

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Empiris

Kajian empiris merupakan penjelasan penelitian yang didapatkan dari hasil observasi ataupun percobaan yang telah dilakukan terdahulu, kajian empiris digunakan sebagai acuan dalam menentukan *state of the art* penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini mengambil referensi pembahasan beberapa penelitian terdahulu, berikut merupakan hasil penelitian sebelumnya:

Penelitian yang dilakukan oleh (Marimin et al., 2014) pada Industri Karet yang berjudul “*Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study*”. Dimana tujuan dari penelitian ini untuk memetakan dan menganalisis rantai pasok produksi karet dengan menggunakan pendekatan *green productivity improvement*, dimana metode yang digunakan antara lain ialah AHP, *Green Value Stream*. Dan didapatkan hasil bahwa penanaman karet alam yang dikombinasikan dengan peningkatan produksi lateks serta meminimalisir limbah adalah strategi *green productivity improvement* terbaik. Dimana terdapat beberapa alternatif yaitu pengoptimalan proses produksi, substitusi bahan baku tambahan serta penggunaan kembali air (limbah) untuk proses produksi.

Selanjutnya penelitian (Floria, 2010) yang berjudul “Usulan pengurangan dampak lingkungan proses produksi industri kemasan dengan *environmental value stream mapping*” bertujuan untuk meminimasi dampak lingkungan yang terjadi akibat waste pada proses produksi, dengan menggunakan metode EVSM dan *Tree Diagram* sukses mengetahui bahwa pada proses *printing* terdapat material yang berbahaya bagi lingkungan yang berupa limbah cair dan pada proses *slitting* diketahui terdapat waste

defect. Didapatkan hasil penurunan defect dari 9% menjadi 6% dengan penghematan biaya sebesar Rp. 8,922,009.

Penelitian dari (Rinawati et al., 2013) terhadap UKM Batik Puspa Kencana dengan judul “pengelolaan produksi menggunakan pendekatan lean and green untuk menuju industri batik yang berkelanjutan” menemukan empat pemborosan yaitu *overproduction*, *waiting*, *innaporopriate processing*, serta *defect*. Dimana Value added ratio dari proses produksi sebesar 87,18%. Kemudian menghitung LCA menggunakan software SIMAPRO diperoleh eco-cost sebesar Rp 98.734.748,41 serta Eco-efficiency rate (EER) sebesar 88,1%. Dengan melakukan perbaikan pada perusahaan, dapat meningkatkan efiseiensi menjadi 94%.

Lilin Indrayani memaparkan dalam penelitian yang berjudul “pengolahan limbah air industry batik sebagai sala satu percontohan IPAL batik di Yogyakarta” menemukan bahwa uji *sample* terkait limbah cair batik bahwa tingkat BOD,COD,TSS serta pH melebihi baku mutu peraturan daerah, selanjutnya dibuat skema pembentukan IPAL untuk mereduksi kandungan yang diatas baku mutu tersebut. Kemudian didapatkan hasil penurunan dari BOD,COD,TSS serta pH yang sesuai dengan baku mutu lingkungan dan aman apabila limbah dibuang ke lingkungan (Indrayani, 2018).

Penelitian (Rachmawati & Ciptomulyono, 2010) dengan judul “pengukuran kinerja lingkungan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) Dan *Integrated Environment Performance Measurement System* (IEPMS) Pada Pt. Campina Ice Cream Industry” bertujuan untuk memperhitungkan faktor manajemen lingkungan dalam peningkatan kinerja perusahaan dengan menggunakan metode IEPMS, AHP, serta pembuatann KEPI didapatkan hasil bahwa nilai kinerja lingkungan PT. Campina Ice Cream Industry sebesar 6,6311. Dan berada pada kategori warna kuning, dengan memerlukan adanya tindakan pengawasan dan pengevaluasian kinerja yang intensif terhadap perusahaan, supaya kinerja lingkungan dapat meningkat dan tidak merugikan area sekitar perusahaan.

Penelitian selanjutnya (Abdullah, Aviasti, & Assad, 2017) yang berjudul “Pengukuran Kinerja Lingkungan Menggunakan Pendekatan *Integrated Environment*

Performance Measurement System di RSUD Sekarwangi Cibadak, Sukabumi” berfokus pada penilaian PROPERDA dimana rumah sakit tersebut ada dalam kategori merah, untuk meningkatkan performansi kinerja lingkungan tersebut maka perlu dilakukan pengukuran kinerja menggunakan metode IEPMS, KEPI, AHP serta OMAX. Hasil pengukuran IEPMS diperoleh 18 KEPI kuantitatif dan 12 KEPI kualitatif. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode OMAX diperoleh 15 KEPI merah 1 KEPI kuning dan 14 KEPI hijau dengan nilai pengukuran keseluruhan sebesar 4.535 dan termasuk kategori kuning artinya bahwa kinerja lingkungan dari RSUD Sekarwangi memerlukan tindak pengawasan agar kinerja lingkungan perusahaan meningkat.

Huang & Tomizuka melakukan penelitian yang berjudul “*Production Flow Analysis through Environmental Value Stream Mapping: A Case Study of Cover Glass Manufacturing Facility*” menggunakan metode EVSM dan Kaizen yang menghasilkan pengurangan *waste* baik dalam segi ekonomis ataupun lingkungan, pada nilai ekonomis terjadi pengurangan WIP, transportasi dan pengurangan *bottleneck*. Sedangkan untuk segi lingkungan dapat meminimalisir emisi CO² sebesar 46%. (Huang & Tomizuka, 2017).

Dalam penelitian (Nallusamy et al., 2015) yang berjudul *Sustainable Green Lean Manufacturing Practices in Small Scale Industries* berfokus terhadap upaya *Green Lean Manufacturing* dalam industri kecil dan menengah dengan melakukan *improvement* penerapan *value streaming mapping* yang dapat menghilangkan kegiatan *non value added* serta meningkatkan *value added* dalam produksi suatu produk. Penelitian ini menyatukan *green* dan *lean* seperti memperhitungkan sumber daya dan *green product* dari design sampai daur ulang produk. Hasil penelitian ini dengan menerapkan *Green Lean Manufacturing* dapat mengurangi polusi yang ditimbulkan serta mengemat sumber daya atau bahan baku yang dikeluarkan.

Untuk melakukan pengembangan penelitian serta keterkaitan metode yang ada pada penelitian sebelumnya, akan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Posisi penulis

| No | Penulis | Judul | Tahun | Metode | Hasil |
|----|--|--|-------|---|--|
| 1. | Marimin, Darmawan, Panji, & Fajar. | <i>Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study.</i> | 2014 | AHP, <i>Green Value Stream</i> | Penanaman karet alam yang dikombinasikan dengan peningkatan produksi lateks serta meminimalisir limbah adalah strategi <i>green productivity improvement</i> terbaik. proses printing terdapat material berbahaya bagi lingkungan berupa limbah cair dan pada proses <i>slitting</i> terdapat <i>waste defect</i> . Hasil penurunan <i>defect</i> dari 9% menjadi 6% dengan penghematan biaya sebesar Rp. 8,922,009. Mengidentifikasi <i>waste overproduction, waiting, inappropriate processing</i> , serta <i>defect</i> . Dimana <i>Value added ratio</i> dari proses produksi sebesar 87,18%. Kemudian menghitung LCA menggunakan software SIMAPRO diperoleh eco-cost sebesar Rp 98.734.748,41 serta <i>Eco-efficiency rate</i> (EER) sebesar 88,1%. Dengan melakukan perbaikan pada perusahaan, dapat meningkatkan efisiensi menjadi 94%. |
| 2. | Floria, NP | Usulan pengurangan dampak lingkungan proses produksi industri kemasan dengan <i>environmental value stream mapping</i> | 2010 | EVSM, <i>Tree Diagram</i> | penurunan dari BOD,COD,TSS serta pH karena rancangan IPAL yang sesuai dengan baku mutu lingkungan dan aman apabila limbah |
| 3. | Rinawati, Sari, Susanto, Muljadi dan Lestari | pengelolaan produksi menggunakan pendekatan <i>lean and green</i> untuk menuju industri batik yang berkelanjutan | 2013 | <i>Value Stream Mapping</i> dan <i>Eco cost Per Value Ratio</i> | pengolahan limbah air industri batik sebagai salah satu percontohan IPAL batik di Yogyakarta |
| 4. | Lilin Indrayani | pengolahan limbah air industri batik sebagai salah satu percontohan IPAL batik di Yogyakarta | 2018 | Pengolahan sampel air limbah | |

| No | Penulis | Judul | Tahun | Metode | Hasil |
|----|------------------------------|--|-------|-----------------------------|---|
| 5. | Rachmawati dan Ciptomulyono | pengukuran kinerja lingkungan dengan metode <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> Dan <i>Integrated Environment Performance Measurement System (IEPMS)</i> Pada PT. Campina Ice Cream Industry | 2010 | AHP, IEPMS, KEPI | dibuang ke lingkungan. Didapatkan hasil bahwa perusahaan berada pada kategori warna kuning, dengan memerlukan adanya tindakan pengawasan dan pengevaluasian kinerja yang intensif terhadap perusahaan, supaya kinerja lingkungan dapat meningkat dan tidak merugikan area sekitar perusahaan. Hasil pengukuran IEPMS diperoleh 18 KEPI kuantitatif dan 12 KEPI kualitatif. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode OMAX diperoleh 15 KEPI merah 1 KEPI kuning dan 14 KEPI hijau dengan nilai pengukuran keseluruhan sebesar 4.535 dan termasuk kategori kuning artinya bahwa kinerja lingkungan dari RSUD Sekarwangi memerlukan tindak pengawasan agar kinerja lingkungan perusahaan meningkat. pengurangan <i>waste</i> baik dalam segi ekonomis ataupun lingkungan, pada nilai ekonomis terjadi pengurangan WIP, transportasi dan pengurangan <i>bottleneck</i> . Sedangkan untuk segi lingkungan dapat meminimalisir emisi CO ² sebesar 46% |
| 6. | Abdullah, Aviasti, dan Assad | Pengukuran Kinerja Lingkungan Menggunakan Pendekatan <i>Integrated Environment Performance Measurement System</i> di RSUD Sekarwangi Cibadak, Sukabumi | 2017 | IEPMS, AHP, OMAX, dan KEPI. | |
| 7. | Huang dan Tomizuka | <i>Production Flow Analysis through Environmental Value Stream Mapping: A Case Study of Cover Glass Manufacturing Facility</i> | 2017 | EVSM, Kaizen | |

| No | Penulis | Judul | Tahun | Metode | Hasil |
|----|--|---|-------|--|---|
| 8. | Nallusamy, G.B. Dinagaraj, K. Balakannan, dan S. Satheesh | <i>Sustainable Green Lean Manufacturing Practices in Small Scale Industries</i> | 2015 | <i>Green Lean Manufacturing</i> | mengurangi kegiatan <i>non value added</i> serta mengurangi polusi yang ditimbulkan dari proses produksi dan mengemat sumber daya atau bahan baku yang dikeluarkan mengurangi waktu siklus produksi sebesar 27,41% serta mengetahui kebutuhan RTH seluas 331 m ² untuk menyerap emisi karbondioksida per hari sebesar 110,067 kgCO ² dan membutuhkan IPAL untuk mereduksi senyaa yang terdapat pada limbah dengan estimasi biaya Rp 30.000.000 dan membebankan kenaikan harga jual kain batik Rp 786. |
| 9. | Ganes Prameista | Desain <i>Green Lean Manufacturing</i> dengan <i>Integrated Enviromental Performance Measurement System</i> untuk meminimasi dampak lingkungan. | 2019 | EVSM, IEPMS, dan pengolahan air limbah | |

2.2 Lean Manufacturing

Lean manufacturing merupakan salah satu metode untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi suatu produk. Dengan tujuan agar proses produksi menjadi efektif dan efisien. Dalam usaha peningkatan produktivitas, pelaku usaha harus mengetahui proses apa yang bersifat (*value added*) dan meminimalisir pemborosan (*waste*), oleh karena itu diperlukan suatu pendekatan *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* bertujuan untuk mengidentifikasi serta mengurangi proses yang tidak memiliki nilai tambah (*Non Value Added*) terhadap produk ataupun jasa yang dihasilkan maupun dalam hal *supply chain management* yang berkaitan dengan customer (Womack & Jones, 2003).

Konsep *Lean Thinking* sendiri merupakan *Toyota Production System*. *Lean* dirintis di Jepang oleh Taichi Ohno dan Sensei Shigeo Shingo dimana implementasi dari konsep ini didasarkan pada 5 prinsip utama (Hines & Taylor, 2000) yaitu :

Terdapat 5 prinsip dasar *Lean*, yaitu sebagai berikut (Hines & Taylor, 2000) :

1. *Specify value*, menentukan apa saja proses yang memberikan nilai dari suatu produk atau pelayanan dilihat dari penilaian konsumen bukan dari penilaian perusahaan.
2. *Identify whole value stream*, mengidentifikasi semua tahapan yang diperlukan, mulai dari perancangan, pemesanan, dan pembuatan produk berdasarkan keseluruhan *value stream* dan meminimalisir tahapan yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added*).
3. *Make value flow*, melakukan tindakan yang sesuai agar terciptanya suatu nilai tanpa adanya hambatan, proses *rework*, aliran balik, (*waiting*) ataupun sisa produksi.
4. *Pull value*, hanya memproduksi produk yang diinginkan oleh konsumen, dengan menggunakan prinsip ini bisa meminimalisir penumpukan *inventory* yang berlebih.
5. *Pursue perfection*, berusaha keras menciptakan kesempurnaan sistem produksi serta menghilangkan *waste* yang ada secara *continues improvement*

2.3 Green Manufacturing

Green Manufacturing merupakan upaya keberlanjutan dalam setiap sektor khususnya sektor manufaktur untuk mengurangi polusi yang dihasilkan dalam suatu produksi, mengurangi limbah hasil produksi serta untuk meminimasi resiko pada keberlangsungan makhluk hidup. (Berkel R, Willems, & Lafleur, 1997). *Green manufacturing* disebut sebagai proses inovatif karena potensi dan manfaat meminimalisir limbah, pencegahan polusi, masalah kesehatan dan konversi energi yang digunakan (Hui, L.He, & Dang, 2002).

Green manufacturing juga berkaitan erat dengan *Sustainable manufacturing*, *Sustainable Manufacturing* merupakan evolusi dari sistem manufaktur mulai dari sistem manufaktur yang tradisional, kemudian *lean manufacturing* yang fokus pada pengurangan pemborosan (*waste reduction based*), *green manufacturing* dengan 3R, hingga akhirnya pada konsep *sustainable manufacturing* dengan pendekatan 6R pada siklus hidup produk. Penerapan *Sustainable Manufacturing* mengarah pada tercapainya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagaimana dikemukakan oleh Komisi Dunia

tentang Lingkungan dan pembangunan (Dornfeld D. A., 2013) diartikan sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri.

2.3.1 Perhitungan Carbon Dioksida

Rumus perhitungan CO² menggunakan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 2006) dalam penelitian (Novananda & Setiawan, 2015) Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung emisi karbon berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Konsumsi Bahan Bakar} \times \text{FE} \times \text{NCV}$$

| | | |
|--------------|-----------------------|---|
| Keterangan : | Emisi CO ₂ | = Jumlah Emisi CO ₂ (Satuan Massa) |
| | Konsumsi Bahan Bakar | = Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Tahun) |
| | FE | = Faktor Emisi Bahan Bakar (ton CO ₂) |
| | NCV | = Nilai Net Calorific Value (energy content) per unit massa atau Volume bahan bakar (TJ/ton fuel) |

2.3.2 Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau merupakan area ataupun jalur yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai total emisi dalam produksi serta serapan karbondioksida (CO²), kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan ruang terbuka hijau (RTH), sebagai berikut:

$$\text{Luas RTH} = \text{emisi CO}_2 / \text{daya serap CO}_2$$

$$\text{RTH} = \text{RTH (m}^2\text{)}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{total emisi yang dihasilkan (KgCO}_2\text{/hari)}$$

$$\text{Daya serap} = \text{kemampuan serap CO}_2 \text{ (KgCO}_2\text{/m}^2\text{/hari)}$$

2.4 Waste (pemborosan)

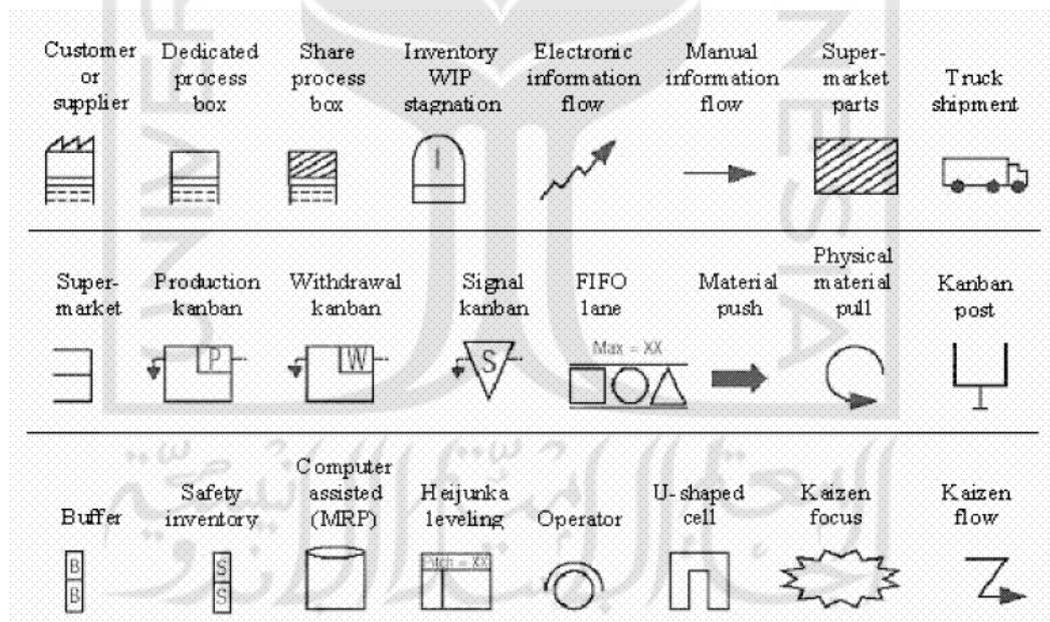
Prinsip utama dalam *lean manufacturing* adalah meminimalisir adanya *waste* (pemborosan). *Waste* adalah segala sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah. Oleh karena itu penting mengetahui jenis *waste* apa saja yang terdapat pada *lean manufacturing*. Ada 7 macam *waste* yang didefinisikan menurut Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000) sebagai berikut:

1. *Overproduction* – merupakan *waste* karena terlalu banyak memproduksi produk atau melebihi permintaan pelanggan serta memproduksi lebih cepat yang mengakibatkan *inventory* yang berlebih.
2. *Defect* – *waste* yang terjadi dikarenakan kesalahan proses pengerjaan, permasalahan kualitas produk yang dihasilkan, serta *delivery performance* yang buruk.
3. *Unnecessary Process* – merupakan *waste* yang terjadi karena proses produksi yang tidak berjalan sesuai prosedur, seperti kesalahan penggunaan alat maupun mesin.
4. *Unnecessary Inventory* – *waste* yang disebabkan karena penyimpanan bahan berlebih serta *delay* produk sehingga mengakibatkan penurunan kualitas pelayanan serta peningkatan biaya yang berimbas terhadap konsumen.
5. *Excessive Transportation* – *waste* yang berupa biaya, waktu serta tenaga akibat pergerakan yang berlebihan dari pekerja, material produk karena tata letak dalam rantai produksi yang kurang tepat.
6. *Waiting*- penggunaan waktu yang tidak tepat dari pekerja, informasi dan material dalam waktu yang lama dan berakibat kepada buruknya aliran proses dan bertambahnya *lead time* produksi.
7. *Unnecessary Motions* - segala pergerakan dari orang atau mesin yang tidak bernilai tambah terhadap barang dan jasa yang akan diserahkan kepada pelanggan tetapi hanya menambah biaya dan waktu saja.

2.5 Value Stream Mapping (VSM)

Value stream mapping adalah pemetaan kegiatan produksi termasuk kegiatan yang *value added* dan *non value added*, yang dibutuhkan untuk mengubah produk melalui aliran utama yang penting untuk setiap produk (Rother & Shook, 1999). Tujuan

pemetaan ini adalah untuk mengidentifikasi seluruh jenis pemborosan di sepanjang proses produksi dan untuk mengambil langkah dalam upaya mengeliminasi pemborosan tersebut. Langkah yang diambil dalam upaya mengeliminasi pemborosan adalah dengan cara memperbaiki keseluruhan aliran bukan hanya mengoptimalkan aliran secara sepotong-sepotong. Hal ini dapat membantu pihak perusahaan mengambil keputusan dalam memperbaiki keseluruhan proses produksi. Dalam *Value Stream Mapping*, ada dua pemetaan yang harus digambarkan yaitu pembuatan *Current State Map* dan *Future State Map*. Pembuatan *Current State Map* dilakukan untuk memetakan kondisi rantai produksi aktual, dimana segala informasi yang terdapat dalam setiap proses dicantumkan dalam pemetaan. *Current State Map* digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan sumber pemborosan yang terjadi. Setelah identifikasi pemborosan dilakukan, maka dapat digambarkan *Future State Map*. *Future State Map* merupakan pemetaan kondisi perusahaan di masa mendatang sebagai usulan rancangan perbaikan dari *Current State Map* yang ada. Berikut gambar 2.1 merupakan simbol simbol yang biasa digunakan pada pembuatan VSM:



Gambar 2.1 Simbol dalam VSM

Sumber (Rother & Shook, 1999)

2.6 *Environmental Value Stream Mapping (EVSM)*

Environmental Value Stream Mapping (EVSM) adalah pendekatan *Value Stream Mapping* yang berfokus terhadap pendekatan lingkungan. Dalam EVSM sendiri perspektif yang digunakan dalam menganalisa *value stream* adalah perspektif terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan selama proses produksi berlangsung. Dengan mengubah perspektif tersebut serta menerapkan teknologi, pendekatan, ataupun menggunakan filosofi yang ramah lingkungan, dapat memberikan *road map* untuk menghasilkan proses produksi yang ramah lingkungan (Wills, 2009)

Seperti filosofi *lean* sendiri yang menitikberatkan terhadap kriteria *value added* dan *non value added*, dalam EVSM dilakukan pengembangan kriteria berdasarkan dampak aktifitas yang terjadi saat proses produksi terhadap lingkungan. Diharapkan dengan adanya kriteria tersebut dapat mengidentifikasi dampak negatif terhadap lingkungan disepanjang *value stream* dan mengikuti proses pengurangan dampak lingkungan. (Wills, 2009)

2.7 *Integrated Environmental Performance Measurement System (IEPMS)*

Kusumawardani (2008) menyatakan bahwa IEPMS adalah salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengukur kinerja lingkungan. Pendekatan IEPMS sendiri menggunakan ukuran-ukuran baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Ukuran-ukuran tersebut digunakan dalam membuat parameter pengukuran kinerja yang akan dirancang. Dalam IEPMS ada beberapa aspek yang termasuk kedalam ukuran kuantitatif, diantaranya:

- a) Indikator maupun parameter resiko
- b) Pengolahan limbah serta buangan
- c) Biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan lingkungan
- d) Pemakaian sumber daya
- e) Jumlah serta komposisi limbah yang dihasilkan

Selanjutnya yang termasuk aspek dalam ukuran yang bersifat kualitatif antara lain:

- a) Kecelakaan dan keselamatan kerja
- b) Program pengembangan

- c) Penghargaan serta pengakuan publik
- d) Kesadaran dan komitmen pekerja
- e) Program pelatihan lingkungan
- f) Penghargaan dan pengakuan publik

Adapun yang harus diperhatikan dalam pemilihan ukuran lingkungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan fungsi dari ukuran-ukuran lingkungan yang signifikan terhadap tujuan perusahaan.
2. Menggunakan data yang mudah didapatkan dan dipahami berdasarkan kinerja aktual.
3. Apakah sebanding dengan keuntungan yang diperoleh dengan biaya yang dikeluarkan dalam usaha mendapatkan informasi lingkungan yang berkualitas tinggi.
4. Menggunakan informasi historis secara hati-hati karena kriteria kualitas data mungkin tidak mencukupi dan kurang memuaskan.
5. Ukuran lingkungan yang terpilih harus mencerminkan prioritas-prioritas stakeholder dalam mencapai tujuan organisasi.
6. Ukuran lingkungan yang terpilih harus dapat dikontrol dan mudah dipahami.

2.8 Key to Environmental Performance Indicator (KEPI)

Key to Environmental Performance Indicator (KEPI) dapat diartikan sebagai suatu informasi kualitatif dan kuantitatif yang memberikan evaluasi dari perspektif lingkungan serta efektifitas perusahaan dalam mengelola sumber daya (Singhal et al., 2004). Dalam perusahaan, KEPI bertujuan untuk mengevaluasi pencapaian efektifitas dan efisiensi perusahaan dalam pencapaian tujuan-tujuan lingkungan dan meningkatkan performansi kerjanya, serta memungkinkan perusahaan untuk melakukan tindakan berikut:

1. Penguasaan kebijakan lingkungan berdasarkan ketentuan dari pengawasan yang lebih baik terhadap tujuan-tujuan lingkungan.
2. Penggunaan tindakan perlindungan lingkungan yang paling tepat dalam hubungannya dalam meningkatkan performansi kinerja.
3. Memberikan ketentuan yang efektif mengenai tanggung jawab dan suatu bantuan untuk penerapan sistem manajemen lingkungan.

4. Perbaiki komunikasi internal dan eksternal pada pencapaian program-program lingkungan.

KEPI merupakan suatu *tools* yang digunakan oleh perusahaan sebagai alat ukur kinerja lingkungan. Dalam KEPI sendiri terdapat matrix kuantitatif yang dapat mempresentasikan performansi dari suatu lingkungan perusahaan. KEPI dapat membantu suatu perusahaan untuk mengimplementasikan strategi-strategi dari perusahaan tersebut dengan mengintegrasikan berbagai tingkatan organisasi (dari departemen sampai individu) dengan target dan perbandingan yang jelas. Dampak dari segi lingkungan suatu perusahaan akan mempengaruhi peningkatan dari performansi perusahaan itu sendiri secara keseluruhan dan akan berlangsung secara kontinyu.

Tidak ada dasar yang lengkap dalam pemilihan indikator-indikator kinerja lingkungan, jumlah indikator ataupun teknik pengukurannya (Kusumawardani, 2008). KEPI merefleksikan efisiensi lingkungan dari suatu proses produksi yang melibatkan jumlah dari input dan outputnya. KEPI mempunyai karakter-karakter sebagai berikut:

1. Relevan
Maksudnya adalah indikator-indikator kinerja lingkungan harus menyediakan informasi yang mempengaruhi secara signifikan terhadap perusahaan dan stakeholdernya.
2. Analisa yang kuat
Maksudnya adalah indikator-indikator lingkungan seharusnya berdasarkan suatu teori secara *scientific* dan teknis.
3. Dapat diukur
Pada karakter ini data merupakan dasar dalam penyusunan suatu indikator.
4. Dapat dibandingkan
Karakter ini merupakan tujuan yang penting dalam penggunaan KEPI yaitu dapat dibandingkan.

2.9 Analytical Hierachy Process (AHP)

AHP adalah suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah *multi factor* atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki (Syarifullah, 2010). Masalah yang kompleks

dapat di artikan bahwa kriteria dari suatu masalah yang begitu banyak (multikriteria), struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian pendapat dari pengambil keputusan, pengambil keputusan lebih dari satu orang, serta ketidakakuratan data yang tersedia (Syaifullah, 2010). Menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya kebawah hingga level terakhir yaitu alternatif. AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut : (Syaifullah, 2010)

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan

Metode AHP dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut: (Kusrini, 2008)

1. Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi.
Persoalan yang akan diselesaikan, diuraikan menjadi unsur-unsurnya, yaitu kriteria dan alternatif, kemudian disusun menjadi struktur hierarki.
2. Penilaian kriteria dan alternatif
Kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut (Saaty, 1993), untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

| Intensitas Kepentingan | Keterangan |
|-----------------------------------|---|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya |

| Intensitas Kepentingan | Keterangan |
|-----------------------------------|--|
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya |
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen yang lainnya |
| 2,4,6,8 | Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan |

2.10 *Objective Matrix (OMAX)*

OMAX merupakan pendekatan pengukuran kinerja untuk mengevaluasi beberapa kriteria produktivitas dengan menimbang untuk mendapatkan indeks produktivitas total. Model ini mengusulkan pengembangan produktivitas di tingkat kegiatan. Metode OMAX penting untuk kemudahan aplikasi. Metode juga berguna untuk fungsi proyek dan layanan, yang sulit untuk mengukur produktivitas. (Riggs, 1986). *Objective Matrix (OMAX)* adalah suatu sistem pengukuran produktivitas parsial yang dikembangkan untuk memantau produktivitas disetiap bagian perusahaan dengan kriteria produktivitas yang sesuai dengan keberadaan bagian tersebut (*objective*). Model ini dikembangkan oleh Dr. James L. Riggs (*Department of Industrial Engineering di Oregon State University*). OMAX diperkenalkan pada tahun 80an di Amerika Serikat. Model pengukuran ini mempunyai ciri yang unik, yaitu kriteria performansi kelompok kerja digabungkan ke dalam suatu matriks. Setiap kriteria performansi memiliki sasaran berupa jalur khusus menu perbaikan serta memiliki bobot sesuai dengan tingkat kepentingan terhadap tujuan produktivitas.

Hasil akhir dari pengukuran ini adalah nilai tunggal untuk kelompok kerja. (Avianda et al., 2014). Model pengukuran produktivitas yang terkenal yaitu metode OMAX (*Objectives Matrix*) yang merupakan suatu sistem pengukuran produktivitas partial yang dikembangkan untuk memantau produktivitas dari tiap bagian perusahaan dengan kriteria produktivitas yang sesuai dengan keberadaan bagian tersebut. Metode OMAX juga dapat mengatasi masalah-masalah kerumitan dan kesulitan pengukuran produktivitas dengan mengkombinasikan seluruh kriteria produktivitas yang penting

dalam suatu bentuk matriks yang terpadu dan saling terkait satu sama lain, sehingga mudah untuk dikomunikasikan. (Tanaamah et al, 2013).

Metode OMAX menggabungkan kriteria-kriteria produktivitas ke dalam suatu bentuk yang terpadu dan berhubungan satu sama lain. Berikut adalah contoh tabel kerangka kerja pada metode OMAX.

Tabel 2.3 Kerangka OMAX

| <i>Performance Criteria</i> | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | <i>Score</i> |
|--|----|----|----|----|----|--------------|
| <i>Performance</i> | | | | | | |
| <i>Realistic Performance Objective</i> | | | | | | 10 |
| | | | | | | 9 |
| | | | | | | 8 |
| | | | | | | 7 |
| | | | | | | 6 |
| | | | | | | 5 |
| | | | | | | 4 |
| | | | | | | 3 |
| | | | | | | 2 |
| | | | | | | 1 |
| | | | | | | 0 |
| <i>Score</i> | | | | | | |
| <i>Weight</i> | | | | | | |
| <i>Value</i> | | | | | | |

Susunan model OMAX berupa matriks yang terdiri atas:

1) *Kriteria*

Merupakan indikator kinerja kunci (dalam hal ini KEPI) yang akan diukur kinerjanya, dan dinyatakan dengan sesuai dengan metrik yang digunakannya.

2) *Performance*

Merupakan tempat diletakkannya hasil dari perhitungan terhadap KPI/KEPI. Hasil yang diperoleh selanjutnya dicantumkan pada baris *performance* untuk indikator kunci yang diukur.

3) Butir-butir matriks

Terdapat dalam badan matriks yang disusun oleh besaran-besaran pencapaian mulai dari tingkat 1 (hasil yang terjelek) sampai dengan tingkat 10 (hasil terbaik). Sedangkan pada tingkat 3 merupakan data pengukuran untuk data pada periode sebelumnya.

4) *Score*

Hasil dari pengukuran dari data aktual yang dibandingkan dengan tingkat kinerja yang paling mendekati. Score menunjukkan kinerja KPI/KEPI yang diukur sesuai dengan metrik standar yang digunakan yaitu 1 sampai 10.

5) *Weight*

Menyatakan bobot dari indikator-indikator kunci yang hendak diukur. Nilai bobot ini diperoleh dari hasil pengolahan AHP pada tahapan sebelumnya.

6) *Value*

Menyatakan hasil perkalian dari skor kinerja untuk KPI/KEPI yang ada dengan bobot Indikator kuncinya.

7) *Performance Indicator*

Menyatakan jumlah value dari semua KPI/KEPI yang telah diukur. Pada bagian ini akan dilakukan perbandingan kinerja periode sebelumnya dengan periode pengukuran yang dinyatakan dengan indeks. Bila indeks menunjukkan nilai lebih besar dari 1 berarti kinerja periode pengukuran lebih baik kinerjanya dibanding dengan kinerja periode sebelumnya. Bila nilai indeks kurang dari 1, maka menunjukkan sebaliknya, yaitu kinerja awal lebih baik dari kinerja di periode pengukuran. Namun bila nilai indeks yang dihasilkan adalah 1, maka ini menunjukkan bahwa kinerja periode pengukuran sama dengan kinerja periode sebelumnya.

8) *Score Performance*

Dalam metode OMAX, perhitungan dilakukan dengan menggunakan *score*, *score* disini bernilai dari 1 sampai 10 dimana:

- a) *Score* 1 menyatakan kondisi terjelek yang terjadi
- b) *Score* 3 menyatakan hasil-hasil yang ingin dicapai dalam kondisi normal selama proses pengukuran berlangsung
- c) *Score* 10 menyatakan perkiraan realistis target yang mungkin akan tercapai oleh perusahaan dalam suatu kurun waktu tertentu

- d) *Score 2* dilakukan interpolasi antara 1 dan 3
- e) *Score 4,5,6,7,8,9*, sama seperti skor 2 hanya saja disini interpolasi dilakukan antara 3 dan 10

Format OMAX juga terbagi atas tiga bagian pokok, yaitu:

- 1) *Difining*, yaitu mendefinisikan faktor-faktor yang menentukan kinerja dari suatu unit kerja didefinisikan sebagai indikator kinerja. Pencapaian sesungguhnya dari suatu unit kinerja selama periode tertentu dimasukkan dalam baris *performance*.
- 2) *Quantifying*, yaitu mengkuantifikasi badan matrik yang terdiri dari level pencapaian berkisar dari 0 untuk performansi yang tidak memuaskan hingga 10 untuk pencapaian superior.
- 3) *Monitoring indicator performance* adalah jumlah dan nilai yang diperoleh dengan mengalikan setiap nilai indikator kunci dengan bobotnya. Indeks adalah perbedaan persentase antara *indicator performance* saat ini dengan periode sebelumnya.

2.11 Limbah Cair

Menurut Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016, pengertian air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Sedangkan menurut (MetCalf & Eddy, 2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perkantoran dan industri yang kadang – kadang hadir bersama air tanah, air permukaan dan air hujan. (Sugiharto, 1987) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua bagian, yaitu air limbah rumah tangga (*domestic water*) dan air limbah industri. Air limbah industri merupakan limbah berbentuk cair yang dihasilkan oleh aktivitas atau kegiatan industri.

Limbah Cair diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair, dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1998).

Menurut (Tjokrokusumo, 1998) karakteristik Limbah cair dibedakan menjadi tiga golongan yaitu:

1. Parameter Fisik

Adapun karakteristik fisik limbah terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Total solid

Total Solid (TS) Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103-105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan sludge dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

e. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipancarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama.

2. Parameter kimia

a. Derajat keasaman (pH)

Keasaman air, dipengaruhi oleh adanya bahan buangan yang bersifat asam atau basa.

b. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis yaitu banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air pada kondisi aerobik. Nilai BOD menunjukkan jumlah zat organik sesungguhnya, tetapi hanya mengukur

jumlah bahan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan– bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan–bahan buangan membutuhkan oksigen tinggi. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam air adalah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup (Wardhana, 1995)

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen–oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1992)

d. Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu kebutuhan nutrien yang diperlukan oleh makhluk hidup. Bentuk nitrogen yang umum ditemui di dalam air limbah adalah amonia, ion amonium, ion nitrit dan ion nitrat. Apabila kandungan nitrogen di dalam air berlebih, maka akan terjadi eutrofikasi.

3. Parameter Biologi

Karakteristik biologi pada umumnya ditentukan dari parameter– parameter:

- a. Kelompok mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah
- b. Organisme pathogen yang ada.

2.12 *Traffic Light System*

Traffic Light System berhubungan erat dengan *scoring system*. *Traffic Light system* berfungsi sebagai tanda apakah *score* dari suatu KPI/KEPI memerlukan suatu perbaikan atau tidak. Indikator dari *Traffic Light System* ini direpresentasikan dengan beberapa warna sebagai berikut:

1) *Green* / Hijau

Achievement dari suatu KPI/KEPI sudah tercapai. Artinya, target yang ingin dicapai telah terpenuhi pada indikator ini dan perlu dipertahankan agar hasil ini tidak mengalami penurunan.

2) *Yellow* / Kuning

Achievement dari suatu indikator kinerja belum tercapai, meskipun nilainya telah mendekati target, jadi pihak manajemen harus segera melakukan tindakan untuk meningkatkan performa dari indikator yang berwarna kuning.

3) *Red* / Merah

Achievement dari suatu indikator kinerja benar-benar dibawah target yang telah ditetapkan dan memerlukan perbaikan dengan segera.

Penentuan dari besarnya *score achievement* suatu indikator kinerja yang termasuk warna-warna dari *Traffic Light System* tergantung dari penilaian dan kemampuan sebuah perusahaan.

