

Pemanfaatan ICT pada Konstruksi Berkelanjutan Berbasis Paradigma *Cradle-to –Grave*.

WANITA SUBADRA ABIOSO

**Jurusan/ Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA**

***SUSTAINABILITY* TELAH MENJADI KEHARUSAN**

Sustainability, yang diterjemahkan secara bebas sebagai kualitas berkelanjutan, bagi masyarakat pra industri merupakan kenyataan yang berkaitan erat dengan prinsip kehidupan budaya mereka terutama yang berhubungan dengan hal-hal yang mereka anggap suci dan keramat atau disucikan dan dikeramatkan. Akan tetapi di era industri seperti sekarang ini, yang diawali oleh Revolusi Industri di akhir abad 18 di Inggris Raya, serta negara-negara Eropa dan Amerika Serikat berupa perubahan signifikan kondisi sosial dan ekonomi akibat diadopsinya metoda produksi berskala besar yaitu industri, yang terjadi justru sebaliknya. Hanya dipicu oleh ide-ide progresif sesaat dan rencana-rencana jangka pendek, masyarakat seringkali mengesampingkan, mengabaikan, bahkan menodai budaya tersebut.

Visi masyarakat telah berubah, hal-hal yang diutamakan justru lebih pada hubungan antara kehidupan dan proses untuk hidup yang dengan segala cara melakukan serangkaian perencanaan dan perancangan yang lebih tepat dikatakan serangkaian pendayagunaan lingkungan hidup sehari-hari demi terwujudnya segala bentuk keinginan dan cita-cita mereka. Padahal sebaiknya alih-alih seharusnya, kita memandang suatu rencana dan rancangan tidak hanya sebagai pengejawantahan dari penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi semata, namun lebih merupakan hasil dari perilaku manusia yang mendambakan suatu kondisi agar senantiasa dapat bertahan hidup, menyesuaikan diri dengan lingkungannya, dan memperoleh keseimbangan hidup di dunia yang tidak memperkenankan dominasi seseorang atas seseorang dan/ atau sesuatu dalam jangka waktu yang cukup panjang.

Kondisi di atas telah melahirkan konsep *Sustainability* yang memiliki kekuatan pada integrasi antara ketiga sistem-sistem sosial, ekonomi, dan lingkungan. *Sustainable Development* yang di Indonesia lebih dikenal sebagai Pembangunan Berkelanjutan merupakan aliran keduanya merupakan tindakan antisipatif dan usaha penanggulangan atas kondisi tersebut di atas telah menjadi permasalahan internasional yang sangat mendesak dengan dua lontaran masalah utama yang memerlukan kesungguhan pemikiran dan tindakan guna pemecahan lebih lanjut,

yaitu berlangsungnya secara terus menerus **proses peluasan dan peningkatan kemiskinan** serta proses **penurunan kualitas lingkungan alam**.

Masalahnya adalah, di satu sisi proses-proses tersebut di atas telah mengakibatkan semakin meluas dan meningkatnya kemiskinan serta semakin menurunkan kualitas lingkungan alam sedangkan di sisi lain pemecahan bagi kedua masalah tersebut satu sama lain justru sangat kontradiktif, karena usaha-usaha melalui pertumbuhan ekonomi yang diharapkan dapat memperbaiki dan meningkatkan kesejahteraan umat manusia pada kenyataannya seringkali sangat bergantung kepada pendayagunaan sumber-sumber daya alam sedemikian rupa merupakan penyebab utama dari penghancuran lingkungan alam selama ini.

Ulasan berikut merupakan upaya kecil untuk memberikan sumbang saran yang mungkin tidak terlalu signifikan dan tidak terlalu besar artinya, namun setidaknya membantu membuka wawasan bagi mereka yang belum menyadari atau faham benar atas apa yang tengah berlangsung pada planet Bumi kita tercinta ini beserta dampaknya bagi keberlanjutan hidup kita.

LATAR BELAKANG

Dalam konteks *natural resources* atau sumber daya alam, *Sustainability* beserta Pembangunan Berkelanjutan, yang merupakan konsep beserta tindakan yang memiliki kekuatan pada integrasi sistem-sistem sosial, ekonomi, dan ekologi, menawarkan pemecahan atas permasalahan penurunan kualitas lingkungan dan peluasan kemiskinan akibat dari menurunnya ketersediaan sumber daya bersangkutan, meskipun masih kondisional. Artinya, hanya dalam kondisi ekonomi yang mantap suatu negara dimungkinkan untuk melakukan *environmental labeling* atau *eco labeling*, keduanya merupakan proses sertifikasi yang mengacu pada ISO 14000 tentang *environment management systems and standards*, sebagai pengakuan atas produk-produk berkelanjutan dengan menggunakan instrumen *Life Cycle Analysis* (LCA) yang berbasis pada paradigma *cradle-to-grave* yang dapat diterjemahkan secara bebas dari kelahiran sampai dengan kematian, guna melindungi lingkungan alam dan kemungkinan meluasnya kemiskinan sebagai konsekuensinya.

Pernyataan bahwasanya “50% dari seluruh konsumsi energi lingkungan buatan merepresentasikan keterkaitannya dengan industri konstruksi” (Steele, 1997), menunjukkan bahwa gedung dalam konteks produk suatu proses arsitektur berperilaku sama dengan produk secara umum. Seperti diketahui bahwa proses industri konstruksi meliputi di antaranya

produk arsitektur yang melibatkan gedung, termasuk ke dalam kelompok industri sekunder yang senantiasa melakukan *energy-producing* dan mengkonsumsinya secara intensif. Untuk itu arsitektur pun memerlukan suatu instrumen semacam LCA yaitu instrumen berbasis *cradle-to-grave* yang dapat menganalisis dan menilai *building "as enclosure of architecture" life cycle*-nya atau daur hidup gedungnya, sedemikian rupa arsitektur dapat mencapai produk yang berkelanjutan atau secara spesifik dapat menuju arsitektur yang berkelanjutan. Pernyataan tersebut dikemukakan oleh beberapa anggota AIA (*American Institute of Architects*) dan IUA (*International Union of Architects*) pada saat mengajukan adendum atas *Agenda 21*, prosiding *Rio Earth Summit* 1992 atau Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi Rio 1992, di Rio de Janeiro, Brazil, yang berisi garis besar komprehensif lingkup Pembangunan Berkelanjutan. Adendum berisi kepedulian mereka terhadap penggunaan secara berlebihan atas *non renewable resources* atau sumber-sumber daya tidak terbarukan terutama sumber daya energi fosil, baca: migas (minyak dan gas bumi).

Krisis minyak tahun 1973 di Amerika Serikat boleh jadi dipicu oleh masalah politis yaitu konflik antara Arab, Mesir, dan Syria sebagai negara-negara produsen minyak dengan Israel sehingga terjadi embargo minyak terhadap negara-negara pendukung Israel di antaranya Amerika Serikat. Namun terlepas dari masalah politis tersebut, persediaan sumber daya energi migas dunia memang semakin menipis terlebih apabila pemakaiannya tidak dipertimbangkan secara bijaksana. Fenomena energi global akibat penggunaan berlebihan atas energi bersumber daya migas telah mencapai taraf yang mengharuskan kita, termasuk komunitas arsitektur, untuk turut peduli apabila tidak ingin menghadapi tekanan ekonomi yang lebih besar.

Pada tahun 1970 melalui bukunya "*System Approach to Architecture*" atau pendekatan arsitektur sebagai sistem, A. Benjamin Handler menawarkan suatu pendekatan penyelesaian permasalahan arsitektur dengan memandang arsitektur sebagai sebuah sistem yang terdiri atas 4 (empat) sub sistemnya yaitu: 1. Proses Desain; 2. Proses Konstruksi; 3. Proses Operasi; 4. Proses Bionomik Manusia, yang secara intrinsik memiliki kesamaan paradigma dengan LCA dalam menyelesaikan permasalahan arsitektur yaitu dengan memperhitungkan daur hidup gedung melalui keempat sub sistemnya, meskipun belum memperhitungkan proses pengelolaan gedung di akhir kegunaannya apabila dianalogikan dengan proses pengolahan limbah produksi pada LCA.

Dalam perkembangannya beberapa instrumen berbasis *cradle-to-grave* telah diciptakan, dengan memanfaatkan seluruh potensi yang terdapat dalam *Information and Communication*

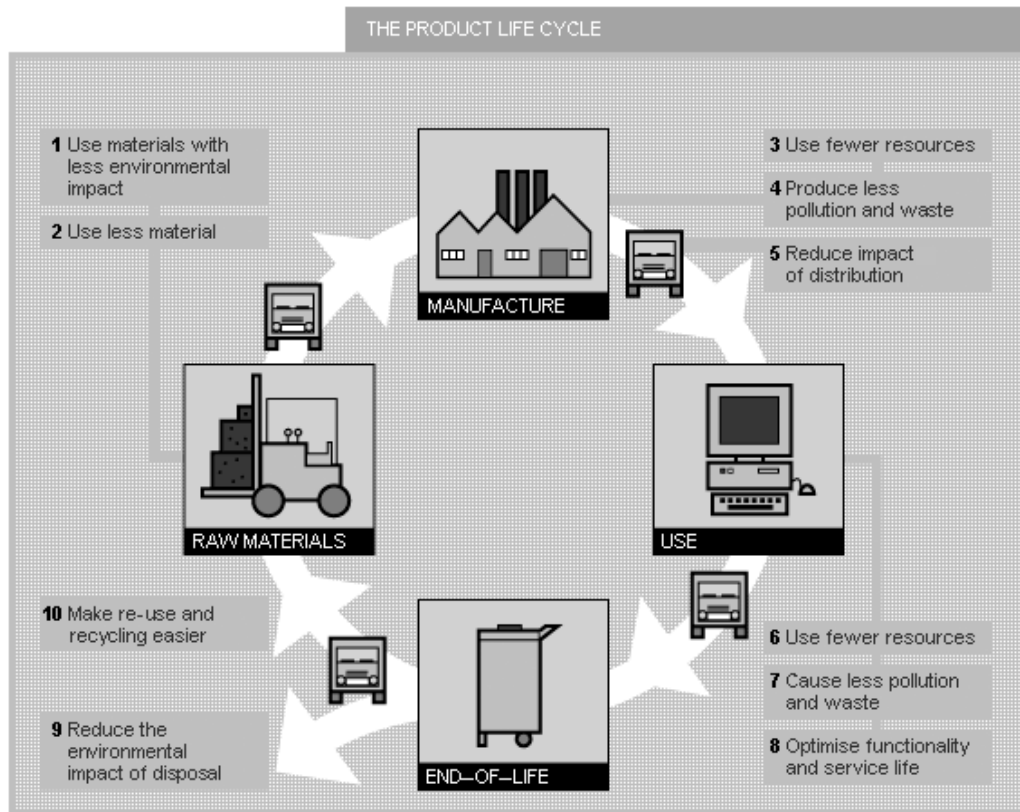
Technology (ICT) atau Teknologi Informasi dan Komunikasi, berupa *softwares* komputer yang selain dapat menyederhanakan proses-proses perencanaan dan perancangan produk berkelanjutan yang dikenal sangat rumit, juga mempersingkat waktu serta menghemat tenaga dan biaya. Dan lebih jauh diharapkan dapat membantu memulihkan atau setidaknya meminimasi bahkan menghentikan sama sekali laju penurunan kualitas lingkungan alam.

PRODUK BERKELANJUTAN DAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

Paradigma *cradle-to-grave* yang diterjemahkan sebagai dari kelahiran hingga kematian atau *from-source-to-sink* menurut arsitek berkelanjutan Malaysia Ken Yeang, secara lebih rinci dapat dideskripsikan sebagai prinsip agar senantiasa memperhitungkan biaya dan energi yang akan dikeluarkan serta dampak-dampak lingkungan yang akan terjadi di sepanjang suatu proses produksi, mulai dari proses *material withdrawal or extraction* yaitu penambangan material hingga proses *waste disposal* yaitu pengelolaan limbah produk bersangkutan. Prinsip tersebut sebaiknya, alih-alih seharusnya, dianut oleh para produsen atau pelaku manufaktur guna menghasilkan produk berkelanjutan.

Demikian pula halnya bagi arsitektur tepatnya gedung sebagai *enclosure*-nya yang di era kiwari termasuk ke dalam produk industri konstruksi sebaiknya memperhitungkan pula biaya dan energi yang akan dikeluarkan serta dampak-dampak lingkungan yang akan terjadi di sepanjang proses arsitektur sebagai sistem yang meliputi proses perencanaan dan perancangan, konstruksi, operasi dan pemeliharaan, bionomik manusia, sampai dengan proses pengelolaan gedung di akhir kegunaannya, guna menuju bahkan mencapai arsitektur berkelanjutan. Gambar-1: *The Product-Life-Cycle* atau **Daur-Hidup-Produk**, pada halaman berikut menggambarkan proses produksi beserta tahapannya yang sebaiknya mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- *Raw Materials/ Bahan Baku*: 1. Menggunakan sesedikit mungkin material berdampak lingkungan negatif; 2. Menggunakan sesedikit mungkin material;
- *Manufacture/ Manufaktur* (proses industri atas bahan baku): 3. Menggunakan lebih sedikit sumber daya; 4. Memproduksi sesedikit mungkin polusi dan limbah; 5. Mengurangi dampak distribusi;
- *Use/ Penggunaan*: 6. Menggunakan sesedikit mungkin sumber daya; 7. Meminimasi penggunaan yang mengakibatkan polusi dan limbah; 8. Mengoptimalkan kegunaan dan usia kegunaan;



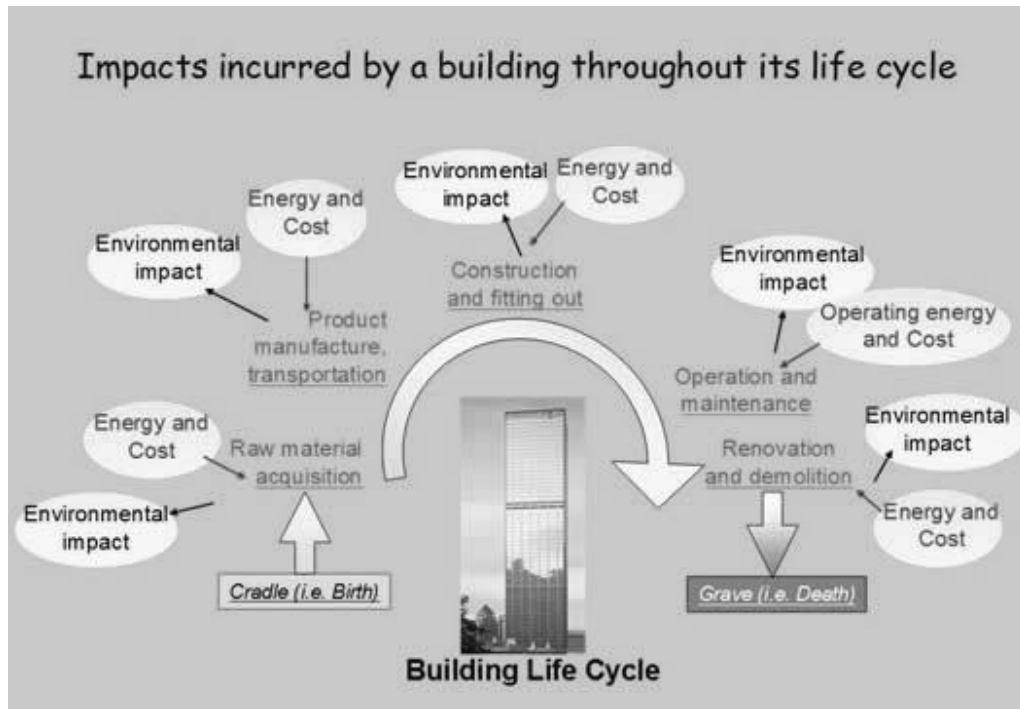
Gambar 1: *The Product Life Cycle* atau Daur Hidup Produk

Sumber: <http://www.weeeman.org/html/what/lifecycle.html>

- *End of life/ Akhir Kegunaan Produk*: 9. Kurangi dampak lingkungan dari material buangan; 10. Permudah penggunaan kembali dan daur ulang.

Demikian pula halnya pada Gambar 2. *Building Life Cycle* dapat memberi gambaran tentang dampak lingkungan yang akan terjadi selama proses produksi gedung, atau dengan perkataan lain proses membangun gedung dalam konteks gedung sebagai *enclosure* arsitektur dan juga sebagai produk industri konstruksi, yang sebaiknya menganut prinsip sebagai berikut:

- *Cradle* atau kelahiran suatu gedung diawali dengan pengambilan bahan baku, akan membutuhkan sejumlah energi dan biaya serta mengakibatkan dampak lingkungan.
- *Product manufacture transportation* atau transportasi manufaktur produk juga akan mengalami hal yang sama dengan butir 1.
- *Construction and fitting out* atau pembangunan dan pemasangan peralatan utilitas juga akan mengalami hal yang sama dengan butir 1.
- *Operation and maintenance* atau operasi dan pemeliharaan akan membutuhkan energi operasional dan biaya serta mengakibatkan dampak lingkungan.



Gambar 2. *Building Life Cycle* atau Daur Hidup Gedung dapat menjadi representasi dari daur hidup produk dalam konteks arsitektur sebagai produk industri konstruksi.

Sumber: [Http://www.emsd.gov.hk/emsd/eng/pee/lceabc.shtml](http://www.emsd.gov.hk/emsd/eng/pee/lceabc.shtml)

- *Grave* atau kematian: *renovation and demolition* yaitu proses perbaikan dan penghancuran juga akan mengalami hal yang sama dengan butir 1.

Untuk memperhitungkan jumlah energi yang akan dikonsumsi, harus dilakukan analisis atas seluruh energi yang terdapat pada gedung dan yang akan dikonsumsi di sepanjang usia gedung baik untuk kegiatan operasional maupun pemeliharaan. Kegiatan operasional akan bergantung kepada penggunaan material dan metoda fabrikasi, sedangkan pemeliharaan akan bergantung kepada orientasi, daerah dan jenis jendela, penyelesaian permukaan gedung, dan sistem-sistem pencahayaan, pengkondisian udara, insulasi, karakteristik termal dinding dan atap.

ANALOGI SISTEM ARSITEKTUR DENGAN *LIFE CYCLE ANALYSIS* (LCA)

Life Cycle Analysis (LCA) yang merupakan instrumen berbasis *cradle-to-grave* yang dapat diterjemahkan dari-kelahiran-hingga-kematian, berfungsi untuk mengukur keberlanjutan suatu produk dengan cara menganalisis energi dan biaya yang akan dikonsumsi dan digunakan, serta dampak-dampak lingkungan yang akan terjadi di sepanjang *product life cycle* produk bersangkutan. Sedangkan produk berkelanjutan yang dimaksud adalah hasil dari proses produksi yang tidak mengancam keberlanjutan ketersediaan *non renewable resources*

atau sumber-sumber daya khususnya alam yang tidak terbarukan, dengan perkataan lain bukan hasil dari proses menguliti alam atau bumi.

Paradigma *cradle-to-grave* yang diterjemahkan sebagai dari-kelahiran-hingga-kematian atau *from-source-to-sink* bagi arsitek berkelanjutan Malaysia Ken Yeang seperti telah dinyatakan sebelumnya adalah prinsip agar senantiasa memperhitungkan energi dan biaya yang akan dikonsumsi dan digunakan, serta dampak-dampak lingkungan yang akan terjadi pada setiap tahap di sepanjang *product life cycle* mulai *material withdrawal or extraction* yaitu penambangan material sampai dengan *waste disposal* yaitu pengolahan limbahnya. Demikian pula halnya bagi gedung yang bertindak sebagai *enclosure* arsitektur dan juga sebagai produk industri konstruksi, sebaiknya dipandang sebagai sistem arsitektur dalam arti arsitektur akan melalui *building life cycle*-nya yang meliputi proses perencanaan dan perancangan, konstruksi, operasi dan pemeliharaan, bionomik manusia, sampai dengan proses pengelolaan gedung di akhir kegunaannya.

Pada sistem arsitekturnya Handler meskipun belum secara eksplisit menyatakan dampak-dampak negatif lingkungan alam akibat konsumsi energi beserta biaya yang akan dikeluarkan akibat daur hidup gedung dalam konteks gedung sebagai produk sistem arsitektur, namun secara implisit pemikiran Handler menyatakan bahwa penyelesaian permasalahan arsitektur sebaiknya dipertimbangkan secara *cradle-to-grave*. Menurut Handler pada sistem arsitektur para arsitek boleh jadi hanya akan merasa berkepentingan dengan proses perencanaan dan perancangan gedung namun pada kenyataannya mereka tidak dapat menghindari keterlibatan para pembangun gedung, operator, dan pengguna gedung baik selama proses pengadaan gedung maupun pada saat gedung beroperasi dan pada akhir kegunaannya. Dengan demikian analisis daur hidup gedung dapat dilakukan oleh sistem arsitektur yang dapat dianalogikan dengan LCA, yang bertindak sebagai instrumen berbasis *cradle-to-grave* yang inheren di dalam sistem arsitektur itu sendiri.

Sistem Arsitektur atau Arsitektur Sebagai Sistem konsep yang ditawarkan oleh A. Benjamin Handler sebagai pendekatan penyelesaian permasalahan arsitektur terdiri atas 4 (empat) sub sistem yaitu: 1. Proses Desain; 2. Proses Konstruksi; 3. Proses Operasi; 4. Proses Bionomik Manusia, yang secara intrinsik memiliki kesamaan paradigma dengan LCA, meskipun belum memperhitungkan proses pengelolaan gedung di akhir kegunaannya apabila dianalogikan dengan proses pengolahan limbah produksi pada LCA.

KRITERIA RANCANGAN ARSITEKTUR BERBASIS DAUR HIDUP GEDUNG

Kriteria rancangan arsitektur dalam konteks pembangunan berkelanjutan yang berarti perumusannya telah memperhitungkan daur-hidup-gedung atau berbasis paradigma *cradle-to-grave* dalam konteks gedung sebagai *enclosure* arsitektur yang sekaligus sebagai produk industri konstruksi. Kriteria bersangkutan meliputi rentang lebar hal-hal yang harus dipertimbangkan di sepanjang proses mulai perencanaan dan perancangan hingga proses pengelolaan alih-alih pengolahan gedung di akhir usianya, yang di antaranya dapat dibantu oleh teknologi termasuk Teknologi Informasi dan Komunikasi atau ICT bahkan inovasi arsitektur sebagai berikut (Abioso, 1999):

ARSITEKTUR	I.	ARSITEKTUR
		TAPAK
	1.	UMUM
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penentuan peruntukan tapak berdasarkan integrasi antara sistem transportasi dengan tata guna lahan (<i>land use</i>). ▪ Perhitungan kemiringan lahan berkontur dengan prinsip meminimasi volume <i>cut and fill</i>. ▪ Perhitungan <i>building coverage ratio</i> dan <i>floor area ratio</i> secara ketat dan cermat.
	2.	KONSEP PEDESTRIANS
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memperhitungkan skala jarak pejalan kaki guna meminimasi penggunaan kendaraan bermotor berbahan bakar penghasil energi yang bersumber daya tidak terbarukan.
	3.	PENGKONDISIAN UDARA RUANG LUAR
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penciptaan kondisi nyaman termal salah satunya dengan memanfaatkan gedung-gedung tinggi berlantai banyak yang dapat bertindak sebagai tabir matahari raksasa.
		LANSEKAP
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pemanfaatan vegetasi lokal termasuk vegetasi eksisting yang dapat bertindak sebagai <i>buffer</i> kebisingan dan pembentuk atmosfer yang kaya akan O₂.
		BANGUNAN GEDUNG
	1.	UMUM
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menggunakan desain yang tidak membahayakan baik para pelaksana maupun para penggunanya keterkaitannya dengan biaya sosial. ▪ Menggunakan langgam yang luas, fleksibel terhadap lingkungan setempat di setiap saat guna meminimasi perubahan fasade dan biaya pemeliharaan. ▪ Menerapkan konsep ruang multiguna yang dapat ditata sendiri dan dapat didisposisi sedemikian rupa dapat dimanfaatkan atau menerapkan konsep fleksibilitas.
	2.	ORIENTASI MATAHARI
		Mempertimbangkan orientasi matahari secara ketat sesuai dengan lokasi tapak, menggunakan material yang tepat bahkan dapat berbeda di setiap fasade yang berbeda arah serta menggunakan bentuk dan konfigurasi gedung yang tepat.
	3.	BENTUK DAN KONFIGURASI RUANG
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menerapkan bentuk dan konfigurasi yang membentuk ruang luar dan <i>buffer</i> sebagai sarana interaksi sosial, pada gedung tinggi berlantai banyak dapat berupa ruang-ruang komunal. ▪ Menerapkan bentuk-bentuk yang responsif terhadap lingkungan seperti: bentukan aerodinamis, <i>concourse</i>, <i>atrium</i>, <i>courtyard</i> sebagai pengatur iklim ruang luar, serta <i>set back</i> yang didukung dengan penanaman vegetasi dan pembuatan lansekap. ▪ Menerapkan bentuk dan konfigurasi ruang sedemikian rupa dapat memodifikasi iklim dan pergerakan udara untuk menciptakan kondisi nyaman termal. ▪ Menerapkan <i>single loaded corridor</i> guna mengoptimalkan penggunaan ventilasi silang.

	4.	FASADE
		<ul style="list-style-type: none"> Mendesain fasade yang dapat mengarahkan angin, kulit gedung yang dapat mengatur suhu, tabir matahari yang diperhitungkan secara cermat khusus arah barat-timur, serta penahan air hujan.
	5.	SISTEM STRUKTUR
		<ul style="list-style-type: none"> Menerapkan sistem struktur yang elemen-elemennya bertindak pula sebagai elemen arsitektural, dapat memodifikasi iklim, dapat mengatur sirkulasi udara, dan pelaksanaannya sesedikit mungkin mengganggu lingkungan.
	6.	KONSTRUKSI DAN MATERIAL
		<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan konstruksi yang mudah dibongkar tanpa merusak struktur utama dan pengangkutannya tidak merusak lingkungan. Menggunakan konstruksi dan material kulit gedung hemat energi, yang dapat mengatur panas sesuai dengan yang dibutuhkan dan mengatur iklim-iklim ekstrim.
	7.	SISTEM UTILITAS
		<ul style="list-style-type: none"> Menerapkan sistem ventilasi silang dengan memaksimalkan dinding eksternal. Meminimasi penggunaan AC: sistem AC <i>built-up</i> sesuai kebutuhan, didukung bukaan untuk fleksibilitas sirkulasi udara, terintegrasi dengan desain untuk peletakan dan pemeliharaan. Menggunakan sistem pencahayaan alami, dikombinasikan dengan material alami, warna, dan ketinggian langit-langit sesuai arah sinar matahari, serta pengatur panas manual. Menggunakan pemanasan solar dan pemanasan internal lain yang diperhitungkan secara cermat untuk meminimasi bahan bakar migas.
	8.	OTOMASI GEDUNG
		<ul style="list-style-type: none"> Menerapkan sistem-sistem otomasi gedung seperti <i>Building Environment System</i> (BES). Menerapkan sistem penghawaan alami yang dibantu alat pengatur yang dikontrol sensor Menggunakan tabir matahari yang diperhitungkan secara cermat untuk fasade dengan sisi-sisi terpanas yang diaktifkan oleh sensor.
9.	LANSEKAP	
	Menggunakan vegetasi dan lansekap untuk pengkondisian udara internal/ eksternal, yang bersimbiosis dengan sistem mekanikal untuk menghasilkan lingkungan seimbang. Menggunakan vegetasi pada atap, dinding, dan plaza untuk mendinginkan struktur-struktur kota.	

II. STRATEGI PENGADAAN	<ul style="list-style-type: none"> Menerapkan strategi <i>self-help</i> pada pengadaan perumahan, disertai <i>in-service training</i> dengan bantuan arsitek agar dapat dibangun dengan lebih baik, tepat dengan kebutuhan, terjangkau secara finansial termasuk biaya operasional. Menerapkan sistem <i>self-build</i> pada pengadaan perumahan dengan partisipasi pengguna, metoda membangun instruktif yang memungkinkan variasi ekspresi, ukuran, bentuk, fenestrasi, warna serta pengembangan daerah komunal. Menerapkan konsep komunitas <i>self-sufficient</i>, dengan mempersiapkan tapak yang dapat mengakomodasi kebutuhan komunitas sesuai dengan pertumbuhannya. Memfaatkan hasil-hasil penelitian dan program pengembangan tentang desain-desain yang sehat secara lingkungan. Menerapkan prinsip-prinsip rehabilitasi dan penggunaan kembali gedung dengan menekan biaya operasional atau menyewakannya guna memperoleh dana untuk pemeliharaan dengan tetap meminimasi konsumsi energi.
---	---

III. KEBIJAKAN	<ul style="list-style-type: none"> Mengenali kembali bencana-bencana alam yang pernah terjadi kaitannya dengan konstruksi dan penggunaan material terbatas yang tidak diatur, perbaikan pada pembuatan dan penggunaan material, teknik-teknik konstruksi, serta program-program pelatihan. Melakukan restrukturisasi institusi kredit sehingga memungkinkan kelompok masyarakat tidak mampu dapat membeli material gedung dan memperoleh pelayanan sewajarnya. Menerapkan kebijakan pelestarian gedung serta kumpulan gedung sebagai dasar konsep rehabilitasi dan penggunaan kembali gedung. Melakukan pertukaran informasi secara internasional antara arsitek dan kontraktor tentang konstruksi yang berhubungan dengan sumber-sumber daya alam tidak terbarukan. Memberlakukan sanksi finansial bagi penggunaan material yang dapat merusak lingkungan. Menerapkan sistem desentralisasi industri konstruksi, meningkatkan dan mengembangkan perusahaan konstruksi kecil, menerapkan sistem padat karya alih-alih sistem padat energi.
---------------------------------	--

PERAN ARSITEK	IV.	1.	SUMBER DAYA
			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menganut paradigma perancangan dan desain berorientasi kepada konsep hemat energi. ▪ Memanfaatkan potensi alam dengan mempelajari dan mempertimbangkan karakteristik matahari, angin, dan hujan, serta senantiasa bekerjasama dengan iklim. ▪ Memperlakukan tanah bukan sebagai komoditi yang dapat diperjualbelikan secara bebas, akan tetapi sebagai substansi yang lebih bermakna filosofis. ▪ Mempertimbangkan kearifan tradisional penduduk asli sebagai penyimpanan dan akumulasi pengetahuan tradisional, serta mampu mengenali energi kreatif atau potensi masyarakat. ▪ Menghilangkan pola-pola pembangunan formal yang terlalu jauh mengintervensi lingkungan dan menghancurkan budaya-budaya yang terbukti mampu mengelola lingkungan selama ini. ▪ Meningkatkan pengetahuan tentang <i>green index</i> yang berhubungan dengan sumber-sumber daya, dan merubah pola-pola konsumsi yang mengakibatkan degradasi lingkungan.
		2.	MATERIAL
			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menggunakan hasil penelitian tentang material yang merupakan sumber daya utama. ▪ Memiliki pengetahuan tentang material dan teknik-teknik konstruksi hemat energi, merekomendasikan penggunaan material-material lokal, alami yang berkelanjutan, historis, kultural, metoda tradisional terbarukan bagi praktek kontemporer, <i>re-use</i>, dan daur-ulang. ▪ Mewaspadaai penggunaan material <i>energy intensive</i> seperti: baja, kaca, dan beton yang mengakibatkan polusi dan meningkatkan suplai-suplai jangka pendek. ▪ Melakukan pendekatan <i>life-cycle</i> pada penggunaan material dan perlengkapan gedung serta <i>life cycle costing</i> pada proses perubahan sumber daya alam menjadi material. ▪ Memperhitungkan <i>cradle-to-grave cost</i> dan energi yang dibutuhkan selama proses produksi material yang sering digunakan, serta dampak lingkungan yang akan terjadi.
		3.	PENGGUNA
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Membina para calon pengguna agar dapat menolong diri sendiri untuk membangun gedung-gedung yang dibutuhkannya berdasarkan konsep instruktif, dan membantu menentukan desain agar pengguna mampu membayar biaya-biaya operasional nantinya. ▪ Mendahulukan kepentingan pengguna dalam merespon iklim di setiap proses perancangan. ▪ Mengembangkan pola baru kehidupan internal pengguna gedung tinggi berlantai banyak. ▪ Mencari pola-pola konfigurasi spasial baru untuk lingkungan buatan yang lebih baik. 	
	4.	PENGEMBANGAN	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menggunakan literatur relevan yang lebih menuntut tanggungjawab profesional dalam menghadapi klien global dengan segala tuntutan yang semakin meningkat dan beragam. ▪ Menggunakan model sebagai acuan untuk menghadapi generasi di masa mendatang dengan beragam permasalahan, diharapkan dapat merubah pola-pola sosial menjadi lebih baik. ▪ Menerapkan konsep <i>sustainability</i> sebagai konsep yang andal dan tidak menganggapnya sebagai konsep yang <i>fashionable</i> dan hanya sekedar <i>jargon</i>. 	
PENGUNAAN MATERIAL	V.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menggunakan material bebas bahan pengawet yang membahayakan kehidupan manusia. ▪ Menggunakan material bernilai rendah, hasil daur ulang, alami setempat, terbarukan, dan sehat lingkungan dengan kewaspadaan tinggi atas ketersediaannya. ▪ Memanfaatkan material secara jujur sesuai karakteristiknya guna kekuatan dan perawatan. ▪ Menggunakan material <i>non energy-intensive</i> dan <i>energy-intensive</i> disertai instruksi penggunaan dengan tujuan penghematan energi. ▪ Menggunakan material massa gedung dan <i>cladding</i> yang responsif terhadap sinar matahari dan dapat mengatur panas sesuai kebutuhan. ▪ Menggunakan material berbeda warna untuk fungsi berbeda, untuk pencahayaan dan kemudahan penggunaan.

VI. KONSUMSI ENERGI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Merancang dengan sasaran yang bijaksana sedemikian rupa kebutuhan energi terprediksi. ▪ Menerapkan konsep desain berenergi rendah, bentuk dan material konvensional, pencahayaan alami otomatis, generator tenaga angin, dan teknologi energi solar sederhana. ▪ Mengatur penggunaan energi listrik berdasarkan zona-zona: pemanasan, pendinginan, pencahayaan, penghawaan, dan kebutuhan lain. ▪ Meminimasi penggunaan bahan bakar fosil baca: minyak dan gas bumi.
--------------------------------------	---

VII. PENGUNAAN SUMBER DAYA	1.	SUMBER DAYA ALAM
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memanfaatkan tanah dan air tanah secara terencana, sistematis, optimal, mempertimbangkan <i>net-to-gross</i> serta meminimasi perusakan ekosistem. ▪ Menggunakan cahaya matahari untuk sistem pencahayaan dan pemanasan solar. ▪ Menggunakan angin untuk penghawaan alami dan generator. ▪ Menggunakan air dan air hujan sebagai media pengkondisian udara internal dan eksternal. ▪ Menggunakan vegetasi dan lansekap untuk pengkondisian udara internal/ eksternal, dan menghasilkan atmosfer yang kaya O₂. ▪ Menggunakan material kayu dan batu alam sebagai material utama seoptimal mungkin.
	2.	SUMBER DAYA BUATAN
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Reuse</i> gedung-gedung dan/ atau material tidak terpakai sebagai sumber daya baru. ▪ Meminimasi material fabrikasi yang <i>energy-intensive</i> kecuali secara operasional hemat energi. ▪ Meminimasi penggunaan tenaga listrik apabila mungkin menggunakan sensor.

PEMANFAATAN *INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT)* PADA INSTRUMEN BERBASIS *CRADLE-TO-GRAVE*

Sebagian kriteria rancangan arsitektur di atas yang diturunkan berdasarkan *mindset* daur hidup gedung telah bersifat teknis dan *workable*, namun sebagian masih bersifat normatif sehingga memerlukan media untuk kemudahan aplikasi berupa instrumen berbasis *cradle-to-grave*. Beberapa instrumen pengukuran *sustainability* baik bagi produk secara umum maupun gedung pada perkembangannya telah disistemasi secara cerdas melalui pemanfaatan potensi *Information and Communication Technology (ICT)* atau teknologi informasi dan komunikasi berupa *computer softwares* atau piranti lunak komputer.

Beberapa piranti lunak komputer dan basis data tentang produk-produk berkelanjutan telah tersusun khususnya di negara-negara maju. Piranti lunak berbasis paradigma *cradle-to-grave* untuk menilai tingkat keberlanjutan suatu produk termasuk gedung yang telah diperkenalkan dan digunakan secara luas terutama di negara-negara maju di antaranya:

1. *LCA Softwares* di antaranya *Life Cycle Analysis in Sustainable Architecture (LISA)*, *Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)*, dan *TEAM™ – LCA tool from EcoBalance / Ecobilan (FR / US)*.
2. *Energy and Building Tools* di antaranya *ATHENA™ Sustainable Materials Institute*, *DOE-2*, dan *ENVEST*.

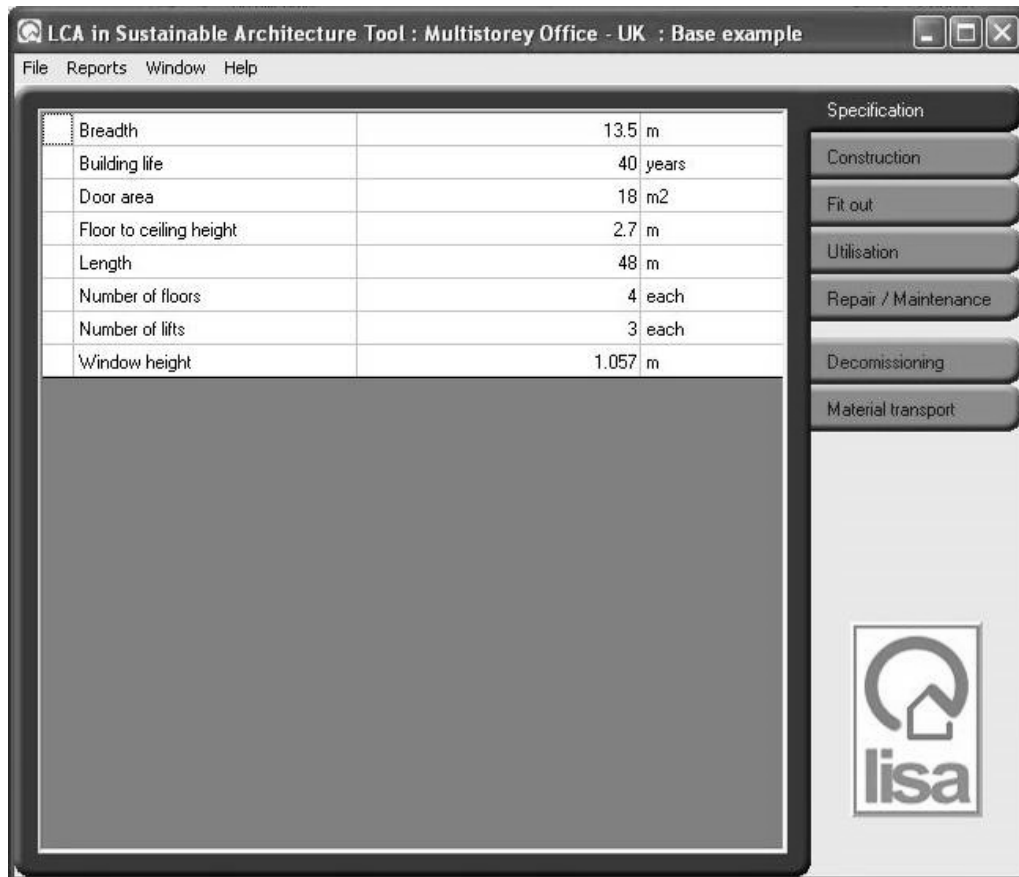
3. *Whole Building Assessment Tools* di antaranya *The Leadership in Energy and Environmental Design (THE LEED) Green Building Rating System™*, *Green Building Advisor (GBA)*, dan *The Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)*.

Secara umum piranti lunak bersangkutan memiliki kekuatan pada akurasi perhitungan konsumsi energi secara kuantitatif beserta konsekuensi finansial serta dampak lingkungan yang diakibatkannya atas rancangan-rancangan khususnya gedung dan produksi material. Uraian berikut akan menjelaskan salah satu piranti lunak LCA yang berhubungan dengan sarana dan prasarana khususnya gedung dan material gedung, Piranti lunak bersangkutan merupakan media terdekat untuk mencapai Arsitektur Berkelanjutan melalui perhitungan komputasi atas energi, biaya, dan dampak lingkungan khususnya selama Proses Konstruksi.

LISA (LCA IN SUSTAINABLE ARCHITECTURE)

LISA sebuah alat LCA bagi rancangan gedung yang dikembangkan oleh BHP Australia. LISA (*LCA in Sustainable Architecture*) merupakan alat pendukung pengambilan keputusan LCA selama proses konstruksi atau pembangunan yang bersifat *streamline* yang berarti membuat segalanya menjadi efisien. LISA dikembangkan sebagai respon atas permintaan para arsitek dan para profesional industri untuk menyederhanakan instrumen LCA guna membantu merancang *green design*.

Saat ini metodologi-metodologi LCA dianggap terlalu rumit dan tidak dapat diterima secara luas bagi para perancang dan ahli spesifikasi. Selain itu studi terinci dalam LCA seringkali justru mengalihkan perhatian dari isu-isu lingkungan utama, dan justru cenderung memusatkan perhatian pada kompetisi antar material atau bahan-bahan bangunan daripada memperhatikan optimasi pada sistem-sistem konstruksi. LISA yang dirancang untuk membantu mengidentifikasi isu-isu lingkungan utama dalam konstruksi, menyediakan alat yang mudah digunakan bagi para arsitek untuk mengevaluasi aspek-aspek lingkungan pada rancangan gedung, dan memungkinkan para arsitek dan ahli spesifikasi untuk mengambil keputusan berdasarkan pertimbangan daur hidup lingkungan secara holistik. Sampai saat ini LISA telah diterapkan pada beragam skala rancangan, dan tengah diterapkan pada proses-proses pengembangan Gedung Perkantoran Berlantai Banyak, Gedung Tinggi, Gudang-gudang Berbentang Lebar, dan Jembatan-jembatan untuk Jalan Raya dan Kereta Api.



Gambar 4. *LISA Interface*.

Courtesy BHP Australia.

Sebagai piranti lunak komputer yang *users' friendly* LISA memiliki *interface* yang cukup menarik, informatif, komprehensif, dan telah mencakup seluruh tahapan proses pengadaan sarana dan prasarana fisik yang merepresentasikan manifestasi *cradle-to-grave*, paradigma yang mendasari LCA dan Sistem Arsitektur. Gambar 4. **LISA Interface** secara terinci dapat diuraikan sebagai berikut: *Specification/* Spesifikasi, *Construction/* Konstruksi, *Fit Out/* Pemasangan peralatan yang memerlukan ketepatan seperti AC, tangga, dan sebagainya, *Utilisation/* Utilitas, *Repair/ Maintenance/* Perbaikan/ Pemeliharaan yang didukung pula oleh *Decomissioning* serta *Material Transport*.

Pada kesempatan ini kasus studi yang diambil adalah Gedung Perkantoran Berlantai Banyak. Struktur permasalahan Proses Konstruksi gedung bersangkutan pada Diagram 1. menurut LISA menunjukkan tajuk-tajuk yang berada pada proses-proses perancangan, konstruksi, dan proses operasional.

LISA	LISA SUB SISTEM	DECOMMISSIONING	TRANSPOR MATERIAL
PROSES PERANCANGAN			
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensi Gedung ▪ Usia Gedung ▪ Area Bukaan ▪ Ketinggian Langit-langit ▪ Panjang Gedung ▪ Jumlah Lantai ▪ Jumlah Lift ▪ Ketinggian Jendela 	-	-
PROSES KONSTRUKSI			
Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Struktur ▪ Dinding ▪ Jendela 	TIDAK	YA
<i>Fit Out</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Air Conditioning</i> ▪ <i>Finishing</i> ▪ Instalasi ▪ Tangga 	TIDAK	YA
PROSES OPERASIONAL			
Utilitas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pemanasan ▪ Pencahayaan ▪ Peralatan Kantor ▪ Peralatan Elektrikal ▪ Pemanas Air 	-	-
Perbaikan/ Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Air Conditioning</i> ▪ <i>Finishing</i> ▪ Instalasi ▪ Struktur ▪ Dinding ▪ Pintu 	-	YA

Diagram 1: Struktur permasalahan Proses Konstruksi Gedung Perkantoran menurut LISA.

Seperti diketahui bahwa LISA secara khusus digunakan pada proses konstruksi namun kenyataannya kita tidak dapat mengabaikan proses-proses bersangkutan yang akan mempengaruhi, dan akan dipengaruhi oleh proses konstruksi bersangkutan. Pada Proses Perancangan akan menghasilkan rancangan lengkap beserta spesifikasinya yang lebih lanjut akan menentukan jenis struktur, dinding, dan bukaan serta komponen-komponen *fitting out* seperti *air conditioning*, penyelesaian, instalasi, dan tangga. Dengan cara yang sama Proses Operasional akan dipengaruhi oleh spesifikasi dan peralatan yang diperlukan yang akan dibangun atau dipasang bersamaan dengan Proses Konstruksi.

KONSTRUKSI	SPESIFIKASI		DECOMISSIONING	TRANSPOR MATERIAL	
STRUKTUR	Struktur Atap	Atap Miring, Pelat Beton.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Jalana Raya	Ya
				Laut	Tidak
	Sub Struktur	Pondasi, Pelat, dan Balok Sloof.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Jalan Raya	Ya
				Laut	Tidak
	Lantai-lantai Atas/ Kerangka	Balok Selular dan Pelat Komposit. Balok Komposit dan Pelat-pelat Komposit. Unit-unit Core Beton Hollow Pracetak. Pelat-pelat Beton Bertulang. Balok Pracetak dan Pelat Lantai.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Laut	Tidak
DINDING	Dinding Eksternal	Blok Beton dilapis Bata.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Jalan Raya	Ya
				Laut	Tidak
	Dinding Internal	Blok Beton, Tiang Kayu, Plasterboard Lining.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Jalan Raya	Ya
				Laut	Tidak
JENDELA	Jendela	Rangka UPVC Kaca Dobel.	Tidak	Kereta Api	Tidak
				Jalan Raya	Ya
				Laut	Tidak

Diagram 2: Proses Konstruksi sebuah Gedung Perkantoran.

Struktur proses konstruksi sebuah gedung Perkantoran pada Diagram 2., menunjukkan spesifikasi komponen-komponen struktural seperti Lantai-lantai Atas/ Rangka, Sub Struktur, Struktur Atap dengan spesifikasi masing-masing yang diikuti dengan penjelasan tentang *decomissioning* dan transpor material. Setiap spesifikasi memiliki data *Life Cycle Inventory* (LCI). Sedangkan Gambar 5. pada halaman berikut tentang data LCI menunjukkan konsumsi material dan atribut lantai-lantai atas/ rangka: Nomor Lantai – 1. dan setiap material yang digunakan memiliki perhitungan. Catatan: GGE = *Greenhouse Gass Emissions* dinyatakan dalam t equiv CO₂, Masa dalam kg, t. Sumber Daya Energi dalam TJ. Perhitungan GGE memasukkan IPCC *weighting factors (global warming potensials)* seperti CH₄ dan N₂O.

Material	Amount	Unit	Equation
Plywood	21 t		$0.00216 \text{ (tonnes of plywood / m2 ground area)} * \text{Length} * \text{Breadth} + (0.010452 * 0.92) + (0.000286 * 0.33) + (0.000883 * 0.06) + (0.0001 * 0.92) \text{ (tonnes of plywood / m2 floor area)} * \text{Length} * \text{Breadth} * (\text{Number of floors} - 1)$
Concrete precast	670 t		$0.3994 * (0.75 + 0.11) \text{ (tonnes of concrete precast / m2 floor area)} * \text{Length} * \text{Breadth} * (\text{Number of floors} - 1)$
Steel - reinforcing	48 t		$0.0221 \text{ (tonnes of steel reinforcement / m2 ground area)} * \text{Length} * \text{Breadth} + (0.01363 * 0.92) + (0.002636 * 0.33) + (0.033 * 0.06) + (0.0022 * 0.92) \text{ (tonnes of steel reinforcement / m2 floor area)} * \text{Length} * \text{Breadth} * (\text{Number of floors} - 1)$
Concrete super	1.5 kt		$0.1695 \text{ (tonnes of concrete in superstructure / m2 ground area)} * \text{Length} * \text{Breadth} + (0.60855 * 0.92) + (0.016 * 0.33) + (0.69 * 0.06) + (0.105 * 0.92) \text{ (tonnes of concrete in superstructure / m2 floor area)} * \text{Length} * \text{Breadth} * (\text{Number of floors} - 1)$

Attribute	Amount	Units
GGE	530	t equiv CO2
Mass	2.2	kt
Resource Energy	4.0	TJ

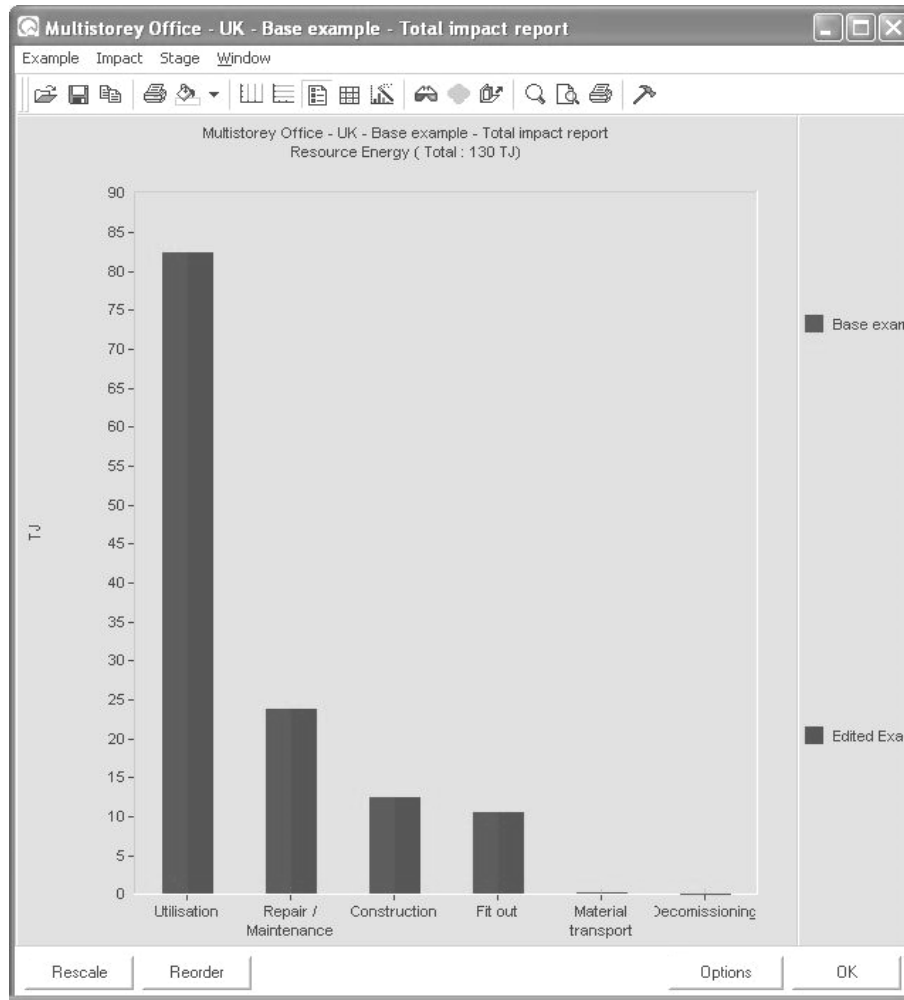
Per analysis period Show Comments
 Per year
 Per unit

OK

Gambar 5. Konsumsi material dan atribut Lantai-lantai Atas/ Rangka.

Di bawah *reports button* pada *horizontal bar LISA Interface* tersedia informasi tentang:

- Gambar 6. **Laporan total impact**, pada halaman berikut menunjukkan dampak lingkungan yang diperkirakan akan terjadi di sepanjang proses. Sebagai contoh konsumsi energi gedung, GGE (*Greenhouse Gas Emissions*), NO_x, SO_x, NMVOC (*Non Methane Volatile Organic Compounds*), SPM (*Suspended Particular Matter*), dan konsumsi Air. Batang di sebelah kiri mengindikasikan *base example* dan batang di sebelah kanan *edited example*, apabila dampak lingkungan melampaui ambang batas yang ditentukan pada *base example* maka batang di sebelah kanan akan memanjang demikian pula sebaliknya.
- Gambar 7. **Bill of materials**, menunjukkan jumlah material yang dibutuhkan. Lantai Atas/ Rangka pada Proses Konstruksi terdiri atas komponen-komponen Blok Beton, Kayu, dan Transpor Material, yang masing-masing terdiri atas beragam material. Perhitungan termasuk transpor material akan dilakukan terhadap setiap material.
- Gambar 8. **Base materials data**, menyediakan basis data informasi *base materials*, seperti Aluminium dan Aspal, yang berhubungan dengan atribut dampak lingkungan sebagai contoh GGE (*Greenhouse Gas Emissions*), NMVOC (*Non Methane Volatile Organic Compounds*), NO_x, *Resource Energy*, SO_x, dan Air, yang masing-masing diikuti oleh masing-masing nilai dan *recycling credit*.



Gambar 6: Laporan *total impact*.

Stage	Item	Component	Material	Amount	Unit	
Construction	Upper Floors / Fram	Material transport	Road	4.2E+11	tkm	
			Concrete precast	670000	kt	
		Precast hollow conc	Concrete super	1,1E+07	kt	
			Plywood	1900000	kt	
			Steel - reinforcing	420000	kt	
	Windows	Material transport	Road	5800000	tkm	
			Aluminium	11	kt	
		UPVC frame, double	DPM/DPC	81	kt	
			Glass	13	kt	
			Rubber	26	kt	
Fit out	Air conditioning / ve	Air conditioning and	Plastic	650	t	
			Steel	650	t	
	Ceiling finishes	Jointless plasterboa	Material transport	Road	39000	tkm
			Mineral fibre tiles	30000	kt	
				Paint	240	kt

Gambar 7: *Bill of materials*

Material	Attribute	Value	Recycling Credit	Units
Aggregate - gravel	GGE	0.0098	0	t equiv CO2/t
	NMVOC	0.0000090	0	t/t
	NO _x	0.000093	0	t/t
	Resource Energy	0.12	0	GJ/t
	SO _x	0.000014	0	t/t
	Water	0.0028	0	m ³ /t
Aluminium	GGE	24	23,618	t equiv CO2/t
	NMVOC	0.062	0,059	t/t
	NO _x	0.87	0,811	t/t
	Resource Energy	250	241,781	GJ/t
	SO _x	0.091	0,091	t/t
	Water	40	39,896	m ³ /t
Asphalt	GGE	0.062	0	t equiv CO2/t
	NMVOC	0.000055	0	t/t
	NO _x	0.00015	0	t/t
	Resource Energy	3.3	0	GJ/t
	SO _x	0.000027	0	t/t
	Water	0.078	0	m ³ /t

Gambar 8: *Base material data*

Seperti telah dinyatakan sebelumnya LISA akan menghitung jumlah konsumsi energi, biaya yang digunakan, serta dampak lingkungan yang akan terjadi di sepanjang proses arsitektur khususnya Proses Konstruksi, aplikasi LISA dapat diringkas sebagai berikut:

- Energi – Kepekaan LISA dalam memperhitungkan sumber daya energi dilakukan dengan cara menyediakan laporan *Impact Chart* dan data LCI setiap tajuk di setiap tahap.
- Biaya – Kepekaan LISA dalam memperhitungkan biaya dilakukan dengan cara menyediakan laporan *Bill of Materials*, *Decommissioning* dan *Transpor Material* setiap material pada setiap komponen, tajuk, dan tahap.
- Dampak Lingkungan – Kepekaan LISA dalam memperhitungkan dampak lingkungan dilakukan dengan cara menyediakan laporan *Impact Chart* dari: Sumber Daya Energi, GGE (*Greenhouse Gas Emissions*), NO_x, SO_x, NMVOC (*Non Methane Volatile Organic Compounds*), SPM (*Suspended Particular Matter*), dan *Water Consumption* setiap material pada setiap komponen, tajuk, dan tahap.

Berkaitan dengan *Grave* (i.e. *Death*), yang meliputi renovasi dan demolisi lebih lanjut proses daur ulang, sebagai bagian penting dari paradigma *cradle-to-grave* LISA secara peka mempertimbangkannya melalui pemberian *recycling credit* bagi atribut dampak lingkungan setiap *base material* pada Gambar 8. Selain itu secara mendasar gedung pun sebaiknya dirancang dengan mempertimbangkan untuk direnovasi, didaur ulang, dan lebih lanjut mudah dan ekonomis untuk dihancurkan di akhir usia atau di akhir kegunaannya.

PROYEKSI DI INDONESIA

Kondisi yang tidak mudah bagi segala bentuk pembangunan di era industri ini bagaimana proyeksinya di Indonesia, khususnya yang berhubungan dengan sarana dan prasarana. Secara praktis sudah banyak baik teoritis maupun praktisi arsitektur di Indonesia yang telah memiliki komitmen dan menerapkan kriteria rancangan yang berbasis pada kepekaan terhadap penurunan kualitas lingkungan yang seringkali kita dengar sebagai arsitektur ramah lingkungan. Desain-desain arsitektur tropis, hemat energi, penggunaan material alami setempat, kesadaran atas upaya preservasi, revitalisasi, dan renovasi serta desain-desain sebagai perwujudan kearifan lokal merupakan bagian dari kiprah arsitektur dan arsitek di Indonesia yang secara intrinsik telah berada di dalam semangat *sustainable* atau berkelanjutan.

Bahkan berdasarkan kriteria rancangan di atas beberapa gedung di Jakarta seperti Wisma Dharmala Sakti, *smart building* BNI yang menerapkan *Building Automation System* (BAS), gedung-gedung yang menerapkan sistem gedung atrium dan *concourse*, serta ketaatan menerapkan perhitungan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dan Koefisien Luas Lantai Bangunan (KLB), serta pemanfaatan vegetasi sebagai paru-paru kota dan pengkondisian udara ruang luar serta upaya-upaya lain, menunjukkan semangat dan komitmen berkelanjutan komunitas arsitektur Indonesia. Dan tidak kurang penting adalah para tokoh tradisional yang mungkin tidak kita kenal yang senantiasa menerapkan kearifan lokal yang tidak berhingga jumlahnya. Namun tampaknya komitmen saja tidak cukup apabila tidak didukung oleh *political will* berupa komitmen dari pemerintah dengan pemberlakuan hukum atas penerapan segala ketentuan dalam rangka mendukung pembangunan berkelanjutan, dan di dalam kondisi seperti ini arsitektur Indonesia pun memerlukan pijakan.

Sertifikasi atas gedung berkelanjutan hanya mungkin diterapkan di negara-negara mapan secara ekonomi, *steady state economy*, namun bukan berarti di negara sedang berkembang seperti Indonesia tidak dapat atau tidak perlu menggunakan instrumen bersangkutan meskipun belum dijadikan alat legitimasi dengan segala pemberlakuan hukum dan sanksinya. Dan tidak ada salahnya komunitas arsitektur Indonesia, meskipun sudah ada yang melakukan, lebih menerapkan pendekatan holistik bagi proses produksi gedung, baik secara manual dengan menerapkan kriteria rancangan arsitektur berkelanjutan yang ada secara ketat maupun lebih akurat dengan bantuan piranti lunak berbasis *cradle-to-grave*.

KESIMPULAN

ICT memiliki segala potensi yang memberi manfaat begitu besar bagi proses pencapaian arsitektur berkelanjutan yang secara lugas dapat dikatakan arsitektur yang hemat energi bersumber daya tidak terbarukan dan bertanggungjawab terhadap lingkungan.

Arsitektur Berkelanjutan memerlukan instrumen sejenis LCA guna menilai keberlanjutan gedung sebagai *enclosure*-nya, karena instrumen yang tersedia dianggap terlalu rumit dan tidak mudah diakses oleh para perancang dan *quantity surveyor*. Selain itu studi terinci LCA seringkali mengalihkan perhatian dari isu utama lingkungan dan cenderung fokus terhadap kompetisi antar material daripada memperhatikan sistem-sistem konstruksi yang optimal, dan LISA menawarkan instrumen yang meminimasi kekurangan tersebut di atas.

Selain mempersingkat proses arsitektur, LISA juga membantu mengurangi penggunaan energi yang bersumber daya tidak terbarukan, menghemat biaya, serta meminimasi dampak lingkungan yang akan terjadi di sepanjang daur hidup gedung.

REKOMENDASI

Sertifikasi *Eco Labeling* atau *Environmental Labeling* hanya mungkin diselenggarakan di negara-negara dengan kondisi ekonomi mantap, *steady state economy*, namun bukan berarti arsitektur Indonesia hanya berdiam diri dan menunggu nasib mendapatkan peran sebagai pihak yang dipersalahkan sebagai pemberi andil bagi penurunan kualitas lingkungan dengan segala konsekuensinya, oleh karenanya penggunaan piranti lunak komputer berbasis *cradle-to-grave* untuk mencapai arsitektur berkelanjutan tidak ada salahnya mulai disosialisasikan di negara kita.

Di masa yang akan datang Indonesia diharapkan dapat merancang piranti lunak yang lebih tepat dengan kondisi Indonesia, karena yang terpenting tetap konsisten pada tujuan mulia sebagai wujud kepedulian terhadap semakin menurunnya kualitas lingkungan alam dan meluasnya kemiskinan sebagai konsekuensinya.

Dari beragam piranti lunak komputer yang telah diciptakan dan digunakan sebagian besar menunjukkan peran serta yang sangat kuat dari pihak pemerintah sebagai wujud dari *political will* negara pencipta peralatan bersangkutan. Karena disadarinya secara penuh bahwa di era ICT ini skala area pemikiran telah berubah menjadi skala global demikian pula komunitas yang terbentuk tidak dapat diabaikan begitu saja apabila kita tidak ingin teralienasi oleh komunitas global.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abioso, Wanita Subadra (2008), IT Approach to Sustainable Architecture, Proceedings Knowledge Management International Conference 2008 (KMICe'08), Universiti Utara Malaysia, Kedah, Malaysia.
2. Abioso, Wanita Subadra (2007), Daur Hidup Gedung dalam Sistem Arsitektur, Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur, Dec. 2007/ Vol. 35/ No. 2, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
3. Abioso, Wanita Subadra (2007), Streamlining Proses Arsitektur Menggunakan Instrumen LISA, Prosiding Seminar Nasional III Rekayasa dan Kualitas, Jurusan Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional – Institut Teknologi Bandung – Universitas Komputer Indonesia.
4. Abioso, Wanita Subadra (2006), Sumbangan Arsitektur sebagai Antisipasi terhadap Fenomena Energi Global, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif yang Efisien dan Efektif (Tekno Insentif) 2006, Kopertis Wilayah IV Jawa Barat dan Banten.
5. Abioso, Wanita Subadra (1999), Kriteria Rancangan Arsitektur Dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan, Program Magister Teknik Arsitektur, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
6. BHP Australia (2003), *LCA (Life Cycle Assessment) in Architecture LISA*.
7. Handler, A. Benjamin (1970), Systems Approach to Architecture, New York: American Elsevier Publishing Company, Inc.
8. [Http://buildlca.rmit.edu.au/](http://buildlca.rmit.edu.au/): Greening the Building Life Cycle, Life Cycle Assessment Tools in Building and Construction.
9. Steele, James (1997), Sustainable Architecture, Principles, Paradigms, and Case Studies, New York: McGraw–Hill Inc.
10. Sustainable Architecture and Building Design (SABD),
11. Vale, Brenda and Robert Vale (1991), Green Architecture: Design For Sustainable Future, London: Themes and Hudson.
12. Yeang, Ken (1994), Designing With Nature, The Ecological Basis for Architectural Design, New York: McGraw–Hill Inc.