

**Bahan ajar**

# **Pro Environmental Behavior**



**Vera Nova Lumban Raja  
Ahman Sya  
Samadi**



# Kata Pengantar

Dunia industri akan terus berkembang dengan kebutuhan penduduk yang semakin meningkat, akan banyak tantangan akan mengganggu kelestarian bumi kita yang indah ini. Maka diperlukan *Pro Environmental Behavior* yaitu perilaku yang pro lingkungan untuk mempunyai pengetahuan lingkungan, bersikap meminimalkan kerusakan alam dan memperbaiki apa yang telah rusak.

Penulis mengucapkan syukur pada Tuhan yang menciptakan dunia yang hijau dan lestari, karena telah diberi kesempatan untuk menuliskan buku sebagai bahan ajar yang berjudul "*Pro Environmental Behavior Industry*". Kiranya buku ini menjadi bahan ajar yang bermanfaat dan menjadi pedoman bagi dosen, mahasiswa Teknik Industri untuk mata kuliah Pengetahuan Lingkungan Industri. Bahkan bagi mahasiswa Fakultas Teknik program studi lainnya.

Saatnya untuk terus menerus menjaga alam untuk kelestarian bumi ini demi anak cucu kita.

Bekasi, 4 February 2022

Penulis.

# Daftar Isi

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
<b>BAB 1</b> .....	<b>1</b>
<b>Pendahuluan</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Teknik Industri</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 pendidikan Lingkungan</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Pencemaran Lingkungan dari Industri</b> .....	<b>6</b>
<b>Latihan</b> .....	<b>9</b>
<b>BAB 2</b> .....	<b>11</b>
<i>Pro Environmental Behavior</i> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Pengertian Pro Environmental Behavior</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Aspek Aspek Pro Environmental Behavior</b> .....	<b>14</b>
<b>Latihan</b> .....	<b>18</b>
<b>BAB 3</b> .....	<b>20</b>
<i>Green Manufacturing</i> .....	<b>20</b>
<b>3.1 Green Manufacturing</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2 Process of Green Manufacturing</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4 Green Technology</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5 Green Nanotechnology</b> .....	<b>28</b>
<b>Latihan</b> .....	<b>29</b>
<b>BAB IV</b> .....	<b>31</b>
<i>LIFE CYCLE ASSESSMENT</i> .....	<b>31</b>
<b>4.1 Pengertian Life Cycle Assessment ( LCA )</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2 Frame Work of Life Cycle Assement</b> .....	<b>34</b>
<b>Latihan</b> .....	<b>36</b>

<b>BAB V .....</b>	<b>37</b>
<b><i>ECO INDUSTRIAL PARK</i> .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Peran Industrialisasi .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4 <i>Eco Industrial Park</i> .....</b>	<b>38</b>
<b>Latihan .....</b>	<b>43</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### Tujuan Instruksional

1. Mahasiswa mengetahui dan memahami defenisi Teknik Industri
2. Mahasiswa mengetahui, memahami defenisi PendidikanLingkungan
3. Mahasiswa mengetahui dampak negative dari limbah industri.

### Pokok Bahasan

1. Teknik Industri
2. PendidikanLingkungan
3. Dampak Negataif dari limbah industri

### 1.1 Teknik Industri

Menurut buku “ *Maynard’s Industrial Engineering Handbook* “ Teknik Industri adalah bidang keilmuan yang merancang, memperbaiki dan pemasangan dengan system integral dari manusia , material , metode, informasi , mesin dan energi. Dan berdasarkan ilmu matematika, fisika dan ilmu social menerapkan prinsip dan metode analisis rekayasa dan merancang untuk mengetahui , meramalkan dan mengevaluasi hasil yang akan dicapai (Martin-Vega & Maynard, 2004). Teknik Industri adalah bagian dari disiplin engineering karena disiplin engineering pada program studi Teknik Industri ini membutuhkan kemampuan merancang yang menempatkan manusia dalam artian kemampuannya dalam bekerja serta perilakunya dalam berorganisasi sangat diperlukan. Tanpa pengetahuan itu perancangan system integrasi menjadi sulit dilakukan. Perkembangan disiplin Teknik Industri mengikuti perkembangan yang terjadi di dunia industri. Perubahan di dunia industri yang cepat akan terjadi semakin kuat di masa depan. Teknologi berkembang yang membawa perubahan pada cara system manufaktur beroperasi. Pengaruh teknologi terutama pada teknologi informasi akan membentuk cara operasi yang berbeda pada sistem manufaktur (Samadhi, 2012).

Kegiatan outsourcing yang semakin membesar sehingga memerlukan pengelolaan jaringan pemasok dalam satu koordinasi yang baik. Jaringan produksi ini sering memunculkan persaingan ke depan yaitu persaingan antar jaringan produksi. Dimana pentingnya jaringan ini yang disebut *supply chain* untuk jaringan pemasaran distribusi pemasaran yang harus dipelajari oleh perguruan tinggi pada program studi teknik industri. Jaringan produksi ini pada saat ini cenderung ada tekanan yang semakin kuat dari lingkungan hidup. Efisiensi sistem manufaktur menekankan persediaan yaitu frekuensi pengiriman bahan baku yang semakin tinggi. Akibatnya terjadi peningkatan transportasi yang dapat menimbulkan peningkatan emisi pencemaran. Ketersediaan bahan baku juga semakin menipis di alam sehingga diperlukan untuk menghemat bahan baku yang terkait dengan penghematan pemakaian yang berasal dari lingkungan. Kemudian juga memikirkan daur ulang bagian dari produk.

Dengan semakin meningkatnya perkembangan industri, baik industri migas, pertanian, maupun industri lainnya, maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi perairan, udara dan tanah yang disebabkan hasil buangan industri industri tersebut. Pada proses industrialisasi menyebabkan perubahan diberbagai bidang kehidupan, yaitu pola pendapatan masyarakat, sistem kerja penduduk dan limbah yang dibuang ke lingkungan sekitarnya (Mulyani & Muhammad Rijal, 2018). Di Indonesia daerah aliran sungai (DAS) Citarum di Jawa Barat menampung 60 persen pabrik tekstil, dan sungai tersebut merupakan salah satu sungai paling tercemar di dunia. Akibat dari industri tekstil ini, maka dibangun instalasi pengolahan air limbah industri di sepanjang sungai Citarum pada akhir tahun 1980 an tetapi proyek ini gagal untuk meningkatkan kualitas air (ILO, 2021).

Disiplin Teknik Industri harus belajar dalam perkembangan teknologi menuju pengurangan pemakaian bahan baku alam yang berhubungan dengan lingkungan sehingga melahirkan konsep konsep seperti *green manufacture*, *green supply chain*, *product life cycle management* dan yang lain sebagainya.

Pada saat ini proses industri harus mendukung pembangunan berkelanjutan dimana harus menjamin kebutuhan pasar dari penduduk yang semakin meningkat. Proses pengelolaan industri dianggap berkelanjutan dengan inovatif dan menjaga keselamatan dan pengolahan limbah (Abad-Segura et al., 2020). Karena aktivitas

industri dapat terus menerus merusak lingkungan dari waktu ke waktu yang berdampak terhadap lingkungan yang mengarah pada berbagai masalah kesehatan, ekologi dan lainnya. Mengingat pentingnya efek lingkungan pada proses industri diharapkan para insinyur dan orang yang bekerja di industri memiliki apresiasi dan pemahaman tentang dampak lingkungan dari proses industri tersebut (Singh & Kumar, 2017).

Dunia akan segera menghadapi banyak tantangan lingkungan atau sumber daya alam termasuk perubahan iklim global dan penipisan minyak untuk mengakomodasi konsumsi dari negara-negara maju (Palinkas & Wong, 2020). Permasalahan lingkungan hidup berakar dari perilaku manusia yang masih sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, salah satu penyebabnya adalah belum maksimalnya capaian pembelajaran lingkungan hidup pada dunia Pendidikan, dimana dampak dan hasil pendidikan lingkungan yang telah dilaksanakan di Lembaga pendidikan belum terlihat baik pada masyarakat maupun lingkungannya (IAIN Palopo, 2019).

## 1.2 Pendidikan Lingkungan

Menurut UNESCO pada Deklarasi Tbilisi pada tahun 1977 definisi Pendidikan Lingkungan adalah proses yang bertujuan untuk mengembangkan populasi dunia yang sadar dan peduli tentang seluruh lingkungan dan masalah yang terkait dan memiliki pengetahuan, sikap, motivasi, komitmen serta ketrampilan untuk bekerja secara individu dan kolektif menuju solusi masalah saat ini dan pencegahan yang baru (Boca & Saraçlı, 2019). Pendidikan Lingkungan (*Environmental Education*) menjadi alat untuk kelestarian lingkungan dalam suatu proses yang dapat mengubah tindakan manusia di alam berdasarkan pengetahuan multidisiplin yang mendukung pengambilan keputusan, dimana tujuannya untuk menghasilkan perubahan perilaku sosial dalam rangka pemulihan, konservasi dan pelestarian lingkungan (Castellanos, Queiruga-Dios, et al., 2020).

Pendidikan Lingkungan adalah ruang belajar dimana mengembangkan dan melatih mereka pada alam, misalnya belajar tentang tumbuhan yang dapat mengurangi pencemaran udara dan pencemaran suara. Aksi bersih sungai atau taman, dan mendaur ulang sampah. Serta belajar bagaimana menggunakan energi

yang tidak tercemar seperti energi matahari, energi dari angin dan energi dari air. Pendidikan Lingkungan juga harus mengembangkan etika dan memberi pengaruh terhadap lingkungan (Boca & Saraçlı, 2019). Bahkan Pendidikan Lingkungan adalah upaya untuk mengubah perilaku dan sikap yang dilakukan dan meningkatkan kesadaran tentang nilai nilai lingkungan dan isu permasalahan lingkungan untuk pelestarian dan keselamatan lingkungan sekarang dan masa yang akan datang (Liesnoor et al., 2014) .

Rusaknya lingkungan alam membuat keseimbangan lingkungan hidup mengalami ketimpangan dan dampak negatif dari rusaknya lingkungan alam yang terjadi bencana alam seperti banjir, tanah longsor , kebakaran , pengundulan hutan, pencemaran udara, air sungai , air laut dan tanah seperti pada gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1 Akibat Kerusakan Lingkungan



Menurut Castellanos pada mata pelajaran Pendidikan Lingkungan dibutuhkan kekuatan kurikulum untuk menghasilkan perubahan perilaku sosial dalam rangka mencapai konservasi dan pelestarian lingkungan (Castellanos, Queiruga-Dios, et al., 2020) , karena isu lingkungan yang dihadapi saat ini sudah menjadi isu yang diperbincangkan seperti perubahan iklim dan polusi. Dampak perubahan iklim adalah naiknya suhu bumi normal yang menyebabkan suhu ekstrim. , kekeringan , banjir, naiknya permukaan air laut dan penurunan produksi pangan serta penyakit menular (Tan, 2018)

Unsur unsur lingkungan hidup terdiri atas tiga golongan (Efbertias Sitorus, Erni Mohamad et al., 2021) yaitu :

### **1. Lingkungan Fisik (*Physical Environmental* )**

Lingkungan yang mencakup dan meliputi semua unsur dalam alam yaitu air , iklim, tanah , relief permukaan bumi

### **2. Lingkungan Biologi ( *Biological Environment* )**

Lingkungan yang mencakup segala sesuatu yang berada di sekitar manusia yang berupa organisme hidup lainnya dari manusia sendiri seperti hewan, tumbuh tumbuhan , jasad renik (plankton) dan lain lain.

### **3. Lingkungan Hidup Sosial ( *Social Environment* )**

Merupakan pantulan dari sifat social tiap tiap mahluk hidup, khususnya manusia dimana didalam kehidupannya menghasilkan budidaya yang disebut kebudayaan (*culture* ) . Oleh karena budaya adalah hasil karya manusia maka disebut lingkungan buatan manusia ( *man made environment* )

Lingkungan hidup memiliki arti kesatuan ruang dengan semua benda , daya, keadaan dan mahluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang memberi pengaruh pada perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta mahluk hidup lainnya. Prinsip prinsip pengelolaan lingkungan sebagai berikut (Wihardjo; & Rahmayanti, 2016):

- a. Mencapai kelestarian hubungan manusia dengan lingkungan hidup sehingga dapat membangun manusia seutuhnya
- b. Mewujudkan manusia sebagai bagian lingkungan hidup dan tidak akan dapat dipisahkan

- c. Mengendalikan pemanfaatan sumber daya secara bijaksana dan diolah secara optimal semata demi kesejahteraan masyarakat
- d. Melaksanakan pembangunan berwawasan lingkungan untuk generasi yang akan datang.

Perlunya pengkajian ulang terhadap Pendidikan Lingkungan Hidup terhadap pelaksanaan dan strategi pembelajaran dan penyediaan pengalaman belajar peserta didik ,untuk mencari alternatif bentuk model pembelajaran dan menumbuhkan kesadaran masyarakat dari berbagai lapisan mulai dari tingkat Pendidikan Dasar hingga Pendidikan Tinggi (Retnowati, 2019).

### **1.3 Pencemaran Lingkungan dari Industri**

Masalah pencemaran lingkungan kini dirasakan semakin meningkat karena tidak adanya pembuangan limbah secara khusus dari beberapa industri dan pola tata industri yang belum teratur, bahkan buangan limbah domestik yang masih dibuang secara langsung ke sungai seperti mandi, cuci dan kakus (Mulyani1 & Muhammad Rijal, 2018) .

Beberapa pencemaran karena industri saat ini yang merusak lingkungan dan juga mengganggu kesehatan adalah :

1. Pencemaran terhadap air dan tanah karena pembuangan limbah industri, seperti pabrik gula yang mencemari daerah aliran sungai dan menyebabkan ikan ikan mati karena terkontaminasi kandungan limbah dan air sumur warga rakyat di sekitar tempat pabrik tersebut (Marizka & Faidati, 2020) seperti pada gambar 1.2 .
2. Pencemaran pendengaran karena kebisingan dari getaran mesin pabrik yang terjadi saat beroperasi. Industri batu alam merupakan industri yang menggunakan proses pemotongan batu dengan mesin sizing dimana suaranya sangat bising dan dapat mengganggu telinga dari pekerja, yang dapat menyebabkan tuli tidak mendengar (Egziabher & Edwards, 2013)



Sumber (Marizka & Faidati, 2020)

Gambar 1.2 Ikan Ikan Mati Akibat Limbah Industri

3. Pencemaran radioaktif seperti pada bencana industri nuklir Chernobyl di Rusia yang menyebabkan kematian dan kasus penyakit kanker thyroid , gambar 1.3 menunjukkan korban Chernobyl (Alatas, 2014).Kecelakaan nuklir yang paling parah dalam sejarah industry nuklir yang terjadi pada tanggal 26 April 1986.



Sumber : (Alatas, 2014)

Gambar 1.3 Korban Bencana Industri Nuklir Di Che

4. Pencemaran udara dan bau dari cerobong cerobong asap dari pabrik seperti pabrik aspal yang mengganggu kenyamanan dan kesehatan warga sekitarnya karena baunya serta tanaman yang selalu terselimuti oleh asap . Seperti yang terjadi pabrik aspal di Banyumas (Dampak Polusi Pabrik Aspal Warga Banyumas, n.d.) terlihat pada gambar 1.4 di bawah ini.



Sumber :*(Dampak Polusi Pabrik Aspal Warga Banyumas, n.d.)*

Gambar 1.4 Pencemaran Lingkungan karena Industri Aspal

5. Pencemaran air laut dan danau karena berbagai oli bekas dan jenis jenis kimia yang dibuang oleh industri, seperti yang terlihat pada gambar 1.5 di bawah ini.



Sumber internet

Gambar 1.5 Pencemaran Air Laut karena Limbah Industri

## Latihan

1. Apakah defenisi Teknik Industri dalam dunia manufaktur?
2. Apakah Industri yang berkembang saat ini dapat merusak lingkungan ? Bila merusak lingkungan mengapa?
3. Mengapa mahasiswa Teknik Industri perlu belajar PendidikanLingkungan.
4. Mengapa terjadi banjir bandang, industri apakah yang membuat terjadinya banjir bandang tersebut?
5. Sebutkan kerusakan lingkungan akibat limbah industri pada air laut, sungai, danau
6. Penyakit apakah yang timbul akibat ledakan industri nuklir di Chernobyl saja dampak industri karena rusaknya lingkungan di sekitar kita?
7. Diskusi kelompok :  
Bagaimana memberi pengetahuan lingkungan agar meningkat perilaku pro lingkungan bagi masyarakat. Berikan contoh dan apa yang harus dilakukan.



# **BAB 2**

## ***PRO ENVIRONMENTAL BEHAVIOR***

### **Tujuan Instruksional**

1. Mahasiswa memahami pengertian dan defenisi Pro Environmental Behavior
2. Mahasiswa memahami aspek aspek Pro Environmental Behavior

### **Pokok Bahasan**

1. Pengertian Pro Environmental Behavior
2. Aspek Aspek Pro Environmental Behavior

### ***2.1 Pengertian Pro Environmental Behavior***

*Pro Environmental Behavior* merupakan perilaku atau tindakan manusia untuk mengurangi ataupun meminimalisir kerusakan lingkungan dan memperbaiki lingkungan dengan cara penghematan energi, mobilitas dan transportasi yang efisien dan ramah lingkungan.

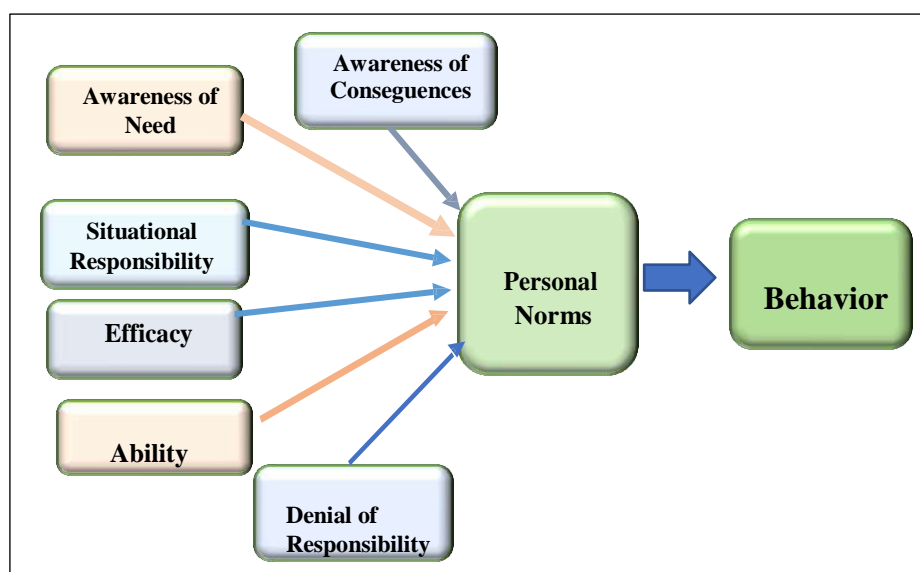
Untuk menumbuhkan Perilaku Pro Lingkungan (*Pro Environmental Behavior*) pada konsumen muda di negara berkembang diberikan wawasan dengan pengaruh sosial dan pengetahuan lingkungan adalah sangat signifikan dan menggunakan mediasi lebih unggul hasilnya (Simiyu et al., 2022). Karena mahasiswa adalah generasi muda dari masyarakat maka mereka membutuhkan pengetahuan untuk solusi mengubah perilaku pro lingkungan. Mereka yang akan menanggung beban akibat kecerobohan masa lalu dan masa kini terhadap lingkungan alam ini. Melalui sikap *self efficacy* dapat membantu untuk meningkatkan kemungkinan Perilaku Pro Lingkungan (*Pro Environmental Behavior*) di masyarakat (Shafiei & Maleksaeidi, 2020).

Untuk mendorong keberlanjutan perilaku pro lingkungan di institusi Pendidikan Tinggi adalah menciptakan masa depan yang memahami masalah lingkungan dan membuat keputusan yang terkait dengan ekologi dan memberi contoh

praktek praktek hijau sebagai institusi dalam komunitas. Dengan mekanisme integrasi informasi kurikulum interdisipliner dan program penjangkauan masyarakat (M. I. Effendi et al., 2020).

Menurut para ahli ada tiga teori untuk menjelaskan *Pro Environmental Behavior* sebagai berikut di bawah ini :

### 1. *Norm Activation Model* ( NAM )



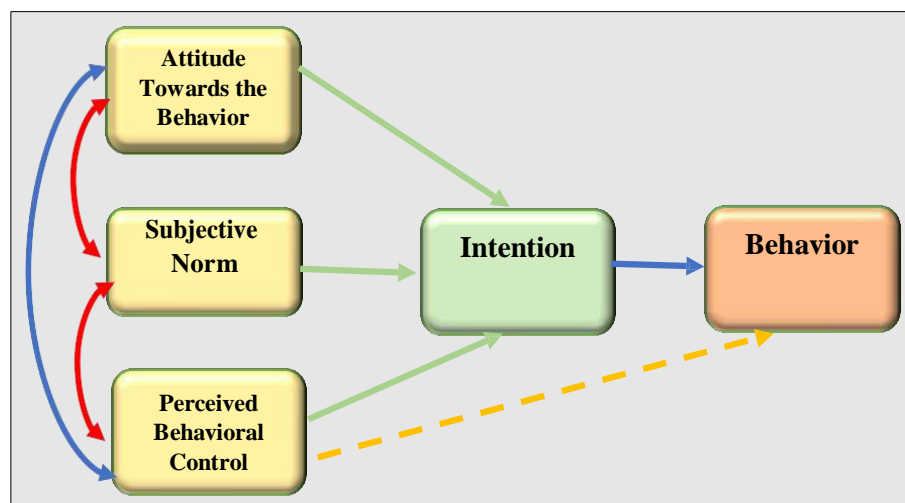
Sumber (Date et al., 2013)

**Gambar 2.1. *Norm Activation Model* ( Schwartz,1997)**

*Norm Activation Model* adalah model aktivasi Norma yang digunakan untuk menganalisis factor penyebab perilaku lingkungan individu (Fakih & Sa'id, 2021). Menurut teori ini aktivasi norma mengacu pada proses dimana individu mengembangkan diri tentang perilaku pro sosial yang disebut *Norm Personal*( norma pribadi). Proses aktivasi norma terdiri dari empat factor situasional atau activator yaitu *awareness of needs* (kesadaran akan kebutuhan), *situational responsibility* (tanggungjawab situasional), *efficacy* ( kemandirian) , *ability* (kemampuan ) dan dua activator sifat kepribadian yaitu *awarenesses of consequences* (kesadaran akan konsekuensi ) dan *denial of responsibility* (penolakan tanggung jawab)

Teori ini dikelompokkan pada dua katategori perilaku yaitu perilaku seperti konservasi energi atau daur ulang dan perilaku untuk mendukung perlindungan lingkungan seperti kesediaan untuk menandatangani petisi (Macovei, 2015) .

## 2. Theory of Planned Behavior (TPB)



Sumber (Ajzen, 1991)

**Gambar 2.2 Theory of Planned Behavior**

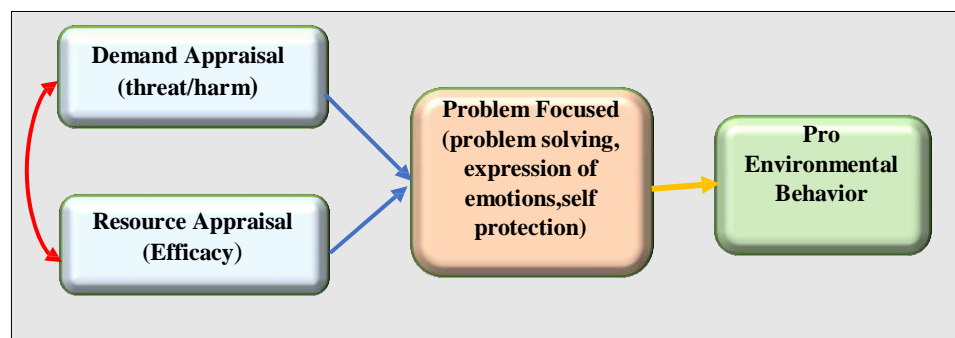
*Theory of Planned Behavior* (Ajzen, 1991) menyatakan munculnya perilaku tergantung oleh beberapa faktor yaitu :

- a) *Attitude Towar Behavior* adalah keyakinan seseorang tentang apakah suatu perilaku dapat memberi kontribusi negative atau positif terhadap kehidupan individu tersebut. Juga meliputi apakah suatu perilaku tersebut menyenangkan atau tidak menyenangkan pada individu tersebut.
- b) *Subjective Norm* adalah factor jaringan sosial , norma budaya atau kepercayaan kelompok yang ada disekitar individu, dapat juga berupa dengan apakah orang disekitarnya positif terhadap perilaku yang akan dilakukan individu tersebut atau apakah orang disekitarnya akan melakukan perilaku yang sama dengan individu tersebut.
- c) *Perceived Behavioral Control* yaitu keyakinan individu tentang seberapa mudahnya atau sulitnya untuk menunjukkan suatu perilaku, hal ini juga berhubungan dengan apakah individu tersebut sanggup dan percaya diri dalam melakukan suatu perilaku tertentu.
- d) *Intention* adalah sebagai gerbang antara ketiga factor tersebut , sehingga semakin positif ketiga factor tersebut semakin besar intention individu tersebut yang berujung pada behavior atau suatu perilaku .



### 3. Teori Kognitif

Menurut teori kognitif terlihat pada gambar 2.3 bahwa terdapat beberapa variable yang relevan untuk memprediksi perilaku pro lingkungan, meliputi dengan appraisal yaitu pemantauan dan atau penilaian terhadap peristiwa yang bersifat mengancam atau berbahaya oleh masing masing individu, *resource appraisal* yaitu yaitu suatu perhatian untuk mencegah peristiwa yang bersifat berbahaya dan *problem focused coping* yaitu pemecahan masalah (Homburg & Stolberg, 2006).



Sumber (Homburg & Stolberg, 2006)

**Gambar 2.3 Teori Kognitif**

Kollmuss mendefinisikan *Pro Environmental Behavior* adalah perilaku yang tumbuh secara sadar untuk meminimalkan dampak negative dari tindakan seseorang di alam dan pembangun seperti meminimalkan penggunaan sumber daya , penghematan konsumsi energi, penggunaan bahan yang tidak beracun, pengurangan produksi sampah. Jenis perilaku dapat diberi label sebagai perilaku pro lingkungan yang diarahkan pada tujuan perilaku dimana orang melakukan dengan tujuan eksplisit untuk sesuatu yang bermanfaat bagi lingkungan (Homburg & Stolberg, 2006)(Febriyanti, 2019)

## 2.2 Aspek Aspek *Pro Environmental Behavior*

Pro lingkungan hidup adalah suatu sikap yang menunjukkan bahwa seseorang sangat peduli pada keselarasan dengan alam . Menurut Kaiser dan Wilson perilaku pro lingkungan terdapat enam aspek (Pronityastut, 2017), yaitu :

### 1) *Energy Conversion (Konversi Energi)*

Konversi energi terkait dengan perilaku dan atau tindakan tindakan yang bertujuan untuk menghemat energi . Contoh mematikan AC apabila keluar ruang lebih dari 4 jam, mematikan lampu bila menjadi orang terakhir yang keluar dari ruangan,dll. Gambar 2.4 di bawah ini menunjukkan yang menghemat energi listrik .



**Gambar 2.4 . Konversi Energi Menghemat Listrik**

### 2. *Mobility and Transportation (Mobilitas dan Transportasi)*

Mobilitas dan transportasi terkait dengan perilaku dan atau tindakan tindakan yang bertujuan untuk menggunakan alat transportasi secara efektif dan efisien, misalnya menggunakan transportasi umum, jalan kaki atau naik sepeda untuk jarak yang dekat.

### 3. *Recycling (Daur Ulang)*

Daur ulang terkait dengan dan atau tindakan tindakan yang bertujuan untuk mendaur ulang bahan bahan yang sudah tidak terpakai, misalnya mengumpulkan kertas yang sudah tidak terpakai untuk didaur ulang menjadi kertas , menggunakan buku tulis yang sudah terpakai dan masih ada yang kosong dibuat menjadi catatan catatan. Dalam industri paving block bahan bakunya dari plastic seperti pada gambar 2.6 di bawah ini.



**Gambar 2.6 Industri *Paving Block* Bahan Baku dari Plastik Bekas**

#### **4. *Waste Avoidance* (Menghindari Limbah)**

Menghindari limbah adalah terkait dengan perilaku dan atau tindakan tindakan yang bertujuan untuk mengurangi pemakaian barang barang yang dapat menghasilkan limbah dan menggunakan barang barang lama untuk dipakai kembali ,seperti memakai plastik sedikit mungkin atau tidak sama sekali, membeli produk jenis isi ulang.

#### **5. *Consumerism* ( Konsumeris)**

Konsumeris adalah terkait dengan perilaku dan atau tindakan yang bertujuan untuk memilih dan menggunakan produk produk yang ramah lingkungan , misalnya memakai *produk organic*, menggunakan bahan alami untuk mengatasi hama, menggunakan pupuk dari hewani atau kompos.

#### **6. *Vicarious ,social behavior toward conservation* ( Konservasi )**

Perilaku dan atau tindakan tindakan yang secara umum tidak merugikan bagi lingkungan di sekitarnya. Juga terlibat pada suatu organisasi lingkungan hidup , belajar tentang isu isu lingkungan melalui berbagai media dan lain lain. Misalnya ketika piknik meninggalkan tempat tersebut dengan kondisi bersih seperti sebelumnya. Gambar 2.5 di bawah pantai Ancol yang penuh sampah botol dan bungkus makanan plastik



Sumber dokumen pribadi

**Gambar 2.5 . Sampah di Tepi Pantai Ancol**

Menurut Larson(Larson et al., 2015) ada empat kategori *Pro Environmental Behavior* sebagai berikut di bawah ini :

**1. *Environmental Social***

Environmental social adalah yang terkait dengan perilaku atau tindakan masyarakat yang berlandaskan pada ide atau paham untuk berpartisipasi dalam mengatasi isu isu lingkungan. Hal ini dapat dilaksanakan melalui upaya upaya mensosialisasikan atau mendidik orang lain tentang isu isu lingkungan.

**2. *Land Management (Pengelolaan Tanah)***

Pengelolaan tanah adalah yang terkait dengan perilaku atau tindakan dalam upaya peningkatan kualitas habitat tanah pribadi dan atau umum, kegiatan satwa liar dan sejenisnya

**3. *Lifestyle (Gaya Hidup)***

Gaya hidup adalah yang terkait untuk mendukung konservasi yang terkait dengan perilaku atau tindakan yang bertujuan untuk mendukung upaya konservasi seperti melakukan daur ulang, menghemat air dan energi , meminimalkan timbunan sampah dan menggunakan barang barang yang *Eco Friendly* .

#### 4. *Citizenship* ( Kewarganegaraan )

Kewarganegaraan yang peduli lingkungan yang terkait dengan perilaku atau tindakan yang bertujuan untuk berpartisipasi dalam proses pengambilan kebijakan yang terkait dengan lingkungan hidup.

Universitas memainkan peran yang relevan untuk menyelesaikan masalah krisis social lingkungan saat ini, diperlukan persiapan untuk mahasiswa untuk menghadapi tantangan seperti perubahan iklim, degradasi sumber daya alam, konflik territorial yang timbul dari perluasan perbatasan pertanian, sampah limbah padat, pencemaran air. Pengajaran harus menjadi agen perubahan utama untuk menangani masalah yang berkaitan lingkungan seperti konsumsi yang bertanggungjawab, konservasi keanekaragaman hayati, atau ekonomi (Castellanos, 1, et al., 2020)

### Latihan

1. Apakah pengertian dari Pro Environmental Behavior itu ?
2. Bagaimana menumbuhkan Pro Environmental Behavior bagi mahasiswa ?
3. Sebutkan tiga teori Pro Environmental Behavior , jelaskan maksudnya.
4. Life style yang bagaimana untuk mendukung Pro Environmental Behavior?
5. Bagaimana seharusnya bila piknik ke pantai , apakah kita membuang sampah sembarangan ke pantai ? Terangkan dengan beberapa alasan.
6. Apakah yang kita lakukan untuk menghemat energi ketika berada di rumah ?
7. Sebutkan contoh cara untuk menghemat bahan baku dalam kehidupan sehari hari?



# BAB 3

## *Green Manufacturing*

### **Tujuan Instruksional**

1. Mahasiswa mengetahui dan memahami konsep serta tujuan dari proses *Green Manufacturing*
2. Mahasiswa mengetahui dan memahami konsep dan tujuan *Green Design*
3. Mahasiswa mengetahui dan memahami konsep dan tujuan *Green Technology*

### **Pokok Bahasan**

1. *Green Manufacturing*
2. *Green Design*
3. *Green Technology*

### **3.1 *Green Manufacturing***

*Green Manufacturing* adalah metode industri yang meminimalkan limbah dan polusi, memperlambat menipisnya sumber daya alam dan mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Teknologi manufaktur hijau menghemat energi dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku yang tidak dapat diganti melalui desain produk dan proses yang berkelanjutan (Almansoori et al., 2021).

Penggunaan *System Green Manufacturing* memiliki keunggulan seperti dapat mengurangi biaya dan bekerja memakai energi angin dan matahari, dimana penggunaan tenaga angin dan matahari untuk mengurangi kebutuhan listrik dan biaya penggunaan listrik, mengurangi biaya bahan mentah dan dapat mengurangi limbah B3 yang mencemari lingkungan (Qi et al., 2017).

*Green Manufacturing* (Amaranti et al., 2017) berkaitan dengan Sustainable Manufacturing yang diartikan sebagai penciptaan produk yang bernilai ekonomis melalui proses yang meminimalkan dampak negative terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam serta melestarikan sumber daya alam dan energi untuk menjamin ketersediaan dimasa yang akan datang. Proses yang dilakukan harus juga aman bagi karyawan, masyarakat dan konsumen.

Menurut para ahli strategi dari *Green Manufacturing* adalah sebagai berikut (Qi et al., 2017) :

**a) *Reduce Source***

Tujuan dari strategi pengurangan sumber bahan baku adalah :

- a. Mengurangi jumlah sampah atau meminimalkan limbah yang dihasilkan.
- b. Mengubah pola pembelian produk oleh konsumen terhadap produk yang dijual
- c. Mengurangi kemasan produk
- d. Kurangi ukuran dan berat produk
- e. Meningkatkan kesinambungan dan perbaikan produk
- f. Proses manufaktur yang efisien untuk mengurangi limbah yang dihasilkan
- g. Mendorong organisasi untuk mengadopsi teknik pengurangan limbah modern

**b) *Recycle***

Metode daur ulang adalah barang barang bekas dikumpulkan , disortir, atau diperbaiki dengan cara yang hemat biaya dan bermanfaat secara ekologis dari pengumpulan sampah . Metode daur ulang dapat mengurangi biaya bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Membantu mempromosikan pembangunan berkelanjutan dengan sumber eksploitasi sumber daya alam, serta menciptakan kemungkinan pekerjaan baru

**c) *Reuse***

Strategi untuk penggunaan kembali didefinisikan sebagai proses dimana produk dan bahan dipulihkan untuk digunakan setelah akhir masa pakai produk. Strategi ini memberikan kesempatan terbaik untuk manfaat dari produk dan bahan lagi dan memberi manfaat ekonomi yang nyata. Manfaat penggunaan kembali adalah mengurangi polusi dengan membuang limbah dengan pembakaran , pelestarian zat alami, mengurangi ketergantungan pada bahan mentah yang diimpor, menyediakan peluang industri baru dan menyesuaikan prinsip penghematan energi dan kesempatan kerja baru.

### **3.2 *Process of Green Manufacturing***

Proses dari *Green Manufacture* seperti terlihat pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut , yaitu :

- a) *Design* adalah desain untuk prinsip prinsip lingkungan , pengurangan zat beracun , pembuatan prototipe cepat dan dapat di daur ulang.
- b) *Procure* adalah bagian pengadaan dimana dibutuhkan kepatuhan bagian pemasok , resirkulasi kemasan dan pasokan yang eko efisien
- c) *Manufacture* adalah manufaktur yang hemat sumber daya, hemat energi, bebas emisi toksida, dan aman
- d) *Packaging and Distribution* adalah bagian pengemasan dan distribusi yang dapat dikembalikan, dapat digunakan Kembali dan di daur ulang
- e) *Consumer Use to End of Life* adalah penggunaan produk hingga masa akhir pakai artinya andal hingga akhir masa pakai, biaya energi rendah, penggunaan bebas emisi, penggunaan konsumsi rendah
- f) *Remanufacture* adalah produksi ulang dengan menggunakan bahan kembali , membongkar , bahan satu jenis, biaya pembuangan rendah.



Gambar 3.1. Green Manufacturing

### 3.3 *Green Design*

*Green design* bertujuan untuk mencapai keberlanjutan pembangunan ekonomi dan social. Pemahaman tentang antara manusia dan alam yang melakukan inovasi yang komprehensif dalam berbagai aspek dalam seluruh proses desain untuk mewujudkan pemanfaatan sumber daya alam secara terus menerus dan memperbaiki lingkungan ekologi, dan peningkatan kualitas hidup (Yuan & Tang, 2021).



Tujuan dari konsep *green design* adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi dampak negatif dari limbah produk yang tidak dapat di daur ulang mulai dari proses produksi hingga hasil akhirnya
2. Memaksimalkan pemanfaatan sumber sumber energi terbarukai pada produk yang dihasilkan , sehingga dapat mengurangi emisi yang menyebabkan pemanasan global
3. Meminimalkan penggunaan bahan bahan yang dapat membahayakan lingkungan.

Prinsip dari *Green Design* menurut Yuan dan Tang pada jurnalnya “ *The Principles in Green Desain* “ bila saat ini ada 3 R ( Reduce, Reuse, Recycle) telah menjadi prinsip dasar dari *green design* di internasional yang diakui , tetapi karena desain sumber dari semua produk produksi dan penggunaanya maka prinsip 10 R harus digunakan sebagai panduan untuk green design dari seluruh proses siklus hidup produk dari sumbernya. Prinsip dari 10 R sebagaimana terlihat pada gambar 3.2 di bawah ini (Yuan & Tang, 2021).



Sumber (Yuan & Tang, 2021)

**Gambar 3.2** *The 10 R Principles in Green Design*

Adapun prinsip 10 R dalam *green design* adalah sebagai berikut :

### 1. *Reduce*

Cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan ,desain produk untuk konsumen dibuat berbeda seperti usia, jenis kelamin, pekerjaan, pendidikan. Desain juga

harus sederhana dan kualitas produk yang andal. Kegiatan desain harus hemat dan efisien misalnya dengan desain digital (CAD), mesin CNC, virtual Prototipe (VR,AR),pencetakan 3D.

## **2. Reuse**

Untuk membuat produk yang dapat digunakan kembali berkali kali dan tahan lama produk harus meningkatkan keandalan suku cadang , dan memperpanjang umur produk dan periode jaminan kualitas. Bagian yang dapat digunakan kembali untuk diperbaiki harus sederhana proses daur ulangnya dan nilai daur ulang meningkat. Menghindari produk sekali pakai walaupun biaya kinerja produk rendah namun konsumsi pencemaran lingkungan tinggi dan ini harus dibatasi. Desain produk harus diusahakan standardisasi, serialisasi, generalisasi dan modularisasi.

## **3. Recycle**

Untuk mendaur ulang barang dengan membuang lagi sehingga mereka menjadi sumber daya yang berguna daripada barang yang dibuang. Ada dua kasus daur ulang yaitu yang pertama produk limbah didaur ulang untuk menghasilkan jenis konsumsi produk baru yang sama, seperti kertas daur ulang, yang kedua daur ulang sekunder dimana sumber limbah diubah menjadi bahan mentah untuk produk lain seperti campuran berbagai warna plastic untuk meregenerasi produk plastik hitam.

## **4. Renew**

Bahan dan energi produk harus hijau dan terbarukan. Hanya memilih bahan terbarukan , terdegradasi dan bahan hijau ,bebas polusi dan energi hijau , desain hemat, sumber daya dan ramah lingkungan dapat sepenuhnya terwujud. Contohnya seperti listrik dari tenaga surya pada kendaraan dan pembangkit tenaga listrik , angin ,gelombang laut, tenaga air, tenaga surya dan panas bumi merupakan energi merupakan energi terbarukan dan dapat dimanfaatkan. Biofuel energi yang berasal dari tanaman yang memiliki kadar gula tinggi seperti kelapa sawit, jarak dan ganggang.

## **5. Rechargeable or Refill**

Mengharuskan konsumsi atau energi suatu produk menjadi diisi ulang atau isi ulang setelah habis . contoh roket tradisional hanya untuk sekali pakai setelah diluncurkan mendarat jatuh kembali ke tanah atau terbakar di atmosfer. Ini seringkali menyisakan beberapa pecahan pecahan logam, Setelah diperbaiki dan

diisi bahan bakar dapat diluncurkan Kembali. Roket ini terus didaur ulang, dan ini sangat mengurangi biaya peluncuran dan bermanfaat untuk melindungi lingkungan.

#### **6. *Repair or Remedy***

Bagian produk yang aus harusnya mudah untuk diperbaiki bila rusak, jadi produk harus didesain untuk mudah dibongkar terutama bagi pemakai produk. Karena itu pada tahap desain struktur produk harusnya dipertimbangkan untuk pembongkaran yang mudah yaitu design for dis-assembly.

#### **7. *Remanufacture or Recover***

Desain siklus hidup produk bertujuan untuk pemulihan dan peningkatan kinerja produk limbah dengan panduan prinsip prinsip kualitas tinggi , efisiensi tinggi , hemat energi, hemat bahan dan perlindungan lingkungan, teknologi perbaikan dan mengubah produk limbah.

Teknologi desain hijau remanufaktur meliputi :

- a) Menyederhanakan proses dan membuat yang rumit menjadi sederhana
- b) Kinerja produk limbah mudah dideteksi dan pulih
- c) Produk bekas langsung dipulihkan
- d) Peralatan remanufaktur dan desain proses hijau harus didesain untuk remanufaktur.
- e) Teknologi kontrol kualitas remanufaktur

#### **8. *Replace or Replant***

Semua bagian produk dan input dan keluaran menjadi universal, standar, dan dipertukarkan. Dengan syarat :

- a) Standar produk harus general.
- b) Menggantikan desain bahan habis pakai dengan yang baru dan desain hemat energi
- c) Mencoba tambahkan fungsi baru yang dapat digunakan yang berhubungan dengan produk lain sementara produk berfungsi independent

#### **9. *Reclear or Refine***

Untuk bagian produk yang kotor dapat dibersihkan dan dimurnikan kembali agar dapat dipakai kembali dan tidak dibuang. Untuk ini diperlukan desain pemilihan pencucian yang dapat dilepas.

### **10. Remove**

Sejak adanya industri manusia telah banyak mengeluarkan sampah, air limbah dan gas buang yang telah merusak keseimbangan ekologi lingkungan, untuk ketiga limbah harus dibuang agar lingkungan bersih. Metode yang digunakan saat ini adalah sebagai berikut :

- a) *Carbon Capture and Storage (CCS)* termasuk proses penangkapan, pengangkutan dan penyimpanan CO<sub>2</sub>
- b) *Direct Air Capture ( DAC )* yaitu menangkap CO<sub>2</sub> langsung dari udara. Ini dapat mengurangi perubahan iklim dan CO<sub>2</sub> yang ditangkap dapat digunakan untuk mentransfer *Low carbon synthetic fuels ( A2F)*
- c) *Biomass Energy for Carbon Capture and Storage ( BECCS )* yaitu menggunakan biomassa untuk menghasilkan energi terbarukan. Biomassa terbentuk atau diturunkan melalui fotosintesis dan menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer. Biomassa tersebut kemudian diolah menjadi bahan bakar hijau.

Pada dasarnya Green Desain adalah perlindungan terhadap lingkungan dan energi konservasi.

### **3.4 Green Technology**

*Green Technology* yang disebut teknologi hijau adalah teknologi yang merangkum apapun yang diciptakan untuk ramah lingkungan mulai dari lini produksi hingga penggunaannya. Ini adalah bentuk teknologi yang terus berkembang yang bertujuan untuk mengurangi beban sumber daya alam , karena manusia mengkonsumsi lebih cepat daripada yang dapat diisi ulang. Dengan tujuan utama Green Tech untuk mengendalikan perubahan iklim , melindungi lingkungan alam, mengurangi ketergantungan kita pada sumber daya yang tidak dapat diperbarui seperti bahan bakar fosil, dan menyembuhkan kerusakan yang terjadi pada lingkungan.

*Green Technology* (Qamar & Ali, 2021) mengacu pada penerapan teknik, ketrampilan, metode dan setiap proses dan semua tujuan praktis atau tujuan tertentu seperti penyelidikan ilmiah atau penelitian . Teknologi yang ramah lingkungan dalam produksi , rantai pasok atau penggunaan. Terus menerus mengembangkan produk, system atau peralatan yang kurang membebani lingkungan alam dan sumber dayanya yang membatasi dan mengurangi efek negative latihan dari manusia.

Penggolongan *Green Technology* dalam berbagai tipe yang disesuaikan dengan penerapannya antara lain :

### 1) *Green Energi*

Menekan angka pencemaran karbon ke udara dengan mengurangi penggunaan bahan bakar energi yang berasal dari fosil. Penerapan dibidang energi dengan contoh *renewable energy* antara lain *waste to energy*, *biomass energy*, *hydro energy*, *wind energy*, *solar energy* dan *geothermal energy*. Seperti tenaga air, tenaga surya sebagai sumber listrik. Penggunaan limbah tanaman jarak, tebu, ketela, jagung untuk bahan bakar. Pemanfaatan biogas dari limbah organik dan kotoran ternak dimanfaatkan menjadi pengganti bahan minyak tanah , kayu bakar dan sebagai penggerak generator gas untuk pembangkit listrik. Gambar 3.3. di bawah ini proses pembuatan biogas dari kotoran sapi , dimana biogas ini dimanfaatkan sebagai sumber energi pengganti listrik dan gas elpiji. Dengan penggunaan teknologi sederhana mengantisipasi kelangkaan bahan bakar dan sebagai aksi pengendalian pencemaran lingkungan.



Gambar 3.3. Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi.

## 2) *Green Building*

Konsep green building atau bangunan ramah lingkungan adalah meminimalkan penggunaan lampu dengan memanfaatkan cahaya alami, meminimalkan penggunaan mesin pendingin ruang dan air dengan mengefektifkan desain bangunan, pengelolaan limbah “closed cycle” untuk Gedung tempat tinggal . menyediakan ruang terbuka hijau untuk tiap bangunan/ gedung yang dibangun, penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan dan tahan lama.

## 3) *Green Chemistry*

Konsep green chemistry adalah mendorong desain dari produk untuk mengurangi penggunaan dan penghasil zat zat kimia. Contoh penerapan konsep green chemistry antara lain vitamin C ( asam askorbat) untuk proses pembuatan polimer, gula dan minyak sayur sebagai bahan cat, gula pati dan selulosa sebagai bahan bakar, pemakaian enzim untuk pembuatan bahan dasar kosmetik, kacang kedelai sebagai bahan pembuatan toner printer dan pembuatan lem perekat. Pertanian organik merupakan proses produksi yang didasarkan atas proses pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan senyawa kimia yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

## 3.5 *Green Nanotechnology*

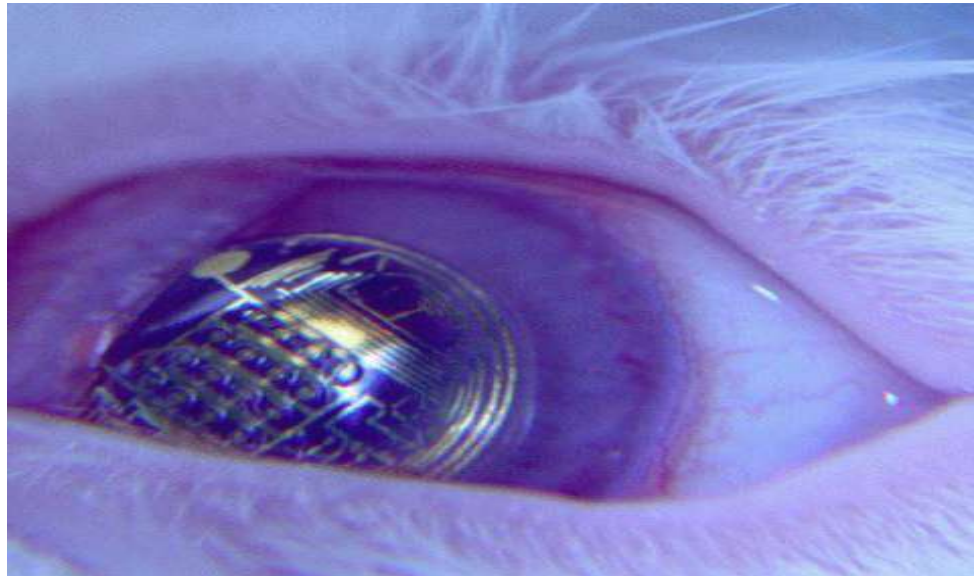
Green Nanotechnology bertujuan memproduksi material nano dan produk tanpa merugikan lingkungan dan atau kesehatan manusia. Nanoteknologi dapat mengubah proses manufaktur dalam dua cara yaitu pertama dengan menggunakan nanoteknologi dapat mengontrol dan efektif untuk mengurangi limbah secara drastis , kedua adalah menggunakan bahan nano sebagai katalis akan lebih efisien baik dalam proses manufaktur saat ini dan akan datang mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan racun dan menghasilkan produk sampingan dan limbah yang tidak diinginkan. Teknologi nano hijau mampu meningkatkan daya tahan baterai dengan mengefisiensikan reaksi kimia di dalamnya sehingga lebih sedikit baterai yang akan dibuang. Pengolahan air tanah , air permukaan dan air limbah digunakan dengan teknologi nano sehingga air dapat tersaring dan bakteri, virus serta logam berat dan produknya tidak bisa lewat.

Jadi green nanotechnology melibatkan hal hal sebagai berikut :

- a) Penggunaan energi lebih sedikit selama proses di manufaktur

- b) Mempunyai kemampuan untuk mendaur ulang setelah digunakan
- c) Menggunakan bahan yang ramah lingkungan

Contoh dari nano teknologi di bawah ini pada gambar 3.4 adalah pembuatan mata buatan yang mempunyai fungsi menangkap dan mentransfer cahaya menjadi informasi dan kemudian diolah.



Gambar 3.4 Mata Buatan dengan Teknologi Nano

Implementasi konsep Green Manufacturing memiliki tingkat kelayakan yang tinggi dalam produksi dan organisasi di manufaktur bersama dengan proses dan praktek yang terkait. Dimana semua input manufaktur yaitu material, mesin, manusia tidak memungkinkan untuk menjadi hijau tetapi proses manufaktur dapat menerapkan konsep dan praktek *go green*. Namun ketersediaan bahan baku hijau sebagai input manufaktur adalah salah satu kebebasan utama yang dihadapi oleh industri (Agarwal et al., 2019).

### **Latihan**

1. Mengapa manufaktur harus *Green Manufacturing* dalam proses produksi?
2. Apa manfaat *Green Manufacturing* bagi industri?
3. Sebutkan proses dari *Green Manufacturing*?

4. Apakah tujuan dari *green nanotechnology* dalam dunia industri /manufaktur
5. Sebutkan bagaimana melaksanakan *green building* ?
6. Sebutkan tiga contoh untuk mendapatkan energi listrik pada industri *green manufacturing*.
7. Apakah menurut kamu *green manufacturing* dapat dilaksanakan disetiap industri?
8. Diskusi kelompok ;  
Pada konsep *reuse* dan *reduce* apakah yang harus dilakukan agar lebih banyak menyadari bahwa itu merupakan pelestarian lingkungan?





# BAB IV

## *LIFE CYCLE ASSESSMENT*

### **Tujuan Instruksional**

1. Mahasiswa mengetahui dan memahami defenisi *Life Cycle Assessment*
2. Mahasiswa mengetahui dan memahami prosedur dari *Frame Work of Life Cycle Assessment*

### **Pokok Bahasan**

1. Pengertian *Life Cycle Assessment*
2. *Frame Work of Life Cycle Assessment*

#### **4.1 Pengertian *Life Cycle Assessment* ( LCA )**

*Life Cycle Assessment* atau Penilaian Daur Hidup prosedur berdasarkan SNI ISO 14040 : 2016 dan SNI 14044 :2017 (KLHK, 2021) merupakan komplikasi dan evaluasi masukan , keluaran dan dampak lingkungan potensial dari system produk di seluruh daur hidupnya. Dimana pada bagian pengantar Standar Internasional ISO 14040 yang berfungsi sebagai kerangka kerja , *Life Cycle Assessment* didefenisikan sebagai analisis siklus hidup , keseimbangan lingkungan dan teknik untuk estimasi terkait produk dari aspek dan dampak lingkungan . *Life Cycke Assessment* menilai setiap dampak yang terkait dengan semua tahap proses dari bahan mentah melalui pemrosesan bahan , manufaktur, distribusi, penggunaan, perbaikan, pemeliharaan dan pembuangan atau daur ulang (Walter-Kloepffer, 2014)

*Life Cycle Assessment* merupakan metodologi yang digunakan untuk mengukur dampak lingkungan dari sebuah produk atau aktivitas selama siklus hidup produk dari bahan baku , proses produksi penggunaan dan berakhir pada pengolahan sampah (A. & U. C. Effendi, 2016). Juga sebagai alat standar berbasis sains untuk mengukur dan menilai dampak lingkungan seumur hidup.

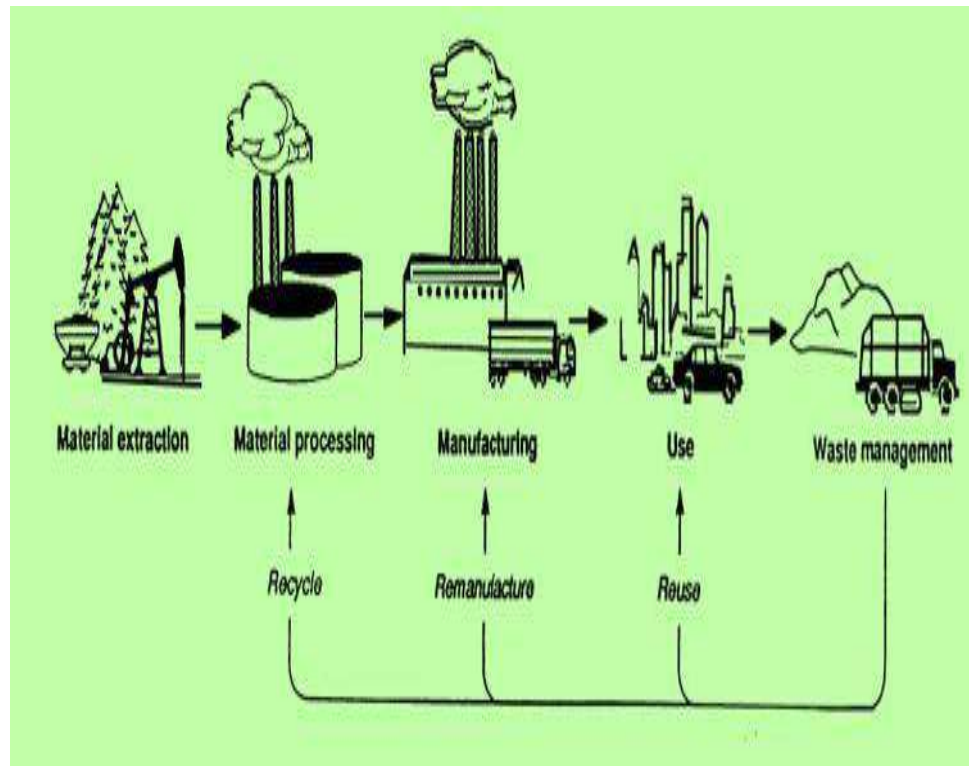
*Life Cycle Assessment* ( Shanbag & Manjare, 2020) melibatkan estimasi dampak pembuatan produk atau proses dan terutama dampak pada lingkungan dari

setiap layanan / produk atau proses secara keseluruhan siklus hidup langsung dari ekstraksi bahan mentah, hingga penggunaannya dan akhirnya pembuangan. Kadang juga disebut Life Cycle Analysis (analisis siklus hidup) , Eco Balance (keseimbangan lingkungan) dan juga Life Cycle Approach (pendekatan siklus hidup) .

Life Cycle Thinking (H. Scott Matthews, 2015) terlihat pada gambar 4.1 di bawah ini dimulai dengan jalur linier disepanjang bagian atas , pertama pertama mengekstrak bahan mentah dari tanah, seperti biji atau minyak bumi. Kedua diproses diubah atau digabungkan untuk membuat bahan dasar atau blok bangunan zat seperti blok bangunan zat, seperti logam , plastic atau bahan bakar. Bahan bahan ini digabungkan menjadi memproduksi produk seperti mobil. Produk akhir ini kemudian dikirim dengan beberapa moda transportasi dan /atau toko untuk dibeli dan digunakan oleh produsen atau konsumen lain. Selama fase penggunaan produk, itu dapat digunakan untuk membuat hidup lebih mudah , menyediakan layanan atau membuat produk lain dan tahap ini memerlukan energi tambahan atau sumber daya lainnya misalnya air. Ketika produk tidak dibutuhkan lagi memasuki akhir hidupnya yang berarti mungkin memperlakukannya sebagai limbah.

Menurut buku Life Cycle Assessment yang ditulis H.Scott Mathews dkk (H. Scott Matthews, 2015) pada gambar 4.1 menunjukkan akhir fase akhir kehidupan ada alternatif untuk merawat suatu produk sebagai limbah. Jalur linier yang melintasi bagian atas adalah bagian barang barang yang akan dibuang , dimana proses yang melibatkan pengumpulan di truk dan menempatkan item sebagai sampah di tempat pembuangan sampah. Namun pada bagian bawah garis dan panah menghubungkan akhir fase kehidupan kembali ke sebelumnya. Merupakan tahapan siklus hidup yang khas melalui jalur disposisi alternatif. Selama ini siklus hidup , produk, energi dan bahan dapat berubah bentuk tetapi tidak akan hilang. Penggunaan kembali mengambil produk apa adanya dan mengembalikannya ke fase penggunaan .

Pada tahap *Remanufacture* mengembalikan produk ke tahap manufaktur yang dapat berarti membongkar sebagian produk tetapi kemudian merakitnya kembali menjadi produk akhir baru untuk dikirim seperti alat listrik atau mesin fotocopy. Bahwa produk daur ulang melibatkan pengambilan produk kembali ke bahan bakunya yang kemudian dapat diproses menjadi salah satu dari sejumlah produk lainnya , seperti kaleng minuman aluminium atau kotak kardus.



Sumber (H. Scott Matthews, 2015)

Gambar 4.1 Overview of a Physical Product Life Cycle

Tujuan dari LCA untuk mengkaji daur hidup suatu produk terhadap area. Dimana LCA memberikan data yang terperinci dalam konsumsi material serta tenaga sepanjang masa penciptaan, tipe serta jumlah waste ataupun emisi yang dihasilkan dan posisi input serta output material sepanjang masa daur hidup produk tersebut.

Manfaat langsung setelah penerapan LCA adalah :

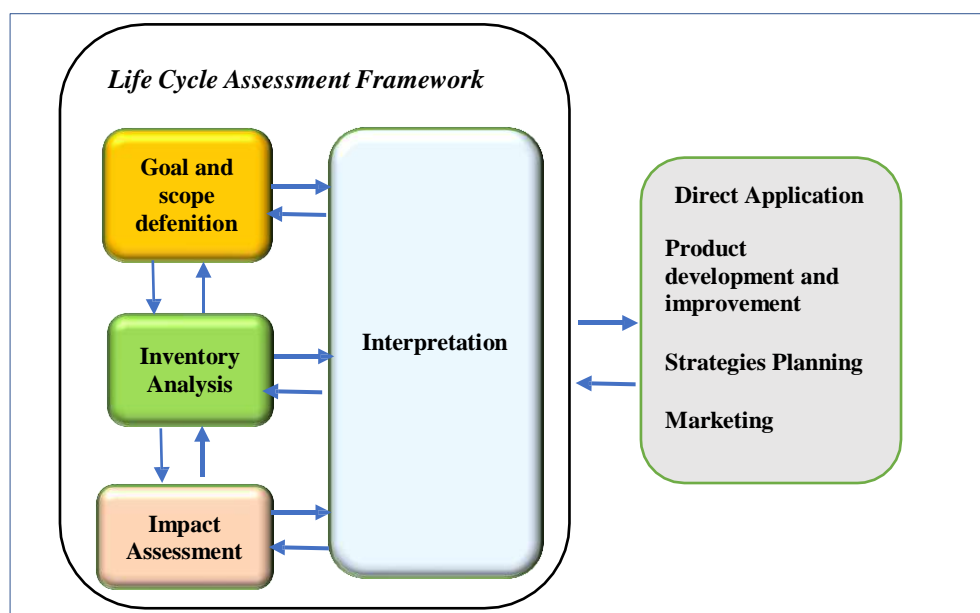
- a) Biaya penanganan limbah lebih rendah,
- b) Penghematan energi dan bahan baku,
- c) Biaya distribusi lebih murah,
- d) Peningkatan citra organisasi di mata konsumen dan masyarakat, dan
- e) Kerangka kerja untuk perbaikan terus menerus sudah tersedia dan tinggal dilaksanakan.

Dengan metode LCA dapat diamati secara beragam seperti pemanasan global, asidifikasi yaitu pembentukan atau menjadi asam, eutrofikasi yaitu terjadi masalah lingkungan akibat limbah fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) pada ekosistem air tawar, penipisan lapisan Ozon, penurunan sumber daya biotik dan abiotik, toksisitas yaitu efek toksin/racun pada manusia baik dari bahan-bahan toksik pada tanah, air dan udara maupun hewan

dan tumbuhan yang terekspos bahan toksik dan dikonsumsi serta dampak lainnya.

## 4.2 Frame Work of Life Cycle Assement

Kerangka kerja *Life Cycle Assessment* terdiri dari empat tahap seperti terlihat pada gambar 4.2 (Bagaswara & Hadi, 2017) di bawah yaitu :



Sumber (Bagaswara & Hadi, 2017)

**Gambar 4.2. Tahapan *Life Cycle Assessment***

1. Tahap pertama adalah *Goal and scope definition* yaitu penentuan tujuan dan lingkup, produk system , inventori daur hidup, penilaian dampak daur hidup , referensi flow dan interpretasi . Penentuan tujuan dan lingkup penting dilakukan agar penilaian dampak lingkungan dari produk/ jasa dapat konsisten.
2. Tahap kedua adalah *Inventori Analysis*, yaitu melakukan analisis terhadap inventori dari input/output yang berhubungan dengan system yang sedang diteliti. Input terdiri dari bahan baku, bahan pendukung, air, energi dan transportasi yang masuk ke dalam proses. Output terdiri dari produk, *by product*, *co product* emisi udara, emisi ke air dan tanah.
3. Tahap ketiga adalah *Impact Assessment*, yaitu melakukan penilaian dampak siklus hidup yang melibatkan klasifikasi tabel inventaris ke dalam kategori

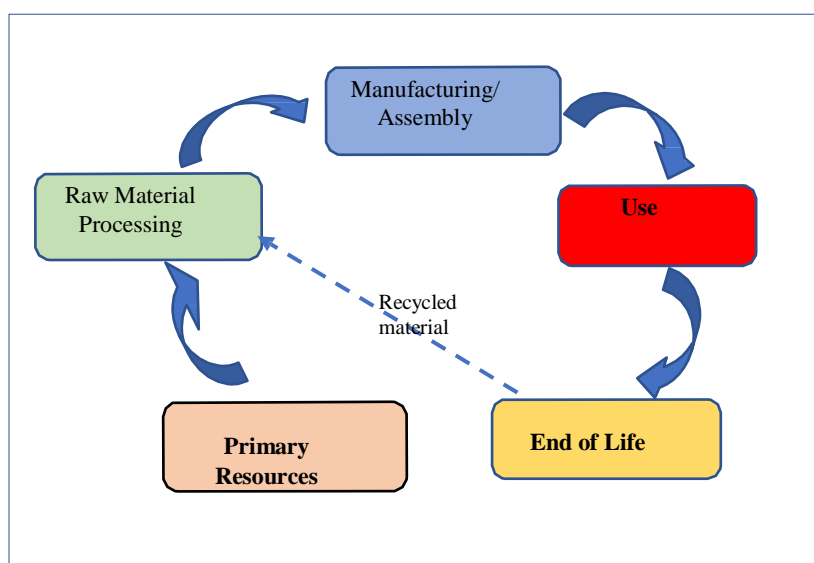
dampak , normalisasi, pembobotan kategori yang berbeda dimana potensi dampak lingkungan, system dievaluasi, pemodelan indikator kategori.

4. Tahapan Interpretation adalah tahapan yang terjadi dilaksanakan dalam metode Life Cycle Assessment (LCA), tujuannya menentukan dan membuat solusi cara perbaikan yang dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien untuk mengurangi dampak negatif lingkungan yang ditimbulkan.

Standar yang dibuat pada LCA bertujuan secara umum meliputi (Ding, 2013) adalah :

- a) Mengenali peluang untuk meningkatkan kinerja lingkungan produk diberbagai tahapan siklus hidup
- b) Membantu dalam pengambilan keputusan di Industri untuk perencanaan strategis , penetapan prioritas, desain produk, desain ulang
- c) Memilih indikator kinerja lingkungan yang relevan dan mengembangkan teknik pengukuran .
- d) Dalam pemasaran misalnya mengklaim lingkungan , skema pelabelan ramah lingkungan ( *eco labelling* ) dan deklarasi produk lingkungan.

Secara sederhana tahapan proses dalam sebuah system produksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 di bawah ini .



Gambar 4.3 Tahapan Life Cycle

Tahapan tahapan tersebut adalah :

- a) Tahapan *Raw Material Processing* pada tahapan ini dimana bahan mentah yang diakuisisi diubah menjadi bentuk yang dapat digunakan untuk memfabrikasi sebuah produk jadi.
- b) Tahapan *Manufacturing And Assembly* adalah tahapan dimana bahan yang keluar dari raw material processing diproses dan dirakit hingga menjadi barang jadi
- c) Tahapan *Usage* adalah tahap dimana produk jadi digunakan oleh konsumen. Tahapan ini meliputi energi yang dibutuhkan dalam pengoperasian produk selama masa penggunaan atau umur hidup produk tersebut dan limbah lingkungan yang terjadi selama penggunaan produk.
- d) Tahapan *End Of Life* adalah tahapan dimana konsumen tidak lagi membutuhkan produk tersebut. Tahapan ini meliputi energi yang dibutuhkan dan limbah lingkungan yang dihasilkan berkenaan dengan kegiatan pembuangan dan atau kegiatan recycling. Dimana kegiatan recycling dibutuhkan untuk mengurangi bahan mentah pada tahap *raw material processing* sehingga energi yang dibutuhkan untuk mendapatkan bahan mentah dari alam dan limbah serta emisi ke lingkungan pada tahap tersebut dapat dikurangi.

## Latihan

1. Apakah defenisi dari Life Cycle Assessment?
2. Sebutkan tahapan Life Cycle sebuah produk?
3. Terangkan tahapan dari Life cyle assessment ?
4. Apakah yang dimaksud dengan Life Cycle thinking?
5. Mengapa dibutuhkan Life Cycle Assessment dalam industri?



# **BAB V**

## ***ECO INDUSTRIAL PARK***

### **Tujuan Instruksional**

1. Mahasiswa mengetahui dan memahami peran Industrialisasi
2. Mahasiswa mengetahui dan memahami *Eco Industrial Park*

### **Pokok Bahasan**

1. Peran Industrialisasi
2. Defenisi dan manfaat dari *Eco Industrial Park*

### **4.3 Peran Industrialisasi**

Industri sangat diperlukan oleh suatu negara untuk memproduksi berbagai hal bagi kemudahan hidup rakyatnya. Industri dimulai pada abad ke 18 di Inggris yang kemudian menyebar ke semua negara maju di dunia, yang disebut dengan revolusi Industri . Produksi industri meningkatkan ekonomi dan menyebabkan perubahan besar di masyarakat , lapangan kerja dan seluruh perkembangan ekonomi negara (Regnerova et al., 2021)

Peran sektor industri dalam pembangunan ekonomi adalah memperluas kesempatan kerja , menghasilkan barang dan jasa yang diperlukan oleh masyarakat. Menghasilkan devisa melalui ekspor dan menghemat devisa melalui substitusi produk impor (Sulaiman, 2016). Aktivitas industri yang terus menerus dapat merusak lingkungan dan berdampak pada masalah kesehatan , ekologi. Mengingat pentingnya efek lingkungan pada proses industri diharapkan para insinyur dan orang yang bekerja di industri memiliki apresiasi dan pemahaman tentang dampak lingkungan dari proses industri tersebut (Singh & Kumar, 2017)

Kasus limbah industri Hattar Industrial Estate di Hattar Pakistan . akibat pembuangan limbah menghasilkan konsentrasi polutan yang tinggi pada tanah dan badan air disekitar pabrik tersebut. Para petani tidak mengetahui bahwa efek Kesehatan dari polutan. Karena mereka menggunakan air di irigasi yang merupakan

pembuangan limbah pabrik tersebut. Seperti pada tanaman gandum, kacang polong, kentang, bayam, jagung, bawang putih, dan tanaman pakan ternak serta buah-buahan. Dan ini sangat berbahaya pada tanaman yang menimbulkan resiko pada kesehatan masyarakat (Mahmood et al., 2019).

Pembangunan industri menjanjikan pertumbuhan kesejahteraan dan kemakmuran bagi para pelakunya, tetapi disisi lain industri juga menyebabkan dampak negative bagi lingkungan. Untuk itu pemerintah telah mengeluarkan kebijakan yang ketat dan peraturan-peraturan untuk mewujudkan konsep ekologi industri. Ekologi industri yang menekankan hubungan symbiosis antar perusahaan industri dalam satu lokasi. Umumnya hal tersebut terjadi bisa limbah dari satu industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri lain. Hubungan symbiosis ini terjadi pada satu lokasi disebut dengan istilah *Eco Industri Park (IEP)* atau Kawasan industri berwawasan lingkungan.

#### **4.4 *Eco Industrial Park***

Menurut Lowe (UNIDO, 2017) bahwa Eco Industrial Park adalah penjabaran dari konsep Industrial Ecology yaitu konsep Kawasan industri sebagai bagian dari ekosistem dimana terjadi interaksi antara system lingkungan, ekonomi dan social sehingga dalam pengembangannya harus mempertimbangkan tercapainya ekologis, peningkatan kualitas hidup dan keberlanjutan ekonomi untuk kegiatan industri secara seimbang. Dimana EIP komunitas industri dan jasa dalam satu Kawasan saling bekerjasama dalam pengelolaan lingkungan dan sumber daya seperti informasi, energi, air, bahan baku, infrastruktur dan lingkungan. Hal ini untuk meningkatkan kinerja lingkungan, ekonomi dan social serta memperoleh manfaat kolektif yang lebih besar disbanding bila pengelolaan dilakukan oleh masing-masing industri secara parsial. EIP juga harus memberikan dampak positif kepada masyarakat sekitar kawasan.

Konsep IEP dikembangkan berdasarkan beberapa bidang termasuk ekologi industri dan produk bersih. Penerapan produk bersih pada peningkatan efisiensi serta pengelolaan lingkungan melalui pencegahan pencemaran, penerapan pada proses maupun produk dan jasa yang dihasilkan, peningkatan efisien disetiap kegiatan produksi serta meminimalkan resiko. Dimana penerapan produk bersih dilakukan melalui sejak pemakaian bahan baku, sumber daya energi, mencegah dan melakukan



substitusi terhadap bahan beracun berbahaya, mengurangi limbah dan emisi serta kadar beracun dari limbah.

Manfaat dari sebuah Eco Industrial Park (EIP) menurut Djajadiningrat dan Famiola dalam artikel Majalah Ilmiah UNIKOM (IDA HANDAYANI DAN IVO ROLANDA, 2020) , adalah :

- 1) Manfaat bagi industri yaitu memberikan kesempatan bagi anggota Perusahaan untuk mengurangi biaya biaya produksi melalui efisiensi terhadap material dan energi, daur ulang/limbah industri dan meminimalkan biaya biaya tambahan
- 2) Manfaat bagi lingkungan seperti mengurangi sumber sumber polusi , limbah dan sampah juga mengurangi pemanfaatan sumber daya yang berlebihan
- 3) Manfaat bagi komunitas atau masyarakat untuk menciptakan program baru bagi ekonomi regional yang bersangkutan untuk memperoleh keuntungan lingkungan dan kemajuan yang mereka dapat dari sector industri tersebut.

Setiap Eco Industrial Park direncanakan dan dibangun dengan ciri khusus untuk masing masing. Dimana perencanaan EIP dengan berberapa prinsip sebagai berikut menurut Lowe (2001) (Paramitha, 2017) yaitu :

- 1) Terintegrasi dengan system alam  
Tingkat integrasi Kawasan EIP dengan lingkungan yang memperhatikan kesesuaian dengan lingkungan dimana lokasi berada agar berdampak lingkungan seminimal mungkin.
- 2) System Energi  
Sistem penggunaan energi yang berkelanjutan dan memperhatikan efisiensi dalam proses produksi di Kawasan industri, melalui desain atau renovasi fasilitas yang ramah energi dan penggunaan energi terbarukan
- 3) Aliran material dan manajemen limbah untuk keseluruhan Kawasan  
Tingkat integrasi aliran material dan pengelolaan limbah yang menekankan pada penerapan produksi bersih, pencegahan polusi, minimalisasi penggunaan material material beracun. Memproses hasil sampingan dari sebuah industri menjadi bahan baku industri lainnya
- 4) Manajemen Kawasan yang efektif  
Manajemen harus mampu mendukung peningkatan kinerja lingkungan, dan mempunyai system informasi yang mendukung komunikasi antar perusahaan , menyediakan informasi terkini dan up date mengenai kinerja EIP

### 5) Pembangunan dan renovasi infrastruktur

Pembangunan infrastruktur memperhatikan efisiensi penggunaan material dan meminimalkan polusi. Renovasi bangunan yang harus memperhatikan lingkungan dalam pemilihan material maupun teknologi bangunan dan prinsip reuse dan recycle pada material yang digunakan.

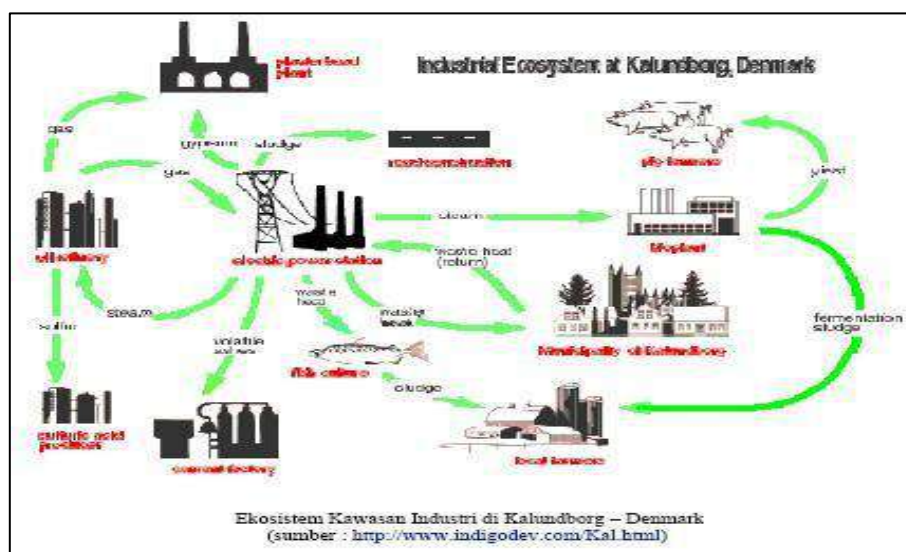
### 6) Integrasi dan masyarakat setempat

Tingkat integrasi RIP dengan lingkungan masyarakat sekitar terbina dengan baik dan memberikan manfaat bagi perkembangan ekonomi masyarakat, penyediaan tempat tinggal pekerja serta Kerjasama dengan wilayah sekitar.

Contoh beberapa model Eco Industrial Park yang ada di dunia dengan masing masing mempunyai ciri khas (*Eco-Industrial Parks (EIPs) - Ekologi Industri*, n.d.) ,yaitu :

#### 1) Model Kalundborg , Denmark

Disini pertukaran limbah antara perusahaan yang berbeda tipe sejak lama dan dilatarbelakangi oleh adanya nilai bisnis yang bagus. Ekosistem Industri disini terbangun yang terdiri dari pembangkit listrik tenaga batu bara, pabrik pemurnian minyak, pabrik Gyproc ( pembuat plasterboard) , perusahaan farmasi dan usaha tani dan perikanan. Dimana uap air dan berbagai bahan mentah seperti belerang, abu , dan lumpur dipertukarkan satu sama lain membentuk ekosistem industri, gambar 6.1 Eco Industrial Park di Kalundborg ,Denmark.



Gambar 5.1 Eco Industrial Park di Kalundborg Denmark

2) Model Kawasan Industri Burnside , Nova Scotia , Kanada

Kawasan industri ini membangun pusat informasi lingkungan yang bertugas memberi informasi tentang pilihan pilihan terbaik untuk penurunan limbah industri , penggunaan kembali ( recycle ) dan manajemen. Di bawah ini gambar 5.2 Eco Industrial Park di Canada.



Sumber [Bioenergy International](#)

Gambar 5.2 Eco Industrial Park di Nova Scotia, Canada

3) Model Value Park, Dow Chemical Jerman

Kawasan industri ini dilakukan pada Kerjasama dalam bidang fasilitas bangunan , transportasi, serta penyimpanan dan penjualan. Dan dibangun secara efektif pada produk akhir dan siklus industri bukan pada limbah akhir



sumber : [Bioenergy International](#)

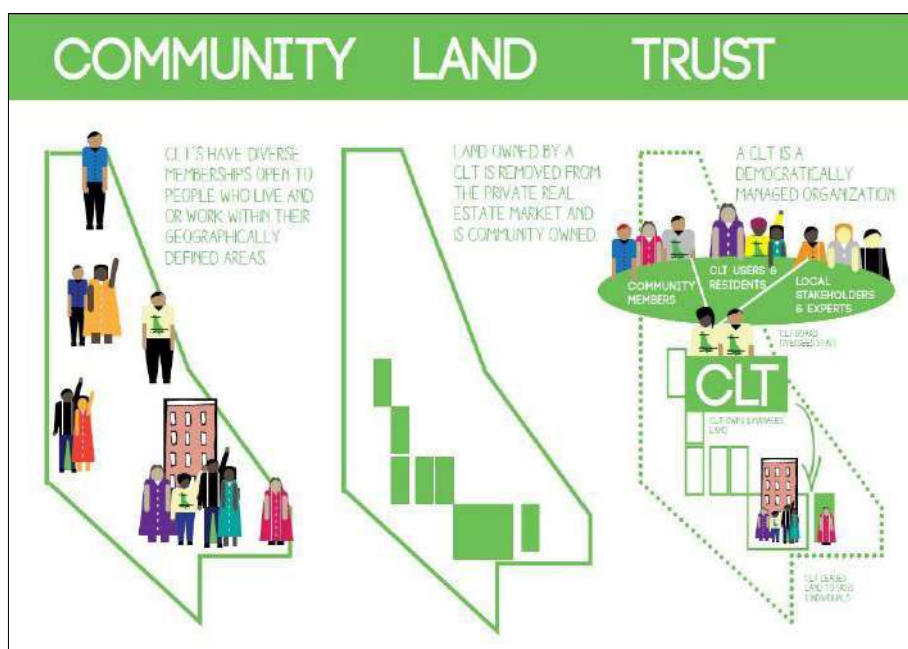
Gambar 5.3 Model Value Park ,Dow Chemical Jerman

#### 4) Model PALME ,Perancis

PALME (Programme d'action labelise pour la maitrise de l'environnement ) adalah Kawasan industri eco-label yang menekankan pada manajemen lingkungan dari kawasan industri. Persyaratan yang harus dipenuhi agar bisa menjadi tenant di kawasan industri ini sangat ketat. Dengan menerapkan mekanisme administrative dan manajemen sehingga tercapai sinergi bagi semua tahapan operasi bagi semua .

#### 4) Model Pemanfaatan , “Brownfields”

Model ini pemanfaatan Brownfields di Amerika Serikat , dilakukan untuk merehabilitas lahan dan menciptakan lapangan pekerjaan baru. Dimana kebijakan pemerintah meliputi recycling, konservasi energi, produksi bahan dan barang yang berguna secara social dan yang berkelanjutan dan pembangunan kembali areal sehingga menjadi alami dan dapat menunjang kesehatan masyarakat.



Sumber : Community Land Trusts di Amerika Serikat

Gambar 5.4 Model Pemanfaatan Brownfields

#### 5) Model Fujisawa factory Eco-Industrial Park

Model ini merupakan kombinasi dari komponen kompones industri, komersial , pertanian, pemukiman dan rekreasi ke dalam multy faceted community. Eco Industrial Park ini meliputi konservasi, dan cascading energi, energi terbarukan, dimana konservasi limbah menjadi energi, greenhouse,

perlakuan limbah cair menggunakan rawa , penggunaan kembali limbah cair yang sudah diolah , konservasi abu menjadi Portland cement dan keramik. Gambar 5.4 di bawah ini merupakan Eco Industrial Park di Jepang.



Sumber : <https://inhabitat.com>

Gambar 5. Model Fujiwa Factory Eco Industrial Park

#### 6) Kawasan Industri di Indonesia .

Beberapa Kawasan industri yang ada di Indonesia adalah :

##### a) Kawasan Industri Jababeka

Kawasan industri ini didirikan pada tahun 1989 dengan luas 5.600 ha. Merupakan kawasan industri terbesar di Indonesia dan terletak di Cikarang ,Bekasi Jawa Barat.Kawasan ini menampung lebih dari 1.700 perusahaan yang bergerak di berbagai sector seperti otomotif , elektronik , makanan dan farmasi. Dilengkapi dengan pasokan air industri , pengolahan air limbah , tim tanggap darurat, laboratorium untuk tes air limbah , tes air minum , pasokan listrik , komunikasi dengan kabel berserat optik berkualitas , gas alam, gas industri hingga layanan rehabilitasi infrastruktur. Di bawah ini gambar 6 lokasi Kawasan Industri Jababeka



Sumber

Gambar 6 Kawasan Industri Jababeka ,Cikarang

b) Kawasan Industri Karawang International Industrial City

Kawasan industri ini memiliki luas sekitar 3.000 hektar yang terletak di Karawang , Jawa Barat. Menampung lebih dari 450 perusahaan manufaktur seperti perusahaan otomotif dan elektronik. Dengan dilengkapi fasilitas pendukung seperti Gedung perkantoran, area komersil , pusat logistic dan fasilitas publik. Di bawah ini gambar 7 Karawang International Industrial City.



Sumber :

Gambar 7 . Karawang International Industrial City

c) Kawasan Industri MM2100

Kawasan industri ini memiliki luas sekitar 1.000 hektar terletak di Cikampek ,Bekasi Jawa Barat. Menjadi pusat industri manufaktur yang telah menampung 1.100 perusahaan seperti perusahaan otomotif , elektronik dan farmasi .

Kawasan industri ini dilengkapi dengan fasilitas pendukung seperti Gedung perkantoran , pusat pelatihan dan fasilitas umum. Di bawah ini gambar 8 Kawasan Industri MM2100.



Sumber :

Gambar 9. Kawasan Industri MM2100

d)

### Latihan .

1. Terangkan peran industri dalam ekonomi di suatu daerah .
2. Apa manfaat Eco Industrial Park dibangun bagi perusahaan industri?
3. Berikan contoh kasus limbah industri yang terjadi di Pakistan .
4. Eco Industrial Park mempunyai ciri khas masing masing, sebutkan model model dari Eco Industrial Park yang ada .
5. Diskusi kelompok :

Bagaimana dengan kawasan Industri Indotaisei yang ada di Cikampek? Coba terangkan perusahaan perusahaan yang ada di Kawasan itu.





# DAFTAR PUSTAKA

- Abad-Segura, E., Morales, M. E., Cortés-García, F. J., & Belmonte-Ureña, L. J. (2020). Technological tools for sustainable development in developing countries: The example of Africa, a review. *Processes*. <https://doi.org/10.3390/PR8050631>
- Agarwal, S., Agrawal, V., & Dixit, J. K. (2019). Green manufacturing: A MCDM approach. *Materials Today: Proceedings*, 26(March), 2869–2874. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.595>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alatas, Z. (2014). Konsekuensi Kecelakaan Reaktor Chernobyl Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan. *Iptek Ilmiah Populer, Gambar 2*, 79–87.
- Almansoori, L. H., Matrud, S. N., Haiyan, H., Lafta, A. M., & Asghar, M. M. (2021). Green Manufacturing and Its Impact on Environmental Sustainability: A Case Study in the Kufa Cement Plant. *Review of International Geographical Education Online*, 11(4), 107–116. <https://doi.org/10.33403/rigeo.800628>
- Amaranti, R., Irianto, D., Govindaraju, R., Magister, S., Doktor, D., Dan, T., Industri, M., & Industri, F. T. (2017). Green Manufacturing : Kajian Literatur. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 171–181.
- Bagaswara, M. E. A., & Hadi, Y. (2017). Analisis dan Rekayasa Proses Produksi Untuk Mengendalikan Environmental Impact Menggunakan Metode LCA. *Jurnal METRIS*, 18(2), 95–104.
- Boca, G. D., & Saraçlı, S. (2019). Environmental education and student's perception, for sustainability. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su11061553>
- Castellanos, P. M. A., 1, 2, \* A. Q.-D., 3, Ascensi, Ó, Hern, N., Á, Encinas, N., 4, & Acosta, and L. C. (2020). *Sustainability | Free Full-Text | Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America*. Sustainability. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7239>
- Castellanos, P. M. A., Queiruga-Dios, A., Encinas, A. H., & Acosta, L. C. (2020).

- Environmental education in environmental engineering: Analysis of the situation in Colombia and Latin America. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18), 1–14.  
<https://doi.org/10.3390/su12187239>
- Dampak Polusi Pabrik Aspal Warga Banyumas*. (n.d.).
- Date, C., Date, A., Vito, C., Wp, B., & Final, R. (2013). *WP 1 : “ Framing – Development of the theoretical framework ” “ Report on state -of-the-art and theoretical framework for end-user behaviour and market roles .”* 1(97), 1–97.  
<https://doi.org/10.13140/2.1.3109.6008>
- Ding, G. K. C. (2013). Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: An overview. *Eco-Efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies*, 38–62.  
<https://doi.org/10.1533/9780857097729.1.38>
- Eco-Industrial Parks (EIPs) - Ekologi Industri*. (n.d.).
- Efbertias Sitorus, Erni Mohamad, F. E. S., Ismail Marzuki, Rd. Indah Nirtha NNPS, G. S., Mursal Ghazali, Asmuliani R, J. S. T., & Ritnawati Makbul, J. S. A. (2021). *Pengetahuan Lingkungan Hidup* (Vol. 1). [www.penerbitbukudeepublish](http://www.penerbitbukudeepublish)
- Effendi, A. & U. C. (2016). *Implementasi life cycle assessment (lca) dan analytical network process (anp) untuk manajemen lingkungan pada pt. charoen pokphand - krian*. 512.
- Effendi, M. I., Sugandini, D., Sukarno, A., Kundarto, M., Arundati, R., & Berliana, N. (2020). *Perilaku pro-lingkungan pada mahasiswa*.
- Egziabher, T. B. G., & Edwards, S. (2013). Nilai Ambang Batas Kebisingan. *Africa’s Potential for the Ecological Intensification of Agriculture*, 53(9), 1689–1699.
- Fakih, A. F., & Sa’id, M. (2021). Perilaku Membuang Sampah di Sungai dan Problem Lingkungan : Pandangan Model Aktivasi Norma. *Prosiding Seminar Nasional, April*, 110–116.
- Febriyanti, C. (2019). Pengembangan Skala Pengukuran Perilaku Pro Lingkungan: General Ecological Behavior (GEB) Scale. *JP3I (Jurnal Pengukuran Psikologi Dan PendidikanIndonesia)*, 5(2). <https://doi.org/10.15408/jp3i.v5i2.10791>
- H. Scott Matthews, C. T. H. and D. H. M. (2015). Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter. In [Lcatextbook.com](http://Lcatextbook.com) (Ed.), *MATLAB is a registered trademark of The MathWorks, Inc* (Issue 1). y Mireille Mobley.

- [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil wars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil%20wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Homburg, A., & Stolberg, A. (2006). Explaining pro-environmental behavior with a cognitive theory of stress. *Journal of Environmental Psychology*, 26(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.03.003>
- IAIN Palopo, P. F. (2019). Pengembangan Model Bahan Ajar Pendidikan Lingkungan Hidup Berbasis Lokal Dalam Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial. *PELAI\GI PENDIDIKAN, Volume XI*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/59c3m>
- IDA HANDAYANI DAN IVO ROLANDA. (2020). Analisis Peran Eco-Industrial Park Pada Industri Telekomunikasi Di Indonesia Untuk Mewujudkan Green Ict Yang Efektif Dan Efisien. *Jurnal Ilmiah Unikom*, 10(2), 291–299.
- ILO. (2021). *Effective Regulations? Environmental Impact Assessment in the Textile and Garment sector in (I. A. PASIFIC (Ed.); Issue August)*. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/publication/wcms\\_802429.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/publication/wcms_802429.pdf)
- KLHK. (2021). *Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (Lca)*. September, 1–82.
- Larson, L. R., Stedman, R. C., Cooper, C. B., & Decker, D. J. (2015). Understanding the multi-dimensional structure of pro-environmental behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 43, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.06.004>
- Liesnoor, D., Sunarko, S., Sri, R., & Sedyawati, M. R. (2014). *PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP Buku Ajar MKU UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG FEBRUARI 2014* (D. L. S. S. Rudatin & S. M. R. Sedyawati (Eds.)). [http://konservasi.unnes.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Buku-Ajar-PLH-2014\\_Feb.pdf](http://konservasi.unnes.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Buku-Ajar-PLH-2014_Feb.pdf)
- Macovei, O.-I. (2015). Determinants of Consumers' Pro-Environmental Behavior – Toward an Integrated Model. *Journal of Danubian Studies and Research*, 5(2), 261–275.
- Mahmood, Q., Shaheen, S., Bilal, M., Tariq, M., Zeb, B. S., Ullah, Z., & Ali, A. (2019). Chemical pollutants from an industrial estate in Pakistan: a threat to

- environmental sustainability. *Applied Water Science*.  
<https://doi.org/10.1007/s13201-019-0920-1>
- Marizka, G., & Faidati, N. (2020). Analisis Dampak Lingkungan Aktivitas Produksi Industri Gula Bagi Kesehatan Masyarakat Di Desa Tirtonirmolo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Social Politics and Governance (JSPG)*, 2(2), 166–176. <https://doi.org/10.24076/jspg.v2i2.375>
- Martin-Vega, L. a, & Maynard, H. (2004). Maynard’s Industrial Engineering Handbook. *Maynard’s Industrial Engineering Handbook*, 2567.
- Mulyani1, A., & Muhammad Rijal. (2018). Industrialisasi, Pencemaran Lingkungan dan Perubahan Struktur Masyarakat, Kesehatan. *Jurnal Biology Science & Education*, 7(2), 178–186.
- Palinkas, L. A., & Wong, M. (2020). Global climate change and mental health. *Current Opinion in Psychology*, 32, 12–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.copsy.2019.06.023>
- Paramitha, I. A. (2017). Tinjauan Pustaka Tinjauan Pustaka. *Convention Center Di Kota Tegal*, 6–37.
- Prontyastut, M. (2017). *THE EFFECT OF GENDER DIFFERENCES ON PRO ENVIRONMENTAL BEHAVIOR IN DIRECTORATE GENERAL BINAPENTA&PKK, MINISTRY OF MANPOWER, 2016*. 18(1), 21–27.  
<https://doi.org/10.21009/PLPB>
- Qamar, M. Z., & Ali, W. (2021). *Green Technology and its Implications Worldwide : Received : August , 2020 V O L U M E 3 : I S S U E 1 Green Technology and its Implications Worldwide By : Muhammad Zaid Qamar \* Mariya Noor , Dr . Wahid Ali , Mohammad Obaid Qamar. March.*
- Qi, A. N., Sin, T. C., Fathullah, M., & Lee, C. C. (2017). The impact of fit manufacturing on green manufacturing: A review. *AIP Conference Proceedings*, 1885(January 2018). <https://doi.org/10.1063/1.5002277>
- Regnerova, O., Šálková, D., & Šánová, P. (2021). The Importance of Industri in Modern Economies of the Globalized World in the 21st Century. *SHS Web of Conferences*, 92, 04021. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219204021>
- Retnowati, R. (2019). *BAHAN AJAR PENDIDIKANLINGKUNGAN HIDUP*. Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan Gedung Sekolah Pascasarjana.  
<https://repository.unpak.ac.id/tukangna/repo/file/files-20200205042229.pdf>

- Samadhi. (2012). Pendidikan Keilmuan Teknik Industri Masa Depan di Indonesia. *Seminar Nasional Pendidikan TEKNIK INDUSTRI Konvensi*.
- Shafiei, A., & Maleksaeidi, H. (2020). Pro-environmental behavior of university students: Application of protection motivation theory. *Global Ecology and Conservation*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00908>
- Shanbag, A., & Manjare, S. (2020). Life cycle assessment of tyre manufacturing process. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d7.0260>
- Simiyu, G., Kariuki, V., Ombaba, M., & Otuya, R. (2022). Does Environmental Knowledge Matter? Social Influence and Pro-Environmental Behavior in University Students: An Indirect Effect Model. *SEISENSE Journal of Management*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.33215/sjom.v5i1.724>
- Singh, R., & Kumar, S. (2017). Green technologies and environmental sustainability. In *Green Technologies and Environmental Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50654-8>
- Sulaiman, F. (2016). *Strategi pengelolaan kawasan industri berkelanjutan* (1st ed.). Untirta Press.
- Tan, H. Sen. (2018). Green products consumption behaviour among industrial engineering undergraduate students based on the theory of planned behaviour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012031>
- UNIDO. (2017). *Handbook for eco-industrial parks*. 95. [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/UNIDO Eco-Industrial Park Handbook\\_English.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook_English.pdf)
- Walter-Kloepffer. (2014). *LIFE CYCLE ASSESMENT A Guide to Best Practice*. <http://dx.doi.org/10.1002/9783527655625>
- Wihardjo;, R. S. D., & Rahmayanti, H. (2016). Pendidikan Lingkungan Hidup. In *IPB Press* (Vol. 1, Issue 1).
- Yuan, Q. H., & Tang, L. Y. (2021). The Principles in Green Design. *E3S Web of Conferences*, 259, 1–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125902002>



**Dunia industry akan terus berkembang dengan kebutuhan penduduk yang semakin meningkat, banyak tantangan akan mengganggu kelestarian bumi kita yang indah ini. Maka diperlukan Pro Environmental Behavior yaitu perilaku yang pro lingkungan untuk mempunyai pengetahuan lingkungan, bersikap meminimalkan kerusakan alam dan memperbaiki apa yang telah rusak.**

**Disiplin Teknik Industri harus belajar dalam perkembangan teknologi menuju pengurangan pemakaian bahan baku alam yang berhubungan dengan lingkungan sehingga melahirkan konsep konsep seperti green manufacture, green supply chain, product life cycle management dan yang lain sebagainya.**

