



BUKU AJAR

Manufaktur Berkelanjutan

PENULIS

Atikha Sidhi Cahyana
Indah Apriliana Sari Wulandari



Buku ajar Manufaktur Berkelanjutan

Oleh ;
**Atikha Sidhi Cahyana
Indah Apriliana Wulandari**



Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo
ISBN : 978-623-6292-43-3

Copyright 2021

Authors

All rights reserved

Buku Ajar

Manufaktur Berkelanjutan

Penulis:

Atikha Sidhi Cahyana
Indah Apriliana Wulandari

ISBN :

978-623-6292-43-3

Editor:

M. Tanzil Multazam,.SH,.M.Kn
Mahardika Darmawan Kusuma Wardana,.S.Pd,.M.Pd

Copy Editor :

Wiwit Wahyu Wijayanti

Design Sampul dan Tata Letak:

Wiwit Wahyu Wijayanti

Penerbit:

UMSIDA Press
Anggota IKAPI No. 218/Anggota Luar Biasa/JTI/2019
Anggota APPTI No. 002 018 1 09 2017

Redaksi

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Mojopahit No 666B
Sidoarjo, Jawa Timur

Cetakan Pertama, Juli 2021

©Hak Cipta dilindungi undang undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan sengaja, tanpa ijin tertulis dari penerbit.

Prakata

Dunia industri saat ini menghadapi tantangan yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan. Kelangkaan sumber daya alam, pemanasan global, manajemen limbah, peraturan yang semakin ketat mengenai aspek lingkungan, serta tuntutan konsumen akan produk yang ramah lingkungan menjadi tantangan yang harus dihadapi dunia industri, disamping persaingan yang semakin ketat dan perubahan lingkungan bisnis yang sangat cepat dan dinamis. Manufaktur merupakan salah satu elemen penting dari pembangunan berkelanjutan karena memproduksi barang-barang yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Buku ini bertujuan untuk mengetahui bahwa manufaktur adalah sistem input-output, di mana sumber daya adalah input dan ditransformasikan melalui proses manufaktur menjadi produk atau produk setengah jadi. Buku ini ditujukan untuk buku pedoman mahasiswa dalam mengampu mata kuliah Manufaktur Berkelanjutan. Buku ini memiliki kelebihan dalam pembahasan, uatamanya dalam membahas secara detail mengenai manufaktur berkelanjutan.

Daftar Isi

Prakata	ii
Daftar Isi	iii
Bab 1	6
Manufaktur Development	6
1.1 Pengertian Manufaktur Development	6
1.2 Munculnya Pemikiran Sustainable Development	6
1.3 Sejarah Berdirinya Manufaktur Development	6
1.4 Perkembangan Revolusi Indsutri Dunia	8
1.5 Lingkup Sustainable Development	14
1.6 Perbedaan Sustainable Manufacturing Dengan Lean Manufacturing	16
1.7 Pengembangan Sustainable Manufacturing	18
1.8 Keterkaitan Sustainability dengan Desain Produk	19
1.9 Trade-Off dalam Sustainable Product Development	19
1.10 Legislasi Sustainable Development	19
1.11 Relevansi Isu dan Potensi Penerapan <i>Sustainable Development</i> di Indonesia	20
1.12 Tantangan Penerapan <i>Sustainable Development</i> di Indonesia	21
1.13 Even, Ruang Lingkup Sustainable Manufacturing	22
1.14 Kesimpulan	24
1.15 Soal Latihan	24
Bab 2	26
<i>Global Warming dan Climate Change</i>	26
2.1 Pengertian Global Warming dan Climate Change	26
2.2 Dampak Pemanasan Global atau <i>Global Warming</i>	26
2.3 Terbentuknya Global Warming dan Climate Change	27
2.4 Pemanasan Global (<i>Global Warming</i>) dan Sumber Penyebabnya	28
2.5 Pemanasan Global, Indikator, dan Pengaruhnya	29
2.6 Perubahan Iklim (Climate Change) dan Akibatnya	29
2.7 Gangguan Kesehatan Akibat dari Perubahan Iklim	30
2.8 Upaya Penanganan Dampak <i>Global Warming dan Climate Change</i>	30
2.9 Kesimpulan	31
2.10 Latihan Soal	31
Bab 3	32
Reduce	32
3.1 Pengertian Reduce	32

3.2 Cara Mereduksi Volume Sampah	32
3.3 Kebijakan Reduksi Sampah	33
3.4 Implementasi Pengurangan Sampah	33
3.5 Komitmen Danone-Aqua Mengurangi Sampah Plastik	35
3.6 Kesimpulan	36
3.7 Latihan Soal	36
Bab 4	37
<i>Reuse</i>	37
4.1 Pengertian Reuse	37
4.2 Penggunaan Kembali Barang Bekas	38
4.3 Kesimpulan	41
4.6 Soal Latihan	41
Bab 5	42
<i>Recycle</i>	42
5.1 Pengertian Recycle	42
5.2 Sustainable Fashion – Danone Aqua	43
5.3 novasi Kemasan Aqua menuju Sirkularitas Plastik	43
5.4 Sepatu Ramah Lingkungan	44
5.5 Pengendalian Timbulan Sampah	44
5.6 Tipikal Output yang Dihasilkan dalam Proses <i>Recycling</i>	45
5.7 10 design rule dari Design for Recycling (DfR)	52
5.8 Kendala Pelaksanaan <i>Recycling</i>	52
5.9 Kesimpulan	53
5.9 Soal Latihan	53
Bab 6	54
<i>Replace</i>	54
6.1 Jenis-jenis Sampah	54
6.2 Pengertian <i>Replace</i>	55
6.3 Aktivitas <i>Replacement</i>	55
6.4 Kesimpulan	56
6.5 Soal Latihan	57
Bab 7	58
<i>Remanufacturing</i>	58
7.1 Pengertian <i>Remanufacturing</i>	58
7.2 Perbedaan <i>Remanufacturing</i> , Rekondisi, dan Refill	58
7.3 Aktivitas <i>Remanufacturing</i>	59
7.4 Proses <i>Remanufacturing</i>	60

7.5 Tahapan Proses <i>Remanufacturing</i>	64
7.6 <i>Design rule</i> dari <i>Design for Remanufacturing</i> (DfRem)	64
7.7 Kesimpulan	69
7.15 Latihan Soal	69

Bab 1

Manufaktur Development

1.1 Pengertian Manufaktur Development

Kemajuan teknologi yang kita nikmati saat ini adalah suatu proses revolusi yang terus diupayakan oleh pelaku usaha untuk menunjang kebutuhan hidup manusia. Dimana pada abad ke 16, penggerak perekonomian negara saat itu masih menggunakan tenaga uap. Semakin bervariasinya kebutuhan manusia yang harus dipenuhi memaksa industri untuk berinovasi, dan merevolusi penggunaan teknologi yang tidak efisien. Bagaimana sejarah dan perkembangan industri dari abad ke-16 hingga saat ini, menjadi hal yang menarik untuk kita ketahui.

Pembangunan berkelanjutan atau sustainable development disebut juga dengan pembangunan kuat, tahan, dan efisien. Definisi tersebut muncul pertama kali oleh Komisi Lingkungan dan Pembangunan tingkat dunia yang diketuai oleh perdana menteri Norwegia pada saat itu yaitu Gro Harlem Brundtland pada tahun 1987.

Komisi tersebut menghasilkan kesepakatan berupa laporan/report yang akhirnya disebut dengan Brundtland-Report. Laporan tersebut diberi judul "Masa Depan Kita Bersama" dan komisi tersebut mendefinisikan pembangunan berkelanjutan sebagai kegiatan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dengan tidak mengorbankan kebutuhan generasi akan datang. Maksudnya bahwa pembangunan adalah penting untuk pemenuhan kebutuhan manusia sekaligus meningkatkan kualitas hidup manusia. Akan tetapi, pembangunan tetap memperhatikan efisiensi dan bertanggungjawab terhadap seluruh penggunaan dan pemanfaatan lingkungan. Lingkungan yang dimaksud adalah sumber daya masyarakat terutama yang langka meliputi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya ekonomi.

1.2 Munculnya Pemikiran Sustainable Development

Pemikiran Sustainable Development pada tahun 1972 merupakan hasil Konferensi PBB tentang Lingkungan Hidup yang diadakan di Stockholm. Tahun 1992, di Rio de Janeiro disepakati suatu Deklarasi Lingkungan Hidup KTT Bumi. Deklarasi tersebut menyepakati prinsip dalam pengambilan keputusan pembangunan harus memperhatikan dimensi lingkungan dan manusia. Tahun 2002, KTT Pembangunan Berkelanjutan berlangsung di Johannesburg yang membahas dan mengatasi kemerosotan kualitas lingkungan hidup.

Penggunaan istilah pembangunan berkelanjutan secara jelas dilaksanakan pada kegiatan Konferensi oneh UNICED di selenggarakan di Rio de Janeiro pada 3-14 Juni 1992 dengan tema Environment and Development. Latar belakang pemikiran ini adalah karena Agenda 21 yang dibahas di World Nature Protection for Conservation of Nature (IUCN) dan World Wide Fund for Nature (WWF) pada tahun 1980-an tidak terlalu jelas pada beberapa aspek. Dalam Agenda 21 tersebut menggambarkan tujuannya secara global tetapi tidak menjelaskan Langkah-langkah untuk mencapainya.

1.3 Sejarah Berdirinya Manufaktur Development

Pembangunan berkelanjutan memang terlihat seperti wacana dan ide yang muncul pada era modern. Pertimbangan bahwa pemenuhan kebutuhan harus mempertimbangkan generasi yang akan datang ternyata ditemukan di era lama. Beberapa dokumen bukti ditemukan pada sejarah suku Irokeses di Amerika Utara, dimana kepala sukunya mengharapakan masyarakatnya memperhatikan kebutuhan generasi mendatang.

Pembangunan berkelanjutan pertama kali dikembangkan pada bidang kehutanan pada awal abad ke 13 di Eropa. Hukum kehutanan Nuremberg tahun 1294 menatur tentang kesinambungan penggunaan kayu. Tahun 1713, Carlowitz, seorang bangsawan dari Saxony memberikan ide tentang penebangan bersih (clear cut) yaitu penebangan hutan yang dilakukan dengan memperhatikan penghutanan kembali.. Dalam tulisannya, Calrowitz berharap agar manusia harus memiliki aturan-aturan dalam penggunaannya terhadap sumber daya alam secara terus menerus. Dalam bukunya Carlowitz memohon beberapa hal terutama pada pembuatan rumah, seperti saat musim dingin penggunaan tungku diganti dengan kompor hemat energi, dan adanya jadwal penghijauan penanaman pohon saat dilakukan penebangan. Intinya, ia meminta adanya penggantian fungsi daripada kayu. George Ludwig Hartig di tahun 1971 mempublikasikan tulisannya yang berjudul *Instructions for the taxation and characterization of forests*. Dalam tulisan tersebut Hartiq memberikan ide penggunaan kayu secara efektif tetapi tetap mempertimbangkan kebutuhan generasi yang akan datang.

Pada awal terbentuknya pembangunan berkelanjutan tujuannya lebih cenderung kepada ekonomi dan social, sedangkan kajian untuk perlindungan lingkungan dan alam masih terbatas. Sehingga pada tahun 1980 terbentuk program "World Nature Protection for Conservation of Nature (IUCN)" dan "World Wide Fund for Nature (WWF)" yang awalnya masih dibatasi pada bidang kehutanan dan belum diperluas pada bidang lingkungan lainnya. Program IUCN dan WWF ini memiliki tujuan saat kegiatan manusia memanfaatkan alam tetap harus mempertahankan karakteristik biologi secara esensial.

Pada tahun 1987 dalam the Brundtland Report, dimana sebelumnya telah ada aspek ekonomidan social, mulai ditambahkan aspek ekologi atau lingkungan. Kemajuan Program tersebut kemudian legalitaskan dengan terbentuknya "United Nations's Conference on Environment and Development" (UNCED) dibawah kendali PBB. Pembentukan UNCED dilakukan di Rio de Janeiro, agenda pertamanya disebut dengan agenda 21. Pada saat itu agenda 21 ditandatangani dan dihadiri sekitar 170 negara. Agenda 21 memiliki tujuan global pada seluruh aspek-aspeknya, akan tetapi tidak semua program dapat terlaksana dengan baik. Sehingga semangat dalam pembentukan agenda 21 menjadi lebih penting dari pada kata-kata yang tercantum pada dokumen agenda 21, hal tersebut juga menunjukkan bahwa erjasama dan kemitraan antar negara untuk memecahkan masalah ekologi dan social menjadi sangat penting. UNCED membuat report "Concept Sustainability, from Theory to Application" atau konsep keberlanjutan secara berkesinambungan yang dimulai dari teori sampai Aplikasi. Dalam dokumen UNCED tersebut, terdapat definisi aturan-aturan umum. Komisi ini juga menyatakan bahwa pelestarian dan peningkatan ekologi, ekonomi, dan barang-barang sosial sebagai tujuan utama pembangunan berkelanjutan. Itu menunjuk pada tiga kolom yang sama mengenai kesinambungan bertumpu pada ekologi, ekonomi, dan masyarakat. Laporan juga mendefinisikan langkah praktis dan cara-cara pada bagaimana mencapai tujuan kesinambungan.

Industri yang saat ini telah banyak mengalami perkembangan awal mulanya adalah sebuah usaha yang untuk pemenuhan kebutuhan pribadi. Pertumbuhan manusia secara eksponensial sangat berkorelasi dengan jumlah kebutuhan sehari-hari yang makin bervariasi. Sebelum adanya revolusi industri, manusia berusaha untuk memenuhi kebutuhan hariannya hanya dengan menggunakan tenaga otot, serta sumber daya alam lainnya yang tersedia dengan bebas, seperti air terjun, dan juga tenaga angin.

Mulanya manusia hanya memproduksi memanfaatkan sumber daya yang tersedia di alam bebas untuk memenuhi kebutuhannya. Namun rupanya banyak orang yang mempunyai kebutuhan serupa sehingga mereka juga mulai memproduksi untuk ditukar dengan kebutuhan lainnya yang tidak mereka miliki dengan cara barter. Kegiatan produksi yang dilakukan hanya dengan tenaga otot, angin, maupun air tersebut tentunya tidak lagi dapat mencukupi kebutuhan banyak orang. Mengingat kapasitasnya maupun ketersediaannya yang sulit dijangkau. Misalnya saja, untuk menumbuk buah atau biji-bijian yang bertekstur keras harus menggunakan tenaga otot. Sedangkan penggunaan tenaga otot sangat tidak mungkin jika dilakukan tanpa istirahat berkala. Begitu pula dengan penggunaan tenaga air, seperti air terjun. Memang ketersediaan airnya sangat berlimpah, namun untuk mencapai lokasi air tersebut bisa jadi harus menempuh jarak yang cukup jauh, sehingga tidak dapat memanfaatkan tenaganya dimana saja. Atau juga pemanfaatan tenaga angin yang pada saat itu digunakan untuk memutar penggilingan konvensional. Untuk menggerakkan penggilingan tersebut pasti diperlukan tenaga angin yang cukup kuat.

Ketersediaan ke tiga tenaga tersebut pada akhirnya menjadi masalah utama dalam kegiatan produksi saat itu. Dimana manusia tidak dapat memanfaatkannya dengan optimal mengingat kapasitas tenaga otot baik manusia maupun hewan yang terbatas, dan juga membutuhkan waktu untuk mendapatkan tenaga air dan angin yang besar.

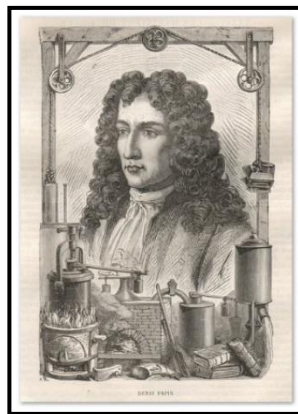
Itulah alasannya mengapa manusia banyak yang tinggal mendekati daerah dengan sumber air maupun angin yang berlimpah.

1.4 Perkembangan Revolusi Industri Dunia

Revolusi industri merupakan suatu kondisi yang ditandai dengan adanya perubahan besar pada seluruh aspek kebutuhan manusia. Dari yang semula didominasi oleh tenaga manusia dan hewan, hingga sampai dibuatnya alat bantu pekerjaan manusia yang menggunakan mesin dengan kendali jarak jauh maupun mesin otomatis.

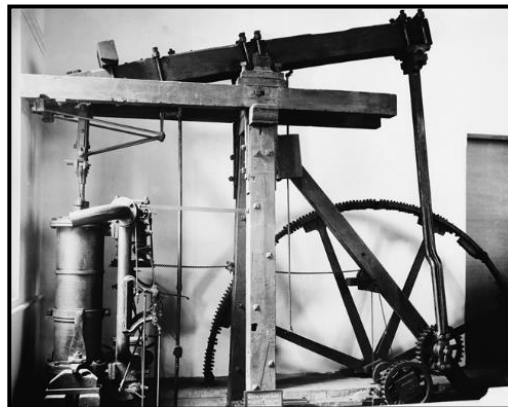
1.4.1 Revolusi Industri 1.0

Sejarah mencatat, revolusi industri 1.0 dimulai pada tahun 1784 dimana peralatan produksi manusia yang semula masih menggunakan tenaga otot, mulai ditemukannya mesin uap. Pada abad 16 seorang ilmuwan Fisika dari Prancis yang bernama Denis Papin terlihat pada gambar 1.1, dimana Denis melakukan percobaan berulang kali dan gagal, hingga terciptalah mesin uap atmosfer yang menggunakan ketel uap. Mesin uap tersebut digunakan untuk memompa air pada sebuah pertambangan batu bara selama 50 tahun. Hingga oleh seorang ilmuwan yang bernama Thomas Newcomen memberikan inovasi berupa pemberian katup pengaman saat melepaskan uap. Pada tahun 1765, James Watt melakukan penyempurnaan dari mesin uap sebelumnya yang kemudian digunakan secara massal untuk berproduksi.



Gambar 1.1: Denis Papin

Negara-negara besar yang ada di Eropa sangat tertarik dengan mesin uap dan membelinya. Mesin uap tersebut mulai digunakan untuk membantu kegiatan produksi dalam berbagai sektor seperti industri, pertambangan, pertanian, serta sektor transportasi, dan mulai mempengaruhi negara sekitarnya. Revolusi industri 1.0 ini mulai mendongkrak perekonomian negara secara drastis, yang berimbas pada perekonomian dunia, salah satunya adalah mesin uap pada gambar 1.2.



Gambar 1.2: Mesin Uap “Sun and Planet” ciptaan James Watt (1776) khanacademy.org

1.4.2 Revolusi Industri 2.0



Gambar 1.3: Penggunaan belt conveyer pada pabrik radio di United States tahun 1920-an. Sumber : historyinphoto.blogspot.com

Revolusi industri 2.0 ini berada pada abad 19, berkisar tahun 1870 hingga 1914, yang pada saat itu ditandai dengan terciptanya listrik. Pada abad ini juga dimulainya produksi mobil yang digunakan untuk mendukung proses produksi di perusahaan (Peran Pemerintah dalam Revolusi Industri 4.0, 2018). Dan pada tahun 1913 mulai dibuatlah belt conveyer untuk menggantikan tenaga manusia dan hewan, serta membekali pekerja dengan skill sesuai spesifikasi pekerjaannya (Berkenalan Dengan Sejarah Revolusi Industri, 2021). Gambar 1.3 merupakan belt conveyer tahun 1920 dan perakitannya terlihat pada gambar 1.4.

Pada revolusi ke-2 ini juga mulai dibuat kendaraan perang seperti pesawat, tank, bahkan senjata, untuk mendukung mobilitas perang dunia. Produk hasil revolusi 2.0 ini menjadi sebuah pencapaian yang luar biasa, dan satu abad kemudian sekitar tahun 1960-an mulai dibuatlah komputer, dan peralatan elektronik lainnya yang menjadi pertanda revolusi industri 3.0 dimulai.

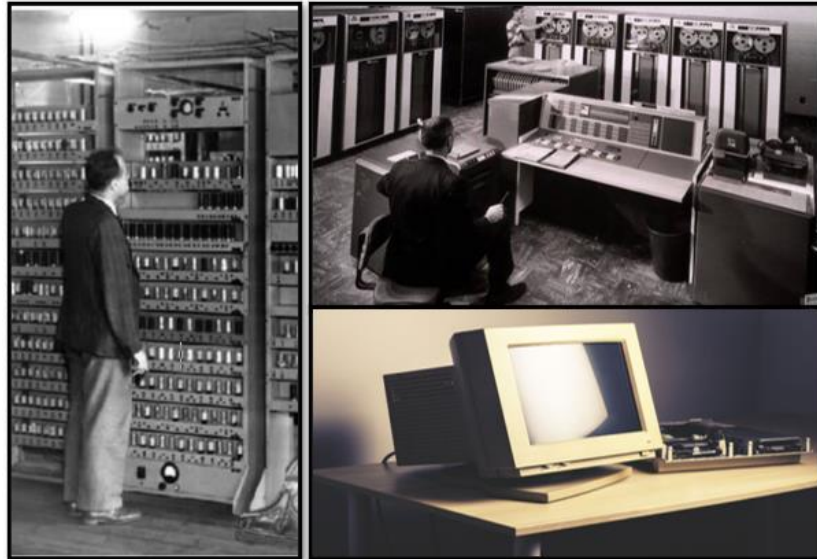


Gambar 1. 4: Penggunaan conveyor belt pada proses perakitan. Sumber : Zenius.net

1.4.3 Revolusi Industri 3.0

Revolusi Industri ke 3.0 yang dimulai pada tahun 1969 dimana dunia sudah mulai menggunakan komputer, internet, hingga microchip (Berkenalan Dengan Sejarah Revolusi Industri, 2021) serta alat elektronik yang

memungkinkan interkoneksi dari berbagai lintasan dalam waktu yang cepat. Industri juga mulai menggunakan komputer untuk mencatat dan menyimpan seluruh datanya, serta menjelajahi dunia maya (Tjandrawinata, 2016).



Gambar 1.5: Penggunaan Komputer pada bidang industri. indoworx.com

Istilah Industri 4.0 mulai diperkenalkan di dunia pada tahun 2011 (Hermann, Pentek, and Otto 2015) Revolusi industri 4.0 atau yang kerap disebut dengan I4.0, merupakan era revolusi digital dan disrupsi teknologi, dimana penggunaan komputer dan internet mulai merambah seluruh sektor usaha baik manufaktur, kesehatan, bahkan pelayanan masyarakat. Kebutuhan akan penyimpanan data juga mulai meningkat hingga ditemukannya sistem penyimpanan menggunakan Cloud, dan Big Data (Berkelanjutan Dengan Sejarah Revolusi Industri, 2021).

Negara Jerman adalah salah satu Negara yang sangat mendukung sekali industri 4.0 karena disinyalir menjadi sebuah strategi integral part dari teknologi buatan Jerman, yang akan menjadi leader inovasi teknologi dunia. Lee et. al. (2013) yang kemudian dikutip oleh (Yahya 2018) menjelaskan bahwa ada 4 faktor utama pendorong digitalisasi di sektor manufaktur. Faktor-faktor tersebut antara lain :

- a. Kebutuhan volume data, komputerisasi, dan konektivitas antar sektor manufaktur yang mulai meningkat,
- b. Dibutuhkannya kemampuan dalam menganalisis, dan juga kecerdasan dalam sektor bisnis,
- c. Adanya interaksi yang erat antara manusia dan mesin, serta
- d. Kebutuhan transfer digital ke sistem nyata, seperti halnya pencetakan 3D dan penggunaan robot (robotika) untuk membantu pekerjaan manusia.

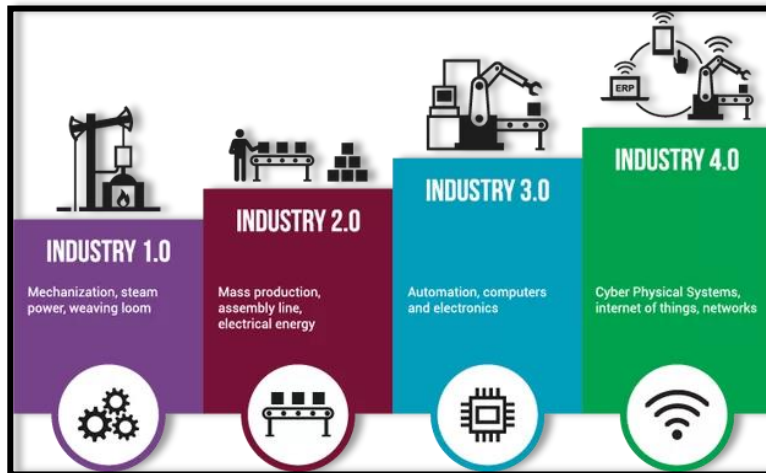
Empat (4) point utama lainnya dalam revolusi I4.0, antara lain (Hermann et al. 2015) :

1. Cyber-Physical System (CPS)

CPS adalah sebuah integrasi dari proses komputasi dengan proses fisik. Proses komputasi dan jaringan berfungsi untuk memonitor dan mengontrol proses fisik, menggunakan sistem umpan balik, dimana proses fisik akan mempengaruhi sistem komputasi, dan atau sebaliknya.

2. Internet of Things (IoT)

Penggunaan IoT dan IoS pada I4.0 memungkinkan “sesuatu” dan “objek” terintegrasi dalam proses manufaktur, seperti penggunaan Radio Frequency Identification (RFID), sensor, ponsel, wifi, saling berinteraksi satu sama lain dengan menggunakan komponen cerdas untuk aktivitas yang dibutuhkan (Kagermann et., al. (2013), dan Giusto et., al. (2010), yang dikutip oleh Hermann et., al. (2015)). Perubahan-perubahan mulai industry 1.0 sampai 4.0 secara jelas di gambar 1.6



Gambar 1. 6.Revolusi Industri 1.0 hingga 4.0. Sumber : Jagoanhosting.com

Contoh penggunaan IoT yang dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari antara lain :

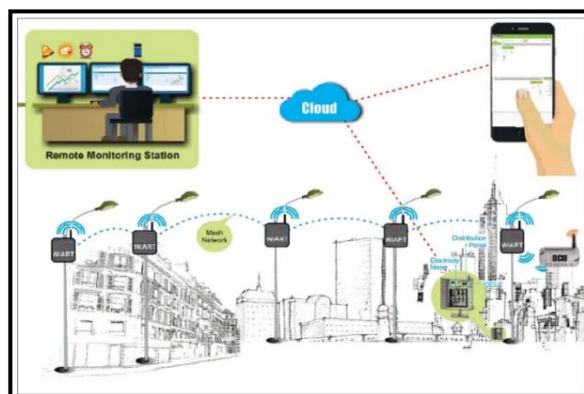
a. Pintu Garasi Cerdas (Smart Garage Door)

Penggunaan smart garage door (SGD) ini tentunya akan sangat memudahkan pemilik rumah untuk memonitor keamanan rumahnya dari manapun. Sistem kerjanya adalah dengan menggunakan smart phone yang telah terinstall aplikasi SGD tersebut. Hanya dengan melakukan scanning sidik jari pada ponsel, pemilik rumah dapat membuka dan menutup pintu garasinya. Dan ketika ada orang yang tidak dikenal memaksa masuk, maka aplikasi ini akan menginformasikan kepada si pemilik rumah. Contoh seperti gambar 1.7.



Gambar 1. 7.Penggunaan Smart Phone untuk mengendalikan garasi rumah. Sumber : miro.medium

b. Smart Street Lighting System



Gambar 1. 8. IoT untuk penerangan jalan umum. Sumber : mevensystems

Salah satu upaya untuk melakukan penghematan listrik di jalan umum adalah dengan mengadopsi konsep smart city. Dimana penggunaan lampunya dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi pada android seperti pada gambar 1.8, yaitu Smart Street Lighting System. Aplikasi tersebut dapat diintegrasikan dengan wireless Zigbee, dimana pengguna akan mendapatkan informasi tentang kondisi lampu, dan besarnya energi yang dikonsumsi. Selain itu, sistem ini akan menginformasikan mengenai adanya benda bergerak di sekitar lampu (Denny et al. 2015).

c. Sistem E-Tilang



Gambar 1.9: Sistem E-Tilang di Indonesia. Sumber : Indonesia.go.id

Sistem E Tilang ini pasti sudah tidak asing lagi di telinga kita. Sistem inilah yang saat ini sedang diterapkan khususnya di Kota Surabaya dan sekitarnya seperti gambar 1.9. Bagaimana cara kerja sistem E Tilang ini?

E Tilang adalah sebuah sistem yang digunakan oleh kepolisian untuk mendeteksi pelanggaran-pelanggaran yang dilakukan oleh pengendara. Sistem ini menggunakan kamera Electronic Law Enforcement (E-TLE) yang dapat memantau pengendara pada lokasi yang telah difasilitasi oleh kamera ini. Sama halnya dengan CCTV, E-TLE ini dilengkapi dengan kamera ANPR yang mendeteksi pelanggaran marka lantas dan dapat mendeteksi plat nomer, kamera Check Point untuk memonitor pengendara yang tidak menggunakan pengaman.

d. IoT untuk Industri Manufaktur



Gambar 1.10: IoT pada industri manufaktur. Sumber : infokomputer.grid.id

China Star Optoelectronics Technology Co., Ltd. (CSOT) adalah sebuah perusahaan manufaktur yang telah bekerja sama dengan IBM® Watson dengan membuat kecerdasan buatan (Artificial Intelligent) agar dapat

melakukan inspeksi visual terkait kecacatan produk yang terjadi, dengan cepat dan akurat seperti gambar 1.10. Sistem ini dikendalikan dengan smartphone dan TV bahkan smart watch dan kalkulator (Spokesperson, 2018).

3. Internet of Service



Gambar 1. 11: Perangkat Lunak Mobil Tesla yang mendukung. Sumber : Liputan6.com

Perusahaan manufaktur besar saat ini tengah mempertimbangkan penggunaan IoS untuk keberlanjutan bisnisnya, dengan membuat model agar produknya dapat menjadi penghasilan jangka panjang perusahaan. Sebagai contoh, perusahaan mobil Tesla yang terkenal sangat canggih dan pasti mahal harganya yang ada pada gambar 1.11. Perusahaan Tesla mematok harga yang fantastis pada produknya bukan hanya karena perangkat kerasnya saja, melainkan fasilitas perangkat lunak berupa kecerdasan ekstra. Perangkat lunaknya dapat diupgrade melalui internet yang dikirimkan oleh perusahaan Tesla, dan pelanggan akan dibebani biaya peningkatan tersebut.

Intinya, mengindividualisasi suatu produk dengan menggunakan layanan internet yang disediakan oleh perusahaan, akan memberikan pendapatan tambahan. Inilah strategi cerdas yang harus dimiliki perusahaan manufaktur untuk menghasilkan produk cerdas dan meningkatkan pendapatan maupun profitabilitas (Wasmund 2017).

4. Pabrik Cerdas (Smart Factory)

Smart Factory dapat didefinisikan sebagai produsen yang dapat menghasilkan produk yang cerdas, mampu mengelola proses produksi yang kompleks dengan cara yang lebih efisien. Smart Factory akan menghasilkan produk cerdas yang akan mendukung proses manufaktur. Smart Factory akan memanfaatkan sumber daya yang dimiliki (seperti manusia, mesin, dan lainnya) agar dapat memberikan informasi terkait produk cerdas yang dihasilkannya dengan rinci. Produk cerdas tersebut dapat menjawab pertanyaan mengenai waktu produksi, tujuan kirim, atau bahkan informasi terkait pengguna seperti Sneakers Pintar pada gambar 1.12 (Aritonang and Juhana 2020).

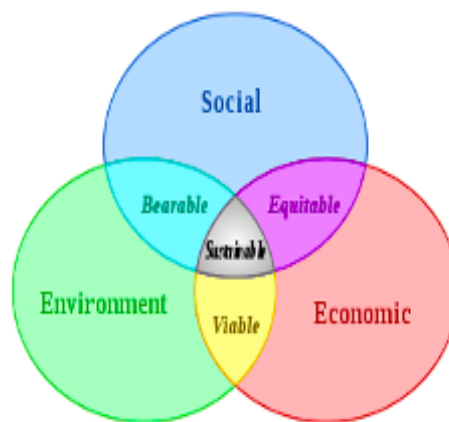


Gambar 1.12: Sneakers Pintar.ngan

Sepatu Sneakers di atas adalah salah satu contoh produk pintar, yang dapat memberikan informasi kepada penggunanya terkait jumlah kalori yang telah terbakar, kecepatan, dan juga jarak telah ditempuh selama penggunaannya melalui smartphone yang telah dihubungkan menggunakan Bluetooth.

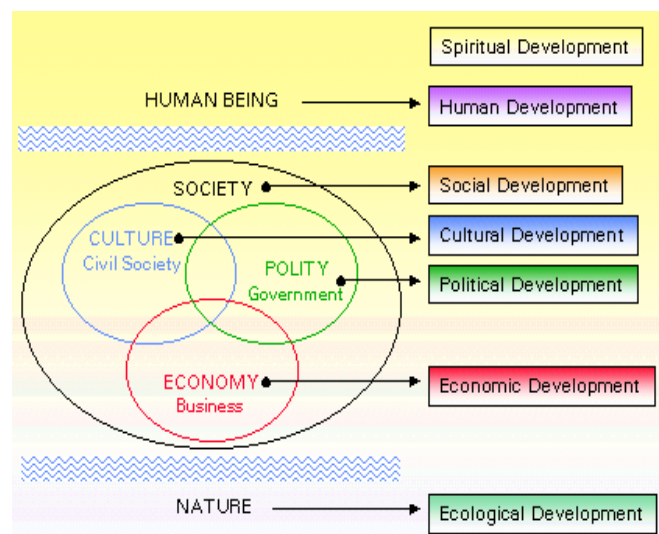
1.5 Lingkup Sustainable Development

Di dalam dokumen PBB yaitu hasil World Summit 2005 menyebut pembangunan berkelanjutan pembangunan berkelanjutan meliputi tiga pilar yaitu lingkup pembangunan ekonomi, pembangunan sosial dan perlindungan lingkungan. Jadi, tidak hanya berkonsentrasi pada isu-isu lingkungan. ketiga hal tersebut menjadi dimensi yang saling terkait dan merupakan pilar pendorong bagi pembangunan berkelanjutan yang Digambarkan pada gambar 1.13.



Gambar 1.13: Tiga Pilar Dimensi Pembangunan Berkelanjutan

Tahun 2001 tiga pilar dimensi pembangunan berkelanjutan dideklarasikan oleh United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), menggali konsep pembangunan berkelanjutan (gambar 1.14) dengan menyebutkan bahwa "...keragaman budaya penting bagi manusia sebagaimana pentingnya keragaman hayati bagi alam". Dengan demikian "Pembangunan tidak hanya dipahami sebagai pembangunan ekonomi, namun juga sebagai alat untuk mencapai kepuasan intelektual, emosional, moral, dan spiritual". Dalam hal ini, perbedaan dan keberagaman budaya merupakan pilar keempat dari lingkup pembangunan berkelanjutan.

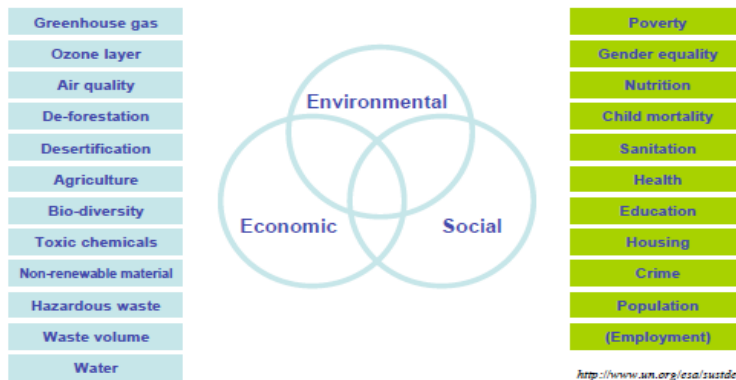


Gambar 1.14: Konsep Lingkup Sustainable Development

Banyak Permasalahan yang timbul sehingga memicu munculnya sustainable yaitu gas rumah kaca, Lapisan ozon, kualitas udara, De-penghijauan, desertifikasi, pertanian, Keseragaman hayati, bahan kimia beracun, non-reneable material, limbah berbahaya, volume sampah, air, kemiskinan, kesetaraan gender, nutrisi, kematian anak, kebersihan, kesehatan, pendidikan, perumahan, kejahatan, populasi (pekerjaan), lingkungan (allowood, 2009).

Sustainability: what are the issues?

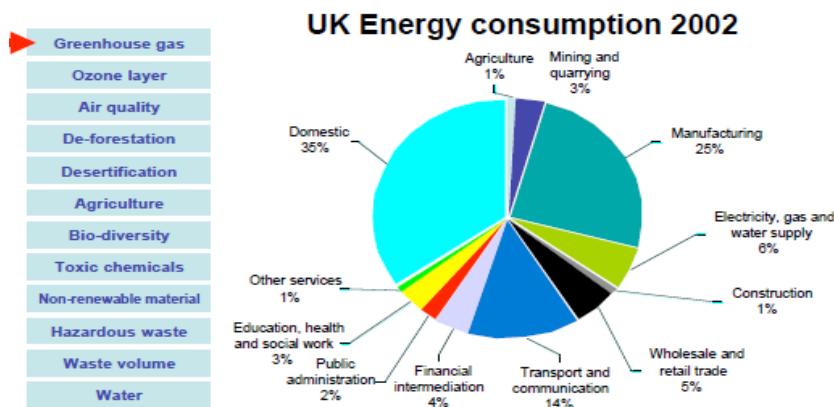
United Nations indicators of "sustainability":



Gambar 1.15: Lingkup Sustainability

Isu-isu terkait dengan sustainable manufaktur pada gambar 1.15 dan gambar 1.16 tidak lepas dari kegiatan industri. Untuk mempertahankan dirinya supaya tetap eksis dalam menghadapi persaingan, maka industri perlu melakukan kebijakan-kebijakan untuk perbaikan yang disebut dengan Sustainable Manufacture. Kebijakan-kebijakan tersebut tertuang dalam rencana jangka Panjang, dimana setiap industry dalam kegiatannya akan melakukan kegiatan sesuai dengan rencana tersebut secara konsisten dan terpadu.

Is this a problem for manufacturing?



Gambar 1.16: prosentase konsumsi energi

Dari penjelasan-penjelasan tersebut diatas, bahwa sebenarnya adalah Sustainable manufaktur lebih tepat dikatakan sebagai kebijakan yang diterapkan oleh suatu industri agar mampu bertahan dalam menghadapi pasar serta dapat memberikan jaminan kepada konsumen sehingga konsumen menjadi puas terhadap produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan rencana pengembangan yang terintegrasi menjadi rencana jangka panjang. Dalam membuat rencana jangka panjang tersebut perlu pemikiran dan kegiatan yang berkelanjutan. Rencana jangka Panjang yang berkelanjutan tersebut dinamakan dengan Sustainable manufaktur.

Pada Sustainable manufaktur ada pembatas yang sangat mempengaruhi yaitu kemampuan suatu perusahaan untuk melakukan sustainable manufaktur. Batasan tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek dan sisi yang berbeda-beda karena sustainable manufaktur harus dilakukan secara terus menerus, terencana dan terintegrasi.

Kegiatan yang konsisten dan terpadu tersebut menjadi batasan jika ditinjau dari berbagai sisi dan aspek yang berbeda-beda pada setiap Industri. Sehingga, diperlukan suatu tahapan terencana dan terintegrasi sebagai suatu tahapan pengembangan yang terus-menerus. Untuk mewujudkannya tentu saja membutuhkan suatu tahapan pengembangan terus menerus yang dilakukan secara terpadu. Aktifitas sustainable manufaktur akan melibatkan semua elemen dan komponen dalam maupun luar perusahaan sebagai pendukung terealisasinya aktifitas tersebut. Sehingga semua elemen harus terintegrasi dalam satu langkah yang mencakup kegiatan ekonomi, lingkungan dan sosial.

1.6 Perbedaan Sustainable Manufacturing Dengan Lean Manufacturing

sustainable manufacturing berasal dari kata sustainable yang artinya menopang, memperpanjang, meneruskan, dan kata manufacturing yang artinya pabrik atau proses produksi. Terlihat sekilas bahwa sustainable manufacturing hampir sama dengan lean manufacturing. Namun sebetulnya keduanya memiliki banyak perbedaan, sebagai berikut ;

Lean manufacturing :

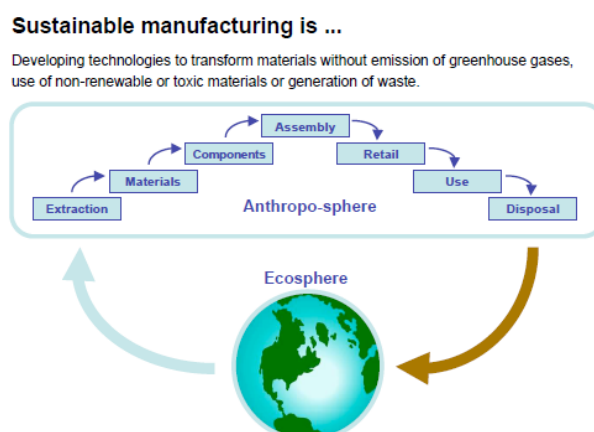
- Dalam prosesnya lebih fokus pada minimasi waste, seperti :
- Limbah produksi yang berlebihan.
- Adanya waktu tunggu.
- Pemborosan saat perpindahan bahan/transportasi
- Pengolahan limbah yang tidak tepat.
- Pemborosan persediaan (inventory) yang berlebihan.
- Pemborosan waktu karena gerakan operator yang tidak perlu.
- limbah karena produk yang cacat.

Sustainable manufacturing :

Dalam prosesnya selain fokus pada beberapa macam waste di atas, juga menambahkan beberapa waste yang mempunyai dampak bagi lingkungan seperti :

- Pemborosan energi yang penggunaannya tidak efisien
- Pemborosan karena penggunaan air yang berlebihan
- Pemborosan sumber daya alam
- Pemborosan penggunaan kemasan yang berlebihan
- Limbah emisi
- Pemborosan karena buangan/limbah selama proses produksi
- Pemborosan karena pengiriman sampah yang tidak diolah sehingga harus dikirim ke tempat pembuangan sampah (landfills)

Material-material yang terlibat dalam sustainable manufaktur secara jelas terlihat pada gambar 1.17



Gambar 1.17: material terlibat dalam sustainable manufacturing

Alat utama yang digunakan dalam sustainable manufaktur adalah :

Life Cycle Assessment

Adalah salah satu metode penilaian yang dianggap paling efektif untuk mengevaluasi proses sustainable manufaktur. Proses yang dievaluasi dilakukan menyeluruh dimulai dari dalam merancang produk dan jasa dengan mempertimbangkan siklus keseluruhan dari desain dan pembuatan suatu produk mulai bahan masuk hingga keluar menjadi suatu produk.

Breem and leed

Adalah metode yang digunakan sebagai tolak ukur kinerja lingkungan dan alat desain untuk bangunan. Keduanya dapat digunakan untuk pengembangan industri dan digunakan oleh para perencana dan pengembang untuk menetapkan target untuk perkembangan baru.

REAP-Ecological Footprinting

Metode ini digunakan untuk pengambilan keputusan terkait dengan dengan ide berupa perencanaan, rencana penggunaan perangkat-perangkat lunak untuk energi sebagai sumber daya dan sebagai program yang digunakan untuk menganalisis penggunaan energi tersebut. REAP dapat memodelkan sumber daya lingkungan yang mana outputnya berbentuk data atau scenario apakah penggunaan energi bisa diterapkan atau tidak atau dibagian mana perlu dilakukan perbaikan. Jadi, REAP-Ecological Footprinting ini digunakan sebagai sustainable masterplan pembangunan untuk perbandingan desain produk dan teknologi.

Integrated Resource Management Modelling (IRM)

IRM berfungsi dalam hal pembuatan suatu kerangka hasil desain produk yang dihubungkan dengan sustainable objectives dan model umum. Dua model yang telah ada secara umum dan rencana model yang sustainable ini parameter sumber dayanya diintegrasikan sehingga dihasilkan pengembangan desain yang sustainable.

Contoh Studi Kasus

Berikut beberapa gambaran studi kasus yang berhubungan dengan sustainable manufacturing :

a. International Conference on Industrial and System Engineering (IConISE)

Dalam artikel ini membahas kinerja lingkungan yang diterapkan pada industry kecil. Dimana selama ini Industri kecil dan menengah belum tersentuh dengan kebijakan seperti kewajiban memiliki sertifikat ISO lingkungan ataupun kebijakan lingkungan lainnya seperti amdal dan proper. Dalam artikel ini mengkaji hubungan kepemimpinan dengan komitmen sustainabilitas perusahaan dalam hal sumber daya manusia, proses dan pengelolaan lingkungan serta pengaruh proses dan pengelolaan lingkungan.

Industri Kecil dan Menengah memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang kehidupan bangsa Indonesia perekonomian dan mengurangi pengangguran. UKM di Indonesia berkontribusi dalam penyerapan tenaga kerja sebesar menjadi 99,74% dari total serapan nasional dan berkontribusi sebanyak 1013,5 triliun atau 56,73%. Sebagai negara yang berusaha memberikan upaya penuh dalam melaksanakan pengelolaan lingkungan sistem di semua sektor kegiatan, kita perlu memperhatikan sektor Kecil dan Menengah Industri dalam hal sistem manajemen lingkungan. Agaknya sebagian besar UKM di Indonesia tidak pernah melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik. Di samping itu, pengelolaan lingkungan yang baik yang sudah dilakukan oleh perusahaan dapat membantu untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi konsumsi sumber daya yang berlebihan, mengurangi pemborosan, membantu perusahaan dalam memenuhi persyaratan hukum lingkungan, mendorong pekerjaan untuk terlibat dalam kinerja lingkungan dan meningkatkan hubungan pelanggan perusahaan.

Menurut (Cahyana et al. 2012) dalam artikel ini bahwa indikator yang mempengaruhi kemampuan kinerja lingkungan makanan dan minuman UKM di Jawa Timur, dan mengukur pengaruh kepemimpinan terhadap sumber daya manusia, proses dan pengelolaan lingkungan serta pengaruh proses dan pengelolaan lingkungan dari Indikator Kinerja Lingkungan, untuk menggambarkan bagaimana dampak positif dan negatifnya. Hasil penelitian yang ditunjukkan dalam artikel bahwa variabel yang signifikan adalah kepemimpinan pada proses dan lingkungan manajemen, untuk sumber daya manusia, variabel proses dan manajemen lingkungan dari Indikator Kinerja Lingkungan dan Indikator Kinerja Lingkungan kinerja lingkungan.

b. Jurnal Teknik Industri UIN-SUSKA Riau

Artikel ini mengkaji tentang Industri perkebunan kelapa sawit yang terus berkembang disertai dengan isu-isu lingkungan yang muncul. Berkembangnya industri dibidang pengelolaan pabrik kelapa sawit mengakibatkan munculnya permasalahan terkait isu keberlanjutan seperti pencemaran air, tanah, sengketa kepemilikan lahan dan lain-lain. Oleh karena itu, industri kelapa sawit dituntut untuk meningkatkan kinerja pada aspek lingkungan, ekonomi dan sosial secara keberlanjutan berdasarkan aspek lingkungan.

(Yola, Melfa, and Nofirza 2019) melakukan penelitian dengan melakukan peembobotan terhadap industri atau perusahaan-perusahaan dibidang kelapa sawit di provinsi Riau untuk menghitung kinerja keberlanjutan masing-masing perusahaan tersebut. Pembobotan tersebut dilakukan untuk mengetahui perusahaan mana saja yang memiliki kinerja yang terbaik pada masing-masing aspek. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa aspek ekonomi merupakan kriteria yang memiliki persentase paling tinggi dibandingkan aspek lingkungan dan aspek sosial yaitu sebesar 38,53%, aspek lingkungan sebesar 29,62% dan aspek sosial sebesar 31,85%. Perusahaan yang memiliki kinerja yang terbaik untuk aspek lingkungan sebesar 28,53%, aspek ekonomi 36,79% dan aspek sosial sebesar 30,04%.

c. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS

Awalnya (Cahyana et al. 2012) menduga bahwa IKM di Indonesia tidak pernah melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik, ditambah dengan tidak adanya regulasi kebijakan dari pemerintah yang mewajibkan IKM untuk melakukan pengolahan lingkungan. Hal ini tentu saja jauh berbeda dengan perusahaan yang rutin melakukan pengelolaan lingkungan, karena sebenarnya dengan adanya pengelolaan lingkungan dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi pemakaian sumber daya yang berlebihan, mengurangi limbah, dan lain-lain.

Padahal IKM di Indonesia jumlahnya sangat besar, menurut data statistik BPS jumlah UMKM di Indonesia mencapai 99,98% terhadap total unit kerja di Indonesia. Dan tenaga kerja yang terlibat mencapai 97,3% atau 91,8 juta orang. Jika IKM tidak melakukan pengelolaan lingkungan maka akan berdampak besar terhadap peningkatan limbah, mengakibatkan meningkatnya pemakaian sumber daya dan terjadi penurunan efisiensi pada IKM-IKM tersebut.

Penelitian ini mengkaji hubungan kepemimpinan terhadap faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja lingkungan, seperti sumber daya manusia, Environmental Performance, dan proses dan manajemen lingkungan. Model pendekatan yang digunakan menggunakan Structural Equation Modeling (SEM). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut berdasarkan pada kerangka teoritis yang terbentuk berpengaruh menghasilkan kinerja lingkungan.

1.7 Pengembangan Sustainable Manufacturing

Awal mula Sustainable manufacturing fokus pada produk daur ulang, ternyata belum memenuhi isu penggunaan dan pemanfaatan material dan energi. Fokus pengolahan produk yang bisa didaur ulang ini hanya mewakili 7% dari seluruh usaha memanfaatkan resource yang digunakan oleh industri. Adalagi masih ada 93% kegiatan lain yang bisa dimanfaatkan untuk mengatasi isu pencemaran lingkungan.

Beberapa proses pengembangan Sustainable manufacturing terus dilakukan seperti penggunaan material yang dapat diperbarui (renewable material), membidik proses produksi agar kegiatan industri bisa lebih efektif dan efisien terutama dalam hal pemanfaatan resource. Tidak hanya hal tersebut, kegiatan mulai berkembang kepada produk yang ramah lingkungan. Termasuk juga kemasan, saat ini menjadi salah satu isu lingkungan sehingga perlu dipikirkan kemasan yang ramah lingkungan pula.

Selain hal tersebut diatas, sustainable manufacturing dalam tahap pengembangannya fokus pula pada jaminan mutu atau kualitas produk yang dihasilkan (quality assurance). Sehingga kehidupan sekarang dapat terpenuhi demikian juga kebutuhan dimasa yang akan datang tanpa adanya kerusakan yang ditimbulkan saat memenuhi kebutuhan tersebut.

Menurut Alwood (2009) ada lima pilihan untuk sustainable manufacture :

- a. Gunakan material dan energi dengan tepat
- b. Pergantian input material, yaitu non-toxic for toxic, renewable untuk non renewable.

- c. Mengurangi output yang tidak diinginkan
- d. Mengkonversi output untuk input, daur ulang dan semua variannya .
- e. Perubahan struktur kepemilikan dan produksi.

1.8 Keterkaitan Sustainability dengan Desain Produk

Karena keduanya memiliki keuntungan-keuntungan yang paling dihargai. Diantara keuntungan lingkungan yang paling penting bagi pelanggan adalah produk-produk yang memberikan:

- a. Material yang benar-benar aman
- b. Polusi udara dan air yang berkurang
- c. Efisiensi energi yang sudah ditingkatkan

Saya sangat setuju kalau sustainable product and service design merupakan kunci keberhasilan pencapaian sustainable development. Hal ini ditunjukkan oleh hasil survey (April,2010) DuPont terhadap 800 pelanggan di seluruh dunia dalam pasar yang mencakup makanan/pertanian, transportasi, kimia/manufaktur, plastik/pengepakan dan elektronik untuk mengerti lebih baik daya tahan dari permintaan untuk produk-produk berkelanjutan. Delapan puluh Sembilan persen (89%) dari pelanggan yang di survey berkata bahwa “Produk-produk yang ramah lingkungan memenuhi kebutuhan pasar jangka panjang”. “Hasil dari survey ini mendorong keyakinan kami bahwa terdapat permintaan pasar yang luas untuk produk-produk dengan profil lingkungan yang kuat dan bahwa permintaan datang dari pelanggan,” kata Ketua dan CEO DuPont Ellen Kullman;

1.9 Trade-Off dalam Sustainable Product Development

Untuk dapat menyelesaikan atau mendukung tercapainya global optimum solution dalam rangka sustainable product development yaitu dengan cara menggunakan metode Analisis Trade-off (Trade-off Analysis (TOA)).

Menurut Brown et al.(2001) dan Abubakar (2008) bahwa terdapat enam langkah yang harus dilakukan dalam Trade-Off Analysis. Langkah tersebut adalah :

- a. Membuat rancangan skenario perancangan
- b. Menentukan kriteria dan dampak. Kriteria yang dipakai adalah kriteria ekonomi, sosial dan ekologi.
- c. Menentukan skor.
- d. Melibatkan pilihan stakeholder dalam menyusun peringkat skenario kebijakan.
- e. Mengidentifikasi bobot peringkat skenario ekonomi, sosial, dan ekologi.
- f. Melakukan penilaian terhadap skenario;

1.10 Legislasi Sustainable Development

Program yang telah dilaksanakan untuk penerapan sustainable manufaktur memang terlihat berjalan, seperti penggunaannya dalam pemanfaatan pemecahan masalah ekonomi. Namun, banyak sekali kegagalan atau terganjal oleh kegagalan pasar (market- failures), kegagalan institusi (institutional failures) dan Kegagalan kebijakan (policy failures. Dalam hal ini peran pemerintah sangat diperlukan untuk mengevaluasi mengapa kegagalan terjadi. Pemerintah perlu melakukan program-program agar terpenuhi baik dari segi ekonomi, social dan lingkungan secara menyeluruh. Untuk itu pemerintah dapat menggunakan beberapa program sebagai berikut:

1. Penyelenggaraan Pendidikan.

Melalui Pendidikan, ditanamkan nilai dan konsep sustainable development, sehingga masyarakat atau pelaku pasar, produsen dan konsumen memahami tentang sustainable development. Jika para pelaku pasar, konsumen dan produsen paham maka bisa digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam penerapan sustainable development terutama dalam penyesuaian cara pandang sustainable ekonomi, social dan lingkungan terhadap penggunaan sumber daya dan penghasil emisi.

2. Membuat sistem insentif

Insentif di berikan sebagai tanda kehormatan, subsidi atau disalurkan melalui perpajakan, sehingga bisa memberikan pengaruh positif atau semangat mengubah perilaku pelaku pasar, konsumen dan produsen sesuai

dengan maksud pemerintah. Sehingga agar perilaku pelaku pasar, konsumen dan produsen mengalokasikan lebih banyak sumber data ke bidang social atau lingkungan, perlu dikembangkan system insentif yang merangsang pelaku melakukannya termasuk juga pengurangan biaya dengan mencegah kerusakan lingkungan.

3. Membuat penalty hukum

Penalti hukum ini dikenakan kepada perusahaan atau negara yang melakukan pelanggaran dengan merusak lingkungan. Penalti hukum didasarkan pada besar kerusakan, jadi semakin tinggi kerusakan yang ditimbulkan maka semakin tinggi juga penalty hukumnya. Dalam penentuan penalty hukum ini dibutuhkan keterlibatan pemerintah agar pelaksanaannya bisa maksimal dan menjadi andalan.

4. Persuasi moral

Persuasi moral terkait dengan etika dan moralitas masyarakat terkait dengan kesadaran lingkungan dan kesadaran untuk berbuat baik. Dengan memberikan kesadaran beragama kepada masyarakat bahwa alam semesta beserta segala isinya perlu dijaga, menjadi tugas bersama untuk saling mengingatkan.

5. Peran Lembaga resmi

Lembaga resmi seperti Dewan perwakilan rakyat, seringkali lalai menangkap aspirasi masyarakat terhadap lingkungan, sehingga masyarakat melakukan demonstrasi, rapat akbar, atau desakan melalui parlemen. Kegiatan desakan atau tekanan public seperti hal diatas menjadi senjata masyarakat untuk memaksa Lembaga resmi menyusun atau melaksanakan legislasi hukum terhadap lingkungan.

Sumber hukum yang utama di Indonesia untuk sustainability pembangunan adalah undang-undang dasar tahun 1945 (UUD 45). Didalam UUD 45 memuat adanya wewenang pemerintah. Wewenang pemerintah ini lebih banyak ke tangan Lembaga negara yang dipilih rakyat seperti Dewan perwakilan Daerah dan Dewan Perwakilan Rakyat. Lembaga negara tersebut mewakili rakyat baik di kabupaten/kota maupun di provinsi dan dipilih oleh rakyat. Dalam UUD 45 pola pemerintahan yang awalnya tersentral pada pemerintahan pusat beralih ke pemerintahan yang desentralisasi ke provinsi dan kabupaten/kota. Sehingga, kebijakan tentang sustainability ada pada kepala pemerintahan provinsi (gubernur) dan Kepala daerah (bupati/walikota). Hal tersebut diatur dalam UUD 45 terdapat pasal 28 yang menyatakan bahwa rakyat bebas berserikat, berkumpul, mengeluarkan pendapat secara lisan dan tulisan.

Sistem perekonomian juga diatur dalam UUD 45 pasal 33 ayat 4 bahwa perekonomian nasional diselenggarakan berdasarkan atas demokrasi ekonomi dengan prinsip kebersamaan, berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, kemandirian, serta menjaga keseimbangan, kemajuan dan kesatuan ekonomi nasional. Pasal-pasal dalam UUD 45 tersebut digunakan sebagai payung legislasi hukum, karena didalamnya terdapat demokrasi ekonomi dengan berbagai prinsip. Salah satu prinsip demokrasi ekonomi adalah berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Di Indonesia, selain UUD 45 terdapat UU tahun 1982 tentang pengelolaan lingkungan, penataan ruang. Undang-undang tersebut masih berlaku sampai sekarang, dimana UU tersebut merupakan petunjuk bagi pemerintah dalam mewujudkan dan melaksanakan sustainable development. Dalam UU tersebut kegiatan mewujudkan sustainable development tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah tapi juga petunjuk bagi masyarakat untuk mendukung terealisasinya sustainable development

1.11 Relevansi Isu dan Potensi Penerapan *Sustainable Development* di Indonesia

Isu-isu terkait dengan sustainable development di Indonesia sangatlah kompleks, hal tersebut sangat disadari oleh pemerintah. Banyak sekali kegiatan penerapan yang sudah dilaksanakan antara lain :

- a. Peran pemerintah menjadi hal yang utama. Peran Pemerintah Indonesia dalam pengelolaan sumber daya alam, pengelolaan dan pemanfaatannya untuk kesejahteraan masyarakat Indonesia melalui program-programnya telah diatur dan dimanahkan dalam GBHN.
- b. Pengakuan masyarakat Internasional kepada Indonesia juga menjadi hal penting. Pengakuan tersebut diwujudkan dengan Indonesia menjadi tuan rumah kegiatan Word Submite on Sustainable Development (WSSD), kemudian terpilihnya Indonesia sebagai ketua komite Word Submite on Sustainable Development

- (WSSD). Hal tersebut merupakan kesempatan kepada pemerintah dan masyarakat Indonesia untuk memanfaatkan moment WSSD tersebut.
- c. Beberapa kebijakan pemerintah Indonesia untuk pembangunan berkelanjutan diwujudkan melalui Undang-undang, peraturan pemerintah, keputusan presiden dan keputusan Menteri terkait dengan pemanfaatan dan perlindungan lingkungan hidup. Kebijakan-kebijakan tersebut mengacu kepada agenda 21 sebagai penguatan strategi pembangunan berkelanjutan ditingkat lokal maupun nasional.
 - d. Komitmen dan kesungguhan pemerintah Indonesia terhadap sustainable development, salah satunya ditunjukkan dengan program kegiatan yang dilakukan oleh Kementrian Lingkungan Hidup (KLH). Melalui BAPEDAL, KLH membuat tujuh program yaitu bumi lestari, sumber daya alam lestari, program kali bersih, program langit biru, adipura, laut dan pantai lestari serta manajemen lingkungan yang pelaksanaannya membutuhkan dukungan dan peran serta tidak hanya pemerintah dan instansi tapi juga masyarakat luas.
 - e. Indonesia sebagai tuan rumah WSSD juga dinilai memberi keuntungan tersendiri. Diantaranya adalah bantuan dalam mewujudkan program-program sustainable development di Indonesia, seperti pulihnya Indonesia setelah mengalami krisis global di tahun 1998, pemulihan citra Indonesia, Kerjasama bilateral, regional dan multilateral.
 - f. Selain KLH, Departemen Luar negeri dengan menggunakan Resolusi Majelis Umum PBB sebagai ketua kegiatan WSSD menghasilkan tiga unsur pokok yaitu global ministerial meeting, environment management group, memperkuat sumber daya manusia, dan sumber daya keuangan

1.12 Tantangan Penerapan *Sustainable Development* di Indonesia

Penerapan dan pelaksanaan kegiatan Sustainable development oleh pemerintah dan masyarakat Indonesia tidak lepas dari tantangan yang harus dihadapi. Tantangan tersebut meliputi :

a. Sumber daya.

Program pembangunan berwawasan lingkungan yang telah digagas pemerintah mulai jaman era reformasi mengalami berbagai rintangan. Rintangan tersebut menjadi tantangan tersendiri yaitu berbenturan dengan kebiasaan hidup dan budaya masyarakat Indonesia sehingga menyulitkan pemerintah Indonesia untuk mensosialisasikan program ini. Kurangnya tingkat Pendidikan masyarakat Indonesia juga menjadi salah satu tantangan tersendiri dalam pemberdayaan masyarakat untuk mendukung berbagai program yang telah dibuat oleh pemerintah.

b. Sumber dana

Program pembangunan berwawasan lingkungan juga membutuhkan dana untuk pelaksanaan program-programnya. Sumber dana menjadi tantangan baru, dimana dalam Undang-Undang no 22 tahun 1999 sebenarnya telah ada klausul untuk sumber dana tersebut. Berdasarkan pada UU tersebut, Pemerintah melakukan upaya penggalangan dana dengan melakukan kerjasama bilateral, regional dan global. Akan tetapi proses Kerjasama dengan kelembagaan negara maupun swasta tidak serta merta mudah karena membutuhkan dukungan luas dari instansi pemerintah.

Negara maju selalu menegaskan bahwa sumber dana utama pelaksanaan program pembangunan berkelanjutan adalah sumber dana domestic. Sedangkan di negara berkembang seperti Indonesia, program pembangunan berkelanjutan dianggap hanya sebagai pelengkap. Sehingga pada Sidang ke 8 saat Menyusun kerangka WSSD, mobilisasi sumber dana domestik ditingkatkan dengan memperkuat Kerjasama Internasional. Dalam Kerjasama Internasional mencakup mekanisme keuangan melalui sumber dana Internasional, sedangkan negara berkembang dapat mengembangkan kemitraan pemerintah dan swasta.

c. Perdagangan

Dalam hal perdagangan beberapa negara berkembang menilai bahwa PBB harus berperan serta sebagai coordinator konversi lingkungan. Sehingga terbentuklah United Nations Environment Programme (UNEP) sebagai mekanisme global dan sentral menangani masalah lingkungan hidup agar dapat membantu negara-negara berkembang melaksanakan kebijakan mengenai alam dan menggalakkan sustainable development.

d. Isu pengentasan kemiskinan

Isu pengentasan kemiskinan dan masalah kesehatan dan lingkungan hidup juga ditonjolkan oleh beberapa negara khususnya Uni Eropa, dengan asumsi pemikiran bahwa penyebab utama berlangsungnya kerusakan lingkungan hidup adalah kemiskinan yang akut di negara-negara berkembang. Tanpa penanganan yang komprehensif terhadap isu kemiskinan, maka upaya masyarakat internasional melaksanakan agenda pembangunan berkelanjutan akan sia-sia. Dalam kaitan ini, negara-negara berkembang sepakat bahwa kemiskinan adalah salah satu penyebab dari berbagai penyebab penting lainnya seperti pola konsumsi dan produksi yang tidak sustainable, tidak tersedianya sumber keuangan dan teknologi yang memadai.

e. Isu air bersih dan energi

Beberapa negara mengidentifikasi bahwa isu-isu sektoral yang perlu ditonjolkan dalam WSSD mencakup masalah air bersih (fresh water) serta energi. Isu-isu lainnya termasuk Konvensi Global Warming dan Konvensi Keaneka-ragaman Hayati. Proses pembahasan sustainable forest management dalam kerangka UNEF pada saat memasuki tahun kedua di pelaksanaan WSSD 2002 dan sesuai yang diharapkan beberapa negara, proses pembahasan pembentukan konvensi diharapkan dapat dimulai.

Sebagai ketua preparatory committee, diharapkan Indonesia selalu konsekuen menegakkan konsensus untuk membahas ketiga pilar pembangunan berkelanjutan secara seimbang serta mendorong semangat kemitraan global dan kerjasama untuk kepentingan bersama seluruh masyarakat internasional baik negara berkembang maupun negara maju.

1.13 Even, Ruang Lingkup Sustainable Manufacturing

Adalah mengembangkan teknologi untuk mengubah bahan tanpa emisi gas rumah kaca, penggunaan bahan non-terbarukan atau beracun atau generasi limbah. Sinonim untuk sustainable manufacturing adalah green power. Green power adalah bagian dari energi perbaruan dan merupakan sumber-sumber energi perbaruan dan teknologi yang memberikan manfaat lingkungan yang tertinggi. Produksi berkesinambungan telah berkembang melalui tahap penghematan energi ke "penghijauan," kata bermuatan politik dengan terminologi saat ini. Apapun, menerapkan keberlanjutan sebagai strategi manufaktur membayar dividen yang besar.

Even, Ruang Lingkup dan Butir Penting :

a. Brundtland Report

Brundtland report dihasilkan dari kegiatan pembentukan WCED (World Commission on Environment and Development), dimana pada saat itu sustainable development pertama kali diperkenalkan pada tahun 1997. WCED atau biasanya disebut juga Brundtland Commission mendefinisikan sustainable development sebagai pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan. Secara sekilas, definisi seperti ini terlihat begitu sederhana, akan tetapi isu yang berkembang cepat serta mendalam nyatanya membuat ruang lingkungannya menjadi semakin kompleks.

b. Earth Summit di Rio de Janeiro

Kesepakatan tidak mengikat (nonlegally binding) yang dihasilkan dalam KTT Rio 1992 memuat prinsip-prinsip Dasar Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan. Prinsip-prinsip Deklarasi Rio meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan perlindungan lingkungan harus menjadi bagian integral dari proses pembangunan dan tidak terpisah dari proses tersebut.
- 2) Isu-isu lingkungan harus ditangani dengan partisipasi dari rakyat dalam tiap langkahnya.
- 3) Negara harus memfasilitasi dan mendorong kesadaran masyarakat dan partisipasi mereka dengan menyediakan informasi secara luas.

c. Protocol Kyoto

Melalui Protocol Kyoto tahun 1997 di Kyoto Jepang terbentuk United Nations Framework Convention on Climate Change yang membahas tentang perubahan iklim. Dalam protocol Kyoto disepakati adanya punishment terhadap negara-negara yang menghasilkan emisi tinggi. Punishment tersebut berbentuk bantuan kepada negara-

negara yang menjaga lingkungan atau masih memiliki hutan yang menghasilkan oksigen. Ada 194 negara yang menyetujui dan menandatangani perjanjian tersebut. Perjanjian tersebut hanyalah sebuah komitmen dari masing-masing negara untuk berperan menjaga kelestarian lingkungan, peduli terhadap global warming, jadi tidak ada peraturan yang mengikat sebagai cara untuk menurunkan gas buang atau emisi.

d. Bali Summit 2007

Konferensi Perubahan Iklim PBB 2007 diselenggarakan di Bali International Convention Center (BICC), Hotel The Westin Resort, Nusa Dua, Bali, Indonesia mulai tanggal 3 - 14 Desember 2007 untuk membahas dampak pemanasan global. Pertemuan ini merupakan pertemuan lanjutan untuk mendiskusikan persiapan negara-negara di dunia untuk mengurangi efek gas rumah kaca setelah Protokol Kyoto kedaluwarsa pada tahun 2012.

Ruang Lingkup kebijakan sustainable development :

a. Extended Producer Responsibility (EPR)

EPR secara umum digambarkan sebagai kebijakan pencegahan polusi yang berfokus pada sistem produk daripada fasilitas produksi. Dengan demikian tanggung jawab untuk produk diperluas di luar emisi dan limbah yang dihasilkan oleh ekstraksi atau proses manufaktur untuk memasukkan manajemen produk terhadap produk setelah dibuang.

b. Integrated Product Policy (IPP)

Integrated Product Policy (IPP) mengatur strategi pengurangan penyebab dampak lingkungan melalui pengembangan kualitas produk. Strategi yang tertuang dalam IPP adalah mengurangi kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh produk serta mendorong perusahaan untuk mencapai keunggulan usaha melalui produk yang ramah lingkungan. Pendekatan dalam pengembangan IPP adalah:

- 1) Mengubah pola pikir fokus kebijakan lingkungan secara terkotak-kotak hanya pada sumber polusi berat seperti emisi industri dan manajemen limbah. IPP memperhitungkan dampak lingkungan suatu produk secara keseluruhan dalam tahapan pembuatannya (life-cycle thinking).
- 2) Mengubah pasar agar menonjolkan produk ramah lingkungan, termasuk dengan cara memberi insentif pada perusahaan yang inovatif.
- 3) Mendorong perusahaan untuk melakukan penyempurnaan yang terus-menerus terhadap produk mereka agar lebih ramah lingkungan lagi.
- 4) Meningkatkan peran seluruh pemangku kepentingan pada semua tahapan produk, termasuk desain, industri, pemasaran, pengecer dan konsumen.
- 5) Memanfaatkan secara terpadu seluruh instrumen yang dapat dipakai untuk pengembangan IPP, termasuk instrumen ekonomi, pelarangan bahan, perjanjian sukarela, labelling dan manual desain produk.

c. Environmentally Superior Products (ESP)

Produk Lingkungan Superior (ESP) inisiatif ini dirancang untuk mendukung perusahaan manufaktur mengalami tekanan hukum atau pasar untuk mengurangi dampak lingkungan dari produk mereka. ESP menyediakan dukungan keuangan dan lainnya untuk menilai cara-cara untuk mengurangi dampak lingkungan dari suatu produk tanpa mengorbankan fungsionalitas produk, kualitas, kemampuan untuk memproduksi atau biaya.

d. Sustainable Product and/or Service Development (SPSD)

Sustainable Product and/or Service Development (SPSD) adalah proses pembuatan produk & / jasa dengan cara yang lebih berkelanjutan di seluruh siklus hidup.

Lebih Berkelanjutan di "triple bottom line" dalam konteks:

- 1) optimal keseimbangan antara economic prosperity, environmental protection dan social equity
- 2) dalam penciptaan produk & layanan

"Inovasi penawaran" (jasa, produk, PSS) meliputi:

- 1) Berkelanjutan
- 2) mencapai fungsi yang diperlukan
- 3) memenuhi persyaratan pelanggan

4) biaya yang efektif, dll

e. Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE)

WEEE adalah salah satu domain yang paling cepat berkembang industri manufaktur, dengan aplikasi peningkatan peralatan listrik dan elektronik (EEE) karena inovasi teknologi dan perluasan pasar. Karena konten berbahayanya, EEE menyebabkan masalah lingkungan selama proses pengelolaan sampah jika tidak diobati pra-(diurutkan / dipisahkan, kontaminan dihapus, diterjunkan, dll hancur). Saat ini, sebagian besar WEEE adalah landfill, dibakar atau dipulihkan tanpa perawatan pra-, dengan konsekuensi serius potensial bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Tujuan WEEE adalah untuk:

- 1) mengurangi pembuangan WEEE ke TPA
- 2) menyediakan untuk produsen bebas mengambil kembali skema bagi konsumen akhir-hidup peralatan dari 13 Agustus 2005;
- 3) memperbaiki desain produk dengan tujuan untuk mencegah dan WEEE baik untuk meningkatkan pemulihannya, usability dan / atau daur ulang;
- 4) mencapai target yang ditentukan untuk pemulihan, pemakaian ulang dan daur ulang WEEE kelas yang berbeda;
- 5) menyediakan untuk pembangunan fasilitas pengumpulan dan sistem pengumpulan terpisah untuk WEEE dari rumah tangga swasta, dan
- 6) menyediakan untuk pembentukan dan pembiayaan oleh produsen sistem untuk pemulihan dan pengobatan WEEE, termasuk ketentuan untuk menempatkan jaminan keuangan pada produk baru ditempatkan di pasar.

f. Product and Service System (PSS)

Sistem produk dan layanan (PSS), juga dikenal sebagai model fungsi bisnis yang berorientasi, model bisnis, yang dikembangkan di akademisi, yang bertujuan untuk memberikan kesinambungan baik konsumsi dan produksi.

Klasifikasi PSS

1) Produk Berorientasi PSS

Kepemilikan dari produk nyata ditransfer ke konsumen, tetapi layanan tambahan, seperti kontrak pemeliharaan, disediakan.

2) Penggunaan Berorientasi PSS

PSS dimana kepemilikan dari produk nyata dipertahankan oleh penyedia layanan, yang menjual fungsi dari produk, melalui distribusi yang dimodifikasi dan sistem pembayaran, seperti berbagi, penyatuan, dan leasing.

3) Hasil Berorientasi PSS

Produk yang digantikan oleh layanan, seperti, misalnya, pesan suara mesin penjawab menggantikan

1.14 Kesimpulan

Industri dan Teknologi saat ini sangat berperan penting dalam perkembangan perekonomian suatu negara. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dunia, semakin bervariasi pula kebutuhannya, yang pada akhirnya menuntut industri untuk memproduksi secara cepat dan tepat. Sehingga peran teknologi untuk mendukung efektivitas dan efisiensi produksi sangatlah penting

1.15 Soal Latihan

1. Apa yang anda ketahui tentang revolusi digital dan disrupsi teknologi, sertakan contoh nya!
2. Bagaimana posisi Indonesia pada revolusi industri 4.0 saat ini?
3. Kemajuan suatu Negara tergantung dari kondisi industri di dalam Negara tersebut. Setujukah Anda dengan statemen tersebut? jelaskan!
4. Apakah yang dimaksud dengan sustainable development ?

5. Kapan pemikiran itu dicetuskan ? Dalam event apa pemikiran itu muncul ? Apa latar belakang munculnya pemikiran itu ?
6. Jelaskan tonggak (milestones) sejarah perkembangan sustainable development !
7. Apakah sustainable development semata-mata hanya berkenaan dengan masalah lingkungan ? Mengapa ?
8. Jelaskan keterkaitan sustainability dengan desain produk. Mengapa keduanya berkaitan sangat erat ? Setujukah Anda dengan pernyataan bahwa sustainable product and service design adalah kunci keberhasilan pencapaian sustainable development ?
9. Pahami trade-off yang perlu dilakukan dalam rangka sustainable product development. Bagaimana tools TI dapat mendukung tercapainya global optimum solution dalam proses tersebut ? Berikan satu contoh riil penggunaan tool TI dalam kondisi tersebut !
10. Pada level apakah pemikiran sustainable development harus diimplementasikan di sebuah perusahaan ? Mengapa ?
11. Apa pengaruh legislations dalam pencapaian sustainable development ? Sebutkan beberapa legislations yang berkaitan dengan sustainable development di dunia !
12. Menurut Anda, apakah sustainable development merupakan isu yang relevan dengan kondisi Indonesia saat ini ? Apa sajakah potensi yang ada berkaitan dengan penerapan sustainable development di Indonesia ?
13. Apa sajakah tantangan penerapan sustainable development di Indonesia ?
14. Carilah sinonim terminologi yang sering digunakan untuk menggambarkan sustainable manufacturing ! Catatlah referensi yang Anda pakai dan definisi singkat dari terminology tersebut dari referensi yang Anda gunakan !
15. Cari literature dan jelaskan event, ruang lingkup dan butir-butir penting dari international environmentally moments berikut :
 - a. Brundtland Report
 - b. Earth Summit di Rio de Janeiro
 - c. Kyoto Protocol
 - d. Bali Summit 2007
16. Cari literature dan jelaskan definisi, sejarah, dan ruang lingkup dari beberapa environmentally related regulations di bawah ini :
 - a. Extended Producer Responsibility (EPR)
 - b. Integrated Product Policy (IPP)
 - c. Environmentally Superior Products (ESP)
 - d. Sustainable Product and/or Service Development (SPSD)
 - e. Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE)
 - f. Product and Service System (PSS)

Bab 2

Global Warming dan Climate Change

2.1 Pengertian Global Warming dan Climate Change

IPCC atau Intergovernmental Panel on Climate Change menyatakan bahwa efek rumah kaca menjadi salah satu penyebab utama pemanasan global atau Global warming. Perubahan temperatur permukaan bumi ini terjadi sejak pertengahan abad ke-20. Sehingga kejadian meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi yang biasa disebut dengan pemanasan global atau global warming tidak dapat dihindarkan dan terus meningkat 180C selama 100 tahun terakhir.

2.2 Dampak Pemanasan Global atau *Global Warming*

a. Cuaca

Dampak yang sangat terasa adalah cuaca, sekarangpun kita telah mengalami perubahan cuaca yang sangat ekstrim yang ditandai dengan panas yang sangat pada siang hari dan dingin yang menusuk pada malam/dini hari.

Dibeberapa daerah terutama kutub utara (Northern Hemisphere), juga mengalami pemanasan global. Akibatnya, gunung-gunung es mencair dan daratan menjadi mengecil. Daerah-daerah yang sebelumnya mengalami musim salju ringan, tidak akan mengalaminya lagi. Pada pegunungan di daerah subtropis, bagian yang ditutupi salju semakin sedikit dan akan lebih cepat mencair.

Badai menjadi lebih sering terjadi karena angin bertiup lebih kencang dan dengan pola yang berbeda. Topan badai (hurricane) yang kekuatannya diperoleh dari penguapan air akan menjadi lebih besar.

b. Tinggi permukaan laut

Secara geologi, para ahli mengukur perubahan ketinggian rata-rata laut dari daerah dengan lingkungan yang stabil. Selama abad ke-20 sampai abad ke-21, terjadi peningkatan ketinggian rata-rata permukaan air laut dari 10 – 25 cm (4 – 10 inchi) meningkat 9 – 88 cm (4 – 35 inchi) (IPCC, 2021).

Kenaikan permukaan air laut ini mempengaruhi di beberapa negara besar dan kaya seperti Belanda, Bangladesh, Amerika Serikat, dan daerah sekitar Greenland. Kenaikan 100 cm akan menenggelamkan 6% daerah Belanda, kenaikan 17,5% akan menenggelamkan daerah Bangladesh, dan pulau-pulau disekitarnya, kenaikan 50 cm akan menenggelamkan separuh dari rawa-rawa pantai di Amerika Serikat

Kenaikan permukaan air lain ini juga bisa menyebabkan erosi dari tebing, pantai, dan bukit pasir juga akan meningkat. Ketika tinggi lautan mencapai muara sungai, banjir akibat air pasang akan meningkat di daratan. Rawa-rawa baru juga akan terbentuk, tetapi tidak di area perkotaan dan daerah yang sudah dibangun. Kenaikan muka laut ini akan menutupi sebagian besar dari Florida Everglades.

c. Pertanian

Pemanasan global ini juga berdampak pada pertanian, di beberapa negara akan mendapatkan keuntungan karena curah hujan yang tinggi sehingga masa tanam menjadi lebih lama seperti Kanada . Tapi di negara lain terutama negara dengan iklim tropis akan mengalami kerugian karena lahan yang kering bahkan di negara bagian afrika akan mengalami kekeringan dimana tanaman akan sulit tumbuh.

Daerah gurun dengan pertanian menggunakan air irigasi dari gunung-gunung akan kesulitan mendapatkan air. Hal tersebut terjadi karena pada musim dingin, air dari gunung akan mengalami snowpack atau menjadi kumpulan salju. Salju tersebut akan mencair sebelum masa tanam.

Selain kekeringan, karena perubahan iklim yang ekstrim, maka tanaman pertanian dan hutan akan mengalami serangan serangga dan penyakit yang lebih hebat.

d. Hewan dan tumbuhan

Pada saat permukaan daratan menghangat atau panas, maka hewan akan cenderung bermigrasi ketempat yang lebih dingin seperti pegunungan atau kearah kutub. Sedangkan, tumbuhan akan mengubah arah tumbuhnya dengan mencari daerah baru yang tidak panas. Akan tetapi pada kenyataannya, kegiatan manusia yang menguasai lahan akan menghalangi perpindahan spesies-spesies tersebut. Spesies-spesies yang bermigrasi ke selatan dan utara yang terhalangi oleh kota-kota atau lahan-lahan pertanian akan mati. Beberapa tipe spesies yang tidak mampu secara cepat berpindah menuju kutub juga akan musnah.

e. Kesehatan manusia

Beberapa penyakit yang biasa menyerang daerah tropis akan meluas ke daerah dingin. Penyakit tropis lainnya juga dapat menyebar seperti malaria, seperti demam dengue, demam kuning, dan encephalitis. Meluasnya wabah penyakit yang disebabkan oleh hewan pembawa penyakit seperti nyamuk karena berpindah ke daerah yang lebih dingin. Para ilmuwan juga memprediksi bahwa selain penyakit, juga orang dapat meninggal karena stress panas. Stress panas memicu munculnya alergi dan penyakit pernafasan karena udara yang lebih hangat akan memperbanyak polutan..

2.3 Terbentuknya Global Warming dan Climate Change

Isu mengenai pemanasan global (Global Warming), dan pengaruhnya yang mengakibatkan perubahan iklim (Climate Change) global sepertinya sudah tidak asing lagi di telinga. Pemanasan global tercipta dari berbagai macam polutan, seperti penggunaan bahan bakar khususnya pada bidang industri yang tidak ramah lingkungan, volume sampah yang makin meningkat sehingga menimbulkan gas metan, serta penggunaan barang elektronik yang mengandung Cloro Fluoro Carbon (CFC). Polutan tersebut menghasilkan panas sehingga suhu di permukaan bumi meningkat.

Tercatat bahwa suhu permukaan bumi saat ini (abad ke-20) telah mengalami peningkatan sebesar 0.60C dari tahun 1750. Tentunya hal ini sangat merugikan bagi makhluk hidup di dunia. Bagaimana tidak, pengaruh peningkatan itu menyebabkan sebagian daerah khususnya Indonesia, mengalami curah hujan yang rendah hingga mengalami kekeringan dan krisis air bersih. Namun di bagian yang lain justru mengalami banjir (Samidjo and Suharso 2017).

Akibat dari perubahan iklim tersebut, beberapa negara besar di dunia berkomitmen untuk mengurangi emisi secara kolektif, dan membuat ratifikasi di Kota Kyoto Jepang tahun 1997 yang disebut dengan Kyoto Protokol.

Kyoto Protokol adalah sebuah perjanjian yang diratifikasi oleh negara maju pada tahun 1997, dimana negara-negara tersebut harus bertanggung jawab atas emisi gas rumah yang telah dihasilkan pada tahun 1990. Salah satunya adalah negara Amerika Serikat sebagai penyumbang emisi terbesar di dunia. Mulanya, perubahan iklim tidak diperdulikan oleh sebagian besar negara maju. Mereka menganggap perubahan iklim tersebut bukan karena ulah manusia (hasil aktivitasnya). Sehingga mereka tidak sepekat dan memilih untuk menarik diri dari perjanjian tersebut.

Pada tahun 2001, Amerika Serikat telah menarik diri dari perjanjian mengikuti Rusia dimana Rusia harus bertanggung jawab atas emisi yang dihasilkan oleh Soviet. Kyoto Protokol yang mulai berlaku pada tahun 2005 rupanya banyak hambatan. Sebelumnya banyak negara-negara maju seperti China, Amerika Serikat, sampai Rusia yang tidak berminat untuk bergabung. Namun berhasil direkrut kembali dan menandatangani perjanjian tersebut di tahun 2004. Dan kabarnya, di tahun 2011 Kanada juga menarik diri dari perjanjian Kyoto Protocol tersebut dan diijinkan, namun dikutuk oleh domestic maupun internasional.

Kekhawatiran atas pajak yang harus dibayarkan sebesar \$14 miliar/tahun menjadi alasan Kanada untuk menarik diri. Namun sebagian orang berasumsi alasan Kanada menarik diri dari ratifikasi tersebut adalah semata-mata

karena untuk tetap bisa meneruskan usahanya mengeksploitasi pasir tar yang rupanya sangat menguntungkan, tetapi sangat mencemari lingkungan (Shah 2015).

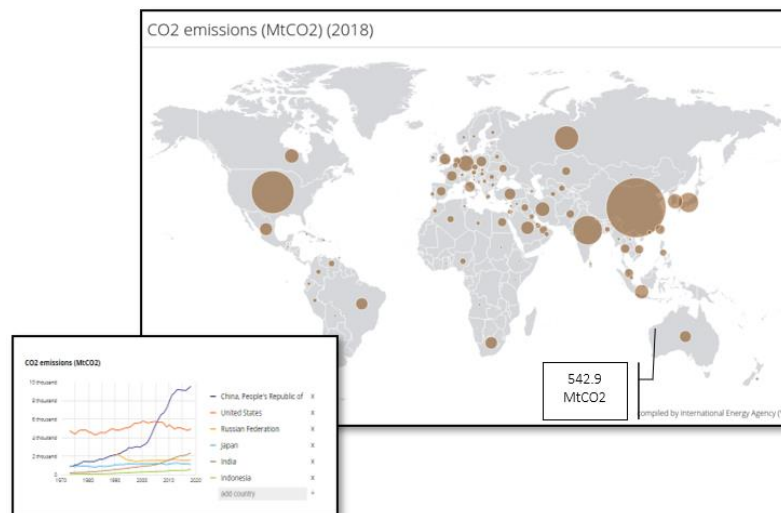
2.4 Pemanasan Global (*Global Warming*) dan Sumber Penyebabnya

Bumi mempunyai lapisan pelindung dari sinar matahari yang disebut sebagai lapisan atmosfer. Lapisan tersebut berfungsi untuk melindungi bumi dari paparan sinar matahari langsung. Sinar matahari akan difilter oleh atmosfer dan hanya sebagian saja yang dapat masuk ke bumi, sedangkan lainnya akan dipantulkan kembali ke luar dan menjadi gelombang panjang. Dengan adanya atmosfer, panas bumi tetap nyaman untuk makhluk hidup di dalamnya. Dengan suhu antara 16-23°C makhluk hidup bumi sangat nyaman berada di bumi.

Namun penggunaan teknologi dan eksplorasi sumber daya alam besar-besaran saat ini menghasilkan polutan yang mengakibatkan lapisan atmosfer rusak. Sehingga panas matahari langsung diserap bumi dan tidak dapat dipantulkan ke luar angkasa dan mengakibatkan suhu bumi naik/makin panas (pemanasan global/Global Warming) dan menyebabkan rusaknya gas rumah kaca yang melindungi atmosfer. Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanasan global atau global warming adalah meningkatnya suhu di bumi secara signifikan akibat dari polutan (seperti CO, metana, CFC, N₂O) yang merusak lapisan atmosfer (Khambali 2019).

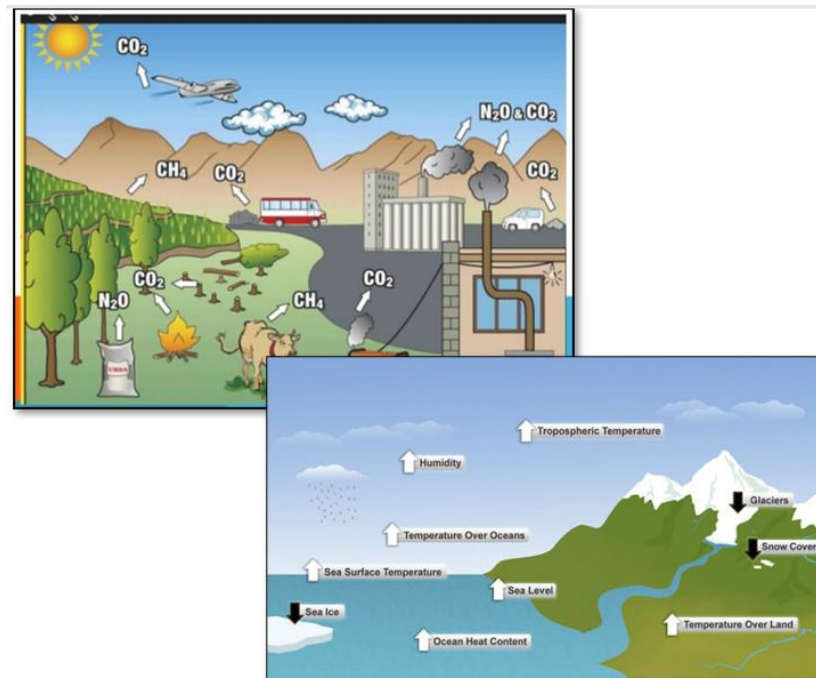
Kegiatan yang dilakukan manusia akan selalu menghasilkan sampah bahkan menimbulkan kerusakan atmosfer bumi. Beberapa kegiatan dan luaran dari kegiatan manusia yang dimaksud antara lain :

- a. Penggunaan bahan bakar kendaraan maupun mesin produksi yang tidak ramah lingkungan. Sehingga menghasilkan emisi berupa carbon dioksida (CO₂). Dan rupanya, Indonesia menjadi negara penyumbang emisi tertinggi ke 10 yaitu sebesar 542.9 MtCO₂ pada tahun 2018 (IEA Atlas of Energy, 2021), data terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1: Negara penyumbang emisi terbesar di dunia

- b. Sampah atau buangan dari produk harian yang tidak dapat diurai oleh alam, kemudian bercampur dengan air dan sampah organik lainnya sehingga menghasilkan gas metana (CH₄).
- c. Gas N₂O yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran (untuk anestesi), otomotif (untuk bahan bakar mobil balap), bahan peledak, bahkan pada bidang pertanian dan peternakan (sebagai media fermentasi kotoran ternak) seperti gambar 2.2 (Syarifuddin, Sy, and Devitriano 2019)
- d. Deforestasi besar-besaran untuk infrastruktur, pertambangan, pemukiman baru sehingga menimbulkan pemanasan global (Wahyuni & Suranto, 2021).



Gambar 2.2: Gas utama yang menyebabkan efek rumah kaca. Slideshare

2.5 Pemanasan Global, Indikator, dan Pengaruhnya

Coba Anda bayangkan, apa yang akan terjadi di masa mendatang jika suhu bumi terus meningkat? Mengerikan bukan? Lapisan es yang berada di kutub utara dan selatan bumi, serta di puncak gunung tertinggi dunia akan meleleh dan meningkatkan ketinggian permukaan air laut (sekitar 9-100 cm di tahun 2100). Luas daratan di bumi juga akan mengalami penyusutan, banjir di pesisir pantai, dan banyak pulau-pulau kecil yang seolah hilang.

Agensi AS yaitu National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) mengindikasikan ada 7 indikator yang nampak akibat dari bertambahnya pemanasan global, antara lain (seperti gambar di bawah) : ketinggian air laut (sea level), suhu daratan yang meningkat (temperature over land), suhu permukaan air laut (sea surface temperature), kelembaban udara (humidity), suhu di atas permukaan air laut (temperature over ocean), dan temperatur troposfer (troposphere temperature). Dan 3 indikator lain yang diperkirakan akan berkurang volumenya seperti : gletser (glaciers), area yang tertutup salju (snow cover), dan lautan es atau daratan es (sea ice) (Shah 2015).

Gambar 2. 3. 10 indikator akibat dari pemanasan global (Shah 2015).

Beberapa bagian di bumi juga akan mengalami suhu yang lebih hangat sehingga mendapatkan curah hujan lebih tinggi. Air hujan lebih cepat terserap tanah dan menguap karena permukaan tanah yang kering dan panas. Tanaman pangan pun gagal panen karena struktur tanah yang padat dan gersang. Dan ketika hujan turun dengan intensitas tinggi, tak jarang lahan pertanian mengalami banjir. Sehingga gagal mensupply bahan pangan ke masyarakat. Tidak berhenti di situ saja, hewan khas pribumi akan berpindah (migrasi) ke tempat yang lebih kondusif, dan yang tidak dapat bertahan hidup dengan cuaca ekstrim tersebut akan mengalami kepunahan (Sulkan 2019).

2.6 Perubahan Iklim (Climate Change) dan Akibatnya

Perubahan iklim tidak terjadi dalam waktu yang singkat. Akan selalu ada cause and effect dari kegiatan manusia, yang semakin lama akan terakumulasi. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menunjukkan bahwa sejak tahun 1990 hingga 2005 suhu bumi mengalami peningkatan sebesar 0,30C. Dan diperkirakan akan terus mengalami kenaikan hingga 4,20C pada tahun 2070 (Sulkan 2019).

Perubahan iklim juga mengakibatkan meningkatnya kasus penyakit di dunia, khususnya di Indonesia. Curah hujan yang tinggi di beberapa tempat akan menyebabkan banjir, genangan dimana-mana yang menjadi tempat berkembangbiaknya nyamuk demam berdarah. Tercatat pada tahun 2020 penderita demam berdarah mencapai 71.633 kasus yang tersebar di 10 provinsi di Indonesia (RI. 2020). Suhu bumi yang meningkat juga mengakibatkan masa inkubasi penyakit malaria menjadi lebih pendek (Khambali 2019), dan penyakit jenis lain yang banyak ditularkan oleh gigitan nyamuk (Novita 2019).

2.7 Gangguan Kesehatan Akibat dari Perubahan Iklim

Perubahan iklim yang mengakibatkan curah hujan pada bagian wilayah tertentu dapat menyebabkan banjir, genangan air, dan lembab. Beberapa penyakit yang potensi ada di Indonesia terkait dengan kondisi tersebut adalah penyakit demam berdarah, malaria, ebola, diare, penyakit kulit, leptospirosis, dan lain-lain. Sedangkan Suhu udara yang meningkat di bagian wilayah lainnya, akan mengakibatkan menurunnya kelembaban, pencemaran udara, mengakibatkan resiko kematian yang tinggi. Perubahan iklim tentunya akan mengakibatkan munculnya berbagai penyakit, yang kemudian dapat dikategorikan menjadi 3 pemicunya, antara lain (Khambali 2019):

1. Water-Borne Disease

Penyakit yang ditularkan atau disebabkan melalui media air, karena adanya kontak langsung antara manusia dengan bakteri ataupun zat kimia yang terkandung di dalam air tersebut. Misalnya, banyak masyarakat yang membuang sampah di aliran sungai, sehingga air menjadi keruh dan bau. Ketika hujan turun dengan intensitas tinggi sehingga menyebabkan banjir, maka masyarakat akan terinteraksi langsung dengan air tersebut sehingga menyebabkan penyakit kulit, diare, dan difteri (Febrinastri 2019).

2. Food Borne Diseases

Penyakit dapat juga ditularkan melalui makanan atau disebut dengan Food Borne Diseases. Bakteri yang ada di sayuran atau makanan lain dapat menginfeksi saluran pencernaan manusia, karena (Hasan 2020):

- a. proses pencucian yang kurang tepat. Sebaiknya mencuci sayuran atau makanan menggunakan sabun yang aman dan dengan air mengalir.
- b. memakan makanan dengan tingkat kematangan yang kurang. Proses memasak makanan harus menggunakan suhu di atas 800C.
- c. penyimpanan makanan yang salah. Makanan yang telah dikeluarkan dari lemari pendingin, sebaiknya tidak dikembalikan lagi ke dalam kulkas karena memungkinkan tumbuhnya bakteri berbahaya.

3. Vector Borne Diseases

Adalah penyakit yang umumnya ditularkan oleh Vector atau serangga (insect), seperti nyamuk, lalat, kutu. Hewan tersebut membawa infeksi berupa virus, bakteri, dan jamur yang dapat ditransfer dari satu inang ke inang yang lainnya, dan sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh hewan infeksi atau vector tersebut antara lain : Dengue, Chikungunya, Malaria, pembawanya adalah nyamuk, Leishmaniasis yang dibawa oleh lalat, dan Tick borne Encephalitis (TBE) yang dibawa kutu (ECDC 2021).

2.8 Upaya Penanganan Dampak *Global Warming* dan *Climate Change*

Pada konferensi COP21 (Conference of Parties yang ke 21) yang dilaksanakan di Paris pada tanggal 29 Nopember 2015, dan dihadiri oleh 195 negara (Tempo.co. 2015), bertujuan untuk mengurangi efek rumah kaca yang mengakibatkan perubahan iklim global dengan cara mengurangi penyebab emisi serta menjaga agar pemanasan global berada di bawah 20C. Namun nampaknya belum menghasilkan kesepakatan yang jelas.

Dengan memproduksi/menanam sayuran yang secara langsung sangat tergantung pada kondisi iklim dan cuaca dirasa sangat potensial untuk dilakukan. Pada tahun 2013, Jerman telah mencoba untuk menanam sayuran pada area seluas 112.229 ha dan sangat layak untuk dievaluasi ulang dalam kaitannya dengan perubahan iklim. Dengan mengimplementasikan teknologi yang inovatif, penggunaan sumber daya air dengan efisien dan energy terbarukan sehingga limbah dapat diminimalkan dan ketahanan pangan akan meningkat karena musim tanam yang lebih panjang meskipun dalam kondisi yang sedikit tertekan. Peningkatan volume CO2 dan antioksidan yang

tinggi disertai dengan penggunaan teknologi inovatif diharapkan dapat menjadi peluang generasi mendatang untuk tetap dapat mengonsumsi sayuran yang sehat (Bisbis, Gruda, and Blanke 2017).

2.9 Kesimpulan

Isu pemanasan global dan perubahan cuaca merupakan hasil dari kegiatan manusia yang menggunakan material tidak ramah lingkungan. Pemanasan global sebagian besar dipicu oleh negara-negara maju seperti Cina, Amerika Serikat, dan Rusia atas aktivitas produksinya. Aktivitas yang memicu bertambahnya emisi di bumi ini antara lain, penggunaan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan, sampah buangan harian, aktivitas kedokteran, balap mobil, hingga deforestasi untuk pemukiman dan industri. Dampak dari aktivitas tersebut mengakibatkan pemanasan global dengan indikator seperti meningkatnya suhu bumi, ketinggian air laut, dan melelehnya lapisan es. Perubahan cuaca juga mengakibatkan munculnya penyakit berbahaya yang ditularkan melalui vector seperti nyamuk, lalat, dan kutu. Dengan kondisi yang memprihatinkan tersebut, upaya yang perlu dilakukan saat ini adalah memanfaatkan kondisi panas ini dengan membuat inovasi system tanam pangan, penggunaan sumber daya yang efisien, dan terbarukan.

2.10 Latihan Soal

1. Apa itu pemanasan global?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya pemanasan global?
3. Apa yang dimaksud dengan efek rumah kaca dan apa dampaknya bagi bumi?
4. Hal-hal apa yang bisa dilakukan untuk mengatasi pemanasan global?
5. Apa dampak dari pemanasan global?
6. Jelaskan apa yang terjadi dalam proses global warming
7. Jelaskan apa yang terjadi dalam proses climate change !
8. Jelaskan hubungan *global warming* terhadap *climate change*

Bab 3

Reduce

3.1 Pengertian Reduce

Pada intinya reduce adalah usaha untuk mengurangi volume output yang tidak diinginkan seperti polusi, dan juga sampah produksi (Hidayat, E. and Faizal 2020). Perusahaan harus beroperasi dengan bersih, dan menciptakan suatu industri yang saling bersimbiosis (Helu and Dornfeld 2013). Bersimbiosis di sini dapat diartikan sebagai bentuk kesepakatan dimana suatu industri akan menggunakan atau memanfaatkan waste produksi dari perusahaan lain untuk dijadikan bahan baku utama maupun pendukung.

Sebagai contoh, perusahaan furniture yang pasti akan menghasilkan serbuk gergaji kayu dari proses produksinya. Serbuk gergaji kayu tersebut kemudian diangkut oleh perusahaan kayu lainnya untuk dijadikan Particle Board (PB), MDF, atau sejenisnya seperti gambar 3.1. Mereka saling diuntungkan satu sama lain. Jika semua waste yang dihasilkan oleh perusahaan furniture dapat dimanfaatkan kembali, maka tidak ada lagi waste yang dihasilkan karena sisa produksi dapat digunakan kembali, menjadi bentuk output yang bernilai tambah (Amaranti, Irianto, and Govindaraju 2017).



Gambar 3.1: Pemanfaatan Sampah Produksi Untuk Mengurangi Waste

3.2 Cara Mereduksi Volume Sampah

Istilah reduce bukan berarti menghilangkan sampah sama sekali, namun mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Adapun cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi volume sampah yang dimaksud antara lain (Hidayat, E. and Faizal 2020):

- a. Pembakaran

Pembakaran atau istilah lainnya adalah Incenerator adalah proses mereduksi sampah yang dilakukan dengan cara mengoksidasi sehingga menjadi bentuk yang lebih kecil, dan tidak membahayakan. Pembakaran sampah juga dapat dilakukan menggunakan alat pembakar sampah dengan sistem filtrasi air yang dapat mengurangi polusi udara (Subekti, Basuki, and Purwaningrum 2020).

b. Pemadatan

Pemadatan umumnya dilakukan menggunakan mesin pemadat, sehingga volume atau ukuran sampah menjadi lebih kecil, dan mudah dipindahkan.

c. Pengomposan

Pengomposan atau Composting merupakan cara dekomposisi sampah organik dengan menggunakan bakteri.

d. Penghalusan

Adalah cara mengurangi luas penampang sampah menjadi bentuk curah sehingga memudahkan penyimpanan.

Reduce juga merupakan usaha untuk tidak menggunakan lagi produk-produk yang dapat menjadi sampah, dan sulit didaur ulang atau membutuhkan waktu lama untuk menguraikannya secara alami. Misalnya penggunaan kantong plastik untuk berbelanja, penggunaan kemasan makanan yang terbuat dari sterofoam, dan minuman kemasan. Alangkah bijaknya jika mulai mengurangi penggunaan produk yang sulit di daur ulang tersebut.

3.3 Kebijakan Reduksi Sampah

Kebijakan pemerintah terhadap aktivitas masyarakat untuk mengurangi volume sampah telah diatur dalam UU No. 18 Tahun 2008. Dalam undang-undang tersebut setiap orang mempunyai kewajiban untuk mengurangi dan menangani sampah yang dihasilkannya dengan berwawasan terhadap lingkungan.

Pengurangan volume sampah sebagai mana telah dijelaskan pada UU No. 18 Tahun 2008 Pasal 20 Ayat 1 sampai dengan 5, baik masyarakat maupun pelaku usaha wajib untuk melakukan pembatasan aktivitas yang menimbulkan sampah, seperti menggunakan bahan baku yang tidak berpotensi menjadi sampah, atau mungkin yang dapat didaur/digunakan ulang sebagai bahan baku produk lainnya, atau menggunakan bahan baku yang mudah diurai oleh alam.

Pemerintah juga telah membuat kebijakan untuk mengurangi volume sampah plastik dan limbah yang membahayakan lingkungan melalui Surat Edaran Nomor SE-06/PSLB3-PS/2015 yang mengatur tentang Langkah Antisipasi Penerapan Kebijakan Kantong Plastik Berbayar pada Usaha Ritel Modern. Sehingga sering kita temui retail yang tidak menyediakan kantong plastik dan menggantinya dengan kardus, atau kantong plastik dengan harga yang terbilang cukup mahal mulai dari Rp. 200 hingga Rp 10.000,- per kantong.

Pemerintah juga sangat mengapresiasi dan memfasilitasi ide masyarakat dalam penggunaan teknologi ramah lingkungan, bahkan produk daur ulang sampah. Dan bahkan pemerintah juga akan memberikan insentif kepada masyarakat jika mereka dapat melakukan kegiatan yang dapat mengurangi volume sampah (UU No. 18 Tahun 2008 Pasal 21 Ayat (1)).

3.4 Implementasi Pengurangan Sampah

Kondisi lingkungan yang semakin mengkhawatirkan, dan didukung dengan kebijakan yang diterbitkan oleh Pemerintah Pusat maupun Daerah, rupanya mulai menyadarkan masyarakat dan juga pelaku usaha untuk mengurangi timbulan sampah. Sebagai contoh adalah sampah plastik yang dihasilkan suatu produk makanan dan minuman, seperti gambar 3.2 saat penyelam melakukan pengangkatan sampah plastic dari dasar laut.

Rupanya, Indonesia ini adalah negara yang menempati peringkat ke-dua di dunia yang turut mencemari lautan dengan sampah plastik setelah China. Indonesia menghasilkan sampah plastik hingga 3,2 juta ton, dan 1,29 juta ton dari jumlah sampah plastik tersebut terbawa ke lautan. Hal ini disebabkan karena penanganan sampah yang tidak terintegrasi dengan baik (Astuti 2016).



Gambar 3. 2: Penyelam mengangkat sampah plastik dari dasar laut

Pada dasarnya, Reduce adalah suatu usaha untuk mengurangi penggunaan produk atau barang yang sangat berpotensi menimbulkan sampah yang dapat mengganggu keselamatan biota lainnya. Beberapa aktivitas dalam usaha pengurangan sampah antara lain :

- 1) Pemberlakuan kantong plastik berbayar terutama pada retail modern (Astuti 2016). Alangkah bijaknya jika membeli keperluan harian dengan membawa kantong belanja sendiri, atau membeli dalam jumlah besar sekaligus di awal bulan bersamaan dengan kebutuhan lainnya seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3: kemasan belanja ramah lingkungan

- 2) Pemilahan sampah organik dan anorganik dalam rumah tangga, dan mengubahnya menjadi produk yang bernilai tambah (Maolani and Ishak 2018; Yudistirani, Syaufina, and Mulatsih 2015).
- 3) Memasak dan membawa bekal pribadi. Termasuk di dalamnya adalah membawa minum menggunakan botol pribadi, tidak membeli makan dengan kemasan dari plastik maupun styrofoam.
- 4) Berkomitmen untuk menggunakan produk yang dapat diisi ulang, atau kemasan yang dapat didaur ulang (Umumsetda 2019). Contoh-contoh produk yang dapat diisi ulang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4: Produk yang Dapat Diisi Ulang.

3.5 Komitmen Danone-Aqua Mengurangi Sampah Plastik

Kita pasti tidak asing dengan perusahaan air minum mineral pioneer dan terbesar di Indonesia yaitu PT. Danone Indonesia yang memproduksi Aqua. Sebagai perusahaan besar, Danone sangat aktif dalam berinovasi dan selalu bersinergi dengan banyak pihak termasuk di dalamnya adalah pemerintah dan masyarakat dalam usaha melestarikan lingkungan hidup. Sejak tahun 1993, Aqua telah menunjukkan kepeduliannya terhadap lingkungan, sebagai bentuk tanggung jawabnya memproduksi air minum mineral dengan kemasan plastik. Aqua mengelola sampah kemasannya yang berbahan plastik dengan cara menarik kembali dari retail dan juga distributornya, untuk kemudian dihancurkan dengan mesin pencacah dan selanjutnya diekspor ke Taiwan. Kegiatan ini berlanjut dan hingga tahun 2010 Aqua mulai membentuk koperasi yang beranggotakan pemulung di Wilayah Jakarta dan sekitarnya, untuk mengumpulkan sampah plastik yang kemudian dicacah dan dikirim ke perusahaan daur ulang.

Pada tahun 2011, Danone-Aqua mengembangkan inovasi pengumpulan sampah di Bali dan Lombok dengan model bisnis menyerupai kegiatan di Jakarta dan memberdayakan lebih banyak pemulung. Hingga di tahun 2020 yang lalu, Danone-Aqua telah membentuk Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) bahkan terbesar di Jawa Timur, dan bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi Jawa Timur, KLHK, KemenPUPR, Dompot Dhuafa, Pemerintah Kab. Lamongan, dan PT. Reciki Solusi Indonesia. Pembentukan TPST tersebut sebagai wujud kepedulian Danone-Aqua terhadap volume sampah yang terus meningkat tiap tahunnya, dan usaha untuk menekan (reduce) sampah plastik yang menuju ke lautan. Danone-Aqua juga berkolaborasi dengan start up Octopus untuk menghubungkan konsumen dengan pemulung melalui aplikasi. Sehingga memudahkan konsumen untuk menyerahkan sampah plastiknya untuk didaur ulang. Model penekanan volume sampah seperti ini sangat efektif sekali, dimana konsumen tidak perlu menunggu lama hingga pemulung tiba atau melewati hunian konsumen. Mereka cukup menggunakan aplikasi Octopus, dan pemulung yang terlatih akan menghampirinya (Danone-Aqua, 2021). Seperti kolaborasi Aqua dengan Octopus Digambar 3.5.



Gambar 3.5: Kolaborasi Aqua dengan Octopus untuk Mereduksi Sampah Plastik Menuju Ke Lautan. Sumber: Aqua-Lestari

Di tahun 2020, Indonesia juga telah menyepakati kerjasama dengan Negara Finlandia melalui perusahaan Fortum Corporation untuk fokus pada pengolahan sampah di Indonesia. Sampah yang volumenya terus naik di Indonesia dinilai sangat potensial untuk digunakan sebagai energi yang bermanfaat bagi masyarakat Indonesia. Timbunan sampah tersebut akan diubah menjadi energi dengan menggunakan proses termal, dan ditangani langsung oleh Fortum sebagai mitra investasi. Fortum adalah perusahaan yang berfokus dalam pembangkit listrik, panas, dan juga uap.

Indonesia akan membangun pabrik limbah dengan Fortum yang dinamakan WtE dan akan memproses 25 persen sampah padat di Jakarta per hari. Dengan begitu target untuk mengurangi volume sampah dan penanganan sampah yang tepat dapat tercapai di tahun 2025 (SIPSN 2021).

3.6 Kesimpulan

Reduce berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah. Reduce berarti kita mengurangi penggunaan bahan-bahan yang bisa merusak lingkungan. Reduce juga berarti mengurangi belanja barang-barang yang anda tidak “terlalu” butuhkan seperti baju baru, aksesoris tambahan atau apa pun yang intinya adalah pengurangan kebutuhan. Kurangi juga penggunaan kertas tissue dengan sapu tangan, kurangi penggunaan kertas di kantor dengan print preview sebelum mencetak agar tidak salah, baca koran online, dan lainnya.

Contoh kegiatan reduce sehari-hari :

Memilih produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang.

Menghindari memakai dan membeli produk yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar.

Menggunakan produk yang dapat diisi ulang (refill). Misalnya alat tulis yang bisa diisi ulang kembali).

Mengurangi penggunaan bahan sekali pakai.

Menggunakan email (surat elektronik) untuk berkirim surat.

3.7 Latihan Soal

1. Jelaskan yang dimaksud prinsip reduce
2. Jelaskan konsep keefisiensi untuk menanggulangi dampak negative limbah
3. Dalam pengelolaan sampah bisa melalui cara Reduce. Jelaskan hal tersebut!
4. Contoh pelaksanaan reduce
5. Bagaimana usaha mengatasi pencemaran dalam bentuk reduce

Bab 4

Reuse

4.1 Pengertian Reuse

Reuse adalah salah satu cara yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk mengurangi volume sampah di tempat pembuangan. Reuse dapat juga dikatakan sebagai usaha untuk menggunakan kembali barang habis pakai, atau memanfaatkan kembali barang yang telah dipakai (barang bekas) sehingga mempunyai manfaat ganda atau bernilai tambah. Beberapa usaha yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk mengurangi timbulan sampah dengan melakukan konsep reuse adalah (Gunawan 2019):

- a. Menggunakan kembali barang atau produk yang telah dikonsumsi
- b. Menggunakan produk secara ekonomis, sehingga dapat memperpanjang usia pemakaiannya
- c. Hanya akan membeli dan menggunakan produk yang dapat diisi ulang. Dalam arti membeli produk yang tidak untuk sekali pakai dan buang.
- d. Membeli produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang atau terurai dengan mudah oleh lingkungan.

Dengan menanamkan konsep reuse tersebut, akan mengurangi potensi penambahan jumlah sampah di lingkungan dan secara pasti akan memaksa perusahaan untuk memproduksi dengan kemasan yang reusable seperti gambar 4.3.



Gambar 4.3: Penggunaan kembali (reuse) gallon air mineral:

4.2 Penggunaan Kembali Barang Bekas



Gambar 4. 4. Pemanfaatan barang bekas sebagai media pembelajaran di PAUD. Sumber : Jejakmu_Bappenas

Salah satu upaya untuk menekan volume sampah menuju ke TPST bahkan ke lautan adalah penggunaan kembali barang habis pakai untuk fungsi yang sama, atau menjadi barang yang bernilai tambah. Sebagai contoh barang bekas yang dimanfaatkan oleh PAUD untuk media pembelajaran seperti gambar 4.4 (Siron, Khonipah, & Fani, 2020). Alasan menggunakan barang bekas untuk media pembelajaran adalah kemudahan mendapatkannya. Dengan menggunakan barang bekas yang ada di rumah, siswa didik diajarkan untuk lebih kreatif memanfaatkan barang bekas tersebut. Botol, tutup botol/kaleng, kertas, dan sebagainya yang sudah tidak terpakai yang digunakan untuk media pembelajaran untuk mengolah kreatifitas siswa.

Media pembelajaran menggunakan barang bekas tersebut tidak hanya PAUD saja, tapi dapat digunakan di tingkat Sekolah Dasar (SD), untuk membuat Sistem Peredaran Darah Manusia terlihat pada gambar 4.5 (Pambudi, Efendi, Novianti, Novitasari, & Ngazizah, 2018).



Gambar 4.5: Alat peraga pendidikan menggunakan barang bekas. Sumber: cagurmuda.blogspot.com

Kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan reusability dari suatu produk :

a. Design for reuse

Desain produknya apakah bisa bila disassembly sehingga tidak merusak komponen atau part yang bisa direuse.

b. Perubahan atau pengembangan teknologi

Part yang direuse apakah masih bisa digunakan atau dibutuhkan untuk pembuatan produk seiring dengan berkembangnya teknologi.

c. Kualitas dan reliability

Kualitas dan keandalan ini yang paling menentukan apakah produk mampu menjadi produk yang as good as new.

d. Ketersediaan Teknologi reuse

Proses reuse dilakukan dengan menggunakan teknologi tertentu. Teknologi yang digunakan tidak selalu sama, tergantung produknya. Oleh karena itu, ketersediaan teknologi untuk memproses produk reuse ini juga menjadi kriteria atau pertimbangan dalam penentuan reuseability. Bila teknologinya tidak tersedia atau sangat terbatas, maka proses reuse akan sulit dilakukan.

e. Keuntungan yang dapat diperoleh dari proses reuse dibandingkan dengan remanufacturing dan recycling :

Lebih hemat energy karena proses yang dilakukan lebih pendek, bahkan ada beberapa produk reuse di mana dalam proses reusanya tidak membutuhkan energy (seperti, penggunaan ulang botol-botol Coca-Cola. Hanya dilakukan proses pembersihan saja dan pengecekan apakah masih layak digunakan).

Dibandingkan dengan proses remanufacturing, jelaskan pengaruh penerapan strategi reuse terhadap operasi suatu perusahaan melalui pendekatan business process CIMOSA, khususnya :

a. Core process (develop product, get order, fulfill order, support product)

Prinsip reuse : as good as new. Tetapi tidak semua produk atau part yang bisa direuse, bila tidak bisa direuse maka akan diremanufaktur, bila juga tidak bisa, maka akan direcycling.

Jadi part yang dibutuhkan untuk membentuk suatu produk, sebagian dapat tercover oleh produk hasil reuse. Sehingga biaya untuk pembuatan part tersebut dapat tereduksi, atau dengan adanya tambahan part yang direuse, jumlah produk yang diproduksi dapat bertambah dengan investasi/modal yang tetap (hanya ada tambahan biaya untuk proses reuse part, tetapi tidak sebanyak pembuatan produk dari awal).

b. Support process (information system, financial/cost accounting system)

Dengan melakukan reuse, maka akan membuat produk buangan atau limbah menjadi bernilai ekonomi.

Tahapan proses reuse :

1) Pembongkaran

Dilakukan untuk melepaskan part-part dari produk utuh

2) Penyortiran

Pemilihan produk yang masih bisa digunakan lagi (pemilihan produk yang bisa direuse)

3) Pembersihan

Produk yang telah dipilih dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel akibat penggunaan sebelumnya.

4) Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui reliability dari part yang direuse, apakah reliabilitynya sesuai dengan ekspektasi agar memenuhi syarat as good as new (agar diketahui layak atau tidak untuk digunakan kembali). Biasanya dilakukan pengujian terhadap kekuatan atau ketahanan part.

5) Penilaian kualitas dan keandalan dari bagian-bagian atau sub-rakitan

Menilai apakah part bisa digunakan lagi atau tidak dengan melihat keandalannya yang telah diuji pada tahap sebelumnya

Dibandingkan dengan remanufacturing, keterkaitan antara strategi reuse dengan reliability atau keandalan suatu produk :

Keandalan menjadi salah satu fitur kualitas yang sangat diharapkan oleh pelanggan. Oleh sebab itu, keandalan sangat dianjurkan untuk digunakan dalam menilai kualitas produk terutama produk yang sudah pernah digunakan. Apalagi dalam konteks reuse, prinsip produk reuse adalah memiliki kualitas yang sama baiknya dengan kualitas produk baru (as good as new). Maka, perlu adanya pengujian terkait keandalan produk reuse agar diketahui kualitasnya.

Kendala pelaksanaan reuse :

- Ketersediaan teknologi yang digunakan

Contoh produk tertentu proses reuse :

- Reuse Broke Pulp

Prosesnya :

Pada proses pembuatan kertas, di mesin kertas sering terjadi broke. Broke adalah terputusnya lembaran kertas saat diproses melalui Wire Part. Broke ini terjadi karena adanya kotoran yang terbawa oleh buburan kertas/pulp atau karena adanya tekanan yang terlalu kuat. Ini mempengaruhi proses karena lembaran kertas yang terputus dikembalikan lagi ke machine chest/stock inlet, sehingga proses pembuatan kertas harus Kembali lagi ke tahap awal, jumlah broke ini sangat tinggi yaitu mencapai 10% dari jumlah produksi kertas.

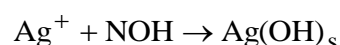
- Contoh reuse dalam rumah tangga
 - Menggunakan kembali wadah atau kemasan untuk fungsi yang sama atau fungsi yang lain. Seperti botol bekas minuman yang digunakan sebagai tempat bunga.
 - Menggunakan wadah yang dapat digunakan berulang-ulang.
 - Menggunakan baterai yang dapat di charge sehingga dapat digunakan Kembali.
 - Menjual atau memberikan sampah yang telah dipilah kepada yang memerlukan.

- reuse limbah penyepuhan perak

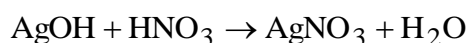
Pada proses penyepuhan perak, terdapat partikel padat yang bercampur dengan limbah cair. Partikel padat ini sebagian akan mengendap. Partikel yang sulit mengendap, pengendapan dibantu dengan menggunakan alum (tawas), Feri Sulfat, atau Poli Aluminium Tawas (PAC). Bahan-bahan tersebut menyebabkan partikel membentuk gumpalan dan mengikat partikel yang lain, jika gumpalan membesar maka partikel akan mengendap dengan sendirinya.

Larutan yang telah dipisahkan dari endapan disebut dengan limbah elektroplating. Limbah inilah yang akan digunakan Kembali, akan tetapi sebelum digunakan perlu ditambahkan NaOH. Penambahan NaOH ini akan membuat ion logam mengendap dan membentuk sludge. Sludge dipisahkan dari larutan dan konsentrasinya disesuaikan dengan standar larutan elektroplating (Purwanto dan Samsul Huda, 2005).

Reaksi yang terjadi adalah :



Endapan yang diperoleh ditambahkan HNO₃. Reaksi yang terjadi adalah



Larutan elektrolit ini (AgNO₃) inilah yang digunakan lagi untuk proses penyepuhan perak..

4.3 Kesimpulan

Reuse adalah menggunakan kembali sampah yg masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi yang lainnya, seperti contohnya memberikan baju-baju bekas ke panti asuhan, tetangga yang kurang mampu, memberikan baju yang kekecilan pada adik atau saudara, memberikan baju-baju bayi yang hanya beberapa bulan dipakai pada saudara yang membutuhkan.

Contoh lain kegiatan reuse sehari-hari adalah terlebih dahulu memilih barang-barang terutama tempat atau wadah yang dapat digunakan beberapa kali atau berulang-ulang. Misalnya, lebih memilih menggunakan sapu tangan dari pada kertas tisu, lebih memilih menggunakan tas belanja dari kain dari pada kantong plastik, memilih menggunakan alat tulis yang dapat dihapus atau dapat ditulis kembali, lebih memilih menggunakan sisi kertas yang masih kosong untuk menulis dari pada membuangnya.

4.6 Soal Latihan

1. Apakah kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan reusability dari suatu produk ?
2. Sebutkan keuntungan yang dapat diperoleh dari proses reuse dibandingkan dengan remanufacturing dan recycling !
3. Dibandingkan dengan proses remanufacturing, jelaskan pengaruh penerapan strategi reuse terhadap operasi suatu perusahaan melalui pendekatan business process CIMOSA, khususnya :
 - a. Core process (develop product, get order, fulfill order, support product)
 - b. Support process (information system, financial/cost accounting system)
4. Sebutkan dan jelaskan tahapan proses reuse !
5. Tuliskan minimum 10 design rule dari Design for Reuse (DfReuse) !
6. Dibandingkan dengan remanufacturing, jelaskan keterkaitan antara strategi reuse dengan reliability atau keandalan suatu produk !
7. Apakah kendala pelaksanaan reuse ?
8. Carilah contoh produk tertentu dan jelaskan secara detil proses reuse-nya!

Bab 5

Recycle

5.1 Pengertian Recycle

Recycle atau istilah lainnya adalah downcycle, merupakan suatu cara memanfaatkan bagian atau komponen (yang masih dapat digunakan) dari suatu produk yang sudah tidak reliable, kemudian memprosesnya dengan cara menggabungkan bagian tersebut dengan komponen sejenis atau material lainnya sehingga menghasilkan produk yang lebih berguna (Paula and Handoko 2016). Recycle dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mendaur ulang produk yang telah habis pakai agar menjadi bentuk atau produk lain yang bermanfaat untuk manusia serta menghasilkan pendapatan tambahan bagi pengolahnnya (Ediana, Fatma, F., and Uniliza. 2018). Daur ulang merupakan salah satu cara yang dilakukan pemerintah, terutama untuk menangani permasalahan sampah plastik di Indonesia. Beberapa manfaat penanganan sampah dengan cara mendaur ulang antara lain (Kusminah 2018):

- a. Berkurangnya jumlah sampah
- b. Menghasilkan produk daur ulang yang bernilai tambah
- c. Menambah penghasilan dari penjualan produk daur ulang
- d. Dampak lingkungan mulai menurun
- e. Eksploitasi bahan alam menurun

Penanganan sampah telah lama menjadi rencana pemerintah dan pecinta lingkungan untuk mengurangi volume sampah yang tak terkendali. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2020 ada sebanyak 45,71 persen atau sekitar 16.262.061,20 ton/tahun sampah yang tidak dikelola di 286 Kabupaten/Kota se Indonesia (SIPSN, 2021). Dan salah satu problem utama adalah pengelolaan sampah plastik yang jumlahnya cukup fantastis, dalam kategori sampah yang sulit untuk didaur ulang. Sehingga pemerintah merencanakan untuk mengurangi volumenya hingga 70% dari volume sampah keseluruhan, dan mengendalikan sumber sampah terutama sampah plastik hingga 30% di tahun 2025 (Perpres Nomor 97 Tahun 2017).

Volume sampah yang terus meningkat setiap harinya akibat dari gaya hidup yang konsumtif, merupakan ancaman bagi keberlangsungan hidup ekosistem lain. Muharram Atha Rasyadi menyampaikan bahwa industri yang tumbuh semakin pesat, akan sangat berkorelasi positif terhadap volume sampah plastik. Hingga saat ini industri masih sangat mengandalkan kemasan plastik sekali pakai karena lebih murah, mudah digunakan, aman dalam pendistribusian, serta memberikan kemudahan bagi konsumen untuk mendapatkannya (Greenpeace Indonesia 2019). Sampah yang ada saat ini didominasi oleh sampah plastik dari kemasan produk kebutuhan harian (Fast Moving Consumer Goods atau FMCG) seperti kemasan air minum dan makanan. Sampah plastik yang sulit di daur ulang oleh alam menjadi tugas besar bagi produsen untuk mulai memikirkan kemasan yang ramah lingkungan (eco friendly packaging).

Pada tahun 2018, Greenpeace pada gambar 5.1 melakukan audit sampah di 3 lokasi berbeda yaitu Pantai Kuk Cituis (Tangerang), Pantai Mertasari (Bali), dan Pantai Pandansari (Yogyakarta), dan didapatkan ada 797 sampah plastik bermerek yang terdiri dari 594 dari produk makanan dan minuman, 90 kemasan perawatan tubuh, 86 kebutuhan rumah tangga, dan jenis lainnya sebanyak 27 (Greenpeace Indonesia 2019). Tentunya produsen harus bertanggungjawab atas semua kemasan akhir yang mereka ciptakan dengan kemasan yang dapat diisi ulang atau yang dapat didaur ulang oleh alam.



Gambar 5. 1. Sampah plastik mendominasi di tepi pantai Pandansari Yogyakarta. (Greenpeace Indonesia 2019)

Lalu, apa saja yang telah dilakukan oleh produsen untuk membantu Indonesia dalam menangani sampah kemasan? Apa yang dapat produsen lakukan untuk mewujudkan cita-cita Indonesia mengurangi volume sampah hingga 70% dan mengendalikan sumber sampah plastik sebesar 30% di tahun 2025? Tentunya mereka harus mempunyai komitmen untuk menjaga lingkungan, membuka kemungkinan untuk mengolah sampah, menggunakan dan bahkan mendaur ulang kembali sampah kemasannya, dalam arti memproduksi produk yang berkelanjutan.

Berikut adalah komitmen dari beberapa perusahaan dalam menangani sampah yang tidak mudah didaur ulang oleh alam, mulai dari mengurangi bobot kemasan, pembatasan penggunaan plastik, hingga mendaur ulang sampah menjadi sebuah produk fashion:

5.2 Sustainable Fashion – Danone Aqua

Konsep Sustainable Fashion saat ini menjadi topik yang mulai diminati oleh industri mode. Pelaku industri mode ini mencoba untuk menghadirkan fashion yang lebih ramah terhadap lingkungan dan mempertimbangkan aspek sosial ekonomi dari pengolah limbah. Jika diamati dari perspektif lingkungan, dengan hadirnya sustainable fashion ini dapat meminimalkan pengaruh negatifnya terhadap lingkungan. Yakni dengan memastikan penggunaan sumber daya alam seperti tanah, air, energy, tumbuhan, ekosistem, dan lainnya dengan lebih efisien. Menggunakan sumber energi yang terbarukan, dan dapat pula dilakukan dengan memaksimalkan penggunaan kembali, perbaikan, mendaur ulang produk, maupun komponen penyusunnya (Brismar 2021).

Berpijak dari konsep tersebut, Danone Aqua bekerjasama dengan desainer lokal menghadirkan karya baru hasil daur ulang botol plastik berupa bahan taffeta dan polyester (Danone-Aqua 2019) yang dipadukan dengan kain dan aksesoris, menjadi sebuah fashion yang inovatif, yang dapat menghemat air dan tidak merusak lingkungan (KumparanWoman 2019).

5.3 novasi Kemasan Aqua menuju Sirkularitas Plastik

Mainan anak-anak mayoritas berbahan baku dari plastik agar lebih aman saat digunakan. Meskipun berbahan plastik yang identik dengan harga murah dan mudah rusak, namun ada pula yang berbahan daur ulang dengan desain yang lebih bagus dan ramah lingkungan, seperti buatan Green Toys pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2. Mainan anak dari bahan daur ulang dan kemasan yang ramah lingkungan

Mainan anak dari Green Toys tersebut berbahan dasar 100% daur ulang. Mainan terbuat dari tempat susu bekas, dengan warna yang aman bagi konsumen dan lingkungan. Tinta pada kemasan produk juga terbuat dari kedelai yang telah diekstraksi. Meskipun bahan baku dari produk daur ulang namun mempunyai kualitas yang baik bahkan berstandart internasional (CSR, 2020).

5.4 Sepatu Ramah Lingkungan

Sepatu Allbirds adalah salah satu sepatu ramah lingkungan dari Selandia Baru, sekelas Adidas tetapi berbahan baku 100 persen limbah. Bahan baku terdiri dari kain wool, kardus, plastik bekas, dan minyak dari biji Castrol. Sementara dari sumber referensi lain menyatakan bahwa sepatu merk Allbirds ini berbahan Tencel, atau serat pohon dari Afrika Selatan. Tali sepatunya terbuat dari botol plastik yang telah didaur ulang, dan sol sepatu dari tebu yang didatangkan dari Brasil Selatan.

Selain itu ada sepatu dengan merk Veja yang berbahan kanvas dari botol yang telah di daur ulang, dan kapas limbah dari industri fashion. Kemudian ada sepatu merk Rothy, yang dibuat dari botol plastik hasil pembuangan. Womsh, sepatu casual yang terbuat dari limbah pengolahan apel, dan juga Sepatu dan Kaus Kaki Good News yang berbahan baku karet bekas, hasil pengolahan ban mobil yang sudah tidak layak pakai (Anantasari 2019), dan juga Nike yang berbahan dasar 100 persen daur ulang dari botol plastik, kaus, tekstil, dan busa ringan sisa produksi, contohnya pada gambar 5.3.



Gambar 5.3: Sepatu brand dunia dari bahan daur ulang.

5.5 Pengendalian Timbulan Sampah

Kegiatan utama untuk mengendalikan timbulan sampah adalah dengan aksi nyata. Tidak sekedar wacana, aksi nyata adalah yang akan memberikan perubahan pada diri dan lingkungan. Beberapa kegiatan yang sangat memungkinkan untuk mengendalikan laju timbulan sampah adalah dengan :

- a. Mencegah penggunaan barang yang tidak mudah didaur ulang

- b. Upcycle barang pribadi menjadi produk yang lebih manfaat
- c. Mengumpulkan barang bekas sejenis dan mengirimnya ke pihak pendaur ulang

Perbedaan dua istilah Broad recycling dan Narrow recycling adalah sebagai berikut :

1) Broad recycling

Merupakan suatu usaha daur ulang yang dilakukan mencakup banyak jenis waste yang akan diolah (direcycle), seperti kertas, gelas, makanan, besi dan lain sebagainya. Yang oleh karena melakukan penanganan recycle jenis barang yang luas, maka diperlukan inovasi-inovasi baru juga dukungan teknologi sehingga proses recycle yang dijalankan lebih efisien.

Contoh kasus adalah the Manitoba Product Stewardship Corporation (MPSC) di Ontario, Kanada. MPSC ini merupakan lembaga independen yang terbentuk atas kerjasama antara pemerintah lokal, industri dan konsumen. Mereka menerapkan sistem multi-material recycling, mengumpulkan dan me-recycle berbagai waste rumah tangga dengan cakupan jenis barang yang dikumpulkan lebih luas dibandingkan dengan apa yang dilakukan oleh beverages companies yang ada disana. MPSC telah melakukan eksperimen pengembangan teknik recycle terbaru untuk mengakomodasi banyaknya jenis barang yang akan di recycle. (Nielsen, Chatherine R, 2003),

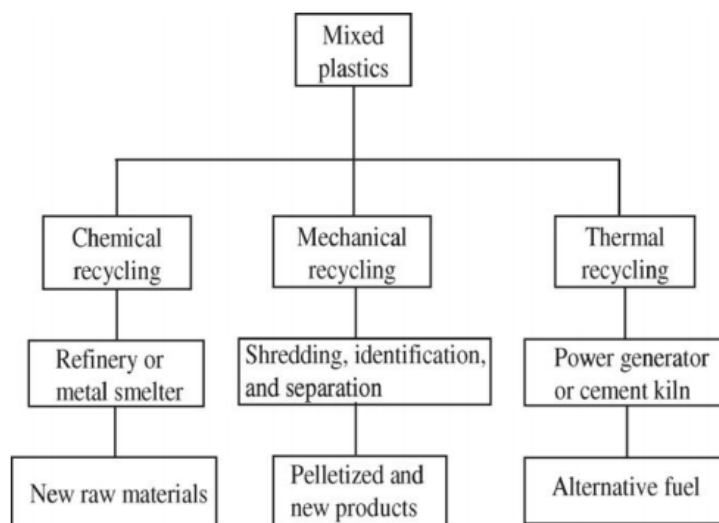
2) Narrow recycling

Sedangkan perusahaan yang menganut narrow recycling hanya me-recycle barang-barang tertentu. Biasanya adalah perusahaan yang focus dalam memproduksi barang dan wastenya diserahkan ke-third party. Contohnya terdapat dalam kasus yang sama pada contoh diatas, yaitu bahwa beverages company hanya menghandle recycle untuk barang-barang wastenya seperti gelas dan botol

5.6 Tipikal Output yang Dihasilkan dalam Proses Recycling

Tipikal outputnya terdiri dari 3 macam, yaitu : New raw material, pelletized and new product, dan alternative fuel.

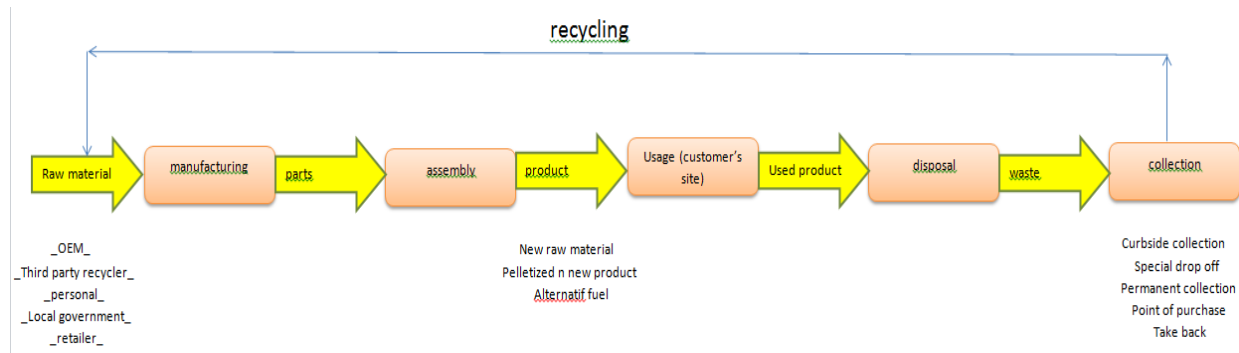
- a. New Material, merupakan hasil dari proses recycling yang mempunyai kualitas sesuai dengan raw material asli, misalnya recycling plastic, maka hasil recyclingnya adalah plastic yang mempunyai kualitas plastic baru.
- b. Pelletized and new product, merupakan hasil dari produk recycling yang mempunyai kualitas yang lebih rendah dari material awal sebelum di recycling.
- c. Alternative Fuel, adalah energi alternative yang dihasilkan dari proses recycling produk, misalnya recycling produk plastic thermoset yang tidak bisa di-recycling, maka yang dihasilkan adalah energi panas sebagai energi alternative. Diagram alir energi alternative terlihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4: Diagram Alir Energi Alternative

- 1) Mekanisme pemberian insentif yang telah/bisa diterapkan per collection channel :
 - a) Reward
 - b) Government Regulation □ uang ditahan sebelum cust mengembalikan
 - c) Pengembalian product yang sudah rusak ketika membeli product baru

Output yang dapat dihasilkan dari proses recycling mekanismenya dapat terlihat pada gambar 5.5



Gambar 5. 5. Mekanisme proses recycling

Kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan recyclability dari suatu produk :

- 2) Komponen/assembly material
 - a) single metal,
 - b) single thermo-plastic,
 - c) single thermoset,
 - d) multiple metals,
 - e) single or multiple metal with single thermoplastic,
 - f) multiple thermoplastics:all compatible dan incompatible, and
 - g) multiple thermoset.
- 3) Keadaan/kemudahan pemisahan material
 - a) Fasteners are made of same material as parts being joined
 - b) Fasteners are made of material compatible with material of parts being joined
 - c) Fasteners are incompatible with parts being joined, but easily removable
 - d) Fasteners are incompatible with part being joined, but removable by force
 - e) Fasteners are made of ferrous material and easily removable and parts being joined are made of compatible or same plastic
 - f) Fasteners are non-removable/permanent/molded in, but made of ferrous material and parts being joined are made of compatible or same plastic
 - g) Fasteners are non-removable/permanent/molded in, but made of ferrous material and parts being joined are made of incompatible plastic
 - h) Fasteners and part material are incompatible an fasteners are absolutely non-removable
 - i) Part materials are same or compatible, but incompatible with fastener.

Teknologi recycling dan cara kerjanya :

a. Teknologi Recycling Baterai

Terdiri dari hydrometallurgical processes with hydrometallurgical technology, dan pyrometallurgical processes. Hydrometallurgical processes biasanya digunakan untuk memisahkan material logam berdasarkan property yang berbeda, misalnya density, conductivity, magnetic behavior, dan sebagainya. Contohnya, baterai yang direcycling, dengan memisahkan kandungan mercury terlebih dulu sebelum dilakukan proses lanjutan. Banyak penelitian yang mengembangkan proses ini.

Pyrometallurgical processes terdiri dari beberapa teknik, yaitu :

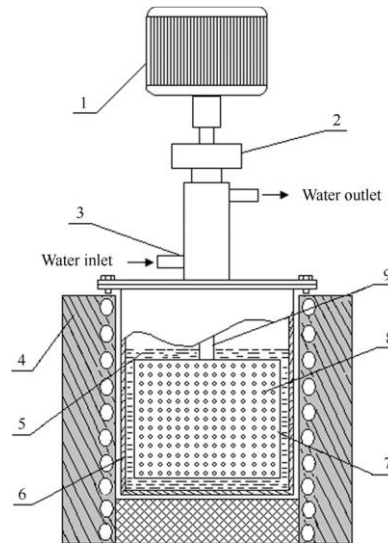
- 1) Pyrolysis: air, dan merkury, diuapkan,dipisahkan, dan diendapkan, sehingga komponen organic akan menguap bersama air.

- 2) Reduction: fraksi logam yang tersisa diproses pyrolysis akan dilanjutkan dengan proses reduction pada temperature sekitar 1500 C. Reduction agent nya adalah karbon yang juga dihasilkan pada proses pyrolysis. Logam alloy akan dihasilkan dari proses ini.
- 3) Incineration: gas yang dihasilkan dari proses Pyrolysis, akan diinsenerasi pada suhu 1000 C, dan ditekan.

b. Teknologi recycling

Teknologi recycling terdiri dari :

- 1) WPCBs (Waste Printed Circuit Boards), salah satunya dengan centrifugal separations.



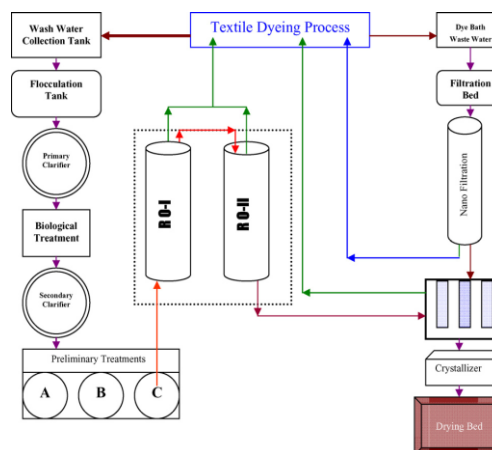
Gambar 5. 6. The schematic illustration of the equipment of recycling solder: 1, electromotor;

Pada gambar 5.6, dalam PCBs terdapat komponen yang bernama solder, teknologi ini digunakan untuk memisahkan komponen solder. Alat tersebut terdiri dari electromotor, reactor, drum berputar, temperature controlled furnace. Untuk memperoleh perputaran yang presisi tinggi, maka dipasang alat pengukur otomatis pada electromotor.

WPCBs diletakkan pada drum yang berputar, dan dicampur dengan oli diesel. Oli diesel dipanaskan sampai soldernya meleleh. Solder yang meleleh tersebut akan terpisah melalui lubang yang terdapat pada sisi dan bawah drum.

- 2) Teknologi recycling air limbah tekstil.

Yaitu pengolahan recycling limbah tekstil dengan menggunakan of advanced wastewater treatment technology yang terlihat pada gambar 5.7.



Gambar 5. 7. Typical schematic diagram of advanced wastewater treatment technology for recycling of textile dyeing wastewaters.

Pengolahan limbah dilakukan dengan reverse osmosis atau teknologi pemisahan nanofiltrasi yang pada dasarnya digunakan untuk memisahkan zat anorganik dan organik dari larutan air dan non air oleh membrane. Sebelum masuk ke membrane Ro, kotoran dipisahkan terlebih dahulu, seperti kotoran tersuspensi dan koloid anorganik dan organik agar tidak merusak membrane. Polutan BOD, COD, TDS, kesadahan, sulfat, dan klorida akan dihilangkan. Keseluruhan diagram tersebut merupakan gambaran proses pengolahan primer, sekunder, dan lanjutan.

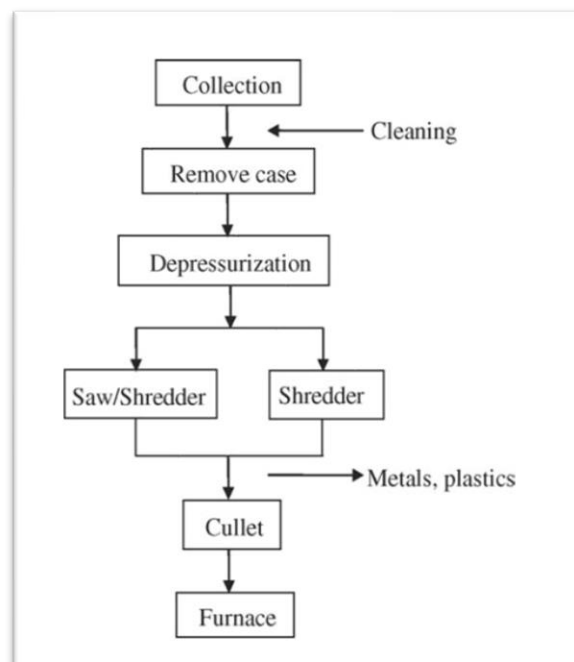
3) Materials Recovery Facility (MRF) processing

Saat alat elektronik sudah dibawa ke fasilitas recycling atau MRF, maka e-waste dapat disortir dan dites. Proses ini merupakan proses yang sangat penting dalam recycling. Pada proses ini, peralatan elektronik dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu reusable dan recyclable. Part-part yang masih dapat digunakan kembali / reused akan disortir sedangkan part yang lainnya akan di-recycle atau dijadikan scrap materials. Faktor yang sangat diperhatikan dalam proses ini adalah umur peralatan serta mechanical condition sehingga nilai ekonomisnya dapat dimaksimalkan.

4) Cathode Ray Tube Recycling(CRT)

CRT merupakan item yang paling banyak ditemukan terutama pada recycling WEEE. CRT terdiri dari 2 bagian utama, yaitu non glass component (seperti plastik, besi, tembaga, electron gun, dan phosphor coating) dan glass component (seperti funnel glass, panel glass, solder glass, dan neck). CRT glass terdiri dari SiO₂, NaO, CaO, dan berbagai komponen lain untuk pewarna, proses oksidasi, dan komponen untuk melindungi komponen dari sinar X (K₂O, MgO, ZnO, BaO, PbO). Karena CRT mengandung Pb, maka pemindahan harus dapat dilakukan dengan tepat agar zat berbahaya tersebut tidak mengkontaminasi udara, tanah serta air. Ada 2 teknologi yang dapat digunakan untuk me-recycle CRT, yaitu glass to glass dan glass to lead recycling.

Sebelum di-recycle, CRT terlebih dahulu harus dihilangkan dan tabung diproses di MRF. Logam dan plastic dipisahkan dan kemudian dibawa ke CRT recyclers. Secara lebih jelas proses ini dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5. 8. Process Flow Diagram. Sumber: Kang,H Y et al. 2005

5) Glass to glass recycling

Glass to glass recycling merupakan sebuah proses recycling close loop karena glass yang dikumpulkan selanjutnya digunakan kembali sebagai raw material untuk memproduksi CRT baru. CRT yang telah

dikumpulkan dikirim kerecyler di tempat glass dan digiling menjadi cullet tanpa ada pemisahan panel dan funnel glass. Kemudian recycler membawa cullet ke manufacture CRT untuk membuat CRT baru.

Penggunaan CRT yang telah direcycle mempunyai beberapa risiko karena sulit untuk menentukan komposisi recycled glass. Apabila terjadi kesalahan dalam komposisi, maka seluruh produksi dapat terganggu. Sebuah pendekatan yang digunakan untuk meminimasi risiko kontaminasi adalah dengan penggunaan gergaji untuk memisahkan antara panel glass dari funnel glass.



Gambar 5. 9. CRT Components Separated by Saw Cut. Sumber: Kang,H Y et al. 2005

Beberapa keuntungan dari penggunaan glass to glass process adalah:

- a) Cullet yang di-recyle dapat digantikan dengan material baru lain yang dapat menurunkan biaya dan meningkatkan efisiensi furnace karena adanya penurunan energy dalam pembuatan CRT glass.
- b) Proses ini dapat meningkatkan kualitas dari glass serta mengurangi emisi dari proses pembuatan glass karena recycled glass mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi.

Problem dalam proses ini antara lain biaya operasi, kesulitan untuk mengidentifikasi komposisi glass, pelaksanaan pengumpulan yang rumit, serta supply recycled cullet yang tidak mencukupi. Salah satu contoh CRT pada gambar 5.9.

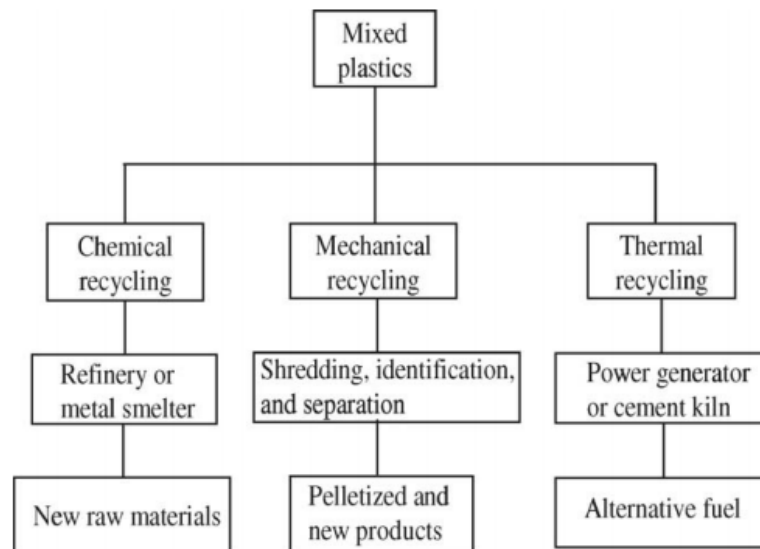
6) Glass to lead recycling

Pada proses ini, Pb dan Cu dipisahkan. CRT pada umumnya mengandung setengah hingga 5 kg Pb (di glass) untuk melindungi produk dari sinar X. CRT juga mengandung sekitar 1 hingga 2.3 kg tembaga. Proses ini lebih terotomasi dibandingkan dengan glass to glass sehingga lebih cost effective. Proses ini cenderung lebih aman untuk para pekerja karena debu dan emisi telah dikontrol oleh system otomasi. Namun, proses ini memiliki kelemahannya itu dapat mengurangi kualitas dari glass.

7) Plastic Recycling

Plastik merupakan bahan yang dapat dengan mudah ditemukan pada barang-barang elektronik. Plastik sangat disukai karena material ini mempunyai sifat kuat, stress resistance, fleksibel, dandan juga mempunyai durability yang bagus. Ada 2 macam plastik yang digunakan dalam barang elektronik yaitu thermosets dan thermoplastic. Pada umumnya thermosets saat direcycle tidak dapat dicairkan kembali untuk membentuk produk baru. Thermosets digunakan pada circuit wiring boards, electricals witch housings, electrical motor components, electrical breakers,dan sebagainya. Sedangkan thermoplastic biasa digunakan pada sebagian besar komponen computer atau alat elektronik lainnya. Resin ini dapat dicairkan kembali dan kemudian membentuk produk baru sehingga dapat dikatakan bahwa thermoplastic menunjukkan sifat recyclability yang lebih baik dari pada thermoset.

Sebagaimana dilihat pada gambar 5.10, ada 3 tipe proses recycling plastik. Proses chemical recycling menggunakan waste plastic sebagai raw material. Mechanical recycling merupakan jenis metode yang konvensional yang menggunakan shredding dan proses identifikasi untuk menghasilkan produk plastic baru. Pada thermal recycling, hasil recycle plastik digunakan sebagai bahan bakar alternatif.



Gambar 5:10: Recycling Options for Managing Plastics From End Of Life Electronics. Sumber: Kang,H Y et al. 2005

Contoh produk tertentu (botol gelas, plastik, kertas, kaleng, WEEE, dll) dan detail proses recycling-nya :

- Pada recycling plastic, pada proses konvensional terdiri dari : chemical recycling, mechanical recycling, contaminant removal, drying, melt processing.
- Chemical recycling, dilakukan dengan depolymerisation menjadi monomer, dan partial depolymerisation menjadi oligomer, dengan menggunakan air, metano, dan lain-lain. Kerugian dari proses ini adalah biaya yang tinggi.
- Mechanical recycling, yaitu dengan memisahkan kontaminan dengan mensortir, mencuci, mengeringkan, dan proses pelelehan.
- Proses recycling kertas :

Sorting

Memisahkan kertas antara yang sudah terkontaminasi (oleh makanan, plastik, metal, dan sampah lainnya) dengan yang tidak terkontaminasi. Kertas yang terkontaminasi sangat sulit untuk didaur ulang (recycling), sehingga hanya bisa dibakar menjadi energi atau dibuang ke TPA. Untuk mendaur ulang harus diketahui jenis kertas dan grade-nya.

Collecting and transportation

Ada beberapa opsi untuk mengumpulkan kertas. Kertas dapat diantarkan sendiri ke recycle center atau tempat sampah khusus daur ulang. Pada saat kertas di recycling center, kertas akan dibungkus dalam bundelan yang ketat dan kemudian dikirim ke paper mill (pabrik kertas) untuk didaur ulang menjadi kertas baru.

Storage

Selanjutnya ketika kertas tiba di pabrik, pekerja pabrik membongkar recovered paper dan memasukkannya ke dalam gudang, dan akan disimpan sampai dibutuhkan. Berbagai macam paper grade, seperti koran dan kardus, disimpan terpisah, karena pabrik kertas menggunakan kertas yang berbeda grade-nya untuk membuat berbagai jenis produk kertas daur ulang. Ketika pabrik kertas siap untuk menggunakan kertas, forklift memindahkan kertas dari gudang ke conveyor besar.

Re-Pulping and Screening

Kertas dipindahkan dengan konveyor ke sebuah vat yang besar dinamakan pulper (alat untuk menjadikan kertas ke bentuk bubur) yang mengandung air dan bahan kimia. Pulper memotong kertas bekas menjadi kecil-kecil. Kemudian memanaskan campuran serpihan kertas membuat kertas turun lebih cepat ke helai kecil selulosa (bahan tanaman organik) yang disebut serat (fibers). Akhirnya, kertas lama berubah menjadi campuran lembek yang disebut pulp (bubur).

Proses selanjutnya adalah screening. Pulp tersebut dituangkan kedalam saringan yang berlubang dan memiliki berbagai macam slot bentuk dan ukuran. Penyaringan menghilangkan kontaminasi kecil seperti plastik kecil dan gumpalan lem.

Cleaning

Dalam pabrik pulp juga dibersihkan. Pulp diaduk dan diputar-putar dalam sebuah silinder besar berbentuk kerucut. Kontaminasi yang besar seperti staples dikeluarkan dari silinder dan jatuh kebawah silinder. Kontaminasi yang ringan dikumpulkan ditengah silinder dan dibuang.

Deinking

Terkadang pulp harus melalui “pulp laundering” yang dinamakan deinking (de-inking) untuk menghilangkan tinta dan material yang lengket seperti residu lem dan adhesif. Pembuat kertas biasanya menggunakan kombinasi dari dua proses deinking. Partikel kecil seperti tinta dibilas dari pulp kertas dengan air pada proses yang disebut washing (pencucian). Partikel yang lebih besar dan material yang lengket dihilangkan dengan gelembung udara di proses lain yang disebut flotasi.

Selama flotasi deinking, pulp dimasukkan ke dalam tong besar yang disebut sel flotasi, dimana udara dan sabun seperti bahan kimia yang disebut surfactants yang disuntikkan ke pulp. Surfactants menyebabkan tinta dan material yang lengket untuk lepas dari pulp dan menempel gelembung udara saat mengapung ke atas campuran. Gelembung udara bertinta membuat busa atau buih dihilangkan melalui permukaan, meninggalkan pulp bersih dibawahnya.

Refining, Bleaching and Color Stripping

Selama refining (penyulingan), pulp ditumbuk untuk membuat serat daur ulang mengembang. Jika pulp mengandung bundelan besar serat, penyulingan memisahkan mereka ke dalam serat individu. Jika kertas yang telah didaur ulang berwarna, bahan kimia menghapus pewarna dari kertas.

Kemudian, jika kertas daur ulang putih sedang dibuat, pulp mungkin perlu diputihkan dengan peroksida hidrogen, klor dioksida, atau oksigen untuk membuatnya lebih putih dan cerah. Jika kertas daur ulang coklat sedang dibuat, seperti yang digunakan untuk handuk kertas industri pulp tidak perlu diputihkan.

Paper making

Sekarang pulp telah siap untuk dibuat menjadi kertas. Fiber daur ulang dapat diproses langsung atau dicampur lagi dengan fiber kayu yang baru (disebut virgin fiber) untuk memberikan efek ekstra kuat dan lembut.

Pulp bercampur dengan air dan kimia untuk membuatnya 99,5% air. Pulp yang cair ini masuk ke sebuah headbox, dan kemudian disemprotkan secara kontinyu kedalam sebuah flat wire screen yang bergerak secara cepat melalui mesin kertas.

Dalam screen, air mulai kering dari larutan pulp, dan fiber daur ulang secara cepat mulai untuk mengeras dan menyatu menjadi watery sheet (lembaran berair). Lembaran tersebut bergerak cepat melalui rangkaian fely-converged press rollers yang mana memeras lebih banyak air yang keluar.

Sheet yang lebih menyerupai kertas, melewati serangkaian heated metal roller yang mengeringkan kertas. Jika kertas coated (berlapis) sedang dibuat, campuran lapisan dapat diterapkan saat dekat proses akhir, atau dalam proses terpisah setelah pembuatan kertas selesai. lapisan memberikan kertas, permukaan halus mengkilap untuk pencetakan.

Akhirnya, kertas menggulung ke dalam roll raksasa dan keluar dari mesin kertas. Satu roll bisa selebar 30 kaki dan seberat 20 ton. Gulungan kertas dipotong menjadi gulungan kecil, atau kadang-kadang menjadi dalam lembaran, sebelum dikirim ke pabrik untuk mengkonversi mana yang akan dicetak atau dibuat menjadi produk seperti amplop, kantong kertas, atau kotak..

5.7 10 design rule dari Design for Recycling (DfR)

10 design rule yang di intisarikan dari materi “Design for Recycling”, Systems Realization Laboratory, Georgia Institute of Technology

- a) Draw up a profile of the product’s current end-of-life system
- b) Lakukan analisa factor utama yang menyebabkan konsumen membuang produknya
- c) Tentukan lembaga dan kebijakan peraturan apa saja yang terkait dengan end-of-life system
- d) Libatkan peran supplier dan distributor terutama dalam proses pengumpulan waste dari konsumen
- e) Kembangkan bagaimana cara waste product nantinya dapat dikumpulkan untuk di recycle
- f) Tentukan siapa yang akan melakukan proses recycling nantinya
- g) Recycling rate, atau prosentase berat dari produk atau material yang akan didaur ulang
- h) Recycled content, dimana bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas dari waste yang dapat diolah di recycling center, baik itu dari sampah hasil proses manufaktur maupun barang usang yang sudah tidak digunakan oleh konsumen.
- i) Recyclability assessment, terdiri dari 4 langkah yang harus diikuti, yaitu (i) data collection untuk mengidentifikasi komponen, material, mekanisme assembly, dan lainnya, (ii) melakukan rating pada komponen sesuai dengan skenario rating yang sudah distandarkan, (iii) hitung prosentase recyclability, dan (iv) identifikasi hal yang sekiranya dapat di-improve.
- j) Recovery priorities dalam material recycling.

5.8 Kendala Pelaksanaan Recycling

Berikut ini adalah yang beberapa kontra dari adanya Recycling. Diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Mengganggu kesehatan

Dengan semakin banyaknya jumlah barang elektronik, maka jumlah waste barang electrical dan electronic equipments (e-waste). Sebagai akibatnya, pada saat ini ada begitu banyak fasilitas untuk recycling dibangun yang bertujuan untuk menemukan kembali barang-barang logam yang berharga. Dengan alasan ekonomis, di beberapa negara malah dibangun tempat-tempat ilegal untuk me-recycle sehingga prosesnya pun tidak dapat menjamin keamanan. Barang-barang elektronik bekas mengandung beberapa material berbahaya seperti mercury, lead, cadmium, serta polychlorinated biphenyls. CRTs atau cathode ray tubes merupakan salah satu solid waste yang sering dihasilkan.

Beberapa proses umum dalam Recycling, seperti open burning dan acid stripping yang bertujuan untuk me-recover bagian-bagian penting dalam e-waste serta proses-proses lain seperti dumping, dismantling, dan shredding, sering menimbulkan dampak yang tidak baik. Proses-proses ini dapat menghasilkan polutan organik seperti PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), polychlorinated dibenzo-p- dioxinsandfurans (PCDD/Fs), polychlorinated biphenyls(PCBs), polybrominated diphenylethers (PBDEs), serta beberapa logam berat yang beracun seperti Pb,Cd,Cr, dan Cu (Basel Action Network, 2002; Dengetal., 2006; Gullettetal., 2007; Leung etal.,2007;Lietal.,2007 cited in Wang et al. 2009). Selain dapat menimbulkan implikasi langsung terhadap kesehatan para pekerja di lokasi Recycling, proses-proses ini juga dapat mengkontaminasi lingkungan sekitar fasilitas Recycling (residential exposure). Dari sebuah penelitian di China, ditemukan bahwa rambut para pekerja serta penduduk di sekitar fasilitas Recycling mempunyai konsentrasi Cu dan Pb yang sangat tinggi. Di China dan India, sebagian besar aktivitas Recycling e-waste mempunyai peran yang penting dalam ekonomi.

b. Biaya Recycling mahal

Sebagian besar negara industri mempunyai aturan domestik yang sangat mengikat yang terkait dengan safe handling of e-waste Sebagai akibatnya, Recycling e-waste yang ada di negara-negara tersebut menjadi tidak feasible secara ekonomi. Kadang, biaya yang harus dikeluarkan untuk pelaksanaan Recycling justru jauh lebih tinggi daripada manfaat ekonomi yang akan dihasilkan oleh Recycling tersebut.

- 1) Biaya proses daur ulang mahal
- 2) Dapat mengganggu kesehatan
- 3) Kesadaran masyarakat
- 4) Pelayanan fasilitas pendukung

- Sulitnya menemukan collection site atau collection program yang dapat memudahkan masyarakat untuk mengumpulkan sampah yang dapat di daur ulang, sehingga pada akhirnya masyarakat tidak tergerak untuk berkontribusi dalam recycling karena malas.
- Pengetahuan yang kurang dari masyarakat tentang pentingnya recycling untuk manfaat-manfaat yang didapatkan sehingga kepedulian terhadap program ini masih rendah.
- Upaya pemerintah dalam hal mempromosikan dan mendidik masyarakat mengenai isu recycle ini masih sangat minim, terutama pada industri-industri kecil menengah (pasar, UKM)
- Paradigma yang masih ada dikalangan industri yang menyatakan bahwa recycling membutuhkan biaya yang tidak murah untuk melakukannya. Padahal kenyataannya tidak selalu demikian, karena selain saving energy yang dapat dilakukan, terkadang terdapat material-material dari produk yang berharga dan dapat digunakan kembali untuk proses manufaktur produk baru

5.9 Kesimpulan

Mendaur ulang (recycle) adalah salah satu cara untuk mengurangi timbulan sampah. Recycle menghasilkan barang yang lebih bernilai tambah, sehingga dapat menambah penghasilan dan menurunkan dampak lingkungan. Usaha lain yang mestinya menjadi komitmen bagi perusahaan adalah dengan memproduksi kemasan yang ramah lingkungan atau dapat mendaur ulang kembali sampah kemasannya. Yang diikuti dengan komitmen konsumen untuk selalu menggunakan barang yang mudah didaur ulang.

5.9 Soal Latihan

1. Jelaskan perbedaan dua istilah berikut :
 - a. Broad recycling
 - b. Narrow recycling
2. Sebutkan tipikal output yang dihasilkan dalam proses recycling !
3. Gambarkan closed loop diagram dari proses recycling meliputi :
 - a. Collection channel yang dapat digunakan
 - b. Mekanisme pemberian insentif yang telah/bisa diterapkan per collection channel
 - c. Pelaku recycling (OEM, third party, personal, etc)
 - d. Output yang dapat dihasilkan dari proses recycling
4. Apakah kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan recyclability dari suatu produk ?
5. Sebutkan dan jelaskan minimum 3 teknologi recycling dan cara kerjanya !
6. Carilah contoh produk tertentu (botol, gelas, plastik, kertas, kaleng, WEEE, dll) dan jelaskan secara detail proses recycling-nya !
7. Tuliskan minimum 10 design rule dari Design for Recycling (DfR) !
8. Apakah kendala pelaksanaan recycling ?
9. Jelaskan perbedaan antara recycle dan upcycle, dan sertakan contohnya!
10. Buatlah simulasi (gambarkan) penggunaan produk plastic atau kemasan plastic yang hanya sebagian kecil saja didaur ulang dan jelaskan pengaruhnya terhadap volume sampah di lingkungan!

Bab 6

Replace

6.1 Jenis-jenis Sampah

Sampah umumnya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Fenomena yang ada saat ini, sebagian besar masyarakat mengumpulkan kedua jenis sampah tersebut dalam satu tempat yang sama. Ada dua kemungkinan perlakuan terhadap sampah tersebut. Kemungkinan pertama adalah diambil oleh pasukan kuning menuju tempat pembuangan sampah terpadu (TPST) untuk dipilah sesuai kategorinya, dan kemungkinan kedua adalah langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) sehingga menumpuk menjadi satu tanpa pemilahan. Masyarakat jelas tahu yang disebut dengan sampah organik adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup seperti ikan, tumbuhan, dan juga buah-buahan yang dikonsumsi manusia. Sedangkan sampah anorganik tidak hanya yang berupa plastik saja, tetapi dapat berupa kaca, kertas, barang elektronik, logam, dan juga plastik dari perabotan rumah tangga. Bahkan sampah dapat berupa bahan atau zat beracun hasil sisa produksi perusahaan, rumah sakit, bahkan tempat sekolah (Juniartini, 2020). Menurut Daniel (2009), sampah dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis (gambar 6.1) yaitu (Juniartini 2020):

- Sampah Organik atau sering disebut sebagai sampah basah, adalah sampah yang mudah terurai oleh alam dan umumnya berasal dari tumbuhan, hewan, dan atau sisa makanan. Contohnya : dedaunan, hewan/daging/ikan mati, sayuran, dan sisa makanan.
- Sampah anorganik atau sampah kering, adalah sampah dari bahan yang sulit diurai oleh alam. Penguraiannya membutuhkan proses lebih lanjut di tempat terpisah, bahkan biaya tambahan untuk pengadaan mesin maupun zat pengurainya. Yang tergolong sampah anorganik antara lain : kantong plastik atau bahan-bahan yang terbuat dari plastik, kertas, kaca, akrilik, dan juga Styrofoam.
- Sampah beracun atau sampah B3, adalah sampah atau buangan yang berasal dari zat-zat kimia. Misalnya limbah dari pabrik, dan rumah sakit.



Gambar 6. 1. Jenis sampah. (Kompasiana 2021)

6.2 Pengertian *Replace*

Replace yang artinya mengganti, merupakan upaya penggunaan barang alternatif atau barang pengganti yang lebih tahan lama. Contohnya : penggunaan sapu tangan untuk menggantikan tisu, lebih memilih untuk membawa air minum sendiri (botol minum pribadi) daripada membeli air minum dalam kemasan, menggunakan sedotan stainless steel, atau membawa tas belanja sendiri untuk menggantikan penggunaan tas kresek/plastik sekali pakai (Anonim. 2019). Replace juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengendalikan penggunaan material sekali pakai dengan bahan yang reusable (Juniartini 2020).

Namun nampaknya pembiasaan untuk menggunakan barang ramah lingkungan kurang banyak diterapkan di masyarakat. Hanya sedikit dari mereka yang sadar begitu pentingnya menjaga lingkungan. Kurangnya pengawasan pemerintah (Juniartini 2020), pengetahuan tentang cara pengolahan sampah, kurangnya dukungan (Yuni'ati, Imam, Hariyadi, & Choirotin, 2019) bahkan kebersamaan dalam masyarakat untuk menjaga lingkungan, dan kemudahan untuk mendapatkan kantong plastik saat berbelanja menjadi kendala dalam pengelolaan lingkungan saat ini (Annisa, Abrori, and Listiani. 2018).

6.3 Aktivitas *Replacement*

Salah satu kegiatan pengelolaan sampah dengan replace adalah dengan melakukan edukasi pada warga tentang 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Replace), dan mengganti penggunaan bahan beresiko ke bahan yang lebih ramah lingkungan. Salah satu contohnya pada gambar 6.2 yaitu penggunaan keranjang belanja sebagai pengganti tas kresek, dan juga meminimalisir penggunaan Styrofoam sebagai tempat makanan (Kusminah 2018).

Salah satu usaha perusahaan air minum mineral AQUA dalam usaha untuk mengurangi dampak buruk terhadap iklim di Indonesia adalah dengan meminimalkan pelepasan karbon (CO₂) ke udara. Aqua memanfaatkan sampah minyak goreng rumah tangga atau minyak goreng bekas (Refined Used Cooking Oil (R-UCO)) menjadi bahan bakar pengganti solar di pabrik. Penggantian solar dengan minyak goreng bekas tersebut nyatanya dapat mengurangi CO₂ dalam udara sebesar 116 ton/tahun (Aqua, 2017).



Gambar 6.2: Penggunaan Tas Belanja yang Dapat Digunakan Berulang Kali

Minyak bekas atau sering disebut sebagai minyak jelantah yang biasanya dibuang ke tanah atau sungai begitu saja oleh masyarakat sehingga merusak keseimbangan tanah maupun air, kini dapat dikumpulkan oleh masyarakat pada Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) setempat untuk diserahkan pada Aqua sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Kegiatan ini telah lama dilakukan di Desa Panggungharjo, Bantul, Gunung Kidul dan juga Purworejo yang telah bekerja sama dengan PT. Tirta Investama (Danone Aqua), gambar 6.3 adalah gambar kegiatan kolaborasi.

Usaha penggantian yang telah dilakukan oleh masyarakat Desa Kejayan Jawa Timur, yang menjadi supplier susu di pabrik Nestle adalah dengan memanfaatkan kotoran sapi ternak. Kotoran ternak tersebut diubah menjadi biogas, yang dapat digunakan sebagai pengganti kayu bakar dan bahan penerangan di rumah. Dengan pemanfaatan biogas, mereka tidak lagi mengalami sakit mata, sesak nafas, dan juga batuk yang diakibatkan dari asap hasil pembakaran kayu, serta penebangan hutan berangsur-angsur berkurang (Nestle 2017).



Gambar 6.3: Kolaborasi Aqua dengan BUMDes Panggungharjo dalam usaha mengurangi emisi melalui penggunaan kembali minyak jelantah sebagai pengganti solar. Sumber : aqualestari

Penggunaan pupuk kimia untuk lahan pertanian rupanya juga sangat merugikan petani. Pada dasarnya, pupuk kimia dibuat dengan cara mencampurkan bahan-bahan kimia anorganik yang berkadar hara tinggi. Unsur hara tersebut sangat mudah sekali diserap oleh tanaman, tetapi umumnya tidak 100%. Pasti akan ada sisa atau residu yang tertinggal di dalam tanah, dan ketika tanah tersebut disiram air maka unsur hara akan mengikat tanah sehingga tanah menjadi lengket bahkan mengeras, dan masam. Hewan yang bertugas menggemburkan tanah akan mati, struktur tanah rusak, tanah menjadi tidak mandiri, dan pada akhirnya menjadi sangat ketergantungan dengan pupuk kimia (Nongguan-Biotek 2021). Sehingga, penggunaan pupuk anorganik tersebut harus diganti dengan pupuk organik yang dapat dibuat dari sampah organik rumah tangga dengan cara komposter seperti di gambar 6.4 (Juniartini 2020), maupun penggunaan pupuk Bio Organik lainnya.



Gambar 6.4: Pembuatan pupuk dari sampah sisa makan rumah tangga (organik). Sumber : ilmubudaya.com

6.4 Kesimpulan

Sampah merupakan barang tak berharga yang jika dikendalikan timbulannya dengan melakukan sistem 4R akan menghasilkan barang yang bernilai tambah dan sangat menguntungkan bagi pengelolanya. Beberapa keuntungannya antara lain : menambah penghasilan, lingkungan menjadi lebih bersih dan sehat, volume sampah menurun secara signifikan, penggunaan sumber daya alam dapat diminimalisir. Semua keuntungan tersebut

tentunya dapat terwujud dengan adanya peran serta pemerintah dan juga masyarakat, serta komitmen yang kuat untuk terus menjaga kelestarian lingkungan.

Replace adalah mengganti barang yang kita pakai dengan yang lebih ramah lingkungan dan suatu upaya penggantian atau memakai alternatif.

contoh :

- a. Menggunakan sapu tangan untuk mengganti tissue, menggunakan tas keranjang untuk mengganti tas kresek, menggunakan botol tumbler sebagai pengganti botol plastik, menggunakan sedotan berbahan stainless steel.
- b. Mengganti botol minum ke sekolah dengan botol yang dapat digunakan berulang kali seperti yang berbahan plastik tebal atau aluminium.
- c. Mengganti penggunaan kantong plastik biasa dgn plastik biodegradable.
- d. Menggunakan tas yang terbuat dari kain perca batik/plastik bekas kemasan detergen sebagai pengganti tas.

6.5 Soal Latihan

1. Jelaskan yang dimaksud prinsip replace
2. Jelaskan konsep ekoefisiensi untuk menanggulangi dampak negatif limbah
3. Dalam pengelolaan sampah bisa melalui cara Replace. Jelaskan hal tersebut!
4. Sebutkan Contoh pelaksanaan replace !
5. Bagaimana usaha mengatasi pencemaran dalam bentuk replace?!

Bab 7

Remanufacturing

7.1 Pengertian Remanufacturing

Beberapa peneliti mengartikan kata remanufacturing sebagai proses untuk mengganti komponen yang telah habis usia teknisnya, sehingga performa produk menjadi seperti baru. Remanufacturing adalah aktivitas mengganti komponen, menggunakan kembali, dan juga merekondisi sistem. dapat juga dikatakan sebagai tindakan mengkanibalakan komponen yang rusak dengan komponen dari produk serupa yang masih dapat digunakan.

Tindakan remanufacturing dipicu oleh kondisi ketidakmampuan komponen untuk melakukan fungsinya atau fail, yang diakibatkan karena usia, atau unpredictable condition. Sebagai contoh, bearing dari suatu pagar yang tiba-tiba tidak dapat berputar karena beberapa komponen di dalamnya terlepas. Sehingga perlu dilakukan penggantian bearing agar pagar dapat dibuka kembali. Penggantian sebagian komponen dengan komponen serupa agar produk dapat menjalankan fungsinya kembali dapat disebut sebagai aktivitas merekondisi produk/sistem (Wakiru, J., L., P., P. N. and P. 2018). Definisi lain dari kata remanufacturing adalah suatu aktivitas yang bertujuan untuk memperbaiki produk yang telah dipakai (bekas) menjadi produk dengan fungsi yang sama sesuai fungsi fabrikasi yang secara prinsip dapat digaransikan kembali. Atau dapat dikatakan sebagai pertukaran produk bekas dan mendapatkan produk yang sama/baru/layak pakai sehingga dapat meminimalkan penggunaan bahan baku (Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia 2020).

Remanufacturing ini dapat dikatakan sebagai upaya untuk menghemat biaya produksi, meminimalisir Down Time, serta sangat berkontribusi dalam usaha pelestarian lingkungan. Menghemat biaya produksi karena tidak seluruh komponen unit/produk akan diproduksi ulang (menjadi unit baru dengan fungsi yang sama), melainkan hanya komponen yang mengalami kerusakan saja yang akan dilakukan penggantian dengan komponen serupa yang masih handal. Remanufacturing juga dapat meminimalisir down time unit dikarenakan tidak perlu menunggu penggantian alat/mesin baru, melainkan hanya melakukan penggantian pada komponen tertentu. Dengan tidak melakukan manufacturing ulang, maka limbah berupa produk/alat/mesin yang berpotensi merusak keseimbangan lingkungan dapat dikurangi.

7.2 Perbedaan *Remanufacturing*, *Rekondisi*, dan *Refill*

Apakah Anda sudah memahami pengertian dari remanufacturing di atas? Lalu apa bedanya dengan rekondisi, dan juga refill? Berikut ini adalah perbedaan dari ketiga istilah tersebut.

Remanufacturing adalah penggunaan kembali produk bekas (produk original tetapi yang sudah habis pakai, atau mengalami kerusakan untuk kemudian ditukarkan dengan produk original), dengan sedikit melakukan penggantian dengan komponen baru (original). Misalnya melakukan pembersihan dan penggantian komponen dari produk toner cartridge original yang sudah habis pakai (kosong), sehingga dapat digunakan kembali dengan kualitas yang setara dengan kondisi barunya. Remanufacturing hanya boleh dilakukan oleh produsen, atau lembaga yang telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta (merk dagang). Contoh lainnya adalah penggantian komponen yang rusak pada sepeda motor X di dealer servis merk X. Dapat dipastikan komponen yang digunakan adalah produk original merk X, sehingga kualitas sepeda motor dapat menyerupai kondisi barunya.

Rekondisi adalah memanipulasi produk atau mesin agar dapat berfungsi kembali. Rekondisi ini tidak dilakukan oleh produsen merk dagang, melainkan oleh oknum di luar pemilik produk. Misalnya, ketika sepeda motor anda

mengalami kerusakan pada bagian tertentu, kemudian anda membawanya pada tukang servis sepeda di sekitar rumah anda. Penggantian komponen dilakukan oleh tukang servis dengan menggunakan merk lain (bukan orisinal). Sehingga Anda dapat menggunakan sepeda motor Anda kembali dengan kondisi layak pakai, tanpa melakukan pertukaran komponen yang telah rusak tersebut.

Sedangkan refill adalah pengisian ulang komponen yang telah habis (kosong) karena pemakaian tanpa dilakukan pengecekan kondisi atau komponen di dalamnya. Contohnya, tinta printer yang telah habis, kemudian diisi ulang dengan merk tinta apapun. Hasil dari refill ini akan jauh berbeda dengan kondisi awalnya dan dapat memungkinkan terjadinya kerusakan yang lebih melebar.

7.3 Aktivitas Remanufacturing

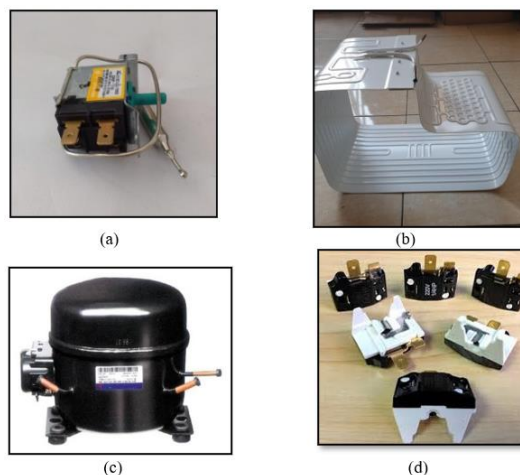
Tidak banyak perusahaan di Indonesia yang dapat melakukan remanufacturing terhadap produk luarnya. Hal tersebut disebabkan karena belum mampunya sarana dan prasarana yang dimiliki untuk memproduksi komponen yang sering mengalami kerusakan. Sehingga yang dapat dilakukan oleh konsumen terhadap produk yang telah digunakannya adalah dengan melakukan rekondisi agar dapat digunakan kembali. Komponen yang dapat dilakukan remanufacturing umumnya adalah (Tanoto, Wahjudi, and Njo 2020):

- Komponen yang rusak karena fungsinya,
- Teknologi yang digunakan relatif stabil selama periode tertentu
- Produk standard, dan dapat ditukarkan
- Tersedianya teknologi untuk mengganti komponen dari produk utamanya tanpa merusak.

Penggunaan alat berat oleh manusia untuk membantu pekerjaan dalam bidang pertambangan, perkebunan, pembangunan, dan juga perbaikan jalan tidak menutup kemungkinan terjadinya kerusakan pada komponen penyusunnya. Sangat mustahil konsumen akan membeli alat berat yang baru jika terjadi kerusakan pada alat yang ada. Aktivitas yang memungkinkan adalah dengan melakukan remanufacturing komponen alat berat pada produsennya. Produsen akan mengecek kerusakan pada alat berat dan memberikan alternatif untuk perbaikannya. Apakah dengan menggunakan reuse part, dalam arti menggunakan part yang ada dengan melakukan pembersihan dan pengukuran kondisi permesinan terlebih dahulu. Ataukah dengan menggunakan assembly part, yaitu dengan membeli part tertentu. Akibatnya menimbulkan biaya penggantian, pengiriman, dan juga lead time pengadaan sparepartnya. Atau dapat juga dengan hanya mengganti komponen terkecilnya yang sering/mengalami kerusakan (inner part). Dan yang perlu diketahui, bahwa semua alternatif tersebut disediakan oleh produsen (Hakim and Bandriyana 2018).

Contoh lain aktivitas remanufacturing yang dapat dilakukan, misalnya seperti pada gambar 7.1 dari kulkas bekas (kulkas yang sudah tidak dipakai oleh pemiliknya, bisa karena rusak ataupun pemilik tidak ingin menggunakannya lagi karena ingin berganti merk atau ukuran yang lebih besar terhadap beberapa komponen penyusunnya antara lain (Susanto 2017):

- Komponen Thermostat (a), yang berfungsi sebagai pengatur suhu di dalam kulkas.



Gambar 7. 1. Komponen kulkas yang dapat di remanufacture (gambar diambil dari berbagai sumber)

- b. Evaporator (b), yang bertugas untuk menyerap panas dari barang apapun di yang dimasukkan ke dalam kulkas.
- c. Compressor (c), sebagai pemompa pendingin kulkas
- d. Overload relay (d), yang menyerupai sistem kerja sekering untuk menyambung dan memutuskan arus listrik.

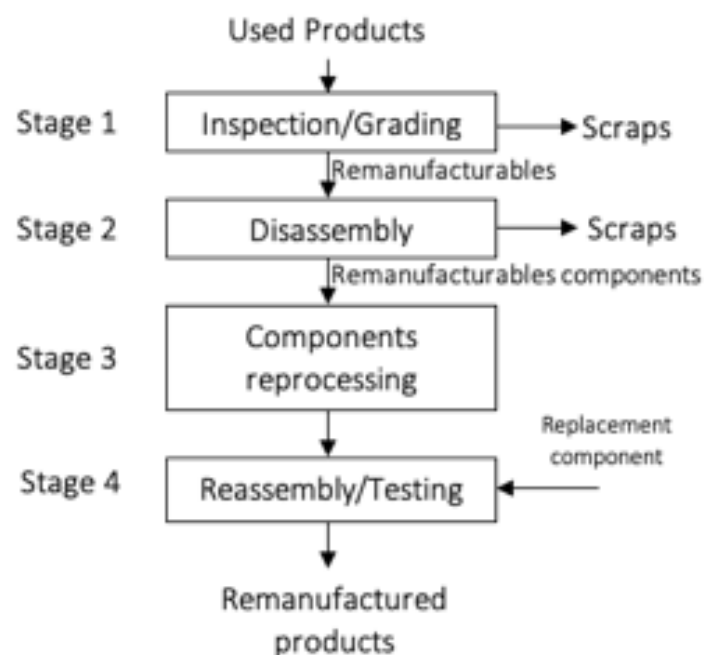
Keempat komponen tersebut dapat dilakukan tindakan remanufacturing melalui produsen merk dagang. Namun sepertinya tidak banyak produsen yang menyediakan komponen tersebut untuk diperjual belikan. Yang banyak dipasaran adalah komponen dari merk berbeda atau komponen rekondisi, atau komponen serupa untuk kanibal.

7.4 Proses Remanufacturing

Proses remanufacturing secara normal terdiri dari 4 tahap utama (seperti gambar 7.2), antara lain (Munot and Ibrahim 2013) :

- a. Inspeksi atau proses penilaian (Inspection/Grading)

Pada tahap ini, produk bekas akan diperiksa kembali kondisinya (penentuan reliabilitas tiap komponennya) untuk menentukan status remanufacturing komponen. Proses ini meliputi inspeksi visual secara lengkap, dan melakukan komparasi terhadap produk bekas yang serupa dan dari sumber yang sama.



Gambar 7. 2: Tahapan proses remanufacturing dan aliran material (Lund (1984b) yang dikutip oleh (Munot and Ibrahim 2013)

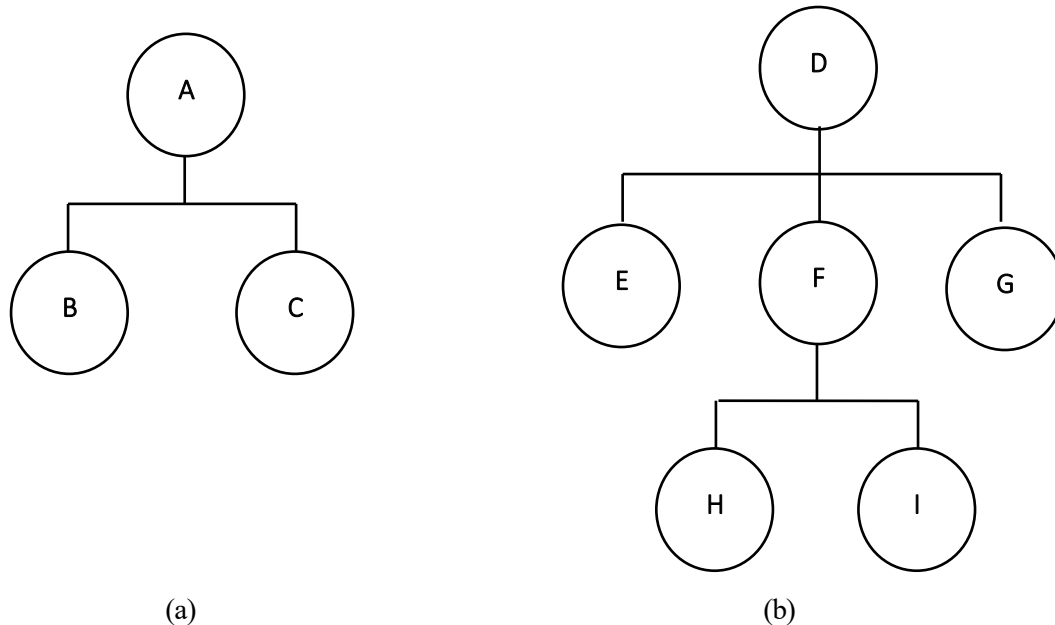
Aliran limbah tentunya akan menghasilkan produk bekas dengan kondisi kualitas dengan variabilitas yang sangat tinggi. Sehingga waktu pemeriksaan tiap unit produknya akan berbeda. Kondisi unit yang usia teknisnya lebih lama, akan membutuhkan waktu inspeksi yang lebih lama dan bahkan memerlukan alat inspeksi yang khusus.

Setelah dilakukan pemeriksaan, produk bekas tersebut akan dikategorikan menjadi 2 jenis yaitu menjadi unit skrap atau sebagai unit yang dapat diproduksi ulang (remanufacturing). Unit skrap (bekas) dapat dibuang atau dijual ke pialang (tukang loak), sedangkan unit remanufacturing dapat dikirim ke proses pembongkaran.

- b. Disassembly atau proses inspeksi

Pada proses disassembly ini akan dilakukan pemilahan, unit mana saja yang dapat diproses ulang. Proses ini akan melibatkan tenaga teknis listrik bahkan tenaga robot untuk bagian yang berbahaya. Waktu pembongkaran akan tergantung pada kompleksitas produk. Remanufacturing untuk struktur komponen yang sederhana tentunya akan

membutuhkan waktu yang lebih pendek dibandingkan dengan struktur yang lebih kompleks (lihat gambar 7.3). Faktor lain yang akan mempengaruhi waktu remanufacturing produk adalah kecekatan tenaga yang digunakan.



Gambar 7.3: Contoh dari produk dengan (a) susunan sistem sederhana, (b) susunan yang kompleks.

Keterangan :

A dan D adalah produk akhir

B dan C adalah komponen penyusun produk A

F adalah sub-assembly (sub sistem) dari produk D

A, G, H, dan I adalah komponen penyusun produk D

Setelah dilakukan inspeksi, komponen penyusun akan dikategorikan sebagai komponen yang dapat diremanufacturing atau akan menjadi scrap. Komponen scrap (bekas) perlu diganti atau dapat dipesan dari produksi internal (produsen) atau dari sumber eksternal (pihak ketiga).

c. Proses ulang komponen (Component reprocessing)

Katakanlah komponen C adalah komponen yang dapat diremanufacturing. Jika komponen C termasuk dalam kategori inspeksi kualitas terbaik, maka hanya akan melibatkan aktivitas seperti pembersihan dan finishing permukaan. Namun jika komponen C termasuk dalam kualitas rendah, maka perlu untuk dibersihkan, diperbaiki, dan finishing, sehingga membutuhkan waktu yang relative lebih lama.

Untuk komponen penyusun yang lebih kompleks, aktivitas perbaikan (misalnya akan dilakukan pengikiran pada roda gigi yang telah aus, pengelasan, ataupun pemotongan dsb), yang tujuannya adalah mengembalikan pada kondisi semula. Sebaliknya, jika komponen penyusunya tidak dapat diperbaiki, maka hanya akan digantikan dengan komponen yang baru. Sebagai contoh casing HP yang telah retak atau pecah, maka langsung dapat digantikan dengan casing yang baru. Casing baru bisa saja berasal dari produk OEM (Original Equipment Manufacture), ataupun dari pihak ketiga.

d. Assembling ulang (reassembly/testing)

Tahap ini merupakan tahap finishing dari proses pembongkaran sebelumnya yang bertujuan untuk meremanevacturing produk. Proses reassembly ini sangat tergantung pada proses sebelumnya, dan hanya akan dimulai ketika seluruh komponen baik yang dilakukan proses ulang maupun baru telah tersedia. Reassembly bisa jadi sangat memerlukan tenaga robotic (permesinan) untuk merakit kembali komponen penyusun suatu produk

dengan konfigurasi yang kompleks. Dan durasi perakitan sangat tergantung dari siapa dan apa yang dipekerjakan. Semakin trampil tenaga yang digunakan, maka waktu proses reassembly dapat lebih pendek.

Sebagaimana recycling output yang dihasilkan dalam proses remanufacturing :

Output yang dihasilkan dari remanufacturing adalah produk yang mempunyai fungsi yang sesuai dan sebenarnya serta memiliki kualitas sama baiknya dengan produk baru.

Output yang dihasilkan dalam proses remanufacturing antara lain :

a. Remanufactured products

Produk yang tergolong dalam kategori ini dibagi menjadi 2 jenis antara lain :

Sale or lease

Biasanya produk remanufaktur yang tergolong dalam kategori ini merupakan produk yang masuk dalam kategori label remanufacture yang sudah siap untuk dijual di pasar.

Sale on developed market

Produk remanufacture yang tergolong dalam kategori ini merupakan produk yang dijual pada wilayah atau Negara berkembang sehingga memungkinkan masyarakat yang memiliki daya beli menengah dapat membeli produk dengan kualitas “as good as new”.

b. Waste

Waste yang dihasilkan dalam proses remanufacture juga terbagi menjadi 2 jenis :

Materials and Energy Recovery

Waste jenis ini merupakan jenis waste yang memiliki nilai potensial dari kembalinya nilai energy dan material yang digunakan untuk memproduksi produk tersebut pertama kali.

Disposal of Waste Which is not reusable or recycleable

Waste jenis ini merupakan waste yang tidak dapat diolah kembali dan memang harus dihilangkan dengan berbagai cara antara lain insinerasi atau ditimbun dalam tanah.

c. Additional cores

Additional cores merupakan komponen atau material sub assembly yang dihasilkan dari proses remanufacture, additional cores dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam :

Use as spare parts

Use in “new” products

Kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan remanufacturability dari suatu produk :

Kriteria dalam menentukan remanufacturability dari suatu produk antara lain dapat dilihat dari karakteristik produk tersebut antara lain :

- 1) Produk tersebut memiliki sebuah core yang berfungsi sebagai basis produk.
- 2) Produk tersebut cenderung mengalami kegagalan fungsi dan bukan produk yang memiliki cacat fisik berat.
- 3) Komponen dapat didisassembly atau memiliki karakteristik yang dapat direstore ke fungsi semula dengan menggunakan teknologi yang ada saat ini.
- 4) Nilai produk yang di remanufacture hampir mendekati market value dari produk tersebut.
- 5) Tidak ada perubahan yang cepat dalam teknologi produk yang diremanufaktur tersebut.
- 6) Biaya yang terkait dengan perolehan barang yang gagal fungsi lebih rendah dibandingkan dengan harga pasar dari produk remanufacture tersebut.

Karakteristik produk system dalam remanufaktur tersebut jika di bagi berdasarkan aspek-aspek produk system terbagi menjadi 4 aspek. Klasifikasi dapat dilihat pada tabel 7.1.

Tabel 7.1: karakteristik product system dalam remanufacturing

Aspect of the product system	Characteristics the viability remanufacturing
The product	<ul style="list-style-type: none"> • Type of materials • Variety of materials • Sustainability for disassembly, cleaning, repair and reassembly • Rate of technological development & potential to incorporate new technology into existing products • Single use life time & maximum life time • Rate of changing customer requirements
The product take back system	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency, volume and condition of product returns • Predictability of return flows • Transportation distances & costs
Costs and revenues	<ul style="list-style-type: none"> • Value of remanufactured products and cores relative to the cost of collection, storage and remanufacturing • Cost of remanufacturing compared to the cost of other alternatives for dealing with used products, such as recycling, incineration and landfilling • Price of the remanufactured product compared to a new product
Other factors	<ul style="list-style-type: none"> • Stability of core supply • Ability to effectively diagnose faults in returned and remanufactured products • Availability of expertise in product and process design for remanufacturing • Public perception of the quality of remanufactured products • Demand for remanufactured products • Liability concerns • Intellectual property rights and patents • Presence or absence of EPR legislation and policies

Keuntungan yang dapat diperoleh dari proses remanufacturing dibandingkan dengan recycling

- a) Membutuhkan lebih sedikit energi dibanding recycling karena tidak mengubah material menjadi bahan baku
- b) Tidak menghancurkan nilai tambah material berupa nilai energi, tenaga kerja, modal
- c) Untuk beberapa produk dengan nilai plastik 7 yang sulit untuk direcycle (seperti cartridge dengan plastik resin campuran), dapat dilakukan remanufacture.

Keuntungan dari proses remanufacturing dibandingkan dengan recycling adalah Pada proses recycling membutuhkan proses penghancuran produk untuk komponen material untuk dapat dilebur atau diproses ulang menjadi bentuk baru. Dari proses peleburan tersebut, dapat menjadi produk yang sama (close loop recycling) atau menjadi produk yang berbeda (open loop recycling). Namun, pada remanufacturing tidak membutuhkan proses penghancuran produk. Produk akan dibuat seperti produk baru dengan memperbaiki atau mengganti bagian produk (core) yang tidak berfungsi agar berfungsi seperti kondisi saat membeli produk. Sebenarnya baik recycle maupun remanufacture dapat mengurangi konsumsi dari raw material, akan tetapi proses recycle menghancurkan nilai dari barang tersebut diantaranya nilai yang dihasilkan pada proses desain dan manufaktur. Selain itu recycling menggunakan energy yang lebih banyak dibandingkan dengan remanufacture.

Perbedaan penting muncul pada proses menangkap kembali nilai tambah. Nilai tambah yang dimaksud adalah biaya tenaga kerja, energi, dan operasi manufaktur yang ditambahkan dengan biaya bahan baku dasar dalam pembuatan produk. Nilai tambah besarnya jauh melebihi elemen terbesar biaya bahkan pada suatu produk yang sederhana seperti botol bir, biaya bahan baku dasar (pasir, soda, dan kapur) jauh kurang dari 5 persen dari biaya produk jadi. Daur ulang menghancurkan nilai tambah, mengurangi nilai produk pada elemen yang bernilai seperti bahan baku dan tenaga kerja. Bahkan, daur ulang membutuhkan penambahan energi, dan biaya pengolahan kembali bahan baku.

Proses remanufacturing dibagi menjadi 2 yaitu core process dan support process dimana :

- a) Core process (develop product, get order, fulfill order, support product)

- 1) Mengaplikasikan design for remanufacturing untuk desain dari produknya
 - 2) Terjadinya reverse logistics untuk mendapatkan produk kembali
- b) Support process (information system, financial/cost accounting system)
- 1) Reducing cost of manufacturing
 - 2) Reducing cost of sales

7.5 Tahapan Proses Remanufacturing

- a. Inspeksi : Langkah pertama dalam proses remanufaktur adalah investigasi produk, yaitu mengidentifikasi kesalahan atau kerusakan produk dan bagian mana yang perlu diganti. Seringkali, terdapat laporan kegagalan yang melekat pada produk yang menunjukkan alasan mengapa produk berakhir di pabrik remanufaktur. Untuk operasi remanufaktur efisien, sangat penting bahwa produk tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga pemeriksaan yang akurat dapat dilakukan pada tahap awal.
- b. Cleaning (pembersihan): Langkah pembersihan juga biasanya terjadi pada awal proses remanufaktur. Produk harus dibersihkan untuk melanjutkan proses remanufaktur dan proses ini tergantung produk dan pengguna. Misalnya, jika pengguna membersihkan produk secara teratur, maka akan lebih mudah untuk membersihkannya di fasilitas remanufaktur. Dalam beberapa kasus remanufaktur, ini adalah fase paling memakan waktu dalam proses remanufaktur.
- c. Disassembly (pembongkaran) : Langkah ketiga dalam proses remanufaktur adalah pembongkaran produk. Dalam langkah ini suku cadang, modul dan komponen yang dipisahkan dari produk dalam rangka untuk mengganti komponen yang tidak berfungsi.
- d. Repair (perbaikan): Langkah selanjutnya dari proses remanufaktur ialah proses repair. Proses ini melibatkan penggantian komponen yang telah memasuki end of life dengan komponen baru. Komponen lama akan ditarik kembali ke pabrik dan akan dilakukan proses perbaikan atau di recycle apabila tidak dimungkinkan untuk diperbaiki.
- e. Reassembly (perakitan kembali): Langkah kelima ialah proses perakitan kembali komponen kembali ke dalam produk. Dalam hal ini komponen yang dirakit kembali telah diganti dengan komponen baru sehingga fungsi dari keseluruhan produk diharapkan dapat berjalan normal selayaknya produk baru produksi.
- f. Testing (pengujian): Proses ini dilakukan setelah proses perakitan ulang dilakukan. Dalam tahapan ini dilakukan pengujian terhadap produk yang telah selesai di rakit. Pengujian yang dilakukan sama seperti pengujian yang dilakukan terhadap produk yang baru di produksi. Apabila produk lulus uji dan memiliki spesifikasi yang sesuai dengan standar industri, maka produk akan dilanjutkan ke tahapan selanjutnya yakni penyimpanan.
- g. Storage (penyimpanan): Tahapan terakhir sebelum produk dilepas ke pasar. Pada tahapan ini produk remanufaktur akan diberikan tanda atau logo sehingga pelanggan tahu bahwa produk yang dijual merupakan produk remanufaktur. Dengan harga lebih murah dibandingkan produk yang baru diproduksi, pelanggan akan tetap mendapatkan kualitas dan garansi selayaknya produk baru.

7.6 Design rule dari Design for Remanufacturing (DfRem)

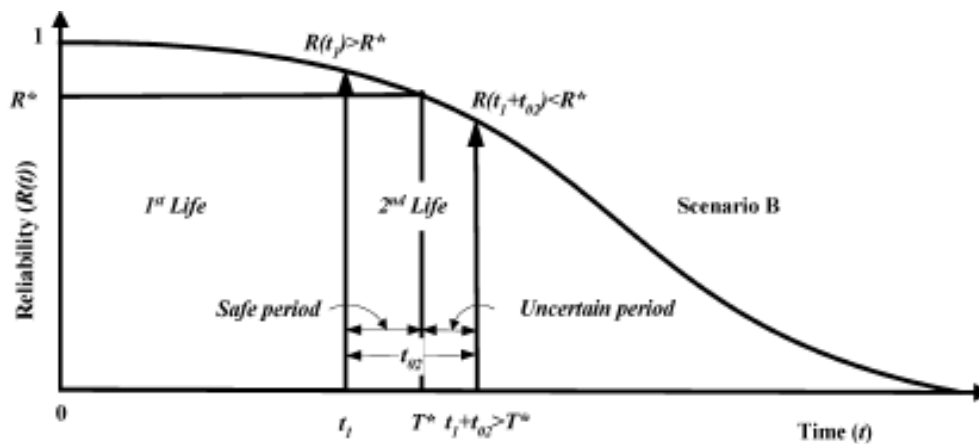
Design for Remanufacturing merupakan bagian dari design for environment , aturan dari desain for remanufacturing antara lain :

- a. Mengetahui desain proses (pemisahan secara manual atau mekanik)
- b. Pemisahan manual: Mengurangi jumlah fasteners, communize fastener types, use fasteners made of same or compatible materials, consider snap-fits (two-way, if necessary), etc.
- c. Pemisahan manual: mempertimbangkan destructive fastener removal (possible inclusion of break points)
- d. Pemisahan mekanikal (destructive) : fasteners tidak akan terlepas dan waktu fastener diassembly adalah irrelevant
- e. Pemisahan mekanikal (destructive) : material properties adalah isu utama
- f. Pemisahan mekanikal (destructive) : Dalam keadaan preferance, gunakan,
 - 1) Molded-in fasteners (same material)
 - 2) Separate fasteners of same or compatible material
 - 3) Metal fasteners (easy to remove due to magnetic properties)

- g. Pemisahan mekanikal (destructive) : plastik seharusnya memiliki setidaknya perbedaan density sebesar 0,03 untuk pemisahan sink-float
- h. Integrasi antara produk dan proses harus dikedepankan
- 1) Tekstur permukaan produk halus (agar mudah dibersihkan)
 - 2) Material bersifat tahan korosi
 - 3) Mudah dibongkar
 - 4) Mudah dalam mengganti komponen rusak
 - 5) Standarisasi komponen untuk mengurangi kompleksitas dan memudahkan identifikasi

Sumber : Ijomah W, McMahon C, Hammond G, Newman S. 2007, Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, Bath, BA2 7AY, UK.

Keterkaitan antara strategi remanufacturing dengan reliability atau keandalan suatu produk :



Gambar 7. 4. Reliability atau Keandalan Suatu Produk

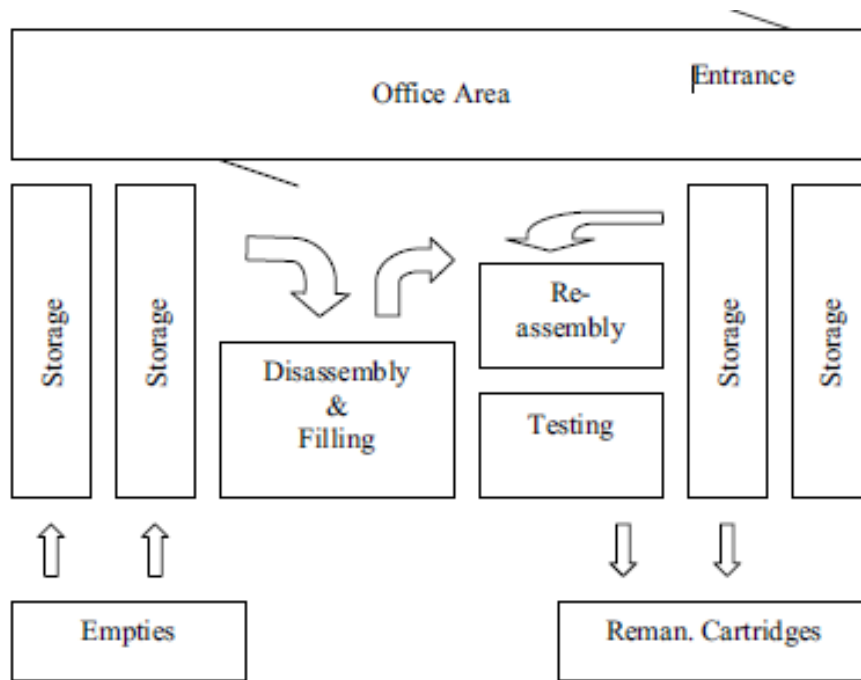
Dari kurva reliability pada gambar 7.4 dapat dilihat bahwa ketika produk memasuki fase end of life yang pertama nilai reliability dari produk tersebut masih diatas batas reliability yang ditoleransi (R^*), namun ketika memasuki fase 2nd life dan diestimasi nilai reliability pada saat rentang periode 2nd life dibawah nilai batas reliability yang ditentukan maka saat itulah proses seperti remanufaktur dipertimbangkan untuk digunakan agar nilai reliability dari produk tersebut kembali seperti semula.

Kendala pelaksanaan remanufacturing :

Ketidakpastian aliran end of life produk atau reverse supply chain

Contoh produk tertentu dan proses remanufacturing-nya :

Proses Remanufacturing toner cartridge pada 24 Hour Toner Services, dimana proses remanufacturing terlihat pada gambar 7.5.



Gambar 7.5: Alur Proses Remanufacturing toner cartridge

Proses dari remanufaktur toner cartridge yaitu :

- 24 Hour Toner Services** menerima empty cartridge dari konsumen.
- Selanjutnya cartridge tersebut di disassembly dan dibersihkan.
- Komponen-komponen dalam cartridge tersebut selanjutnya dipisahkan, untuk selanjutnya beberapa part di reassembly ke toner cartridge yang akan diproduksi.
- Untuk cartridge, 24 Hour Toner Services memberlakukan maksimum digunakan ulang 4 kali sebelum akhirnya dilakukan recycling.
- Selanjutnya toner cartridge diisi ulang dan part yang menyusun di assembly kembali.
- Dilakukan pengujian dan selanjutnya cartridge dijual ke konsumen kembali.

Tahapan sebagai berikut :

- 1) Inspeksi raw material



Gambar 7.6: Inspeksi raw material

Masing-masing cartridge diinspeksi visual dan circuitnya diuji dengan electrical tester untuk verifikasi apakah cartridge tersebut dalam kondisi yang baik (berkuatitas tinggi). Prosesnya terlihat pada gambar 7.6.

2) Pengumpulan



Gambar 7.7: Proses pengumpulan untuk tahap Remanufacture berikutnya

Semua material yang dipakai dan komponen yang tidak berfungsi lagi, di kumpulkan seperti gambar 7.7 untuk tahap remanufacture berikutnya.

3) Pembersihan dan pengosongan



Gambar 7. 8. Proses pembersihan dan pengosongan. Sumber : veneta system

Gambar 7.8 menunjukkan proses pembersihan dan pengosongan tiap cartridge dari waste tinta dengan sistem pembersihan dengan kapasitas tinggi, serta mempersiapkan pengisian cartridge.

4) Pengisian



Gambar 7. 9. Proses Pengisian. Sumber : veneta system

Tiap cartridge dilakukan penggantian spon dan diisi berdasarkan spesifikasi OEM dengan tinta yang diformulasi dengan menggunakan teknik pengisian dan custom-built filling machinery seperti pada gambar 7.9.

5) Penyegelan



Gambar 7.10: Proses Penyegelan

Pada proses penyegelan di gambar 7.10 harus dipastikan bahwa cartridge tahan bocor dan adanya instalasi pembersihan untuk customer.

6) Post testing



Gambar 7.11: Proses pengujian

Gambar 7.11 dilakukan pengujian, dimana setiap cartridge diuji untuk memastikan performansi dan kelayakannya.

7) Packaging



Gambar 7.12: Proses pengemasan

Cartridge dibersihkan, dipoles, kemudian disegel dan dikemas dalam kotak (box) seperti gambar 7.12

8) Quality control



Gambar 7.13: Proses monitoring

Gambar 7.13 menunjukkan proses monitoring oleh tim Quality control, dimana setiap langkah pada proses produksi dimonitor oleh ahli Quality Control untuk menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang sama seperti baru.

7.7 Kesimpulan

Dari penjelasan di atas dapat dipahami bahwa kegiatan remanufacturing adalah aktivitas yang bertujuan untuk mengembalikan produk bekas menjadi produk dengan kualitas yang sama dengan produk baru, dan umumnya dilakukan oleh produsen produk. Alasan utama dari kegiatan ini adalah perhatiannya terhadap kondisi lingkungan, dan ekonomi.

7.15 Latihan Soal

1. Coba amati produk manufacturing di sekitar Anda. Jelaskan produk maupun komponen mana saja yang dapat diremanufacturing, rekondisi, maupun direfill. Siapa saja yang terlibat dalam aktivitas remanufacturing/rekondisi/refill tersebut.
2. Sebagaimana recycling, apa saja output yang dihasilkan dalam proses remanufacturing ?

3. Apakah kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan remanufacturability dari suatu produk ?
4. Sebutkan keuntungan yang dapat diperoleh dari proses remanufacturing dibandingkan dengan recycling!
5. Jelaskan pengaruh penerapan strategi remanufacturing terhadap operasi suatu perusahaan ! Kaitkan dengan business process CIMOSA khususnya :
 - a. Core process (develop product, get order, fulfill order, support product)
 - b. Support process (information system, financial/cost accounting system)
6. Sebutkan dan jelaskan tahapan proses remanufacturing !
7. Tuliskan minimum 10 design rule dari Design for Remanufacturing (DfRem) !
8. Jelaskan keterkaitan antara strategi remanufacturing dengan reliability atau keandalan suatu produk !
9. Apakah kendala pelaksanaan remanufacturing ?
10. Carilah contoh produk tertentu dan jelaskan secara detil proses remanufacturing-nya

Pustaka

- Amaranti, R., D. Irianto, and R. Govindaraju. 2017. "Green Manufacturing : Kajian Literatur." in *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC, SUrakarta*.
- Anantasari, E. Y. 2019. "AGolf.Xyz." *Brand Sepatu Ramah Lingkungan*. Retrieved April 28, 2021 (<http://agolf.xyz/5-brand-sepatu-ramah-lingkungan/>).
- Annisa, M., F. M. Abrori, and Listiani. 2018. "Pemberdayaan Mahasiswa Dalam Penerapan Prinsip Pengelolaan Sampah Menggunakan Pola 4R." *Jurnal Pendidikan IPA LENSEA (Lentera Sains)*, 8(2):75–81.
- Anonim. 2019. "Pengolahan Sampah Melalui 4R (Reduce, Reuse, Replace, Recycle)." *Solusikebersihan.Com*. Retrieved May 22, 2021 (<https://solusikebersihan.com/2019/11/06/pengolahan-sampah-melalui-4r-reduce-reusereplacerecycle/>).
- Aritonang, S., and R. Juhana. 2020. *Tahapan Revolusi Industri. In Konsep Industri 4.0 Analisis Teknologi Dan Penerapan Di Industri Dan Operasi Militer, Bagian I (p. 40)*. Sentul-Bogor.
- Astuti, A. D. 2016. "Penerapan Kantong Plastik Berbayar Sebagai Upaya Mereduksi Penggunaan Kantong Plastik." *Jurnal Litbang* 12(1):32–40.
- Bisbis, M. B., N. Gruda, and M. Blanke. 2017. "Potential Impacts of Climate Change in Vegetable Production and Product Quality - a Review." *Journal of Cleaner Production* 1(1). doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.224.
- Brismar. 2021. "What Us Sustainable Fashion?" *GREEN STRATEGY*. Retrieved April 26, 2021 (<https://www.greenstrategy.se/sustainable-fashion/what-is-sustainable-fashion/>).
- Cahyana, Atikha Sidhi, Udi Subakti, and Bustanul Arifin Noer. 2012. *PENGEMBANGAN MODEL KINERJA LINGKUNGAN BAGI INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH (IKM) DENGAN PENDEKATAN STRUCTURAL EQUATION MODELING (SEM)*, *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*.
- Danone-Aqua. 2019. "Kolaborasi Danone-Aqua Dan H&M Mengolah Kembali Sampah Botol Plastik Menjadi Produk Fashion." *Bottle2Fashion*. Retrieved April 15, 2021 (<https://bijakberplastik.aqua.co.id/publikasi/pengumpulan/bijakberplastik-bersama-aqua-di-bali-marathon-2018-2>).
- Denny, Y. R., T. Firmansyah, Suhendar, and Andika. 2015. "Percanaan Sistem Integrated Smart Street Lighting Berbasis Komunikasi Wireless Zigbee." in *Digital Information & System Conference, Universitas Kristen Maranatha*.
- ECDC. 2021. "Vector-Borne Diseases." *European Centre for Disease Prevention and Control*. Retrieved (<https://www.ecdc.europa.eu/en/climate-change/climate-change-europe/vector-borne-diseases>).
- Ediana, D., Y. Fatma, F., and Uniliza. 2018. "Analisis Pengolahan Sampah Reduce, Reuse, Recycle (3R) Pada Masyarakat Di Kota Payakumbuh." *Jurnal Endurance* 3(2):238–46.
- Febrinastri, F. 2019. "Water Borne Diseseses Di Manokwari Akibat Sanitasi Air Yang Buruk." *Suara.Com*. Retrieved May 28, 2021 (<https://yoursay.suara.com/lifestyle/2019/04/06/120000/water-borne-diseases-di-manokwari-akibat-sanitasi-air-yang-buruk?page=all>).
- Greenpeace Indonesia. 2019. "Sampah Kemasan Makanan Dan Minuman Mendominasi." *GREANPEACE*. Retrieved April 23, 2021 (<https://www.greenpeace.org/indonesia/cerita/4238/sampah-kemasan-makanan-dan-minuman-mendominasi>).
- Gunawan, Glenna. 2019. "Modulasi Amplitudo." *Slides.Com*. Retrieved (<https://slideplayer.info/slide/12846678/>).
- Hakim, I. R., and B. Bandriyana. 2018. *Remanufaktur Komponen Alat Berat Pin Camfollower Untuk Mengatasi Efek Engine Noise Di PT. Komatsu Reman Indonesia*.
- Hasan, P. N. 2020. "Food Borne Disease." *Pusat Studi Pangan Dan Gizi Universitas Gadjah Mada*. Retrieved May 28, 2021 (<https://cfns.ugm.ac.id/2020/06/26/food-borne-disease/>).
- Helu, M., and D. Dornfeld. 2013. *Principles of Green Manufacturing*. New York: Springer Science+Business

Media.

- Hermann, M., T. Pentek, and B. Otto. 2015. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper No.01, Business Engineering Institute St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St.Gallen.*
- Hidayat, E., and L. Faizal. 2020. "Strategi Pengelolaan Sampah Sebagai Upaya Peningkatan Pengelolaan Sampah Di Era Otonomi Daerah." *Jurnal Politik, Hukum, Ekonomi Dan Kebudayaan Islam ASAS* 12(2):69–80.
- Juniartini, N. L. 2020. "Pengelolaan Sampah Dari Lingkup Terkecil Dan Pemberdayaan Masyarakat Sebagai Bentuk Tindakan Peduli Lingkungan." *Jurnal Bali Membangun Bali* 1(1).
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia. 2020. *Penetapan Standart Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Mesin Dan Perlengkapan Yang Tidak Dapat Diklasifikasikan Di Tempat Lain (YTDL) Bidang Industri Alat Berat Subbidang Remanufacturing, Nomor 235. Jak.*
- Khambali, I. 2019. *Pemanasan Global Dan Gangguan Kesehatan Serta Mitigasinya. In Seri : Pencemaran Lingkungan.* Surabaya: HAKLI Provinsi Jawa Timur.
- Kompasiana. 2021. "Perkembangan Dan Pertumbuhan Pada Masa Remaja." *Kompasiana.Com.* Retrieved (<https://www.kompasiana.com/belajaryages/5dafb94b0d823059fe5e50e2/essay-perkembangan-dan-pertumbuhan-pada-masa-remaja>).
- KumparanWoman. 2019. "Koleksi Daur Ulang Plastik Di Panggung Jakarta Fashion Week 2020." *Kumparan.Com.* Retrieved April 28, 2021 (<https://kumparan.com/kumparanwoman/koleksi-daur-ulang-plastik-di-panggung-jakarta-fashion-week-2020-1s8TOiCf7ei/full>).
- Kusminah, I. L. 2018. "Penyuluhan 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Replace) Dan Kegunaan Bank Sampah Sebagai Langkah Menciptakan Lingkungan Yang Bersih Dan Ekonomis Di Desa Mojowuku Kabupaten Gresik." *Jurnal Pengabdian Masyarakat LPPM Untag Surabaya* 3(1):22–28.
- Maolani, D. Y., and D. Ishak. 2018. "Implementasi Kebijakan Pemerintah Dalam Pengelolaan Sampah Di Kabupaten Dili Negara Timor Leste." *Jurnal KELOLA : Jurnal Ilmu Sosial* 1(2):117–30.
- Munot, M. A., and R. N. Ibrahim. 2013. "Remanufacturing Process and Its Challenges." *Journal of Mechanical Engineering and Science (JMES)* 4(4):488–95.
- Nestle. 2017. "Olah Limbah Jadi Berkah (Bagaimana Biogas Meningkatkan Kualitas Hidup Komunitas Peternak Sapi Perah." *Nestle Good Food, Good Life.* Retrieved May 23, 2021 (<https://www.nestle.co.id/kisah/biogas-tingkatkan-hidup-peternak>).
- Nongguan-Biotek. 2021. "Dampak Penggunaan Pupuk Kimia Yang Berlebihan." *Nongguan Biotek.* Retrieved May 23, 2021 (<https://www.nongguan-biotek.com/35-galeri/152-dampak-penggunaan-pupuk-kimia-yang-berlebih#:~:text=Jika dilakukan secara berlebihan%2C penggunaan,sendiri dan bukan menjadikannya subur.&text=Kondisi ini membuat organisme-organisme,me>).
- Novita, R. 2019. "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Timbulnya Penyakit Tular Nyamuk Terutama Limfatik Filariasis." *JHECDs (Journal of Health Epidemiology and Communicable Diseases)* 5(1):30–39.
- Paula, C., and F. Handoko. 2016. "Implementasi Reduce, Reuse, Recycle (3R) Untuk Memenuhi Kebutuhan Palet Pada PT. X." Pp. 7–11 in *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi Di Industri (SENATI).*
- Perpres Nomor 97 Tahun. 2017. *Tentang Kebijakan Dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah.*
- RI., Kemenkes. 2020. "Hingga Juli, Kasus DBD Di Indonesia Capai 71 Ribu." *Kemkes.Go.Id.* Retrieved May 26, 2021 (<https://www.kemkes.go.id/article/view/20070900004/hingga-juli-kasus-dbd-di-indonesia-capai-71-ribu.html>).
- Samidjo, J., and Y. Suharso. 2017. "Memahami Pemanasan Global Dan Perubahan Iklim." *IVET Teacherpreneur, Pawiyatan* 24(2):1–10.
- Shah, A. 2015. "Climate Change and Global Warming Introduction." *Global Issues, Social, Political, Economic*

- and Environmental Issues That Affect Us All*. Retrieved (<https://www.globalissues.org/article/233/climate-change-and-global-warming-introduction#StallingKyotoProtocolGetsPushbyRussia>).
- SIPSN. 2021. "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah." *Sipsn.Menlhk.Go.Id*.
- Subekti, S., P. Basuki, and S. D. Purwaningrum. 2020. "Pembakar Sampah Rendah Emisi Dengan Air Sebagai Filtrasi." *Neo Teknologi, Teknika : Jurnal Ilmiah* 1(1):1–6.
- Sulkan, M. 2019. *Pemanasan Global Dan Masa Depan Bumi*. Semarang.
- Susanto, A. 2017. *Manufaktur Yangg Berkelanjtan Pada Sampah Elektronik (E-Waste) Di Kota Pdang : Tinjauan Kasus Sampah Kulkas*.
- Syarifuddin, H., R. A. Sy, and D. Devitriano. 2019. "Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CH₄ Dan N₂O) Dari Sektor Peternakan Sapi Dengan Metode Tier-1 IPCC Di Kabupaten Muaro Jambi." *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmi Peternakan* 22(2).
- Tanoto, Y. Y., D. Wahjudi, and R. K. Njo. 2020. "Perancangan Proses Remanufaktur Pada Komponen Otomotif." *Jurnal Teknik Mesin* 17(1):11–16.
- Tempo.co. 2015. "Lima Hal Yang Perlu Anda Tahu Tentang COP21 Di Paris." *Tempo.Co*. Retrieved May 23, 2021 (<https://dunia.tempo.co/read/723149/lima-hal-yang-perlu-anda-tahu-tentang-cop21-di-paris>).
- Umumsetda, A. 2019. "3R (Reuse Reduce Recycle) Sampah." *Umumsetda.Bulelengkab.Go.Id*. Retrieved April 13, 2021 (<https://umumsetda.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/3r-reuse-reduce-recycle-sampah-49>).
- Wakiru, J., L., P., P. N., M., and C. P. 2018. "Maintenance Optimization : Application of Remanufacturing Anda Repair Strategies." *ScienceDirect* 1(1):899–904.
- Wasmund, R. 2017. "The Internet of Services in Industrie 4.0. Retrieved." *Conceptsystemsinc.Com*. Retrieved April 6, 2021 (<https://conceptsystemsinc.com/the-internet-of-services-in-industrie-4-0/>).
- Yahya, M. 2018. "Era Industri 4.0 : Tantangan Dan Peluang Perkembangan Pendidikan Kejuruan Indonesia." *Penguuhan Penerimaan Jabatan Professor, Universitas Negeri Makassar*.
- Yola, Melfa, and Nofirza Nofirza. 2019. "Perfomansi Keberlanjutan Manufaktur Pabrik Kelapa Sawit Di Riau." *Jurnal Teknik Industri* 5(2).
- Yudistirani, S. A., L. Syaufina, and S. Mulatsih. 2015. "Desain Sistem Pengelolaan Sampah Melalui Pemilahan Sampah Organik Dan Anorganik Berdasarkan Persepsi Ibu-Ibu RUMah Tangga." *KONVERSI* 4(2):29–42.

Biodata Penulis:



Atikha Sidhi Cahyana ST, MT. dilahirkan di Malang pada tanggal 18 Oktober 1978. Dalam bidang akademik, penulis menyelesaikan pendidikan formal yaitu di SDN Kebonsari 2 Malang, SLTPN 12 Malang, SMK kimia Industri Putra Indonesia Malang.

Penulis melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 1996 dan lulus pada tahun 2000.

Selama menempuh pendidikan S1 penulis merangkap sebagai asisten laboratorium Kimia Dasar, laboratorium Kimia Organik, dan laboratorium Operasi Teknik Kimia. Setelah itu, pada tahun 2001 penulis bekerja sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo sampai dengan sekarang.

Penulis melanjutkan program studi pada program magister di Jurusan Teknik Industri ITS berkat Beasiswa Program Pasca Sarjana (BPPS) dari DIKTI, berlanjut ditahun 2017 dengan studi S3 ditempat dan jurusan yang sama dengan beasiswa program pasca dalam negeri (BPPDN). Beberapa hibah riset dikti dan abdimas pernah didapatkan, demikian pula dengan buku. Buku ini merupakan buku ke tiga yang telah diselesaikan oleh penulis.



Indah Apriliana Sari Wulandari, ST., MT Lahir di Kota Magetan – Jawa Timur, pada tanggal 20 April 1984. Penulis telah menempuh pendidikan formalnya di SDN Trosobo II pada tahun 1989-1995, SMP Negeri 1 Taman (1995-1998), dan SMA Negeri 1 Taman (1998-2001). Pada tahun 2001, penulis melanjutkan Pendidikan Sarjana S1 pada program Studi Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional (UPN) “Veteran” Jawa Timur dan lulus di tahun 2005.

Setelah menyelesaikan Pendidikan S1 nya, penulis bekerja di PT. Pancawana Indonesia, pada Departemen Production Plan and Inventory Control (PPIC), yang merupakan perusahaan furniture export oriented. Berbekal pengalaman di perusahaan, penulis memantabkan diri untuk melanjutkan Pendidikan Magister (S2) tahun 2008, di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya, dengan konsentrasi Rekayasa Kualitas dan lulus pada

tahun 2011. Di tahun yang sama, penulis mulai pengajar pada universitas swasta di Surabaya sebagai dosen luar biasa. Dan pada tahun 2012 hingga 2020, penulis mengajar di Universitas 45 Surabaya. Namun sejak tahun 2020 hingga saat ini, penulis telah menetap di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA). Penulis pernah mendapatkan hibah penelitian dari Ristek Dikti sebanyak dua kali berturut-turut pada skim Penelitian Dosen Pemula, dan juga Hibah Kerja Sama Kurikulum MBKM..

ISBN 978-623-6292-43-3



9 786236 292433