

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eco-efficiency dan Sustainable Development

Maksud prinsip *Eco-efficiency* adalah energi dan bahan yang tak tergunakan didalam suatu sistem proses produksi akan terbuang dan menjadi limbah baik itu berupa limbah padat, limbah cair maupun limbah gas dan akan menyebabkan peningkatan social cost untuk proses lanjutannya. Sehingga dengan meningkatkan efisiensi, maka yang akan terjadi adalah semakin banyak energi dan bahan yang tergunakan pada proses produksi, dengan demikian akan semakin sedikit yang terbuang. Oleh karena itu prinsip *Eco-efficiency* dapat dikatakan meminimalkan tingkat bahan dan energi yang akan terbuang serta menjadi lebih efisien.

Hentschel (1993) menggagas konsep “*eco manufacturing*” mendasar pada system produksi yang berkelanjutan (*sustainable production system*) untuk menghasilkan sebuah produk. Produk industri hasil proses *Manufacturing* tersebut didesain, diproduksi, didistribusikan, dimanfaatkan dan kemudian dibuang sebagai sampah yang dapat meminimalkan dampak kerusakan terhadap lingkungan dan kesehatan serta dengan mengkonsumsi sumber daya alam seminimal mungkin. Dalam system *manufacturing* semacam ini akan diperoleh *performance* industri yang “*eco-efficiency*”, *eco* dapat diartikan sebagai *ecological resources* dan *economic resources*. *Efficiency* berarti harus menggunakan kedua *resources* tersebut secara optimal. Bisa juga diartikan secara ekologis aman dan secara ekonomis efisien (DeSimone dan Popoff, 1997).

Sustainable development didefinisikan sebagai pembangunan yang dapat menjawab kebutuhan dari generasi masa kini tanpa mengorbankan kemampuan dari organisasi berikutnya untuk memenuhi kebutuhannya (APO, 2001). Definisi ini mencakup penggunaan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dasar dan meningkatkan kualitas hidup. Keseluruhan siklus hidup dari produk dan jasa tersebut harus berdasarkan pada minimalisasi penggunaan sumberdaya alam dan bahan – bahan berbahaya yang dapat menyebabkan emisi.

2.2 Baku mutu Air bersih

Pembuangan air limbah baik yang bersumber dari kegiatan domestik (rumah tangga) maupun industri ke badan air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan apabila kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu limbah. Pada suatu buangan industri berfasa (berwujud) apapun dalam pembuangannya juga mempunyai aturan tertentu mengenai batasan maksimum impurities yang terkandung dalam hasil pengolahan limbah cair tersebut, hal tersebut diatur sesuai dengan peraturan perundang - undangan.

Berikut merupakan tabel dari KEP-51/MENLH/10/1995 yang memuat tentang baku mutu air bersih yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Bersih Bagi Kawasan Industri

NO	PARAMETER	SATUAN	MUTU LIMBAH CAIR	
			I	II
	FISK			
1	Temperatur	der. C	38	40
2	Zat padat larut	mg / L	2000	4000
3	Zat padar tersuspensi	mg / L	200	400
	KIMIA			
1	pH		6,0 sampai 9,0	
2	Besi terlarut (Fe)	mg / L	5	10
3	Mangan terlarut (Mn)	mg / L	2	5
4	Barium (Ba)	mg / L	2	3
5	Tembaga (Cu)	mg / L	2	3
6	Seng (Zn)	mg / L	5	10
7	Krom Heksavalen (Cr ⁺⁶)	mg / L	0,1	0,5
8	Krom Total (Cr)	mg / L	0,5	1
9	Cadmium (Cd)	mg / L	0,05	0,1
10	Raksa (Hg)	mg / L	0,002	0,005
11	Timbal (Pb)	mg / L	0,1	1
12	Stanum	mg / L	2	3
13	Arsen	mg / L	0,1	0,5
14	Selenium	mg / L	0,05	0,5
15	Nikel (Ni)	mg / L	0,2	0,5
16	Kobalt (Co)	mg / L	0,4	0,6
17	Slanida (CN)	mg / L	0,05	0,5
18	Sulfida (H ₂ S)	mg / L	0,05	0,1
19	Fluorida (F)	mg / L	2	3
20	Klorin bebas (Cl ₂)	mg / L	1	2
21	Amonia bebas (NH ₃ -N)	mg / L	1	5
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg / L	20	30
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg / L	1	3
24	BOD ₅	mg / L	50	150
25	COD	mg / L	100	300
26	Senyawa aktif biru metilen	mg / L	5	10
27	Fenol	mg / L	0,5	1
28	Minyak Nabati	mg / L	5	10
29	Minyak Mineral	mg / L	10	50
30	Radioaktivitas **)	mg / L	-	-

2.3 Definisi Umum Produktivitas

Produktivitas secara sederhana didefinisikan sebagai perbandingan rasio antara output dengan input-nya. Dengan kata lain, produktivitas adalah output yang dihasilkan per satuan input. Nilai (indeks) Produktivitas juga menunjukkan seberapa efektif proses produksi telah diberdayakan untuk meningkatkan output dan seberapa efisien pula sumber – sumber input telah berhasil terhemat. Upaya produktivitas secara menyeluruh dan terus – menerus perlu dilakukan untuk tenaga kerja dan pengguna tenaga kerja (baik perusahaan, industri, pemerintah).

Di dalam pengertian ini menunjukkan bahwa jumlah, tipe dan tingkat sumber daya yang dibutuhkan juga menunjukkan efisiensi dalam menggunakan sumberdaya yang dibutuhkan, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{output}}{\text{input}} &= &\frac{\text{Pencapaian tujuan}}{\text{Penggunaan sumberdaya}} \\ & &= &\frac{\text{Efektivitas pelaksanaan tugas}}{\text{Efisiensi penggunaan sumberdaya}} \\ & &= &\frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi}} \end{aligned}$$

Pada umumnya terdapat beberapa strategi yang dapat digunakan dalam menyusun pebaikan produktivitas (Jonas, 2005), 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* menurunkan tetapi *output* tetap.
5. *Input* turun dan *output* meningkat.

Pengukuran produktivitas merupakan suatu alat manajemen yang penting pada setiap tingkat aktivitas ekonomi dan bagi analisa pertumbuhan industrialisasi. Dengan melakukan pengukuran secara berkesinambungan maka data – data tersebut sangat berguna untuk keperluan – keperluan seperti :

1. Evaluasi hasil – hasil yang telah dicapai.
2. Analisa struktur dan sebab – sebab terjadinya fluktuasi indeks produktivitas dalam usaha produktivitas yang bervariasi.
3. Perencanaan dan peramalan aktifitas yang akan dikerjakan.

Dengan demikian, meningkatkan produktivitas dengan memperbesar rasio produktivitas dapat dicapai dengan:

1. Pengurangan penggunaan sumber daya untuk memperoleh jumlah produksi yang sama. Dalam hal ini perusahaan menambah keluaran produksinya, tetapi sumber-sumber yang digunakan lebih irit dengan menghilangkan segala macam pemborosan.
2. Penggunaan jumlah sumber daya yang sama untuk memperoleh jumlah produksi yang lebih besar. Dalam hal ini peningkatan produktivitas dicapai dengan bekerja lebih cerdas dengan memanfaatkan faktor-faktor produksi semaksimal mungkin.
3. Penggunaan jumlah sumber daya yang lebih besar untuk memperoleh jumlah produksi yang jauh lebih besar lagi. Dalam hal ini perusahaan tumbuh dan berkembang yang dicirikan melalui hasil penjualan dan produksi yang terus membesar dibandingkan dengan penambahan investasi dan biaya-biaya yang telah dikeluarkan.
4. Pengurangan jumlah produksi dengan pengurangan jumlah sumber daya yang jauh lebih besar. Dalam hal ini perusahaan mengalami jumlah penurunan jumlah penjualan atau produksi sehingga penggunaan sumber-sumber dan biaya harus lebih diperketat lagi.

5. Penggunaan sumber daya untuk memperoleh jumlah produksi yang lebih besar. Dalam hal ini peningkatan produktivitas dicapai apabila perusahaan mengerahkan seluruh kemampuan dengan bekerja lebih efektif dalam menghasilkan keluaran sementara biaya-biaya yang dikeluarkan ditekan serendah mungkin.

2.3.1 Siklus Produktivitas

Summanth (1985) memperkenalkan suatu konsep formal yang disebut sebagai siklus produktivitas untuk digunakan dalam peningkatan produktivitas terus – menerus. Ada empat tahap daur / siklus yang saling berkaitan dan berkesinambungan, yaitu :

1. Pengukuran Produktivitas (*Measurement*).
2. Evaluasi Produktivitas (*Evaluation*).
3. Perencanaan Produktivitas (*Planning*).
4. Perbaikan Produktivitas (*Improvement*).

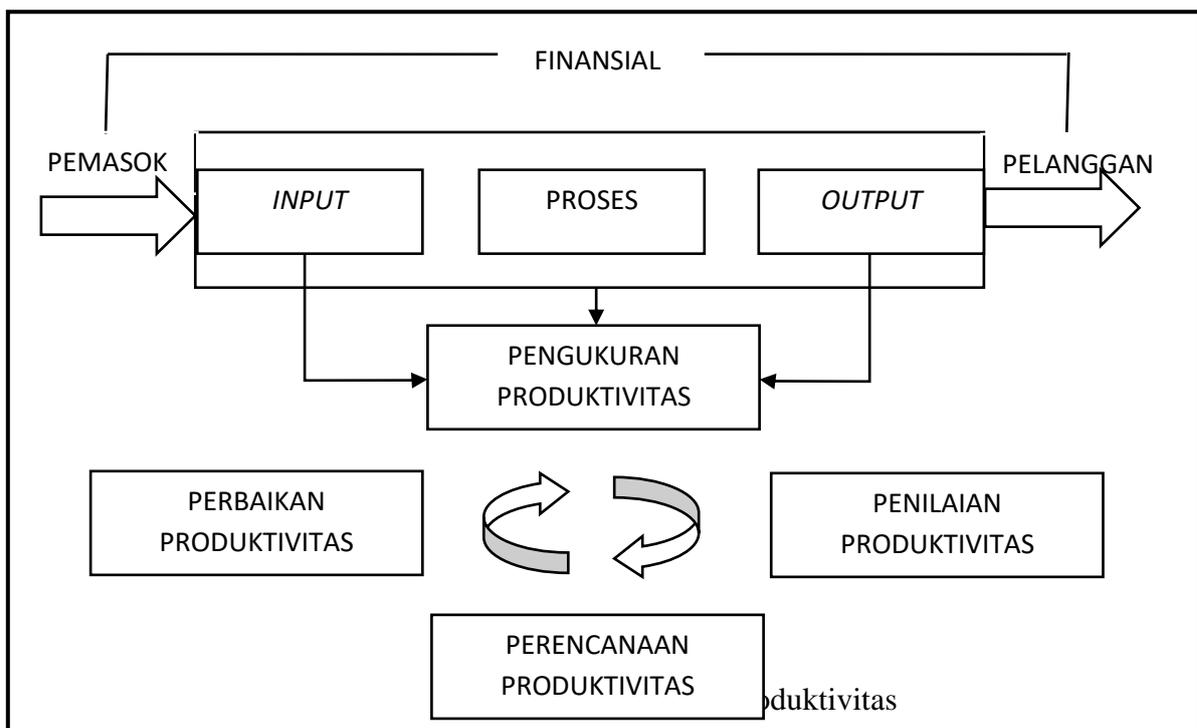
Apabila produktivitas dari system suatu industri telah dapat diukur, langkah berikutnya adalah mengevaluasi tingkat produktivitas actual tersebut untuk diperbandingkan dengan rencana yang telah ditetapkan. Kesenjangan yang terjadi antara produktivitas actual dan rencana merupakan masalah produktivitas yang harus dievaluasi dan dicari akar penyebab yang menimbulkan kesenjangan produktivitas itu. Berdasarkan evaluasi ini, selanjutnya dapat direncanakan kembali target produktivitas yang akan dicapai, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Untuk mencapai target produktivitas yang telah direncanakan, berbagai program formal dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas terus – menerus. Siklus produktivitas itu diulang kembali secara terus – menerus untuk mencapai peningkatan produktivitas terus – menerus dalam system industri.

Faktor penting yang menyebabkan naik turunnya tingkat produktivitas adalah pihak manajemen, karena pihak manajemen merupakan faktor yang

paling berpengaruh, terutama dalam proses perencanaan dan penjadwalan, pengaturan beban kerja, kejelasan instruksi kerja dan evaluasi serta dalam menumbuhkembangkan motivasi kerja dan loyalitas pekerja terhadap perusahaan.

Konsep siklus produktivitas ini memperlihatkan bahwa peningkatan produktivitas harus didahului oleh kegiatan pengukuran, penilaian dan perencanaan dari produktivitas itu sendiri. Keempat tahap ini sangat penting dilaksanakan seluruhnya, karena siklus tersebut menunjukkan bahwa program penelitian produktivitas merupakan kegiatan yang berkesinambungan dan melibatkan seluruh operasi kegiatan perusahaan.



Sumber : Moses L Singgih dalam *Green Productivity* (Konsep dan Aplikasi)

2.4 Green Productivity

Suatu pendekatan yang tepat untuk membantu perusahaan agar mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan dampak lingkungan adalah dengan model *Green Productivity* (GP).

Green Productivity adalah suatu strategi untuk meningkatkan produktivitas bisnis dan kinerja lingkungan pada saat yang bersamaan dalam pengembangan sosial ekonomi secara keseluruhan. Metode ini mengaplikasikan teknik, teknologi dan sistem manajemen untuk menghasilkan barang dan jasa yang sesuai dengan lingkungan atau ramah lingkungan (APO, 2003).

Green Productivity merupakan bagian dari program peningkatan produktivitas yang ramah lingkungan`dalam rangka menjawab isu global tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). *Green Productivity* adalah salah satu konsep peningkatan produktivitas yang berorientasi kepada perlindungan lingkungan yang didasarkan atas keseimbangan antara peningkatan produktivitas dan pembangunan berkelanjutan (APO, 2003).

Konsep *Green productivity* diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi pembangunan, yaitu:

- Perbaiki produktivitas
- Perlindungan lingkungan

Green Productivity mempunyai empat tujuan umum dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan dsan ekonomi produksi ketika diimplementasikan ke dalam rantai produksi (Billatos, 1997), yaitu :

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

2.4.1 Metodologi *Green Productivity*

Menurut APO (2001) langkah – langkah dalam *Green Productivity* sebagai berikut :

1. *Getting Started*

Tahap awal dalam penerapan *Green Productivity* merupakan proses pengumpulan berbagai informasi dasar dan proses identifikasi ruang lingkup permasalahan. Oleh sebab itu diperlukan adanya tim tersendiri dalam penerapan *Greesn Productivity*. Kemudian tim ini melakukan

pencarian informasi dengan melakukan *walk through survey*. Pada tahap ini harus sudah menentukan *process flow diagram* (PFD), *initial layout* dan *material balance*.

2. *Planning*

Pada tahap ini tim GP melakukan identifikasi masalah dan penyebabnya dengan menggunakan *tool*, antara lain diagram sebab akibat dan *brainstorming*. Setelah mengidentifikasi permasalahan tersebut, maka perlu ditentukan tujuan dan target yang akan dicapai sebagai petunjuk tim GP untuk memilih alternatif solusi.

3. *Generation and Evaluation*

Tahap ini merupakan tahap yang paling kritis dan memerlukan kreatifitas tim untuk menemukan metode – metode yang dapat memecahkan permasalahan. Alternatif – alternatif tersebut kemudian dievaluasi untuk dipilih dengan menggunakan metode – metode pemilihan alternatif, misalnya dengan analisa finansial.

4. *Implementation of GP Options*

Tahap keempat dari pelaksanaa GP adalah menyusun rencana implementasi yang melibatkan detail pelaksanaan kegiatan, personil dan batasan waktu pelaksanaan. Jika perencanaan tersebut telah dilaksanakan dengan baik, maka tim GP melaksanakan solusi terpilih secara simultan.

5. *Monitoring and Review*

Kinerja dari pelaksanaan solusi harus dimonitor agar dapat dibandingkan dengan target dan tujuan yang telah ditetapkan. Sedangkan *review* dilakukan untuk menentukan efektifitas pelaksanaan metodologi GP yang meliputi manfaat dan penghematan yang diperoleh, kesulitan – kesulitan yang dihadapi selama pelaksanaan dan identifikasi untuk perbaikan selanjutnya.

6. *Substaining Green Productivity*

Langkah terakhir dari metodologi GP adalah membentuk system terstruktur untuk menjamin perbaikan produktivitas dan kinerja lingkungan secara terus – menerus.

2.4.2 *Environmental Management System (EMS)*

Green Productivity (GP) meliputi baik pengukuran dan implementasi, seringkali berhubungan dengan *Environmental Management System* (EMS) yang digunakan untuk mencari pola perhatian pada lingkungan oleh perusahaan. Jadi, mereka tidak hanya menggunakan *system end of pipe* atau tahapan hubungan public, namun juga menggunakan elemen integral pada bisnis dan pada strategi *front-end*. EMS adalah *tool* manajemen yang mendorong organisasi pada ukuran berapapun untuk *manage* dampak pada lingkungan di setiap aktifitas, produk atau layanannya. Hal ini menyediakan pendekatan terstruktur untuk mengatur, mendapatkan dan mengkonfirmasi perkembangan melalui tujuan dan target lingkungan. Contoh sebuah EMS adalah ISO 14000. (APO, 2001)

2.4.3 *Manfaat Penerapan Green Productivity*

Penerapan GP akan memberikan manfaat jangka panjang bagi semua pihak (*stakeholder*) (Singih, 2012) antara lain :

Bagi Perusahaan :

- a) Penurunan *waste* dengan adanya efisiensi penggunaa sumber daya.
- b) Penuruan biaya operasi dan biaya pengelolaan lingkungan.
- c) Pengurangan hutang – hutang jangka panjang.
- d) Peningkatan produktivitas.

Bagi karyawan :

- a) Meningkatkan partisipasi para pekerja.
- b) Meningkatkan kesehatan menjadi lebih baik.
- c) Kualitas kerja lebih baik

Bagi konsumen :

- a) Produk dan jasa memiliki kualitas lebih tinggi.
- b) Tingkat harga yang terjangkau.
- c) Pengiriman barang tepat waktu.

2.5 Kinerja Lingkungan

Kinerja lingkungan adalah hasil dapat diukur dari sistem manajemen lingkungan, yang terkait dengan kontrol aspek – aspek lingkungannya. Pengkajian kinerja lingkungan didasarkan pada kebijakan lingkungan, sasaran lingkungan dan target lingkungan (ISO 14004, dari ISO 14001 oleh Sturm, 1998). Kinerja lingkungan kauntitatif adalah hasil dapat diukur dari sistem manajemen lingkungan yang terkait control aspek lingkungan fisiknya. (Yanuar, 2014).

2.5.1 Kebijakan Lingkungan

Kebijakan lingkungan adalah setiap tindakan baik sengaja atau tidak. untuk mengatur kegiatan manusia dengan tujuan untuk mencegah dan mengurangi, efek kegiatan yang merugikan lingkungan dan sumber daya alam. Kebijakan lingkungan adalah sebuah pernyataan sikap yang disepakati dan didokumentasikan dari sebuah perusahaan atau organisasi terhadap lingkungan di mana ia beroperasi. Sebagai pedoman perusahaan atau organisasi untuk melakukan kegiatan manufaktur dan jasa

Pernyataan kebijakan lingkungan mencerminkan komitmen manajemen puncak organisasi (Presiden Direktur, Direktur Utama, *Chief Executive Officer*, dan sejenisnya) sebagai penanggungjawab tertinggi dalam organisasi. Komitmen manajemen puncak organisasi yang harus direfleksikan dalam Kebijakan Lingkungan agar memenuhi persyaratan stándar SML ISO-14000, adalah :

- a. Menaati peraturan perundang – undangan lingkungan yang berlaku dan persyaratan lain yang dapat diterapkan.
- b. Mencegah pencemaran.

- c. Memperbaiki / menyempurnakan terus – menerus kinerja manajemen dan kinerja lingkungan.

Selain itu, persyaratan estándar ISO-14001 mengharuskan pula Kebijakan Lingkungan organisasi sbb :

- a. Sesuai dengan kondisi alam, skala kegiatan dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan, produk dan jasa dari organisasi.
- b. Menjadi kerangka dalam menetapkan dan mengkaji ulang tujuan dan sasaran lingkungan.
- c. Didokumentasikan, dilaksanakan, dipelihara dan dikomunikasikan serta disosialisasikan kepada seluruh karyawan.
- d. Tersedia untuk masyarakat umum.

2.5.2 Definisi *Environmental Performance Indicator* (EPI)

Environmental performance adalah kinerja perusahaan dalam menciptakan lingkungan yang baik atau dengan kata lain green (Suratno dkk., 2006). Sebuah indikator lingkungan merupakan salah satu hal yang diperkirakan dapat merefleksikan berbagai dampak dari suatu aktivitas pada lingkungan serta usaha untuk mereduksinya (Tyteca, 1996). Berikut ini adalah karakteristik EPI :

1. Relevansi : Indikator harus memberikan informasi yang merespon kebutuhan perusahaan dan *stakeholder*.
2. Akurasi Analisa : Indikator harus didasarkan pada ilmu pengetahuan dan juga teknisnya. Hal ini mengimplikasikan bahwa indikator ini harus obyektif dan tidak ambigu.
3. *Measurability* (terukur : Data haruslah *available* atau dapat diakses dengan *cost benefit ratio*).
4. *Comparability* (dapat dibandingkan) : EPI harus mampu memenhi satu atau beberapa fungsi berikut ini :
 - a) Memonitor perubahan performansi dari suatu unit (proses, pabrik, perusahaan, sector, dll) setiap saat.

- b) Membandingkan beberapa pabrik dari sebuah perusahaan yang menjalankan jenis produksi yang sama.
- c) Membandingkan beberapa perusahaan dalam satu sektor industri.

2.5.3 Indeks *Environmental Performance Indicator* (EPI)

Indeks EPI dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{indeks EPI} = \sum_{i=1}^k W_i.P_i$$

Dimana k adalah jumlah kriteria adalah jumlah kriteria limbah yang diajukan, W_i adalah bobot (*weight*) dari masing – masing kriteria. Bobot ini didapatkan melalui penyebaran kuisisioner pada para ahli kimia lingkungan. Bobot yang dimaksud didasarkan pada parameter kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan (flora dan fauna).

Nilai P_i merupakan prosentase penyimpangan antara standar BAPEDAL dengan hasil analisa, dihitung dengan rumus :

2.6 *QC Seven Tools*

$$P_i = \frac{\text{standar} - \text{analisa}}{\text{standar}}$$

QC 7 tools (*QC Seven Tools*) atau 7 alat pengendalian kualitas adalah 7 macam alat dan Teknik yang berbentuk Grafik untuk meng-identifikasi dan menganalisa persoalan/permasalahan yang berkaitan dengan Kualitas dalam produksi. *QC 7 tools* pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa, seorang profersor *Engineering* di Universitas Tokyo pada tahun 1968 yang juga merupakan Bapak “*Quality Circles*” (Lingkaran Kualitas).

2.6.1 *Check Sheet*

Check sheet (lembar pemeriksaan) adalah lembar yang dirancang sederhana berisi daftar hal-hal yang perlukan untuk tujuan perekaman data sehingga pengguna dapat mengumpulkan data dengan mudah, sistematis, dan teratur pada saat data itu muncul di lokasi kejadian. Data dalam *check sheet* baik berbentuk data kuantitatif maupun kualitatif dapat dianalisa

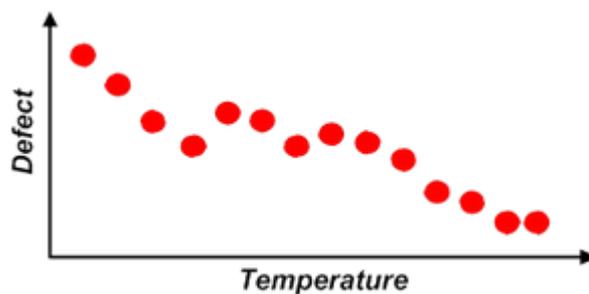
secara cepat (langsung) atau menjadi masukan data untuk peralatan kualitas lain, misal untuk masukan data *Pareto chart*. Gambar di bawah ini menunjukkan contoh *check sheet* yang digunakan untuk mengumpulkan data cacat per jam.

	Hour								
Defect	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
A	II	III III	III	III	II	II			23
B	III	III	II	III	I	I	III	I	19
C	II	I	III	III II	II	III	II	III	24
D						II			2
E	I	II					II	III	9
Total	8	15	10	15	5	9	7	8	77

Gambar 2.2 Contoh Check Sheet

2.6.2 Scatter Diagram

Scatter diagram (diagram pencar) adalah grafik yang menampilkan sepasang data numerik pada sistem koordinat Cartesian, dengan satu variabel pada masing-masing sumbu, untuk melihat hubungan dari kedua variabel tersebut. Jika kedua variabel tersebut berkorelasi, titik-titik koordinat akan jatuh di sepanjang garis atau kurva. Semakin baik korelasi, semakin ketat titik-titik tersebut mendekati garis. Gambar di bawah ini menunjukkan contoh *scatter diagram* yang digunakan untuk melihat sejauh mana temperatur mempengaruhi *defect*. Tampak bahwa ada korelasi antara temperatur dan *defect*, di mana semakin tinggi temperatur semakin rendah jumlah *defect*, ini mungkin karena proses *warm-up* mesin yang kurang.



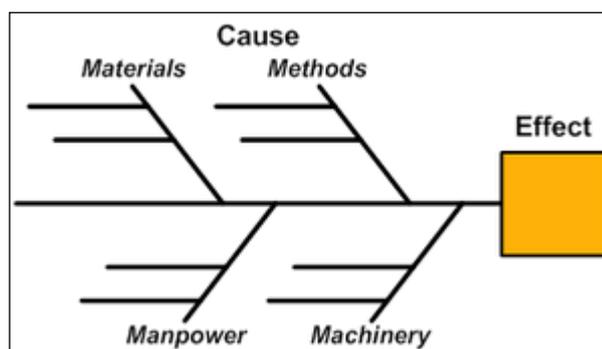
Gambar 2.3 Contoh Scatter Diagram

2.6.3 Fishbone Diagram

fishbone Diagram digunakan untuk mengidentifikasi sumber potensial dari variasi dalam proses pengukuran. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan target kualitas. Setelah masalah target kualitas berhasil ditetapkan, kegiatan selanjutnya yang dilakukan dalam program menjaga kualitas adalah menetapkan penyebab masalah yang terjadi. Faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya kesenjangan antara kualitas produk dengan standar yang telah ditetapkan, yaitu; orang, metode, lingkungan, material dan alat pengukuran (Sukron & Kholil, 2013). Diagram fishbone adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Pada dasarnya Diagram fishbone dapat dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan sebagai berikut:

1. Membantu mengidentifikasi penyebab dari suatu masalah.
2. Mencari sebab-sebabnya dan mengambil tindakan korektif.
3. Membantu dalam penyelidikan atau pencarian faktor lebih lanjut.
4. Menyeleksi metode analisa untuk penyelesaian masalah.

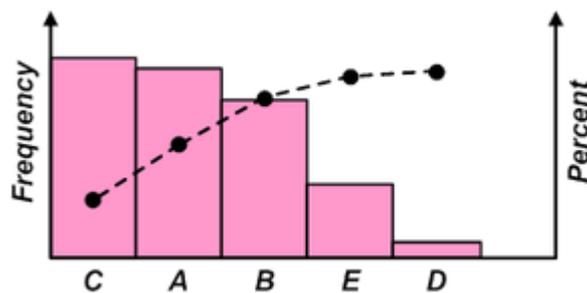
Gambar di bawah ini menunjukkan contoh bentuk *fishbone diagram* dengan *manpower*, *machinery*, *material*, dan *methods* sebagai kategori. Kategori ini hanya contoh, anda bisa menggunakan kategori lain yang dapat membantu mengatur gagasan-gagasan. Sebaiknya tidak ada lebih dari 6 kategori.



Gambar 2.4 Contoh Fishbone Diagram

2.6.4 Pareto Chart

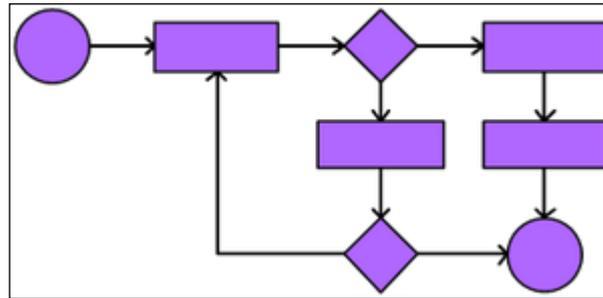
Pareto chart (bagan pareto) adalah bagan yang berisikan diagram batang (*bars graph*) dan diagram garis (*line graph*); diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif. Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Ranking tertinggi merupakan masalah prioritas atau masalah yang terpenting untuk segera diselesaikan, sedangkan ranking terendah merupakan masalah yang tidak harus segera diselesaikan. Prinsip *pareto chart* sesuai dengan hukum Pareto yang menyatakan bahwa sebuah grup selalu memiliki persentase terkecil (20%) yang bernilai atau memiliki dampak terbesar (80%). *Pareto chart* mengidentifikasi 20% penyebab masalah vital untuk mewujudkan 80% *improvement* secara keseluruhan. Gambar di bawah ini menunjukkan contoh *pareto chart*.



Gambar 2.5 Contoh Pareto Chart

2.6.5 Flow Charts

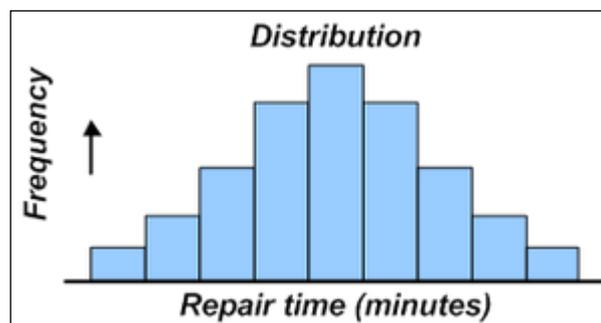
Flow charts (bagan arus) adalah alat bantu untuk memvisualisasikan proses suatu penyelesaian tugas secara tahap-demi-tahap untuk tujuan analisa, diskusi, komunikasi, serta dapat membantu kita untuk menemukan wilayah-wilayah perbaikan dalam proses. Gambar di bawah ini menunjukkan contoh *flow chart*.



Gambar 2.6 Contoh Flow Charts

2.6.6 Histogram

Histogram adalah alat seperti diagram batang (*bars graph*) yang digunakan untuk menunjukkan distribusi frekuensi. Sebuah distribusi frekuensi menunjukkan seberapa sering setiap nilai yang berbeda dalam satu set data terjadi. Data dalam histogram dibagi-bagi ke dalam kelas-kelas, nilai pengamatan dari tiap kelas ditunjukkan pada sumbu X. Teori mengatakan bahwa distribusi yang normal, yaitu yang kebanyakan datanya mendekati nilai rata-rata akan ditunjukkan oleh histogram yang berbentuk lonceng, seperti contoh gambar di bawah ini. Tapi jika histogram serong ke kiri atau ke kanan berarti kebanyakan data berkumpul dekat batas toleransi suatu pengukuran sehingga ada kemungkinan data tidak normal (ada masalah ketika pengukuran, atau bahkan ada masalah dalam proses).



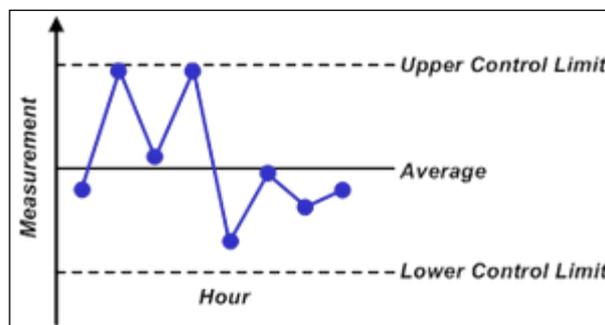
Gambar 2.7 Contoh Histogram

2.6.7 Control Chart

Control chart atau peta kendali adalah peta yang digunakan untuk mempelajari bagaimana proses perubahan dari waktu ke waktu. Data di-plot dalam urutan waktu. *Control chart* selalu terdiri dari tiga garis horisontal, yaitu:

1. Garis pusat (*center line*), garis yang menunjukkan nilai tengah (*mean*) atau nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang di-plot-kan pada peta kendali.
2. *Upper control limit* (UCL), garis di atas garis pusat yang menunjukkan batas kendali atas.
3. *Lower control limit* (LCL), garis di bawah garis pusat yang menunjukkan batas kendali bawah.

Garis-garis tersebut ditentukan dari data historis, terkadang besarnya UCL dan LCL ditentukan oleh *confidence interval* dari kurva normal. Dengan *control chart*, kita dapat menarik kesimpulan tentang apakah variasi proses konsisten (dalam batas kendali) atau tidak dapat diprediksi (di luar batas kendali karena dipengaruhi oleh *special cause of variation*, yaitu variasi yang terjadi karena faktor dari luar sistem). Gambar di bawah ini menunjukkan contoh *control chart*..



Gambar 2.8 Contoh *Control Charts*

2.7 Net Present Value

Metode Net Present Value (NPV) Giatman (2006) menyatakan bahwa NPV adalah metode menghitung nilai bersih (netto) pada waktu sekarang (present). Metode NPV mengkonversikan semua aliran kas menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan (Pujawan, 2003). Perhitungan NPV memerlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan manfaat dari proyek yang direncanakan (Afriyeni, 2012).

2.8 Uji Validitas

Istilah validitas merupakan kata terjemahan dari kata validity. Validitas menguji seberapa baik suatu instrumen yang dibuat mampu mengukur konsep tertentu yang ingin diukur (Sekaran, 2013). Validitas berhubungan dengan suatu peubah yang mengukur apa yang seharusnya diukur. Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Uji validitas adalah uji yang digunakan untuk menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan mampu mengukur apa yang diukur. Suatu kuesioner dikatakan valid apabila pertanyaan pada kuesioner mampu menjawab sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut. Indikator yang valid adalah indikator yang mempunyai tingkat measurement error yang kecil (Yamin dan Kurniawan, 2014).

2.9. Uji Reliabilitas

Istilah reliabilitas merupakan terjemahan dari kata reliability yang berasal dari kata rely dan ability (Yamin dan Kurniawan, 2014). Reliabilitas menunjukkan suatu kehandalan dan konsistensi dalam penelitian. Apabila pengujian dilakukan beberapa kali maka akan tetap menghasilkan hasil yang relatif konstan. Suatu kuesioner dikatakan reliable atau handal apabila jawaban seseorang terhadap pertanyaan maupun pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu.

Pengukuran yang mempunyai reliabilitas tinggi adalah pengukuran yang dapat menghasilkan data yang reliable. Reliabilitas dapat diukur dengan koefisien reliabilitas yang bernilai 0 sampai 1. Semakin mendekati angka 1 maka alat ukur tersebut semakin reliable. (Yamin dan Kurniawan, 2014). Uji reliabilitas pada penelitian ini menggunakan indikator Alpha Cronbach karena teknik ini merupakan teknik keandalan kuesioner yang paling sering digunakan. Uji reliabilitas dengan Alpha Cronbach ini akan menghasilkan nilai alpha sehingga dapat diketahui tingkat reliabilitasnya. Selain itu, melalui uji Alpha Cronbach akan terdeteksi indikator-indikator yang tidak konsisten. Menurut Yamin dan Kurniawan (2014) jika nilai Alpha lebih besar dari 0.6 maka pengukuran tersebut dapat dikatakan reliable.

2.10 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Objek	Tujuan penelitian	Hasil
1.	Marimin, Muhammad Arif Darmawan, Rum Puspita	Penerapan <i>Green productivity</i> dan Penilaian Keberlanjutan Proses	PT. XYZ	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Output dari model menunjukkan bahwa nilai GPI kondisi awal untuk produksi ban sepeda motor adalah 1,081 dengan indikator dampak lingkungan dari 1,073 dan indikator ekonomi 1.160. Hasil

	Widhiarti, dan Yuliana Kaneu Teniwut (2018)	produksi Ban Sepeda Motor			penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi lebih tinggi dari dampak lingkungan. Namun, berdasarkan penilaian keberlanjutan, dimensi ekonomi masih kurang berkelanjutan, sedangkan dimensi lingkungan dan sosial yang cukup berkelanjutan. Skenario terbaik disarankan untuk meningkatkan produktivitas produksi ban sepeda motor adalah mengendalikan karakteristik bahan baku dan menggunakan kembali air dan bahan
2.	Haryo Santoso dan Puji Nugrahaeni (2015)	Penerapan <i>Green Productivity</i> untuk peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan di pabrik gula sragi	Pabrik Gula Sragi	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas mengalami penurunan sebesar 6,14% dan kinerja lingkungan dengan indeks EPI sebesar 60,32. Estimasi kontribusi alternatif yang terpilih tersebut dapat memberikan peningkatan indeks EPI sebesar 63,77 lebih baik dari kondisi awal. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas dan kinerja lingkungan yaitu kinerja ketel uap (boiler), limbah cair, dan penumpukan limbah padat blotong. Alternatif yang terpilih yaitu memasang Heat Exchanger dengan bahan bakar alternatif minyak bakar (IDO), memasang seperangkat DAF (Dissolved Air Flotation) dan pemanfaatan blotong menjadi briket. Implementasi Green Productivity sebaiknya dilaksanakan secara berkesinambungan untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.
No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Objek	Tujuan penelitian	Hasil
3.	Moses L. Singgih, Mokh. Suf dan Chandra Adi Putra (2010)	Pengurangan limbah dengan pendekatan Green Productivity untuk	PT Indopherin Jaya	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Usulan perbaikan adalah dengan menginstal chiller. Keuntungan dengan memasang chiller adalah untuk meningkatkan Indeks Produktivitas Hijau ditunjukkan dengan Green Productivity Rasio 1,0564, tingkat kenaikan

		Meningkatkan Produktivitas			produktivitas sekitar 3%, dan menghasilkan biaya pembelian penghematan fenol Rp 1.359.306.900 per tahun
4.	Nachlia Nandha Indriati, Arif Rahman, dan Ceria Farela Mada Tantrika (2014)	Analisa produktivitas dan <i>environmental performance indicator</i> (EPI) pada produk SKM dengan metode <i>green productivity</i>	Perusahaan rokok adi bungsu malang	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan dan penurunan <i>deffect</i>	Tingkat produktivitas pada produk SKM yaitu 81%. Sedangkan produktivitas terendah berada pada sistem perendaman cengkeh dengan tingkat produktivitas 27%, pengeringan cengkeh 83%, pengeringan cengkeh 87%. Indeks EPI bernilai 2,67. Angka ini menunjukkan bahwa kinerja lingkungan PR. Adi Bungsu berada di dalam indikator warna merah. Solusi terbaik untuk permasalahan water loss adalah mengganti bak perendaman cengkeh dengan steam tube. Solusi terbaik untuk permasalahan mass loss yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan dust collector dengan penampungan tertutup merupakan option yang terbaik untuk memecahkan permasalahan mass loss.
5.	Taufan A. Pradana, Eko Budi Leksono, dan Deny Andesta (2017)	Usulan implementasi <i>Green productivity</i> untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan	PT. samator Intiperoksida	Peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan	Ada 2 alternatif Solusi yang diberikan yaitu pembuatan Pressure Filter dan pembuatan Evaporator. Dan solusi yang terpilih pada penelitian adalah alternatif 2 karena perusahaan memperoleh laba sebesar Rp. 17.172.000, estimasi terhadap produktivitas sebesar 153,1% terjadi kenaikan produktivitas sebesar 76,6% dari produktivitas awal (76,43%), dan besar pengurangan limbah 100 %.