

KONSEP DAN UKURAN SUSTAINABLE MANUFACTURING

Reda Rizal

Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta
reda_rizal59@yahoo.co.id

Abstract

Sustainable manufacturing is a formal name for an exciting new way of doing business and creating value. It is behind many of the green products and processes in demand and celebrated around the world today. Businesses of all types are already involved in initiatives and innovations that are helping to foster a healthier environment, enhance their competitive edge, reduce risks, build trust, drive investment, attract customers and generate profit. The creation of manufactured products that use processes that minimize negative environmental impacts, conserve energy and natural resources, are safe for employees, communities, and consumers and are economically sound. To put simply, sustainable manufacturing is all about minimising the diverse business risks inherent in any manufacturing operation while maximising the new opportunities that arise from improving manufacturing processes and products.

Key word: social, economic, environment, minimize resources use and zero pollutant in sustainable manufacturing.

PENDAHULUAN

Doktor Brundtland (1978) mantan Direktur Jenderal WHO yang juga mantan Perdana Menteri Norwegia mendefinisikan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagai upaya untuk melakukan “pemuhan kebutuhan generasi sekarang dengan tanpa mengorbankan kemampuan generasi yang akan datang dalam memenuhi kebutuhannya”. Pada kegiatan ekonomi manufaktur, seluruh sistem manufaktur harus menerapkan prinsip-prinsip “pemuhan kebutuhan generasi sekarang dengan tanpa mengorbankan kemampuan generasi yang akan datang dalam memenuhi kebutuhannya” (*sustainable manufacture is based on the principle of meeting the needs of the current generation without compromising the ability of future generations to meet their needs*). Keseluruhan aktivitas perencanaan dan pelaksanaan kegiatan manufaktur harus memihak pada upaya-upaya untuk meminimumkan dampak negatif lingkungan pada saat pengambilan sumber daya alam untuk dijadikan sebagai bahan baku manufaktur, pada saat proses produksi manufaktur, dan pada saat produk manufaktur tersebut sampai di tangan konsumen. Tulisan ini akan memaparkan konsep dan ukuran-ukuran yang dapat diterapkan dalam kerangka kegiatan manufaktur berkelanjutan

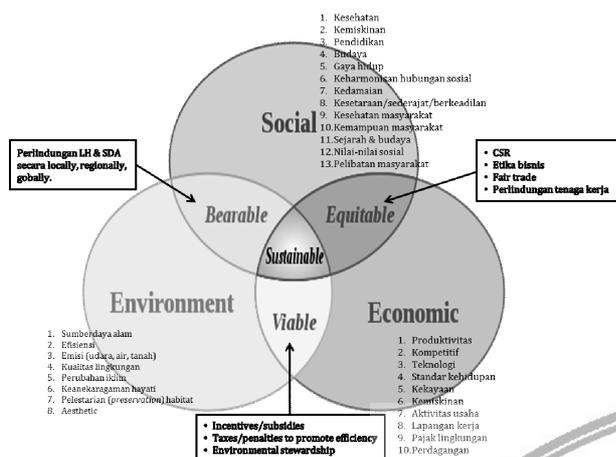
(*sustainable manufacturing*) terkait dengan keberlanjutan lingkungan hidup dan ketersediaan sumber daya alam yang akan dimanfaatkan oleh usaha manufaktur.

KONSEP KEBERLANJUTAN

Kebutuhan untuk proses-proses pembangunan berkelanjutan semakin dirasakan oleh masyarakat dunia sejak setelah dipublikasikannya tulisan tentang “terbatasnya suatu pertumbuhan” atau “*the limits of growth*”. Publikasi ini melaporkan bahwa telah teras adanya faktor keterbatasan ketersediaan cadangan sumber daya alam dan adanya faktor emisi kegiatan perekonomian yang diperkirakan akan mempengaruhi perkembangan pembangunan di abad 21.

Agar berkelanjutan kegiatan pembangunan secara fisik dapat tercapai Smith dan Ball (2012) mensyaratkan 3 (tiga) hal yang harus terlaksana yaitu; i) tingkat ekstraksi sumber daya alam tidak melebihi tingkat regenerasi alamiah sumber daya alam itu sendiri, ii) beban limbah dan emisi pembuangan tidak melebihi kemampuan alam untuk menyerap limbah dan emisi tersebut, serta iii) kapasitas regenerasi sumber daya alam dan penyerapan faktor emisi harus dianggap sebagai

modal kekayaan alam lingkungan kehidupan, sehingga apabila gagal memeliharanya maka kegiatan pembangunan tersebut dianggap “tidak berkelanjutan”. Kondisi pembangunan ekonomi yang terjadi belakangan ini tidak ada ketiga persyaratan tersebut yang terpenuhi, sehingga kegiatan pembangunan ekonomi belakangan ini dianggap “tidak berkelanjutan”.



Gambar - 1. Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan

Tiga pilar pembangunan berkelanjutan terdiri atas pembangunan bidang lingkungan kehidupan, bidang social dan bidang ekonomi yang harus dilaksanakan secara berkeselamatan dan berkelanjutan. Apabila kita melakukan pembangunan apapun bentuk kegiatannya, maka secara simultan harus dapat mengangkat kesejahteraan social kemasyarakatan, berkeadilan dan berkepatutan, mendorong produktivitas ekonomi masyarakat dan bangsa secara berkelanjutan, bertanggungjawab penuh atas keselamatan dan kesehatan lingkungan serta melindungi keterpulih sumber daya alam yang dimanfaatkan oleh setiap bentuk kegiatan pembangunan.

Azas yang diberlakukan dalam konteks pembangunan berkelanjutan adalah perlindungan terhadap lingkungan hidup dan sumber daya alam baik secara local, regional maupun secara global, berfikirilah dengan kearifan local dan bertindaklah dengan kearifan global (*think locally and act globally*), memberikan insentif dan atau subsidi kepada pihak yang pro-lingkungan dan pengenaan pajak terhadap pihak yang memanfaatkan sumber daya alam dan lingkungan hidup, bersikap sebagai pramugara lingkungan (*environmental stewardship*), tanggungjawab perusahaan terhadap komunitas

social lingkungan (*corporate social responsibility*), menegakkan etika berbisnis, perdagangan yang elok (*fair trade*) dan perlindungan tenaga kerja serta perlindungan hak-hak konsumen.

Pemberian insentif kepada pihak pro-lingkungan merupakan upaya memberikan dorongan atau daya tarik secara moneter dan/atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun Pemerintah dan pemerintah daerah agar melakukan kegiatan yang berdampak positif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup. Sedangkan disinsentif merupakan pengenaan beban atau ancaman secara moneter dan/atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun Pemerintah pusat dan pemerintah daerah agar melakukan upaya mengurangi kegiatan yang berdampak negatif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup.

Alasan mengapa konsep keberkelanjutan harus dilakukan oleh semua Negara dan bangsa manusia di seluruh dunia adalah; karena selama puluhan tahun kegiatan pembangunan perekonomian di berbagai Negara telah mendatangkan berbagai persoalan besar bagi lingkungan kehidupan masyarakat dunia. Permasalahan tersebut terutama karena kepentingan ekonomi yang dilakukan harus berhadapan dengan upaya perlindungan lingkungan hidup dan sumber daya alam. Pada saat pembangunan untuk kepentingan ekonomi dilakukan, maka lingkungan hidup dan sumber daya alam selalu menjadi korban dan terabaikan, sehingga pada akhirnya kerugian material dan energy ditanggung bersama oleh seluruh masyarakat dunia yang bertempat tinggal di hanya satu bumi alam semesta ini (*the only one earth*). Setelah itu, muncul kesadaran bangsa-bangsa dunia bahwa kerusakan lingkungan dan menipisnya cadangan sumber daya alam sebagai akibat dari kegiatan ekonomi yang mengekstraksi sumber daya alam secara berlebihan dan menimbulkan bencana kemanusiaan pada generasi mendatang. Pada sektor energi misalnya, keinginan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi telah mendorong peningkatan konsumsi energi di seluruh dunia, dan sumber energi yang digunakan pada umumnya berasal dari sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy resources*) seperti batu bara dan minyak bumi. Konsumsi energi yang besar mendorong adanya produksi dan eksploitasi pada dua sumber energi batu bara dan minyak bumi ini, yang secara langsung maupun tidak langsung memberi dampak negatif kerusakan lingkungan.

Pada saat pembangunan ekonomi berlangsung, dibutuhkan konsumsi energi yang sangat besar sehingga mengakibatkan cadangan energi semakin menipis. Sehingga teori pembangunan berkelanjutan menjadi sangat penting, dimana kepentingan ekonomi-sosial-budaya dan kepentingan lingkungan hidup dapat berlangsung secara bersinergi dan bersamaan.

Pada tahun 1987, Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) mengeluarkan dokumen Brundtland Report atau yang lebih dikenal dengan “Masa Depan Kita Bersama” (*Our Common Future*), dan secara politis, laporan ini memberi sinyal dimasukkannya aspek lingkungan kehidupan ke dalam agenda politik perekonomian bangsa-bangsa di seluruh dunia.

Kerusakan ekologis yang disebabkan oleh upaya pembangunan dan peningkatan pertumbuhan ekonomi telah memberikan ancaman yang nyata, dan keadaan ini menimbulkan rasa kekhawatiran yang mendalam terhadap keberlanjutan ketersediaan sumber daya alam untuk generasi yang akan datang. Pada laporan tersebut, dijelaskan prinsip *sustainable development* yang diterjemahkan menjadi ‘pembangunan berkelanjutan’ yang kemudian menjadi topic kampanye pembangunan di seluruh Negara dan utamanya adalah untuk negara-negara berkembang.

Prinsip utama manufaktur berkelanjutan adalah proses-proses pemanfaatan sumber daya alam dalam kegiatan pembangunan ekonomi tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Tiga prinsip utama dalam kegiatan manufaktur berkelanjutan melingkupi upaya untuk melindungi lingkungan hidup, masyarakat sekitar serta ketersediaan sumber daya alam di masa yang akan datang. Berdasarkan dokumen *World Commission on Environment and Development* (WCED) dipaparkan bahwa pembangunan berkelanjutan menekankan pada pentingnya untuk pengendalian pengambilan sumber daya alam, baik yang dapat diperbaharui ataupun yang tidak dapat diperbaharui. Kedua sumber daya alam tersebut masih dapat diambil, namun harus mempertimbangkan dampak pengambilannya serta meminimumkan dampak negative yang ditimbulkannya terhadap lingkungan hidup. Negara-negara di seluruh dunia didorong untuk memperhatikan implikasi sosial-budaya serta lingkungan dari pengaruh kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh masyarakatnya, misalnya suatu negara masih diperbolehkan menebang hutan mereka namun harus menanam benihnya di tempat

lain. Pada intinya, konsep *sustainable manufacturing* merupakan jembatan antara kebutuhan ekonomi dengan upaya perlindungan lingkungan hidup dan masyarakat lokal. Upaya untuk mendorong dapat diterapkannya prinsip-prinsip manufaktur berkelanjutan dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu: 1) melalui pendidikan, 2) melakukan reformasi dan pengembangan institusi pengelolaan lingkungan hidup, serta 3) melalui regulasi yang bijak. Dengan dimasukkannya konsep prinsip pembangunan berkelanjutan di dalam dokumen WCED, maka ada harapan terhadap perubahan pola kebijakan dan investasi ekonomi di berbagai belahan dunia. Sekalipun isu lingkungan pada masa itu masih merupakan agenda minoritas, namun mulai terlihat kecenderungan yang cukup positif terhadap wacana lingkungan hidup di dalam diskusi internasional. Dokumen “*Our Common Future*” menjadi dokumen bersejarah yang menandai perjalanan diimplementasikannya berbagai prinsip untuk mengarah kepada pembangunan yang berkelanjutan di berbagai Negara, termasuk kegiatan industri dan manufaktur.

Akhirnya, dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang berkelanjutan harus dilaksanakan berdasarkan asas; tanggung jawab Negara, asas kelestarian dan keberlanjutan, asas keserasian dan keseimbangan, asas keterpaduan, asas manfaat, asas kehati-hatian, asas keadilan, asas ekoregion, asas keanekaragaman hayati, asas pencemar membayar, asas partisipatif, asas demokratisasi, asas kearifan local, asas tata kelola pemerintahan yang baik, dan asas otonomi daerah. Tindakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan harus dilaksanakan pada setiap tahap kegiatan meliputi: perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan dan pengawasan, serta melakukan penegakan hukum.

INTERAKSI FAKTOR SOSIAL EKONOMI DAN LINGKUNGAN

Sebelum dua dekade terakhir, paradigma perusahaan manufaktur menganggap pemenuhan regulasi terkait lingkungan hanya akan meningkatkan biaya, sehingga jumlah perusahaan manufaktur yang mematuhi/pentaatan (*compliance*) terhadap regulasi yang ada masih relatif sedikit. Berdasarkan hasil survey oleh *Economist Intelligence Unit* pada 5 - 10 tahun terakhir ini, terdapat sekitar 69% perusahaan kelas dunia telah memasukkan prinsip-prinsip pembangunan keberlanjutan ke dalam

kebijakan yang ditetapkan oleh perusahaan manufaktur (Smith dan Ball, 2012). Selain itu dikemukakan pula bahwa performansi lingkungan mempunyai dampak positif terhadap performa ekonomi dan pasar. Hal ini disebabkan karena kebijakan yang mempertimbangkan lingkungan umumnya menyarankan peningkatan efisiensi dan produktivitas kerja manufaktur sehingga pada akhirnya dapat mengurangi biaya finansial dan menghasilkan keuntungan ekonomi dan penyelamatan lingkungan.

Teori Enger & Smith dalam Reda, R. (2013:159) tentang sumber daya alam (SDA) yang bersifat *renewable resources* dan *non renewable resources*. Teori ini menyebutkan bahwa yang disebut sebagai *non renewable resources* adalah kecepatan penggunaan atau pemanfaatan SDA yang lebih cepat dari pada proses memproduksi atau menghasilkan SDA itu sendiri. Sehingga secara ekonomis, biaya yang harus dikeluarkan untuk penyediaan SDA yang bersifat *renewable* akan lebih murah dibanding SDA yang bersifat *non renewable*. Semakin besar kadar penggunaan SDA *renewable* dibanding penggunaan SDA *non renewable* dalam proses produksi suatu kegiatan industri maka keefisienan (efisiensi ekologi) manufaktur semakin tinggi. Sehingga dengan demikian maka penghematan penggunaan sumberdaya alam dan lingkungan (keefisien) dapat menekan biaya yang harus dikeluarkan dalam proses produksi.

Djajadiningrat (2001) menjelaskan bahwa kegiatan industri yang banyak menghasilkan limbah dan mengeluarkan bahan polutan selama kegiatan operasional manufakturnya akan meningkatkan biaya ekonomi untuk mengelola performansi lingkungannya. Limbah dan material pencemar lingkungan adalah sisa material bahan baku industri yang tidak diolah/tidak diproses secara baik oleh kegiatan manufaktur, hal ini berarti bahan baku manufaktur telah berubah menjadi limbah yang dapat merusak lingkungan ataupun material limbah yang harus dibayar mahal secara finansial oleh pengusaha manufaktur untuk mengelolanya. Dengan demikian maka keterkaitan antara performa lingkungan dengan biaya ekonomi operasional manufaktur adalah berbanding terbalik (*opposite*) yaitu semakin baik tingkat performa lingkungan maka semakin kecil biaya ekonomi yang dikeluarkan untuk mengelola manufaktur menuju keberlanjutan lingkungan dan keberlanjutan kegiatan manufaktur.

Performa lingkungan manufaktur dapat pula dinilai dari manajemen daur hidup material yang digunakan oleh sebuah industri manufaktur. Esensi mendasar dalam manajemen daur material terpadu secara eksplisit terfokus untuk mewujudkan kebijakan perusahaan manufaktur yang menjadikan performa ekonomi dan lingkungan secara spesifik digunakan dalam mengevaluasi opsi-opsi kebijakan perusahaan manufaktur dalam mengelola daur material sebagai sumber daya manufaktur. Pelaksanaan daur material lebih banyak terfokus kepada manajemen aspek biaya daur material secara menyeluruh yang diasosiasikan pada produk barang, bahan baku, proses dan penggunaan produk barang. Kebijakan manajemen ekologi manufaktur diarahkan pada pemilihan produk, rancangan proses, dan atau diantara keduanya, serta mendefinisikan secara spesifik batasan daur hidup. Manajemen daur material menitik beratkan perspektif daur kebijakan perusahaan yang selalu berupaya membuat pendekatan daur hidup namun bukan suatu akhir dari daur hidup. Sehingga pengertian “perspektif daur hidup” adalah “memperbaiki performa ekonomi dan lingkungan”. Untuk mencapai performa ekonomi dan lingkungan diperlukan “fokus kebijakan perusahaan manufaktur yang jelas dan tegas sarasannya”. Pendekatan yang umum digunakan oleh manajemen daur material dalam sistem manufaktur meliputi; kebijakan perusahaan yang alamiah, tujuan dan sasaran usaha manufaktur, definisi dan batasan daur hidup, penentuan ukuran performa daur hidup, serta analisis proses yang menggiring pengambilan kebijakan usaha manufaktur yang efisien dan efektif. Motivasi apa yang dipikirkan oleh para pengusaha manufaktur tentang daur hidup pada saat ini, dan mengapa orientasi kebijakan diarahkan pada pemikiran daur hidup sebagai bagian dari perencanaan dan operasional manufaktur. Sangatlah benar bila di dalam praktik dan proses usaha manufaktur secara simultan dapat dicapai suatu keadaan; meningkatnya kompetisi usaha dan meningkatnya permintaan terhadap produk barang, dengan kondisi kualitas lingkungan yang baik. Meningkatnya kompetisi lokal dan global akan memaksa perusahaan manufaktur untuk mereduksi biaya dan memperbaiki efisiensi. Pola ini terlihat pada industri jasa dan manufaktur yang memiliki teknologi canggih, namun pada waktu yang bersamaan meningkat pula biaya-biaya yang diperlukan untuk membuang limbah, mengontrol emisi, tekanan regulasi yang semakin meningkat,

kewajiban memperhatikan harapan orang banyak, serta meningkatnya tuntutan konsumen terhadap kualitas lingkungan. Perusahaan manufaktur harus secara cepat merubah perhatiannya terhadap masalah-masalah lingkungan dari bentuk reaktif menjadi proaktif, dengan tujuan untuk merealisasikan secara konkrit keuntungan-keuntungan yang akan diperoleh konsumen, perusahaan, karyawan, pemegang saham, dan pemangku kepentingan (*stakeholder*) lainnya.

Dengan motivasi biaya dan keprihatinan terhadap kualitas lingkungan, maka beberapa metode dan teknik telah dikembangkan untuk mencari suatu konsep sederhana dan intuitif mengenai "daur hidup" suatu produk. Salah satu metode yaitu metode pembiayaan daur hidup (*life-cycle costing = LCC*) yang secara luas telah dipakai oleh beberapa industri modern, pertimbangan langsung terhadap biaya operasional produksi, pemanfaatan produk dan perawatan produk, serta memperhitungkan biaya-biaya lingkungan dalam pengambilan sumber daya alam. Teknik lain yang dipakai adalah (*life-cycle assessment = LCA*) yang berfungsi untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh keseluruhan aktivitas daur hidup produk secara penuh mulai "dari ayunan ke kuburan" (*from cradle to grave*). Bila pendekatan daur hidup telah menjadi sesuatu yang dapat dirasakan manfaatnya oleh usaha manufaktur, pendekatan tersebut dapat secara nyata memberikan nilai tambah pada lingkungan usaha yang kompetitif.

Ukuran Keberlanjutan Manufaktur

Dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang berkelanjutan terkait kegiatan manufaktur maka harus dilaksanakan berdasarkan asas; tanggung jawab, asas kelestarian dan keberlanjutan, asas keserasian dan keseimbangan, asas keterpaduan, asas manfaat, asas kehati-hatian, asas keadilan, asas ekoregion, asas keanekaragaman hayati, asas pencemar membayar, asas partisipatif, asas kearifan local, asas tata kelola pemerintahan yang baik, dan asas otonomi daerah. Tindakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan harus dilaksanakan pada setiap tahap kegiatan manufaktur meliputi: kegiatan perencanaan, kegiatan pemanfaatan, kegiatan pengendalian, kegiatan pemeliharaan dan pengawasan, serta melakukan penegakan hukum secara terukur. Pengukuran performansi keberlanjutan

(*sustainability*) didasarkan pada indikator dan tujuan pengukuran keberlanjutan. Keberlanjutan harus dipandang dari 3 aspek secara menyeluruh yaitu aspek lingkungan (*environment*), aspek ekonomi (*economic*) dan aspek sosial (*social*). Gambar 1 menunjukkan faktor-faktor keberlanjutan dipandang dari ketiga aspek tersebut.

Ukuran performansi (*metrik*) keberlanjutan kegiatan manufaktur harus mempunyai karakteristik: dapat diukur dan terukur, relevan dan menyeluruh, dapat dipahami dan berarti, dapat diatur, dapat diandalkan, data dapat diperoleh secara ekonomis dan berdasarkan atas ketentuan waktu tertentu.

Jumlah perusahaan yang menginginkan agar dapat mengukur tingkat keberlanjutannya baik pada tahapan hasil produksi (*product output*) maupun pada tahapan proses produksi, selalu meningkat jumlahnya. Keinginan untuk dapat mengukur tingkat keberlanjutan perusahaan manufaktur tersebut termasuk kemampuan sustainability accounting seperti mengukur derajat utilisasi sumber daya, mengukur timbulan limbah/sampah (*waste*) dan mengukur emisi (*pollutant*) yang dihasilkan kegiatan manufaktur, melakukan analisis dampak lingkungan hidup (*environmental assessment*) seperti dampak kegiatan manufaktur terhadap fisik-kimia lingkungan, biologi lingkungan, dan lingkungan ekonomi-sosial-budaya.

Kondisi saat ini, terdapat beberapa ukuran keberlanjutan yang diusulkan oleh organisasi-organisasi internasional seperti *Dow Jones Sustainability Index, OECD Core Set of Environmental Indicator, OECD Toolkit, Ford Product Sustainability Index, General Motor Metrics for Sustainable Manufacturing, Environmental Pressure Indicators for the European Union, United Nations Commission on Sustainable Development Indicators dan Walmart Sustainability Product Index Questions*.



Gambar 2. Kategori Metrik/Ukuran Performa Keberlanjutan Manufaktur

Sumber: Dreher, 2009 p.18 General Motor Metrics for Sustainable Manufacturing.

Dreher (2009) menyatakan terdapat 6 (enam) faktor yang dapat diukur untuk menentukan apakah kegiatan suatu manufaktur telah beroperasi secara berkelanjutan dan berwawasan lingkungan atau tidak (sustainable manufacturing = SM atau green manufacturing = GM). Keenam faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Dampak Lingkungan (*environmental impact*) yang terjadi akibat aktivitas kegiatan manufaktur.
 - b. Jumlah konsumsi energi (*energy consumption*) yang digunakan pada aktivitas kegiatan manufaktur.
 - c. Kondisi dan keadaan kesehatan (*personal health*) pekerja pada aktivitas kegiatan manufaktur.
 - d. Kondisi dan keadaan keselamatan kerja (*occupational safety*) pada aktivitas kegiatan manufaktur.
 - e. Biaya produksi (*manufacturing cost*) yang dikeluarkan oleh aktivitas kegiatan manufaktur.
 - f. Kondisi dan keadaan bagaimana pengelolaan limbah (*waste management*) yang dilakukan oleh aktivitas kegiatan manufaktur.
1. Sub-faktor yang diukur pada faktor dampak lingkungan (*environmental impact*):
 - a. Persentase atau jumlah tenaga kerja yang menggunakan alat transportasi publik atau menggunakan alat transportasi ramah lingkungan seperti; bersepeda dan berjalan kaki (*% employees who take public or eco-friendly transportation*) pada saat melakukan kegiatan mulai dari rumah sampai ke tempat bekerja di pabrik/manufaktur tersebut.
 - b. Jumlah atau beban pencemar udara emisi karbon dioksida (*CO₂ per emission per unit*) yang dihasilkan oleh setiap unit produksi yang dihasilkan oleh manufaktur tersebut.
 - c. Konsentrasi bahan pencemar pada air tanah (*pollutants in ground water*)
 - d. Jumlah kontaminan pencemar air (*contaminants in waste water*)
 - e. Jejak tapak usaha bisnis (*footprint of bussiness travel*)
 - f. Persentase energi terbarukan yang digunakan (*% energy from renewable resources*)
 - g. Ketersediaan air bersih dalam tanah (*level of ground water*)
 2. Sub-faktor yang diukur pada faktor konsumsi energi (*energy consumption*):
 - a. Jumlah konsumsi listrik warga masyarakat (*number of Green Manufacturing/GM "energy citizen"*)
 - b. Laju/tingkat penangkapan kembali energi (*rate of energy recapture*)
 - c. Gagasan/ide-ide pelaksanaan hemat energi (*energy ideas implemented*)
 - d. Efisiensi energi (*energy efficiency/unit*)
 - e. Total penggunaan energi (*total energy/unit*)
 3. Sub-faktor yang diukur pada faktor kesehatan (*personal health*) pekerja:
 - a. Jumlah sarana & tenaga medis (*number of medical LOA*)
 - b. Rasio jumlah hari sakit & jumlah hari kerja (*sick/work days ratio*)
 - c. Partisipasi pada program pendidikan kesehatan (*participation in health education/wellness programs*)
 - d. Pemanfaatan sarana & waktu olahraga setiap bulannya (*monthly on-site fitness use*)
 - e. Indeks sehat pada aspek makanan (*health index of on-site food*)
 4. Sub-faktor yang diukur pada faktor keselamatan kerja (*occupational safety*):
 - a. Jumlah kecelakaan yang membutuhkan pertolongan pertama (*number of accidents requiring first aid*)
 - b. Jumlah kejadian kecelakaan kerja yang tercatat (*number of OSHA reported events*)
 - c. Angka/jumlah keselamatan & keamanan masyarakat (*number of GM "safety citizens"*)
 - d. Penghamburan kerja (kerja sia-sia) terkait angka kesakitan (*diffusion of work related illness*)
 - e. Jumlah garis marka stop yang menyebabkan timbul perhatian/mengacuhkan aspek keselamatan (*number of line stops due to safety concerns*)
 - f. Jumlah hari kerja hilang yang disebabkan oleh adanya kejadian kecelakaan kerja (*number of workdays missed due to accidents*)
 5. Sub-faktor yang diukur pada faktor biaya produksi (*manufacturing cost*):
 - a. Jumlah konsumsi baja/unit (*steel consumption/unit*)
 - b. Jumlah konsumsi aluminium/unit (*aluminum consumption/unit*)
 - c. Jumlah konsumsi plastik/unit (*plastic consumption/unit*)

- d. Jumlah penghematan uang melalui peningkatan efisiensi energi (*dollars saved by energy efficiency increase*)
 - e. Biaya energi/unit (*energy costs/unit*)
6. Sub-faktor yang diukur pada faktor pengelolaan limbah (*waste management*):
- a. Jumlah limbah/unit yang dapat didaur ulang (*recycling waste/unit*)
 - b. Jumlah limbah B3 yang dihasilkan/unit produk (*hazardous waste/unit*)
 - c. Jumlah limbah/unit produk yang dibuang di tanah (*landfill waste/unit*)
 - d. Jumlah air limbah/unit produk (*wastewater/unit*)
 - e. Efisiensi pemindahan limbah/unit (*waste removal efficiency/unit*)

Contoh implementasi penetapan sasaran untuk menentukan ukuran-ukuran keberlanjutan aktivitas kegiatan manufaktur (*sustainable manufacturing metrics*) adalah sebagai berikut:

Tabel – 1 : Examples of goal-setting for selected metrics

Kategori	Ukuran	Tujuan/Sasaran
Energy	Energy/unit (GJ/vehicle)	6 / 6.3 (Honda)
Dampak Lingkungan Hidup	Tingkat kontaminasi pencemaran pada sumber air bersih (Chromium ppm)	0.05 / 0.1 (EPA)
Manajemen Limbah	Pembuangan limbah ke lingkungan dalam batas-batas nihil (zero-waste-to-landfill)	Capaian dan pemeliharaan terhadap keseluruhan tempat Capaian dan pemeliharaan pembuangan akhir sampah (tahun)
Biaya Proses Manufaktur	Penghematan biaya ekonomi melalui proses-proses manufaktur dan atau peningkatan efisiensi dan produktivitas recycled < 30 kg vehicle	Mereduksi biaya kompensasi limbah (non hazardous waste +materials GM pays to be (Toyota)
Keselamatan Kerja per 1000 workers	Number of OSHA reportable events	6.7 / 6.9
Kesehatan Personil kesehatan dan kesejahteraan	% partisipasi dalam program 25% / 11.8% (Intel Worldwide)	

Sources: Jon Dreher; MITSloan Management, Strategies for Sustainable Bussines Lab

Sedangkan menurut Feng et. al (2011:2); bahwa karakteristik ukuran keberlanjutan (sustainability) lingkungan kegiatan manufaktur antara lain adalah:

1. Indikator harus dapat diukur: indikator harus dapat diukur secara kuantitatif pada setiap fenomena yang terjadi terkait dengan aspek keberlanjutan ekologi dan industry itu sendiri,

misalnya indikator keuntungan ekonomi, indikator kesejahteraan, keselamatan-kesehatan manusia dan lingkungan hidup, indikator ramah lingkungan dan indikator perkembangan teknik (*technical advancement*).

2. Indikator harus relevan dan bersifat komprehensif: Indikator harus dapat memberikan informasi bermanfaat bagi aspek keberlanjutan proses-proses manufaktur, dan indikator ukuran keberlanjutan harus bersifat komprehensif dan tidak dipandang dalam ego-sektoral (*ego-centrism*).
3. Indikator harus dapat dipahami dan bermakna: Seluruh ukuran/metric yang diterapkan harus dapat dengan mudah diketahui oleh semua pihak yang terlibat dalam kegiatan industry dan mereka (pekerja) memahami serta dapat melaksanakan indikator tersebut secara praktis.
4. Indikator harus dapat dikelola: kadangkala beberapa indicators memiliki keterbatasan dan minimum untuk dapat digunakan sesuai kebutuhan pengukuran. Pada waktu yang bersamaan, manajemen harus mengikutinya untuk mengambil keputusan terhadap sejumlah indikator yang dapat digunakan dan dikelola dengan baik.
5. Indikator harus dapat diandalkan: setiap informasi yang disediakan harus dapat diandalkan dan dipercaya akurasiya, dan informasi ini sekaligus dapat dijadikan input ataupun sebagai indikator penting (*leading indicators*) dan sebagai indikator yang tertinggal (*lagging indicators*) dari proses-proses yang berlangsung.
6. Akses data dan pembiayaan efektif: indikator harus didasarkan atas akses data yang mudah diperoleh dengan pembiayaan yang efisien. Informasi dan data diperlukan untuk memperoleh dan mengumpulkan sumber daya yang ada secara mudah.
7. Indikator harus dapat diukur berdasarkan waktu: pengukuran atau pun pendataan terhadap indikator keberlanjutan lingkungan dan keberlanjutan kegiatan industry harus dapat diukur berdasarkan waktu harus dapat diukur berdasarkan waktu dengan frekuensi.

Strategi Keberlanjutan Manufaktur

Beberapa pendekatan dan strategi dilakukan untuk mencapai keberlanjutan (sustainability). Strategi tersebut umumnya terkait:

1. Produk: beberapa strategi yang bisa dilakukan

termasuk dengan melakukan *design for environment* (DfE), *life cycle analysis* (LFA), *product flexibility* seperti material substitution dan product customization.

2. Proses: pada faktor ini umumnya dilakukan strategi 6Rs yang terdiri dari reduction, remanufacturing, reuse, recycling, repair, responsible disposal. *Zero emissions*, *value stream mapping*, *material energy waste process flow modelling* juga bisa dilakukan untuk mencapai keberlanjutan dari faktor proses.
3. Praktik: contoh dari strategi di sisi praktik untuk mencapai keberlanjutan (*sustainability*) adalah ISO 14001, OHSAS 18001.

Strategi pencapaian keberlanjutan manufaktur menurut Feng et.al (2011:5) adalah: i) mengeleminir limbah dan pencemar selama proses manufaktur, ii) meningkatkan efisiensi penggunaan energy selama proses manufaktur, iii) perancangan produk manufaktur yang dapat disambung-gabungkan, dimanfaatkan kembali pada proses utama manufaktur, dan produk pasca pakai harus dapat didaur ulang, iv) melakukan konservasi dan perlindungan terhadap keberadaan sumber daya alam dan lingkungan hidup, dan v) melakukan upaya untuk menghindari penggunaan sumber daya alam tak terbarukan dalam industry manufaktur atau nir konsumsi sumber daya alam tak terbarukan. Sasaran pembangunan manufaktur modern adalah: i) penghematan pemakaian bahan baku (dematerialization), ii) melakukan substitusi materi bahan melalui penggunaan bahan baku yang lebih bersahabat lingkungan (more environmentally suitable materials), iii) melakukan perbaikan pola pemanfaatan intensitas energi dan waktu melalui metode dekarbonisasi dan mereduksi penggunaan energi, artinya; bahwa dengan menurunkan intensitas energi akan dapat berimplikasi pada penurunan polutan secara signifikan, iv) sebagai agen perubahan menjadi sistem manufaktur berkelanjutan, menerapkan penggunaan sistem komputerisasi teknologi dan informasi untuk memonitor seluruh operasi teknologi guna meyakinkan prinsip-prinsip manufaktur berkelanjutan dapat diterapkan dalam rancangan, mencegah terjadinya kebocoran-kebocoran dan mencegah arus material yang tidak perlu, v) praktik-praktik manufaktur berkelanjutan dapat memberikan implikasi optimalisasi pemanfaatan bahan, energi, biaya dan interaksi manufaktur dengan lingkungannya.

Lima ciri aktivitas pembangunan manufaktur konvensional yaitu; i) pembangunan yang mengutamakan pertumbuhan ekonomi di atas pembangunan sosial dan ekologi, ii) harga produk barang dan jasa yang dihasilkan tidak menampung kepentingan sosiologi dan ekologi, iii) sumber daya alam dieksploitasi tanpa memperhitungkan daya dukung dan daya tampung ekologi, iv) diabaikannya aspek interdependensi antara sistem ekonomi-sosial-ekologi, dan di dalam masing-masing system, dan v) kegiatan pembangunan manufaktur yang dilakukan bersifat jangka pendek, bersifat materialistis dan individualistis. Sedangkan ciri pembangunan manufaktur berkelanjutan dan berwawasan lingkungan adalah; i) kegiatan pembangunan mencakup keberlanjutan ekonomi, keberlanjutan sosial dan keberlanjutan ekologi, ii) melakukan intervensi pada pasar yang harus mengoreksi harga-harga produk yang mencerminkan perhatian pengusaha manufaktur terhadap lingkungan hidup.

Intervensi pasar yang dimaksud adalah; i) penggunaan sumber daya alam yang diperkaya dengan aspek sains dan teknologi; ii) menggunakan matriks ekonomi-sosial-ekologi yang menelusuri dampak positif-negatif yang akan terjadi; dan iii) aktivitas pembangunan manufaktur berkelanjutan memiliki visi jangka panjang, holistik dan memperhatikan aspek manusia secara utuh dalam masyarakat kebersamaan.

KESIMPULAN

Manufaktur berkelanjutan merupakan istilah formal terbaru yang menakjubkan dalam pelaksanaan kegiatan bisnis dalam rangka meningkatkan nilai ekonomi dan nilai lingkungan hidup sebagai penyedia sumber daya yang dimanfaatkan oleh kegiatan manufaktur. Kegiatan manufaktur berkelanjutan menghasilkan produk yang ramah lingkungan dengan berbagai istilah baru seperti "*green products*", *eco-product*, *cleaner product* dan sebagainya, serta seluruh kegiatan manufaktur menghasilkan produk sampingan berupa limbah yang dapat didaur ulang yangkeseluruhan istilah tersebut menjadi gaung masyarakat konsumen dunia dalam rangka melindungi dan mengelola lingkungan kehidupan. Kegiatan bisnis apapun bentuknya, seluruhnya berinisiatif dan melakukan inovasi untuk mendorong terbentuknya lingkungan yang sehat dan berkualitas bagi kehidupan bersama, meningkatkan kompetensi mereduksi risiko, membangun kepercayaan,

menggerakkan investasi, menarik perhatian konsumen, dan meningkatkan keuntungan. Kreativitas manufaktur dalam menghasilkan produk yang ekonomis, meminimumkan dampak negatif lingkungan, meningkatkan konservasi energi dan sumber daya alam, melindungi dan menyelamatkan pekerja, masyarakat lingkungan manufaktur serta konsumen pengguna produk. Untuk dapat diimplementasikannya secara sederhana konsep-konsep manufaktur berkelanjutan ini, maka dapat diterapkan prinsip-prinsip minimisasi faktor-faktor risiko bisnis yang terkait dalam operasional manufaktur sambil memaksimalkan peluang usaha yang dapat meningkatkan keuntungan melalui improvisasi produk dan proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Despeisse, M., Mbaye, F., Ball, P. D. dan Lever, A., 2011, *The Emergence of Sustainable Manufacturing Practices*, Production Planning and Control Vol. 23 No. 5: 354-376
- Despeisse, M., Ball, P. D., dan Evans, S., 2012, *Modelling and Tactics for Sustainable Manufacturing: an Improvement Methodology*, Sustainable Manufacturing.
- Djajadiningrat, Surna T., 2001. *Pemikiran Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*. Penerbit Studio Tekno Ekonomi ITB-Bandung: xix + 375 hlm.
- 1997. *Pengantar Ekonomi Lingkungan*. Penerbit PT. Pustaka LP3ES Jakarta: ix + 117 hlm.
- 1998. *Konsep Produksi Bersih Dalam Industri Kaitannya dengan ISO 14000 Serta Strategi Implementasinya*. Jurnal Ekonomi Lingkungan, Edisi VII Desember 1998.
- Dreher, et al. 2009. *General Motor Metrics for Sustainable Manufacturing*. Laboratory for Sustainable Business. MIT Sloan Management.
- Eija Kalliala, et al. 2001. *California's Perspective On The Clean Technology Revolution, And The Role Of Marketplace In Achieving Sustainability*. Tampere University of Technology. April 2001.
- Feng, C. Shaw. 2011. *Development Overview of Sustainable Manufacturing Metrics*. Manufacturing Engineering Laboratory, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Maryland, USA.
- Jon Dreher, 2012, *Sustainable Manufacturing Metrics*. MITSloan Management, Strategies for Sustainable Bussines Lab
- Nambiar, Arun N., 2010, *Challenges in Sustainable Manufacturing*, Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Dhaka.
- OECD, 2009, *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation: Framework, Practices and Measurement Synthesis Report*
- OECD, 2010 *Middle East Centre for Sustainable Development (MECSD)*
- OECD, 2011, *OECD Sustainable Manufacturing Indicators*
- Reda, R. 2013. *Manajemen Ekologi Industri*. Penerbit Universitas Indonesia: ix + 221 hlm.
- Rosen, Marc A. & Kishway, Hossan A., 2012, *Sustainable Manufacturing and Design: Concepts, Practices and Needs*, Sustainability 4: 154-174
- Smith, L. dan Ball, P, 2012, *Steps Towards Sustainable Manufacturing through Modelling Material, Energy and Waste Flows*, International Journal of Production Economics Vol. 140 Issue 1: 227-238