuat tekan di atas 3.5 MPa dan rasio penyerapan air kurang dari 20%.