

BAB II

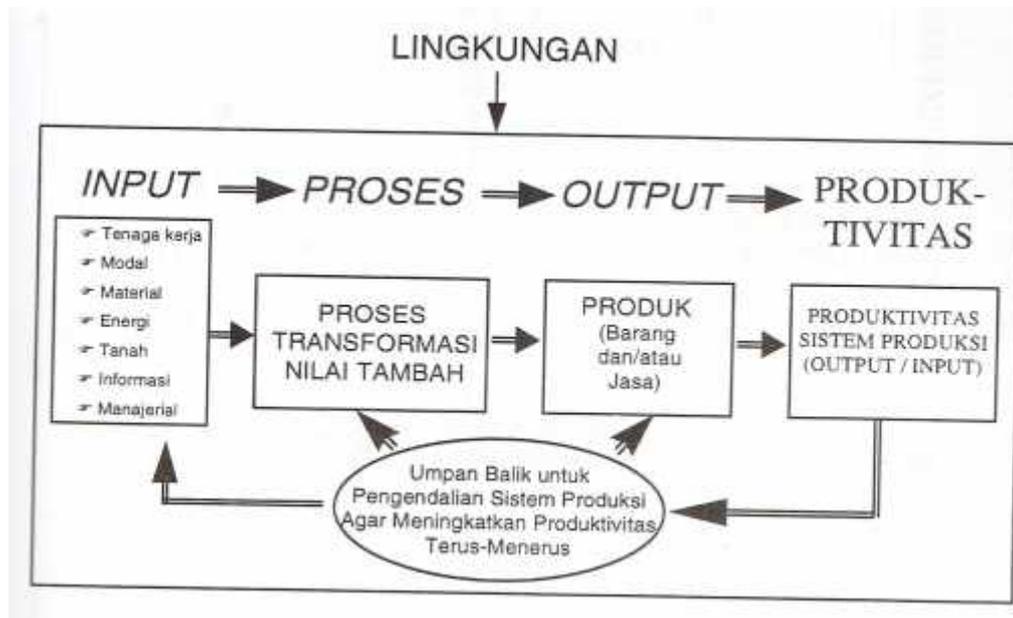
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produktivitas

Pengertian produktivitas dengan berkaitan dengan efektivitas dan efisiensi (Summanth dikutip APO, 2001), dimana efektivitas merupakan tingkat pencapaian suatu objek, sedangkan efisiensi adalah bagaimana penggunaan sumber daya secara optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Produktivitas dipandang dari dua sisi yaitu sisi input dan sisi output. (Gaspersz, 2000).

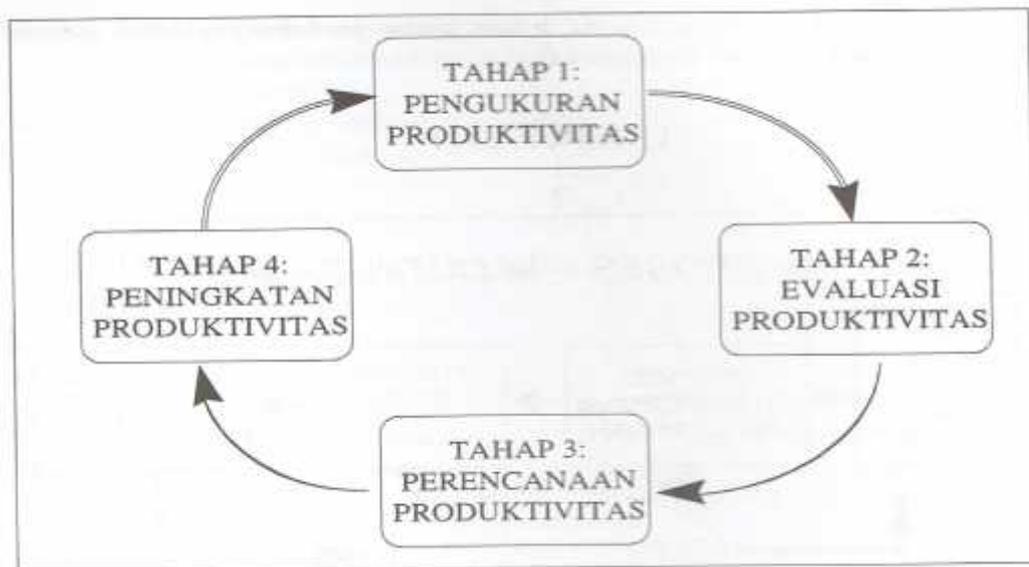
Produktivitas adalah perbandingan antara keluaran (output) dengan masukan (input) pada perusahaan industri dan ekonomi secara keseluruhan. Peningkatan produktivitas akan menghasilkan peningkatan pada standart hidup dan kualitas hidup pada suatu perusahaan. (APO dikutip Nurcahyanie, 2013)

Berdasarkan definisi produktivitas di atas, sistem produktivitas dalam industri dapat digambarkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema Sistem Produktivitas (Gaspersz, 2000)

Sumanth (1985) memperkenalkan suatu konsep formal yang disebut sebagai siklus produktivitas (*productivity cyle*) yang dipergunakan dalam peningkatan produktivitas terus-menerus. Konsep siklus produktivits ini ditunjukkan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2. Siklus Produktivitas
(Summanth dikutip APO, 2001)

Produktivitas (P) didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) antara output per input (Wignjosoebroto, 1995)

$$P = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \dots\dots\dots (1)$$

Input

Dengan demikian, produktivitas merupakan suatu kombinasi dari efektif dan efisiensi, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang dipergunakan}} = \frac{\text{Pencapaian tujuan}}{\text{Penggunaan sumber-sumber daya}} \\
 &= \frac{\text{Efektivitas pelaksanaan tugas}}{\text{Efisiensi penggunaan sumber-sumber daya}} = \frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi}}
 \end{aligned}$$

Gambar 2.3 Pengukuran Produktivitas.
(Gaspersz, 2000)

Produktivitas tidak hanya tentang bagaimana mendapatkan efisiensi maksimum dengan “*doing things right*” tetapi juga mencapai efektivitas

maksimum dengan “*doing the right things*” (APO, 2001). Produktifitas dapat didefinisikan juga sebagai :

$$Productivity = effectiveness + efficiency \dots\dots\dots(2)$$

Pada umumnya terdapat beberapa strategi yang dapat digunakan dalam menyusun perbaikan produktivitas, (Jonas dikutip Nurcahyanie, 2013) yaitu:

1. Meningkatkan input dan output, dimana peningkatan output lebih besar daripada peningkatan input.
2. Menurunkan input dan output, dimana penurunan input lebih besar daripada penurunan output.
3. Input tetap tetapi output meningkat.
4. Input menurun tetapi output tetap.
5. Input turun dan output meningkat.

2.2 *Eco-Efficiency dan Sustainable Development*

Eco-Efficiency adalah rasio antara nilai tambah dan tambahan dampak lingkungan, atau rasio antara indikator kinerja ekonomi dan indikator kinerja ekologi (EMA-SEA, 2005). Peningkatan *Eco-Efficiency* membutuhkan keterpaduan antara informasi ekonomi dan lingkungan (EMA-SEA, 2005). *Eco-Efficiency* fokus terhadap penciptaan nilai tambah dengan memenuhi kebutuhan *customer* bersamaan dengan mengurangi dampak lingkungan. *Sustainable Development* yang didefinisikan sebagai pembangunan yang dapat menjawab kebutuhan dari generasi masa kini tanpa mengorbankan kemampuan dari generasi berikutnya untuk memenuhi kebutuhannya (APO, 2001). Tujuan utama dari *Eco-Efficiency* adalah *Sustainable Development*.

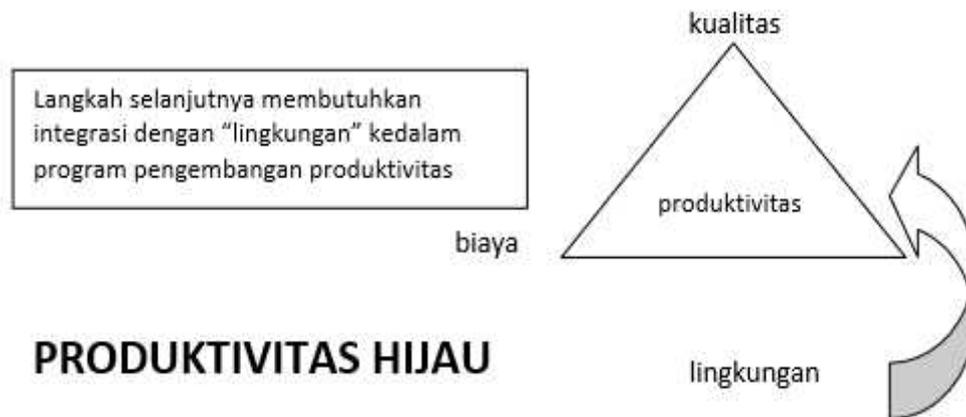
Pengukuran produktivitas sumber daya untuk mengevaluasi performansi industri sangat sesuai dengan pelestarian lingkungan. Pengurangan *waste* dan ketidakefisienan dalam proses produksi menandakan produktifitas atau efisiensi penggunaan sumber daya.

2.3 Green Productivity

Konsep dan definisi *Green Productivity* (GP) integrasi dua konsep penting dari Produktifitas Hijau diambil dari strategi produksi, yaitu perubahan produktivitas dan perlindungan lingkungan. (APO, 2001)

Produktivitas lingkungan menyediakan kerangka kerja untuk perbaikan terus-menerus, sementara perlindungan lingkungan memberikan landasan untuk berkelanjutan. (APO, 2001)

Green Productivity bila diterjemahkan dapat diartikan produktivitas ramah lingkungan yang merupakan bagian dari program peningkatan produktivitas yang ramah lingkungan dalam rangka menjawab isu global tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).



Gambar 2.4 Dasar dari *Green Productivity*

(APO dikutip Nurcahyanie, 2013)

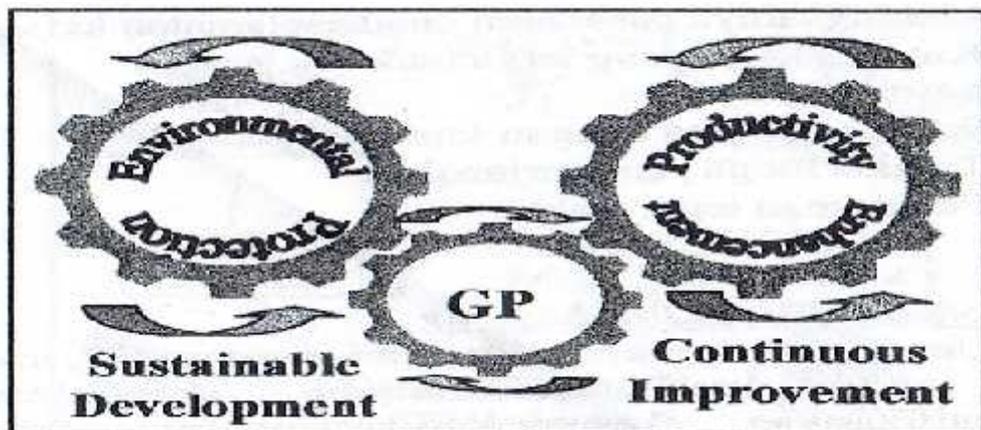
Konsep *Green Productivity* diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi pembangunan, (APO, 2001) yaitu:

- Perlindungan lingkungan
- Peningkatan Produktivitas

Oleh karena itu, Produktifitas Hijau adalah strategi untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja yang membutuhkan kerja keras untuk keseluruhan pengembangan ekonomi. Ini adalah aplikasi yang sesuai dengan sistem teknologi dan manajemen untuk menghasilkan barang dan layanan yang sesuai dengan lingkungan. (APO, 2001)

Kata kunci *sustainable* dalam visi GP, perbaikan strategi yang digunakan oleh praktisi, menginformasikan metodologi. (APO, 2001)

Konsep GP dikembangkan oleh *Asian Productivity Organization* (APO) pada 1994 untuk menumbuhkan kesadaran masyarakat terhadap permasalahan lingkungan. Tujuan utama APO adalah untuk menunjukkan bahwa perlindungan terhadap lingkungan dan peningkatan produktivitas dapat diharmonisasikan bagi perusahaan, karena proses produksi seringkali mengakibatkan pembuangan material dan energi yang akan membebani lingkungan.



Gambar 2.5 Definisi *Green Productivity* (*Asian Productivity Organization*)

2.3.1 Tujuan *Green Productivity*

GP bertujuan untuk memastikan perlindungan lingkungan, sementara membuat bisnis GP menguntungkan adalah pendekatan multi-disiplin, sistematis, dan holistik. GP menekankan kerja sama tim dan penerapan teknik dan teknologi yang tepat. (APO, 2001)

Tujuan dari GP, (APO, 2001) adalah:

1. Mengidentifikasi cara untuk menghindari polusi dari sumber
2. Mengurangi level input sumberdaya melalui optimasi atau rasionalisasi
3. Meningkatkan efisiensi sumberdaya untuk melindungi sumberdaya alam dan meningkatkan produktivitas sekaligus.

Green Engineering atau *Green productivity* mempunyai empat tujuan umum (Billatos dikutip L Singgih, 2006) dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan dan ekonomi produksi ketika diimplementasikan pada lantai produksi, yaitu:

1. Pengurangan Limbah (*Waste Reduction*)
2. Manajemen Material (*Material Management*)
3. Pencegahan Polusi (*Pollution Prevention*)
4. Peningkatan Nilai Produk (*Product Enhancement*)

GP mengakui bahwa lingkungan dan pembangunan adalah dua sisi dari koin yang sama, konsep GP menunjukkan bahwa untuk setiap strategi pembangunan agar berkelanjutan, perlu ada fokus pada lingkungan, kualitas, dan profitabilitas, yang merupakan fokus dari GP. (APO, 2001)

2.3.2 Karakteristik *Green Productivity*

Praktik GP ditandai oleh empat karakteristik yang membedakan dengan yang lain, (APO, 2001) yaitu:

1. Kesesuaian Lingkungan

Hati GP adalah perlindungan lingkungan, langkah pertama adalah kepatuhan peraturan. GP menekankan praktik pencegahan polusi dan reduksi sumber permasalahan, Residu harus dikelola dengan menggunakan perawatan ujung permasalahan. Ini adalah karakteristik unik dari GP bahwa produktivitas juga akan meningkat sementara organisasi mencapai pemenuhan lingkungan. Praktik ini dapat menyebabkan situasi melampaui kepatuhan terhadap tujuan akhir untuk memastikan kualitas hidup.

2. Peningkatan produktivitas

Aspek lain dari GP adalah peningkatan produktivitas. Konsep perbaikan berkesinambungan yang dicapai dengan mengadopsi siklus ditujukan untuk memastikan tidak hanya peningkatan produktivitas, namun juga perbaikan lingkungan. Ini adalah proses yang dinamis dan proses langsung.

3. Pendekatan berbasis masyarakat terpadu

Salah satu kelebihan GP adalah keterlibatan pekerja dan pendekatan berbasis tim. Pendekatan berbasis masyarakatnya diperluas untuk memperbaiki lingkungan kerja, kesehatan dan keselamatan pekerja, non-diskriminasi, dan isu-isu kesejahteraan sosial terkait. Pendekatan ini melibatkan partisipasi pemangku kepentingan.

4. Informasi perbaikan

Dokumentasi dan pelaporan adalah kekuatan GP yang diambil dari sistem seperti QMS dan EMS. Pepatah "apa yang akan diukur dilakukan adalah salah satu kekuatan pendorong".

Green Productivity (GP) berlaku tidak hanya ke sektor *manufaciuring*, namun juga untuk sektor pertanian dan jasa. GP juga membahas interaksi antara kegiatan ekonomi dan pengembangan masyarakat. Dimensi GP lainnya adalah peran sektor publik (pemerintah dan pendidikan) dalam perlindungan dan kesadaran lingkungan. APO terutama menangani kebutuhan usaha kecil dan menengah (UKM) untuk memanfaatkan sumber daya organisasi yang langka untuk meningkatkan produktivitas dan melindungi lingkungan. (APO, 2001)

Fitur menarik dari topik GP menyebabkan keuntungan dapat diperoleh melalui kinerja produk dan lingkungan, Penggunaan *improvement* yang sumber daya yang berlebihan. atau pemborosan merupakan indikasi produktitas rendah serta kinerja lingkungan yang buruk. Dalam banyak hal, ini adalah cacat manufaktur yang perlu diatur dengan benar. Untuk memperbaiki situasi, GP menerapkan strategi berdasarkan intervensi teknis dan manajerial. Ini adalah proses perbaikan terus-menerus. (APO, 2001)

- Langkah pertama adalah mengidentifikasi cara mencegah polusi atau limbah pada sumbernya, serta mengurangi tingkat *input* sumber daya melalui proses rasionalisasi dan optimalisasi. Memungkinan untuk penggunaan kembali, pemulihan, dan daur ulang diselidiki untuk mengurangi sebanyak mungkin limbah yang dihasilkan.
- Selanjutnya, peluang untuk mengganti zat beracun atau berbahaya, dieksplorasi untuk mengurangi dampak siklus hidup produk yang rendah. Pada tahap ini, produk itu sendiri diperiksa (termasuk kemasan) dalam rangka desain lingkungan.
- Akhirnya, limbah dalam bentuk residu diperlakukan secara memadai untuk memenuhi persyaratan peraturan baik dari sudut pandang tempat kerja dan lingkungan penerima (pemerintah). Untuk memastikan perbaikan terus-menerus dalam produktivitas serta tingkat perlindungan lingkungan, sistem

manajemen dikembangkan, sepanjang Sistem Manajemen Lingkungan dari seri ISO 14000.

2.4 Manfaat Mengimplementasikan GP

Manfaat yang didapatkan saat GP diimplementasikan, perusahaan akan mengalami perbaikan produktivitas melalui penurunan pengeluaran pada perlindungan lingkungan, seperti pengurangan sumber daya, minimasi *waste*, pengurangan polusi dan produksi yang lebih baik. Dari sini, perusahaan dapat mencapai produktivitas yang lebih tinggi dan melindungi lingkungan yang akan mengarah pada terjadinya *sustainable development*.

Manfaat GP, langsung dan jangka panjang yaitu terjadinya peningkatan produktivitas dalam bentuk peningkatan efisiensi yang diakibatkan efisiensi produksi yaitu minimalisasi pembuangan limbah dan penggunaan akhir yang maksimal sebagai keuntungan, biaya yang lebih rendah dari sistem, teknik dan biaya GP di negara-negara dengan peraturan yang kompleks, yaitu menerapkan metodologi untuk menurunkan biaya kepatuhan lingkungan. Efeknya adalah lingkungan sosial yang nyata.

Implementasi dari GP akan memberikan manfaat jangka menengah maupun jangka panjang bagi semua pihak (*stakeholder*), (APO, 2001) antara lain :
Bagi Perusahaan :

- Penurunan *waste* dengan adanya efisiensi penggunaan sumber daya.
- Penurunan biaya operasional dan biaya pengelolaan lingkungan.
- Pengurangan atau bahkan eliminasi dari hutang-hutang jangka panjang.
- Peningkatan produktivitas.
- Mendukung regulasi pemerintah.
- *Image* yang lebih dimata masyarakat.
- Meningkatkan daya saing.
- Meningkatkan *profit* dan pangsa pasar.

Bagi Pegawai :

- Meningkatkan partisipasi para pekerja.
- Meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.
- Kualitas kerja yang lebih baik.

Bagi Konsumen :

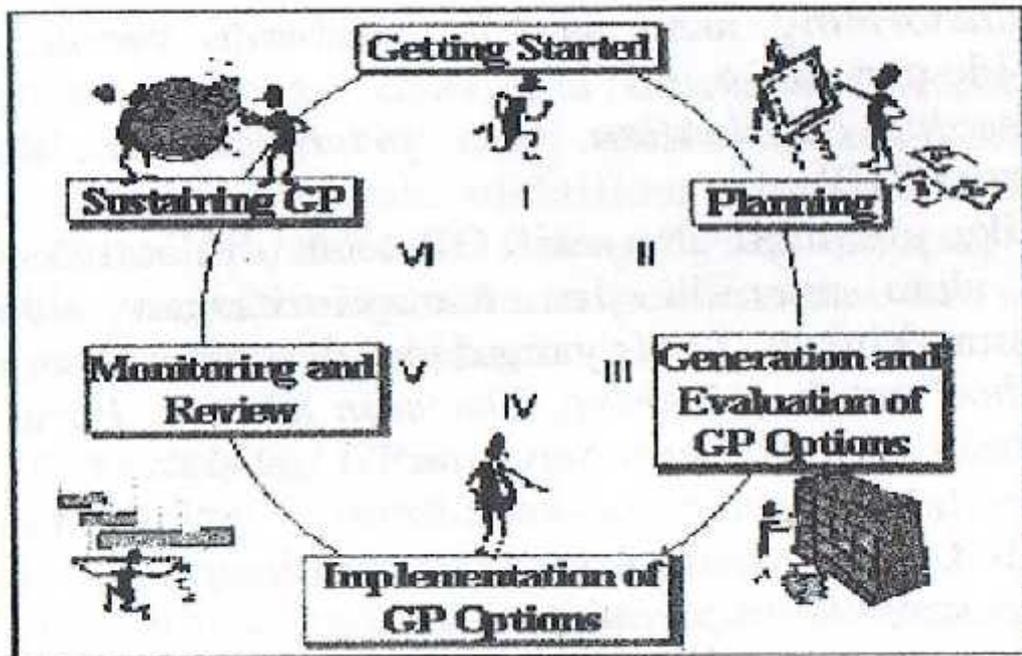
- Produk dan jasa dengan kualitas tinggi.
- Tingkat harga yang terjangkau.
- Pengiriman tepat waktu.

Ada banyak situasi di mana GP biasa digunakan. Beberapa kesempatan adalah, (APO, 2001) sebagai berikut:

- Perlindungan lingkungan & konservasi sumber daya
- Legislasi & kepatuhan peraturan
- ISO 14000, *Environmental Management System* (EMS), Pelabelan Lingkungan, *Design for Environment* (DIE)
- *End-of-Pipe* (EOP), Minimisasi Limbah, *Cleaner Production* (CP), Pencegahan Pencemaran (P2), Teknologi Bersih, *Eco-efficiency* (EE).
- Limbah kimia & manajemen limbah berbahaya,
- Manajemen energi
- Produktivitas dan peningkatan kualitas
- Kesehatan dan keselamatan kerja
- Pengembangan masyarakat
- Kegiatan pertanian
- *Eco-tourism*
- Industri jasa
- Manajemen industri perkebunan
- Manajemen rantai pasokan

2.5 Metodologi *Green Productivity*

Bagian penting dari metodologi *Green Productivity* adalah pemeriksaan dan evaluasi ulang dari proses produksi untuk mereduksi beban lingkungan dan jalan terbaik menuju perbaikan produktivitas serta kualitas produk. Untuk mencapai efektifitas dari program GP, maka sangat penting untuk melibatkan seluruh *stakeholder* untuk mengidentifikasi kesempatan-kesempatan yang ada. Metodologi untuk *Green Productivity* terdiri dari 6 langkah terdiri dari 13 bagian sebagai berikut, (APO, 2001) yaitu:



Gambar 2.6 Metodologi *Green Productivity* (*Asian Productivity Organization*, 2011)

Langkah 1. *Getting started*

Tahap awal dalam penerapan *Green Productivity* merupakan proses pengumpulan informasi dasar dan proses identifikasi ruang lingkup permasalahan. Dimana proses ini perlu mendapatkan dukungan dari manajemen senior untuk memastikan bahwa sumber daya yang dimiliki perusahaan telah memadai demi kesuksesan penerapan *Green Productivity*. Oleh sebab itu diperlukan adanya tim tersendiri dalam penerapan *Green Productivity*. Terdapat 2 aktifitas utama pada tahap ini, yaitu:

a. Membentuk tim GP

Tim GP bertanggung jawab untuk mengatur, mengkoordinasikan keseluruhan program, mengidentifikasi, dan mengimplementasikan pengukuram GP dengan tepat waktu. Tim GP harus mampu mengidentifikasi area-area yang potensial, mengembangkan solusi dan memfasilitasi dalam mengimplementasikan solusi GP.

b. *Walk through survey* dan mengumpulkan informasi

Walk through survey dilakukan untuk mengidentifikasi urutan proses produksi. Pada tahap ini harus menentukan *process flow diagram* dan *material balance*.

Kemudian tim GP harus mengetahui operasi-operasi yang menghasilkan *waste* termasuk estimasi atau perkiraan mengenai *waste* yang dihasilkan dari tiap-tiap proses yang berbeda tool yang dipergunakan beserta *Flowchart* dan *Material Balance*.

Langkah 2. Planning

Pada tahap ini terdapat 2 langkah utama yaitu sbb:

a. Identifikasi permasalahan dan penyebabnya

Informasi-informasi yang telah diperoleh melalui *walk through survey* akan digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan dan penyebabnya. Hal ini dilakukan dalam tahap planning ini, dimana *Tools* yang digunakan untuk menggambarkan permasalahan tersebut adalah *Brainstorming* dan Diagram Sebab Akibat.

Brainstorming

Merupakan tool yang sering digunakan untuk memunculkan ide-ide dimana dilakukan pertukaran pikiran atau ide. *Tool* ini dilaksanakan dan digunakan oleh anggota tim untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan atau untuk menemukan solusi dari permasalahan tersebut.

b. Menentukan tujuan dan target

Setelah mengetahui permasalahan dan penyebabnya, maka perlu menentukan tujuan dan target sebagai petunjuk bagi tim GP untuk memilih alternatif yang dapat mengeliminasi penyebab permasalahan. Prinsip-prinsip yang harus diperhatikan antara lain adalah:

- Tujuan harus didasarkan pada masalah yang telah teridentifikasi
- Tujuan mungkin akan menghasilkan lebih dari satu target
- Target yang diinginkan harus sesuai dengan kebutuhan
- Harus ada indikator yang dipakai untuk mengetahui pencapaian target dan tujuan dalam suatu satuan waktu

Tujuan dan target diatur dalam ruang lingkup masalah. Angka produktivitas dan Indikator Performansi Lingkungan (EPI) juga diidentifikasi pada tahap ini. Disamping itu, untuk mengurangi unsur subjektivitas dalam mengidentifikasi kriteria *input* EPI harus dilakukan penyebaran kuisioner dan studi literatur.

Langkah 3. *Generation and evaluation of GP option*

Tahapan ini memiliki 2 langkah utama, yaitu sebagai berikut:

a. Menyusun alternatif-alternatif GP

Menemukan metode-metode yang memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas. Brainstorming akan sangat membantu untuk menciptakan ide-ide perbaikan.

b. *Screening, evaluation, dan prioritization* dari alternatif-alternatif GP

Ketika alternatif-alternatif GP telah diidentifikasi, maka tim akan memilih dan memprioritaskan alternatif yang memungkinkan. Alternatif tersebut diuji kelayakan baik secara teknis maupun secara finansial. *Tools* yang dapat digunakan antara lain Pareto Diagram dan Metode Deret Seragam.

Langkah 4. *Implementation of GP options*

Terdapat beberapa langkah-langkah dalam mengimplementasikan alternatif solusi dari GP, yaitu sebagai berikut:

a. Merencanakan implementation GP

Perencanaan implementasi ini merupakan detail kegiatan yang akan dilakukan, , batasan waktu pelaksanaan, dan *personnel* yang akan terlibat didalamnya yang akan menjamin proses implementasi berlangsung dengan baik.

b. Mengimplementasikan alternatif terpilih

Bila semua hal dalam tahap perencanaan telah dilakukan dengan baik, maka tim GP dapat melaksanakan solusi terpilih secara simultan.

c. Pelatihan, *awareness bulding*, dan mengembangkan kompetensi

Perlu dilakukan pelatihan bagi tenaga kerja untuk memberikan gambaran mengenai konsep GP serta mengerti peran masing-masing.

Langkah 5. *Monitoring and review*

Pada tahap ini dilakukan beberapa aktivitas, seperti berikut:

a. Memonitoring dan mengevaluasi hasil

Kinerja dari solusi yang dilaksanakan harus dimonitoring agar dapat dibandingkan dengan target dan tujuan yang telah ditentukan pada tahap awal, sehingga manajemen dapat melakukan perbaikan-perbaikan yang diperlukan untuk meminimalisir deviasi.

b. *Management review*

Management review dilakukan untuk menentukan apakah metodologi GP telah dilaksanakan secara efektif. Meliputi : efektifitas pelaksanaan GP, *benerifit* yang dipeoleh, *financial savings* yang dicapai, kesulitan-kesulitan yang dihadapi selama pelaksanaan dan identifikasi untuk perbaikan selanjutnya.

Langkah 6. *Sustaining GP*

Dalam tahapan ini terdapat dua hal penting yang harus dilakukan, yaitu:

a. Menggabungkan perubahan-perubahan dalam sistem manajemen organisasi.

GP harus diintegrasikan menjadi bagian dari manajemen harian. Tim GP harus membentuk sistem terstruktur untuk menjamin perbaikan yang terus-menerus dalam GP. Agar sistem tersebut berjalan dengan efektif, maka perlu untuk terus memperbarui kebijakan, target, tujuan dan prosedur saat diperlukan.

b. Identifikasi permasalahan baru untuk *continuous improvement*

Ketika siklus pertama selesai dilakukan maka permasalahan baru dapat muncul karena beberapa faktor, antara lain perubahan harga, ketersediaan sumber daya, kompetisi baru, adanya produk dan pasar baru, dll. Oleh karena itu akan ada kesempatan baru dalam perbaikan produktivitas dan penurunan dampak limbah.

2.6 *Enviromental Performance Indicator (EPI)*

Indikator kinerja lingkungan (*Environmental Performance Indicator / EPI*) adalah parameter-parameter yang menjelaskan potensi dampak aktifitas-aktifitas, produk, atau jasa pada lingkungan. Parameter-parameter ini adalah hasil dari mengkarakteristikkan intervensi lingkungan atau aspek-aspek lingkungan yang telah diklasifikasikan (Sturm, 1998).

Suatu indikator dapat didefinisikan sebagai sebuah parameter atau jumlah terukur yang didasarkan pada jumlah yang diteliti atau dihitung. Sebuah indikator lingkungan merupakan salah satu hal yang dperkirakan dapat direfleksikan berbagai dampak dari suatu aktivitas pada lingkungan serta usaha untuk mereduksinya. (APO dikutip Nurcahyanie, 2013)

EPI menggambarkan efisiensi lingkungan dari proses produksi dengan melibatkan jumlah input dan output :

$$\text{Indeks EPI} = \frac{\sum_{I=1}^k W_i \cdot P_i}{\dots} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana k adalah jumlah kriteria limbah yang diajukan dan W_i adalah bobot dari masing-masing kriteria. Bobot ini diperoleh melalui penyebaran kuisisioner kepada para ahli kimia lingkungan. Bobot yang dimaksud diatas didasarkan pada parameter kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan.

Nilai P_i merupakan prosentase penyimpangan antara standar BAPEDAL dengan hasil analisa perusahaan :

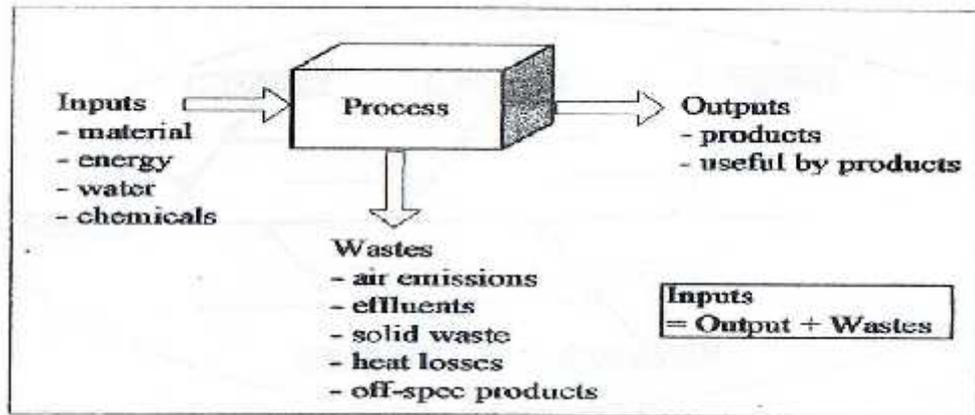
$$P = (\text{Standar} - \text{Analisa}) / \text{Standar} \times 100 \% \dots \dots \dots (4)$$

2.7 Process Flow Diagram dan Material Balance

Flowchart atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan Diagram Alir ini dipergunakan dalam industri manufakturing untuk menggambarkan proses-proses operasionalnya sehingga mudah dipahami dan mudah dilihat berdasarkan urutan langkah dari suatu proses ke proses lainnya. (Kho, 2016)

Process Flow Diagram (PFD) adalah flowchart yang menggambarkan urutan-urutan aktifitas kerja dengan aliran energi atau *material* pada suatu proses tertentu. *Flowchart* merupakan diagram yang menjelaskan tentang aktivitas yang berkelanjutan seperti pengumpulan informasi, analisis, operasi dan membuat keputusan. Dalam kerja GP ini *Flowchart* digunakan untuk identifikasi proses produksi mulai bahan jadi sampai siap dipasarkan. (APO, 2001)

Sedangkan *Material Balance* adalah *basic inventory tool* yang memberikan gambaran kuantitatif dari input *material*, output, dan *waste*. Dalam GP, PFD diperlukan sebagai dasar untuk mengembangkan *Material Balance*. *Material Balance* berfungsi untuk proses evaluasi kualitatif terhadap material *input* dan *output*. Bentuk dari *Material Balance* dapat dilihat dari gambar 2.3.



Gambar 2.7 *Material Balance*
(Asian Productivity Organization, 2001)

Data yang diperlukan, (APO, 2001) antara lain:

1. Jumlah bahan baku.
2. Jumlah material pendukung.
3. Jumlah sisa hasil produksi.

Prinsip dasar dari *Material Balance* untuk sebuah sistem produksi adalah sebagai berikut: $\text{Material} = \text{Produk} + \text{Waste}$ (APO, 2001)

Keterangan:

- *Input* material meliputi, bahan kimia, energi, dll.
- Produk adalah output akhir yang baik dari proses produksi pabrik
- *Waste* meliputi limbah padat, limbah cair, limbah panas, produk cacat, dan sebagainya.

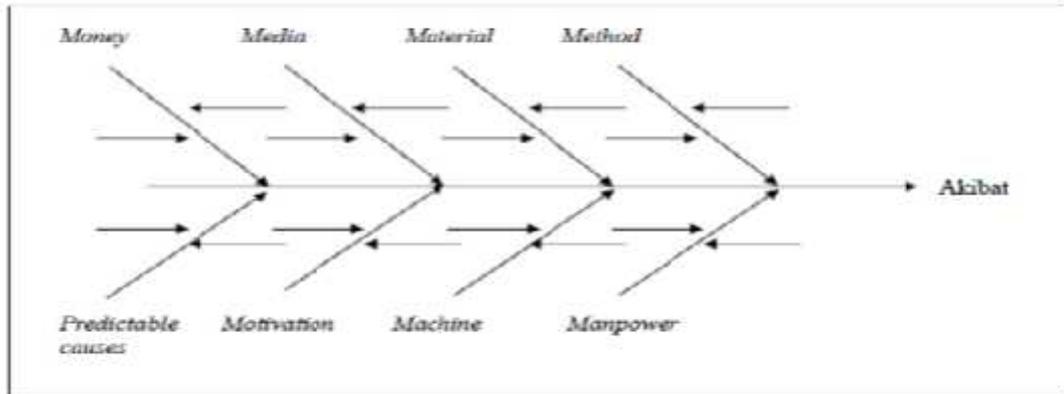
2.8 *Cause-Effect Diagram*

Cause-Effect Diagram (diagram sebab akibat) atau disebut juga sebagai *ishikawa diagram* atau *fishbone diagram* merupakan salah satu dari *seven tools* dalam pengendalian kualitas. *Tool* ini digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan. Diagram ini dapat dijadikan dasar untuk membangun alternatif-alternatif solusi perbaikan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi atas beberapa faktor yang diteliti.

Diagram sebab akibat adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan

penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada. (APO, 2001)

Bentuk umum diagram sebab akibat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Diagram Sebab Akibat (Gaspersz, 2005:243)

Sumber penyebab masalah mutu yang ditemukan berdasarkan prinsip 7 M, (Gaspersz, 2005:241-243) yaitu:

- a) *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam keterampilan dasar akibat yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stres, ketidakpedulian, dll.
- b) *Machiness* (mesin) dan peralatan, berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan preventif terhadap mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu complicated, terlalu panas, dll.
- c) *Methods* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dll.
- d) *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi mutu dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu, dll.
- e) *Media*, berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memerhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang konduktif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk, kebisingan yang berlebihan, dll.

- f) *Motivation* (motivasi), berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan professional, yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.
- g) *Money* (keuangan), berkaitan dengan ketiadaan dukungan finansial (keuangan) yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan mutu *six sigma* yang akan ditetapkan.

2.9 Metode Deret Seragam

Metode ini semua aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan dikonversikan ke dalam deret seragam dengan tingkat bunga sebesar MARR (Nyoman Pujawan, 1995). MARR (*Minimum Attractive Rate of Return*) adalah nilai minimal bunga yang bisa diterima oleh investor. Salah satu perhitungan deret seragam, yang dilakukan dari P (*Present*) atau nilai sekarang, sehingga berlaku hubungan :

$$A(i) = P(i) (A/P, i \%, N) \dots\dots\dots(5)$$

$$A = A_{\text{benefit}} - A_{\text{cost}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

P(i) = nilai sekarang dari keseluruhan aliran kas pada bunga i%

A(i) = aliran kas pada periode sekarang

i = MARR

N = horizon perencanaan (periode)

Bila alternatif-alternatif yang dibandingkan bersifat *mutually exclusive*, maka yang dipilih adalah alternatif yang memiliki deret seragam yang terbesar. Dengan kata lain, bila aliran kas hanya terdiri atas biaya, maka yang dipilih adalah alternatif yang membutuhkan biaya seragam yang paling kecil. (Nurchahyanie, 2013)

2.10 Sistem Bunga

Definisi tingkat bunga menurut ANZI Z94.5 – 1972 adalah rasio dan bunga yang dibayarkan terhadap induk dalam satuan periode waktu dan biasanya dinyatakan dalam presentase dari induk. Unit waktu yang biasanya digunakan untuk menyatakan tingkat bunga adalah 1 tahun. Ada 2 jenis bunga

yang bisa dipakai untuk melakukan perhitungan nilai uang dari waktu yaitu bunga sederhana dan bunga majemuk. Bunga sederhana dihitung hanya dari induk tanpa memperhitungkan bunga yang telah diakumulasikan pada periode sebelumnya. Bila menggunakan bunga majemuk maka besarnya bunga pada suatu periode dihitung berdasarkan besarnya induk ditambah dengan besarnya bunga yang telah terakumulasi pada periode sebelumnya. Kita biasa menyebut proses ini dengan istilah bunga berbunga. (Nurchahyanie, 2013)

2.10 Usaha Penanggulangan Dampak Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan mempunyai dampak yang sangat luas dan sangat merugikan manusia, maka perlu diusahakan pengurangan pencemaran lingkungan atau bila mungkin meniadakannya sama sekali. Usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran dan menanggulangi pencemaran tersebut ada 2 macam cara utama, (Wardhana, 2004) yaitu:

2.10.1 Penanggulangan Secara Non-teknis

Suatu usaha mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur, dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan. (Wardhana, 2004)

Peraturan perundangan yang dimaksudkan hendaknya dapat memberikan gambaran secara jelas tentang kegiatan industri dan teknologi yang akan dilaksanakan di suatu tempat yang antara lain, (Wardhana, 2004) meliputi:

1. Penyajian Informasi Lingkungan (PIL)
2. Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)
3. Perencanaan Kawasan Kegiatan Industri dan Teknologi
4. Pengaturan dan Pengawasan Kegiatan
5. Menanamkan perilaku disiplin

2.10.2 Penanggulangan Secara Teknis

Adapun kriteria yang digunakan dalam memilih dan menentukan cara yang akan digunakan dalam penanggulangan secara teknis tergantung pada faktor, (Wardhana, 2004) berikut:

- Mengutamakan keselamatan lingkungan
- Teknologi telah dikuasai dengan baik
- Secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggung-jawabkan.

Berdasarkan kriteria tersebut diatas diperoleh beberapa cara dalam penanggulangan secara teknis, (Wardhana, 2004) antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mengubah Proses

Apabila suatu proses industri dan teknologi terdapat bahan buangan yang berupa zat-zat kimia, maka akan terjadi pencemaran lingkungan oleh zat-zat kimia. Keadaan ini harus dihindari, yaitu dengan mengubah proses yang ada dan memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.

2. Mengganti Sumber Energi

Sumber energi yang digunakan pada berbagai kegiatan industri dan teknologi sebagian besar masih mengandalkan pada pemakaian bahan bakar fosil, pemakaian bahan bakar fosil menghasilkan komponen pencemar udara yang berupa gas SO_2 , NO_2 , H_2S dan lain sebagainya. Hal ini bisa dikurangi dengan memakai bahan bakar yang ramah lingkungan yang menghasilkan gas buangan yang lebih bersih.

3. Mengelola Limbah

Semua kegiatan industri dan teknologi selalu akan menghasilkan limbah yang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Pengolahan limbah dari bahan buangan industri dan teknologi dimaksudkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Cara pengolahan limbah ini sering disebut dengan *waste treatment*. Cara mengolah limbah industri dan teknologinya tergantung pada sifat dan kandungan limbah serta tergantung pula pada rencana pembuangan olahan limbah secara permanen.

4. Menambah Alat Bantu

Untuk melengkapi cara penanggulangan pencemaran lingkungan secara teknis dilakukan dengan menambahkan alat bantu yang dapat mengurangi pencemaran. Alat bantu yang digunakan tergantung pada keadaan dan macam kegiatan.

2.11 Biaya Lingkungan Tambahan

Biaya Lingkungan Tambahan terdiri biaya tambahan eksternal lingkungan dan biaya tambahan internal lingkungan, (EMA-SEA, 2005) berikut penjabarannya:

- a. Biaya eksternal lingkungan
 - 1) Penurunan sumber daya alam
 - 2) Kebisingan
 - 3) Dampak estetika
 - 4) Residu udara dan emisi air, dll
- b. Biaya internal lingkungan
 - 1) Pengolahan limbah
 - 2) Biaya perijinan
 - 3) Pelatihan lingkungan
 - 4) Sertifikat lingkungan
 - 5) Label lingkungan, dll

Kategori biaya yang berhubungan dengan lingkungan (EMA-SEA, 2005)

- 1) Biaya material untuk produk output
Biaya pembelian sumber daya dalam energi, air dan bahan-bahan lain yang dirubah menjadi produk, produk samping dan pengemasan.
- 2) Biaya material non-produk outputs
Biaya pembelian (dan proses) dari energi, air, dan bahan-bahan lain yang menjadi *non-product output*.
- 3) Biaya pengawasan emisi dan limbah
Pengelolaan, pengolahan, dan pembuangan limbah serta emisi, biaya remediasi dan kompensasi yang berhubungan dengan kerusakan lingkungan, dll.

- 4) Biaya pencegahan dan manajemen lingkungan lainnya
(Pencegahan) aktivitas manajemen lingkungan, misalnya proyek proyek PB, perencanaan lingkungan, komunikasi lingkungan, dll.
- 5) Biaya penelitian dan pengembangan
Biaya proyek penelitian dan pengembangan yang berhubungan dengan permasalahan lingkungan.
- 6) Biaya nyata yang berkurang
Biaya liabiliti dimasa mendatang, regulasi yang akan datang, image perusahaan, realsi stake holder, dll.

Biaya Tambahan Lingkungan Tidak Langsung, yaitu biaya yang harus dialokasikan pada biaya obyek, (EMA-SEA, 2005) yaitu:

- 1) Biaya pelatihan lingkungan untuk karyawan.
- 2) Gaji untuk manajer eksekutif lingkungan.
- 3) Biaya pembelian bahan tambahan tidak secara langsung berhubungan dengan produk/proses.
- 4) Biaya sertifikasi ISO 14000.

Biaya Tambahan Lingkungan Langsung, yaitu biaya yang dapat dtelusuri secara langsung dan biaya obyek, (EMA-SEA, 2005) yaitu :

- 1) Biaya energi dari sebuah produk/biaya buruh dalam sebuah proses.
- 2) Gaji manajer produksi dari sebuah produk.
- 3) Biaya buruh dalam sebuah proses.
- 4) Pembelian bahan mentah untuk produksi sebuah produk.

2.12 Penelitian Terdahulu

Penerapan *Green Productivity* telah banyak dilakukan sebelumnya, dengan beraneka ragam metode telah digunakan tentang analisis pengurangan inefisiensi sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.

Tabel 4.1 Penelitian terdahulu tentang peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan menggunakan metode *Green Productivity*

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Objek	Tujuan Penelitian	Hasil	Perbandingan
1.	Moses L. Singh (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	PT X	Mengurangi beban kerja sistem pengolahan limbah	Tingkat kinerja lingkungan PT X memiliki penyimpangan positif dan disimpulkan alternatif solusi terpilih, dan terjadi peningkatan kontribusi indeks EPI pada awalnya 8,65 hingga mencapai 134,66. Hasil Pengolahan limbah tidak melebihi baku mutu lingkungan.	Lebih fokus mengurangi beban kerja sistem pengolahan limbah, sedangkan penelitian ini cenderung mengurangi limbah untuk meningkatkan produktifitas.
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	PT Mermaid Txtile Industry Indonesia	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Tingkat Produktivitas perusahaan dikatakan stabil pada angka 160-176% dan tingkat kinerja lingkungan juga cukup baik sebesar 22.05, berarti kandungan zat-zat kimia dalam limbah memenuhi baku mutu. Ditemukan juga faktor permasalahan dan solusi perbaikannya, dan produktivitas dan kinerja lingkungan pun meningkat. yaitu sebesar 0,5 % dan 0,68 %	Memiliki kesamaan pada strategi penyelesaian, yaitu dengan meminimalisir limbah dengan cara perbaikan poses.
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity	PT Ecco Tannery Indonesia	Peningkatan produktivitas melalui usaha pengurangan limbah	Tingkat kinerja lingkungan juga cukup baik dengan nilai EPI sebesar 29,2 %, diketahui potensi reduksi limbah dan solusi perbaikannya, serta produktivitas dan kinerja lingkungan pun meningkat, dengan peningkatan produktivitas sebesar 0,91 %	Memiliki kesamaan dengan tujuan peningkatan produktivitas melalui usaha pengurangan limbah, dibedakan objeknya.
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity	PT XYZ	Merumuskan alternatif strategi terbaik pada peningkatan produktivitas	Hasil perhitungan indeks GPI adalah 1,956, dengan nilai EI 0,6714 dan indikator ekonomi 1,3132. analisis peningkatan produktivitas yaitu dengan perbaikan kinerja manajemen perkebunan dan minimalisasi dampak lingkungan. Implementasi GP terbukti dapat meningkatkan produktivitas melalui perbaikan proses budidaya, hal ini terlihat dari hasil perbandingan skenario strategi terbaik dengan nilai EI terendah 0,49, indikator ekonomi 1,95, dan indeks GP 3,96. Penerapan skenario 9 dapat meningkatkan indeks GP sebesar 2 digit indeks dengan mengurangi penggunaan material penunjang dan pengurangan sampah proses.	Menggunakan peta aliran material hijau untuk menganalisa tujuh jenis sumber pembangkit limbah hijau (seven green wastes). alternatif strategi terbaik ditentukan dengan menggunakan model Analytical Hierarchy Process (AHP), sedangkan penelitan ini menggunakan diagram alir proses dalam tahap analisisnya, metode analisisnya menggunakan fish bone, serta perhitungan menggunakan deret seragam.
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	Pabrk Gula Sragi	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Produktivitas perusahaan mengalami penurunan. Produktivitas tahun 2014 sebesar 2,14 sedangkan tahun 2013 sebesar 2,28. Tingkat kinerja lingkungan kategori baik dengan nilai indeks EPI sebesar 60,32. Diketahui faktor-faktor penurunan produktivitas dan kinerja lingkungan. Diketahui solusi perbaikan.	Kondisi perusahaan sedang mengalami penurunan produktivitas, sedangkan di penelitian ini perusahaan pada tahap produktifitas masih rendah sehingga harus ditingkatkan.

Tabel 4.2 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap jenis industri dan faktor yang diteliti

No.	Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Jenis Bidang Industri Obyek penelitian					Faktor yang diteliti		
			Industri Pangan	Perkebunan	Pengolahan Kulit	Industri Kimia	Tekstil	EPI	Indeks GP	Produktivitas
1.	Moses L Singh (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	V					V		
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan					V	V		V
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity			V			V		V
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity		V				V	V	V
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V					V		V
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan Green productivity untuk meningkatkan Produktivitas dan kinerja lingkungan				V		V		V

Tabel 4.3 Perbandingan metode yang digunakan dengan penelitian terdahulu

No.	Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Metode yang digunakan											
			Fish Bone	Material Balamace	Grafik	Kuisiner	Diagram Alir	NPV	IRR	OPC	AHP	Seven green wastes	Deret Seragam	
1.	Moses L. Singh (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	V	V	V	V								V
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V	V		V	V							V
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity	V	V		V				V	V			V
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity				V	V	V				V	V	
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V			V		V	V					
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan Green productivity untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan	V	V	V	V	V							V

Tabel 4.4 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap jenis limbah

No.	Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Jenis Limbah		
			Cair	Padat	Gas
1.	Moses L Singih (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	V		
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V		
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatkan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity		V	
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity		V	
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V	V	V
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan Green productivity untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan	V	V	V

Tabel 4.5 Perbandingan dengan penelitian terdahulu terhadap parameter limbah

No.	Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Parameter Limbah												
			BOD	COD	TSS	Minyak & Lemak	S	Cr	NH3	ML	Phenol	Fosfat	Flour	pH	mengurangi penggunaan material
1.	Moses L. Singh (2006)	Penerapan Green Productivity pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan	V	V	V	V									
2.	Putu Dyah Ika Susanti (2006)	Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V	V	V		V	V	V	V	V				
3.	Novita Afida (2008)	Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity	V	V	V	V	V	V	V						
4.	Marimin, dkk (2013)	Peningkatan Produktivitas Proses Budidaya Karet Alam dengan Pendekatan Green Productivity													V
5.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan Green Productivity untuk Peningkatan Produktivitas dan Kinerja Lingkungan	V	V	V	V	V							V	
6.	Edi Riyanto (2017)	Usulan penerapan Green productivity untuk meningkatkan roduktivitas dan kinerja lingkungan	V	V	V	V						V	V	V	