

MODEL GREEN BUILDING DI INDONESIA BERBASIS KONSEP KUALITAS DMAIC SIX SIGMA

Sri Enny Triwidiastuti

PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan yang dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa Bangsa (*United Nations*), berjudul '*Buildings and Climate Change*' menyatakan bahwa 30% sampai 40% energi dipergunakan untuk bangunan. Konsep Bangunan Hijau (*Green Building*) dirancang dengan mempertimbangkan lingkungan dan krisis energi yang sedang berlangsung saat ini. Gedung-gedung dirancang, dibangun, dan dioperasikan sedemikian rupa sehingga dampaknya terhadap lingkungan minimal dan sesuai dengan tujuan penghematan energi. Bangunan Hijau dirancang supaya dapat mengefisiensikan pemakaian energi alami, berkelanjutan dan terbarukan untuk gedung komersial maupun gedung hunian serta meminimalisir kerusakan lingkungan sekitar. Bangunan Hijau ini merupakan bagian dari program pembangunan lingkungan yang komprehensif menuju pembangunan komunitas berkelanjutan beserta infrastruktur urban berkelanjutan. Pelaksanaan Bangunan Hijau ini dapat menggagal momentum untuk mewujudkan strategi korporasi yang menyatukan konsep ramah lingkungan pada strategi bisnis, sasaran dasar dan *corporate*

citizenship, serta meningkatkan kualitas udara dan mengurangi biaya energi yang menghasilkan keuntungan signifikan untuk semua orang.

Pemerintah Indonesia terus melakukan sosialisasi terhadap upaya-upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, tetapi tidak semua lapisan masyarakat mengetahui dan memahami kedua hal tersebut. Salah satu akibat minimnya adaptasi terhadap perubahan iklim adalah *Sick Building Syndrome* (SBS) pada beberapa bangunan di Indonesia. SBS adalah situasi dimana para penghuni gedung atau bangunan mengalami masalah kesehatan dan ketidaknyamanan karena waktu yang dihabiskan dalam bangunan. Faktor utama terjadinya SBS adalah polusi udara atau masalah pada kualitas udara, yang biasanya disebabkan oleh buruknya ventilasi udara atau cahaya, emisi ozon dari mesin fotokopi, polusi dari perabot dan panel kayu, asap rokok, dan lain sebagainya. SBS secara tidak langsung akan mempengaruhi produktivitas seluruh penghuni gedung atau bangunan apabila dibiarkan terus menerus. Sudah banyak gedung yang terjangkit SBS di Indonesia, antara lain terdapat pada kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Denpasar, Surabaya, Medan, Bandung, dan Makassar. Menurut *World Health Organization* (WHO), diperkirakan sekitar 30 persen seluruh bangunan atau gedung yang ada di dunia memiliki permasalahan terkait kualitas udara dalam ruangan (Kilbert, 2016). Bentuk solusi yang menjadi pilihan adalah dengan menerapkan konsep Arsitektur Hijau (*Green Architecture*), atau Bangunan Hijau yang kini sudah dijalankan oleh pemerintah Indonesia.

Untuk mewujudkan bangunan/gedung yang sehat, aman, dan nyaman secara berkelanjutan, dilakukan telaah pustaka tentang bangunan hijau berbasis konsep kualitas berkelanjutan DMAIC Six Sigma untuk suatu wilayah perkotaan di Indonesia. Pembahasan pada kasus ini, yaitu upaya mengurangi laju SBS dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas kesehatan untuk penghuni gedung kantor di DKI Jakarta. Metode yang dipilih adalah Six Sigma tradisional (DMAIC), karena proses menuju gedung yang sehat sudah diukur dengan peringkat *greenship* (*Greenship Rating*) dan kegiatan pengukuran sudah dilakukan pada beberapa gedung di DKI Jakarta. Pengukuran *greenship* juga sudah dilakukan di kota-kota besar di Indonesia, yaitu untuk bangunan terbangun (*existing building*) dan sudah tersertifikasi

contohnya di BSD Tangerang, untuk bangunan baru yang sudah tersertifikasi diantaranya di Jimbaran Bali, Bogor; sedangkan untuk bangunan baru yang sedang proses sertifikasi diantaranya di Yogyakarta (UGM) dan Pekanbaru.

ARSITEKTUR HIJAU (*GREEN ARCHITECTURE*)

Arsitektur Hijau adalah suatu pendekatan perencanaan bangunan yang berusaha untuk meminimalisasi berbagai pengaruh yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Elemen-elemen yang terdapat di dalam Arsitektur Hijau yang berkelanjutan adalah lansekap, interior, yang menjadi satu kesatuan dalam segi arsitekturnya. Dalam contoh kecil, Arsitektur Hijau dapat juga diterapkan di sekitar lingkungan kita. Yang paling ideal adalah menerapkan komposisi 60 : 40 antara bangunan rumah dan lahan hijau, membuat atap dan dinding dengan konsep *roof garden* dan *green wall*. Dinding bukan sekadar beton atau batu alam, melainkan dapat ditumbuhi tanaman merambat. Tujuan utama dari *green architecture* adalah menciptakan *eco design*, arsitektur ramah lingkungan, arsitektur alami, dan pembangunan berkelanjutan. Arsitektur Hijau juga dapat diterapkan dengan meningkatkan efisiensi pemakaian energi, air, dan pemakaian bahan-bahan yang mereduksi dampak bangunan terhadap kesehatan. Perancangan Arsitektur Hijau meliputi tata letak, konstruksi, operasi, dan pemeliharaan bangunan. Konsep ini sekarang mulai dikembangkan oleh berbagai pihak menjadi Bangunan Hijau.

BANGUNAN HIJAU (*GREEN BUILDING*)

Bangunan Hijau adalah bangunan yang cerdas mengelola konsumsi energi dan kenyamanan huniannya. Saat ini menjadi konsep berbagai fasilitas pelayanan umum pemerintahan, kesehatan, pendidikan, rekreasi, maupun properti pribadi. Konsep yang mengutamakan perencanaan, konstruksi, dan pengelolaan bangunan yang hemat energi ini dapat diwujudkan melalui sistem otomatisasi bangunan yang terintegrasi (*intelligent & integrated building*)

automation systems). Sistem otomasi ini mengaktifkan jaringan sistem tata udara, pencahayaan, akustika dan utilitas bangunan, sesuai tingkat hunian dan aktivitas di dalamnya. Elemen dalam sistem ini meliputi sensor, sistem komunikasi data modular, pengontrol yang mengoperasikan perangkat utilitas bangunan, serta melaporkan tingkat konsumsi energi. Sistem otomasi ini dapat menghemat biaya energi dan pemeliharaan gedung secara signifikan setiap tahun.

Untuk mengurangi pemakaian energi, digunakan jendela yang seefisien mungkin dan insulasi pada dinding, plafon atau tempat masuknya aliran udara ke dalam bangunan gedung. Strategi lain yang dapat dilakukan adalah dengan mendesain bangunan surya pasif. Penempatan jendela yang efektif (pencahayaan) dapat memberikan cahaya lebih alami dan mengurangi kebutuhan penerangan listrik di siang hari. Berikut beberapa manfaat terhadap lingkungan apabila kita menerapkan konsep Bangunan Hijau:

1. bangunan lebih awet dan tahan lama, dengan perawatan minimal,
2. efisiensi energi menyebabkan pembiayaan rutin lebih efektif,
3. bangunan lebih nyaman untuk ditinggali,
4. penghuni mendapatkan kualitas hidup yang lebih sehat,
5. ikut berperan serta dalam kepedulian lingkungan.

Efisiensi energi pada Bangunan Hijau merupakan salah satu bentuk respon masyarakat dunia akan perubahan iklim. Penerapan ini mempromosikan bahwa perbaikan perilaku (dan teknologi) terhadap bangunan tempat aktivitas hidup dapat menyumbangkan banyak pengurangan pemanasan global. Dalam hal ini bangunan/gedung adalah penghasil terbesar (lebih dari 30%) emisi global karbon dioksida (CO₂), salah satu penyebab utama pemanasan global. Saat ini Amerika, Eropa, Kanada dan Jepang berkontribusi terhadap sebagian besar emisi gas rumah kaca. Pertumbuhan penduduk di Cina, India, Asia Tenggara, Brazil, dan Rusia menyebabkan emisi CO₂ bertambah dengan cepat. Pembangunan infrastruktur dan industri di Indonesia juga meningkatkan kontribusi CO₂ secara signifikan. Hal ini akan memperburuk kondisi lingkungan Indonesia umumnya, dan kondisi lingkungan global.

Bangunan Hijau dapat diartikan sebagai sebuah bangunan yang memberikan solusi untuk keharmonisan hunian dan lingkungan, menggunakan material alami yang tidak merusak lingkungan, menggunakan sumber daya berkelanjutan dan terbarukan, biaya pemeliharaan yang optimal (Sinha, 2009). Penggunaan material alami yang tidak merusak lingkungan atau produk hijau (*green product*) menurut Sinha (2009) adalah:

1. Produk yang dibuat dengan isi sampah limbah, daur ulang, atau sampah pertanian.

Lebih baik menggunakan kembali sebuah produk daripada menghasilkan yang baru. Contoh bahan daur ulang pasca industri adalah batu bata, *millwork*, framing kayu, perlengkapan pipa air (*plumbing fixture*), terak biji besi yang digunakan untuk membuat mineral isolasi wol, hasil proses semen yang berupa partikel debu semen (*fly ash*) digunakan untuk membuat skrap beton, dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) dari pembuatan pipa digunakan untuk membuat asesoris pipa air. Fitur penting dari produk hijau adalah material daur ulang. Contohnya, minyak jeruk yang merupakan produk limbah dari ekstraksi jus jeruk dan lemon dapat digunakan sebagai produk hijau.

2. Produk yang menghemat Sumber Daya Alam.

Yaitu produk yang menggunakan lebih sedikit pemakaian bahan daripada produk standar, produk yang sangat tahan lama dan karena itu tidak sering memerlukan penggantian. Produk tersebut antara lain produk yang terbuat dari kayu bersertifikasi FSC, dan produk buatan yang berasal dari sumber daya cepat terbarukan seperti *clip dry wall* yang memungkinkan penghapusan kancing sudut, jendela dari *fiberglass* dan material batu kali, produk yang memiliki daya tahan yang luar biasa atau perawatan rendah.

3. Produk yang menghindari emisi beracun atau lainnya.

Produk yang alami atau minimal olahan dapat disebut hijau apabila penggunaan energinya rendah dan risiko pelepasan kimiawi selama proses pembuatannya rendah. Contohnya produk kayu, pertanian atau tanaman non-pertanian, dan produk mineral seperti batu alam. Beberapa produk dibuat dengan meminimalkan bahan yang mengandung senyawa toksik, unsur perantara, atau

produk sampingan, misalnya lampu neon dengan kadar merkuri rendah, PVC dan material penghambat api yang sudah dilapisi brom (*brominated fire retardants*). Ada pula material bangunan yang lain, seperti produk bangunan yang diobati dengan asam borat, paving berpori yang menyerap air hujan ke dalam tanah dengan volume air lebih besar dari pada paving beton, sistem atap hijau yang menghasilkan pelepasan oksigen ke udara lebih besar dari pada atap beton, dan daur ulang air bekas pakai di dalam gedung untuk mengurangi pembuangan air limbah. Sedangkan contoh sistem produk hijau adalah sistem umpan yang menghilangkan kebutuhan akan aplikasi pestisida berbasis luas.

4. Produk yang hemat energi atau air.

Komponen bangunan yang mengurangi pemanasan global dan mengurangi beban bangunan struktural, misalnya *Insulated Panels* (SIPs), *Insulated Concrete Forms* (ICFs), *Autoclaved Blok Aerated Concrete* (AAC), dan jendela dari bahan kaca dengan performa tinggi. Selain itu peralatan yang dipergunakan dalam gedung dan bangunan hunian seperti pemanas air tenaga surya, sistem fotovoltaiik, dan turbin angin adalah beberapa produk yang memungkinkan kita untuk menggunakan energi terbarukan dan bukan bahan bakar fosil. Beberapa produk seperti sistem tangkapan air hujan, toilet hijau, dan pancuran berfungsi sebagai perlengkapan yang menghemat air.

5. Produk yang berkontribusi pada lingkungan yang sehat.

Produk yang berkontribusi pada lingkungan yang sehat adalah produk yang tidak melepaskan polutan signifikan ke dalam bangunan, seperti cat dengan tingkat *Volatile Organic Compound* (VOC) rendah, atau perekat dan produk dengan emisi sangat rendah (seperti non formaldehida yang terdapat pada produk kayu). Produk lain seperti material insulasi (pencegah panas) yang minim polutan juga digunakan dalam ruang. Ada pula saringan udara untuk sirkulasi yang digunakan untuk melindungi masuknya udara kotor atau serat insulasi ke dalam sistem saluran udara. Penggunaan sistem *Track-off* yang diletakkan di pintu masuk dimaksudkan untuk membantu menyingkirkan polutan dari sepatu. Sistem ini dilapisi *duct board* untuk mencegah

penumpahan serat dan membantu mengendalikan pertumbuhan jamur. Contoh lainnya adalah alat penangkapan Linoleum untuk mencegah pertumbuhan mikroba karena oksidasi asam linoleat. Untuk menjaga supaya udara dalam gedung tetap sehat, terdapat produk yang dapat mengurangi polutan dalam ruangan seperti produk ventilasi tertentu, filter, peralatan mitigasi radon. Selain itu ada produk seperti detektor karbon monoksida (CO), untuk mendeteksi kadar CO dalam ruangan, alat uji timbal yang mungkin terdapat dalam cat di dalam ruangan. Secara keseluruhan alat uji kualitas udara (IAQ) adalah produk yang mengingatkan penghuni tentang ancaman kesehatan di dalam gedung. Produk hijau memungkinkan kita untuk membawa cahaya matahari ke dalam sebuah bangunan, termasuk *skylight tubular*, *skylight* komersial khusus, dan sistem pencahayaan *fiber optic*, pencahayaan sistem spektrum penuh, dan panel langit-langit yang reflektif.

MENGAPA BANGUNAN HIJAU

Konsep Bangunan Hijau pada dasarnya bertujuan untuk menghemat pemakaian energi pada bangunan bertingkat komersial secara umum. Pada skala nasional, pemerintah mendorong pemilik bangunan komersial untuk menggunakan bangunan yang ramah lingkungan, menghemat energi untuk mendukung program Bangunan Hijau. Strategi Bangunan Hijau dapat dicapai dari lima tahapan *Go Green* (Armstrong, 2008), diantaranya adalah:

1. Mengurangi konsumsi sumber daya (energi dan air).
2. Mengurangi limbah dan melakukan upaya daur ulang.
3. Material bangunan (meniadakan material berbahaya, memilih material yang ramah lingkungan, mempergunakan material yang tidak menyebabkan lubang pada ozon).
4. Lingkungan di dalam bangunan (kualitas udara, suhu ruang, pemeliharaan AC dan saluran udara).
5. Kepedulian penghuni/pemakai bangunan (komunikasi antara pemilik dan penghuni/pemakai bangunan). Komunikasi ini sangat penting sebagai upaya mengurangi dampak lingkungan yang bersifat negatif. Sebagai contoh, apabila pemilik bangunan akan

mengubah sistem AC atau pembuangan limbah, pemilik bangunan harus dikomunikasikan dengan penghuni/pemakai terlebih dahulu, supaya hasilnya efektif.

LEMBAGA BANGUNAN HIJAU INDONESIA

Lembaga Bangunan Hijau (*Green Building Council/GBC*) Indonesia adalah lembaga mandiri (*non government*) dan nirlaba (*non-profit*) yang berkomitmen penuh terhadap pendidikan masyarakat dalam mengaplikasikan praktik terbaik lingkungan dan memfasilitasi transformasi industri bangunan global yang berkelanjutan. GBC Indonesia didirikan pada tahun 2009 dan diselenggarakan dengan sinergi di antara para pemangku kepentingan, meliputi: pemerintah, kalangan industri sektor bangunan dan properti, profesional bidang jasa konstruksi, institusi pendidikan dan penelitian. Lembaga ini merupakan anggota dari Lembaga Bangunan Hijau Dunia (*World Green Building Council/WGBC*) yang berpusat di Toronto, Kanada. Salah satu program lembaga ini adalah menyelenggarakan kegiatan Sertifikasi Bangunan Hijau di Indonesia berdasarkan perangkat penilaian khas Indonesia yang disebut *GreenShip* (Redaksi Butaru, n.d.). Melalui lembaga ini pemerintah menyatakan dukungannya untuk menyehatkan kembali kondisi gedung-gedung di perkotaan dari penyakit SBS.

SISTEM PERINGKAT BANGUNAN HIJAU (*GREENSHIP*)

Sistem peringkat bangunan hijau atau *greenship* dipergunakan sebagai perangkat penilaian. Sistem ini menggunakan kriteria penilaian yang berdasarkan standar lokal baku mutu. Standar tersebut adalah Undang-Undang (UU), Keputusan Presiden (Keppres), Instruksi Presiden (Inpres), Peraturan Menteri (Permen), Keputusan Menteri (Kepmen), dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Beberapa peraturan yang menjadi acuan dalam pembuatan *GreenShip* adalah:

1. Peraturan Menteri PU 30/PRT/M/2006 mengenai Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.
2. Peraturan Menteri PU No. 5/PRT/M/2008 mengenai Ruang Terbuka Hijau (RTH) B/277/Dep.III/LH/01/2009.
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung UU RI No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
4. UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. Keputusan DNA (*Designated National Authority*) dalam B-277/Dep.III/LH/01/2009.
6. Keputusan Menteri No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Kotor Domestik.
7. Permen PU No. 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
8. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002.
9. UU No. 18 Tahun 2008.

Sistem peringkat (*rating*) adalah suatu alat berisi butir-butir dari aspek penilaian yang disebut rating dan setiap butir rating mempunyai nilai (*credit point*). Apabila suatu bangunan berhasil melaksanakan butir rating, maka bangunan itu akan mendapatkan poin nilai dari butir tersebut. Bila jumlah semua poin nilai yang berhasil dikumpulkan mencapai suatu jumlah yang ditentukan, maka bangunan tersebut dapat disertifikasi untuk tingkat sertifikasi tertentu. Namun sebelum mencapai tahap penilaian rating terlebih dahulu dilakukan pengkajian bangunan untuk pemenuhan persyaratan awal penilaian (eligibilitas). Sistem Rating *GreenShip* dipersiapkan dan disusun oleh Lembaga Bangunan Hijau (GBC) Indonesia untuk menentukan apakah suatu bangunan dapat dinyatakan layak bersertifikat "bangunan hijau" atau belum. *GreenShip* bersifat khas Indonesia seperti halnya perangkat penilaian di setiap negara yang selalu mengakomodasi kepentingan lokal setempat. Program sertifikasi diselenggarakan oleh Komisi Rating Lembaga Bangunan Hijau Indonesia secara kredibel, akuntabel dan penuh integritas (GBC Indonesia, 2017). Setiap negara yang sudah

mengikuti gerakan bangunan hijau mempunyai sistem rating masing-masing, sebagai contoh Amerika Serikat (LEED), Singapura (Green Mark), Australia dengan Green Star, dan sebagainya.

Greenship sebagai sebuah sistem rating terbagi atas enam aspek yang terdiri dari (GBC Indonesia, 2017):

1. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development/ASD*).
2. Efisiensi Energi & Refrigeran (*Energy Efficiency & Refrigerant/EER*).
3. Konservasi Air (*Water Conservation/WAC*).
4. Sumber dan Siklus Material (*Material Resources & Cycle/MRC*).
5. Kualitas Udara dan Kenyamanan Udara (*Indoor Air Health & Comfort/IHC*).
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building & Environment Management*).

Masing-masing aspek terdiri atas beberapa rating yang mengandung kredit, masing-masing memiliki muatan nilai tertentu dan akan diolah untuk menentukan penilaian. Poin nilai memuat standar-standar baku dan rekomendasi untuk pencapaian standar tersebut.

Greenship meliputi 5 hal berikut ini (GBC Indonesia, 2017):

1. Bangunan lama/ terbangun; *greenship* untuk gedung terbangun digunakan untuk bangunan gedung yang telah lama beroperasi minimal satu tahun setelah gedung selesai dibangun. Penerapan *green building* pada gedung terbangun banyak terkait dengan manajemen operasional dan pemeliharaan gedung.
2. Bangunan baru; penerapan konsep bangunan hijau pada gedung baru banyak terkait dengan desain dan perencanaan bangunan. Tim proyek memiliki kesempatan berkreasi dan berinovasi untuk menciptakan *green building* yang menyeluruh. Adapun jenis proyek yang dapat masuk ke dalam bangunan baru *greenship*, yaitu:
 - a. Gedung baru pada lahan kosong.
 - b. Aktivitas renovasi sebesar minimal 90% bobot pekerjaan mekanikal elektrikal atau pekerjaan struktur, pada lahan yang telah dibangun.

- c. Gedung baru pada lahan dalam suatu kawasan terpadu. Proses penilaian dilakukan mulai dari desain hingga pelaksanaan konstruksi selesai.
3. *Interior space*; ruang interior hijau memungkinkan kita untuk bernapas, memberi pemandangan keluar bangunan dan pencahayaan alami membuat kita lebih sehat dan produktif. Lingkup penilaian meliputi aktivitas *fit out*, kebijakan pihak manajemen, serta pengelolaan oleh pihak manajemen setelah aktivitas di dalamnya mulai beroperasi. *Greenstrip* ruang interior dapat digunakan oleh:
 - a. tim proyek yang tidak mempunyai kontrol pada keseluruhan gedung untuk membuat ruang di dalam gedung yang lebih sehat dan nyaman,
 - b. pada sebagian atau keseluruhan ruangan di dalam gedung,
 - c. diikuti oleh proses kegiatan *fit out*.
4. Rumah hunian: penerapan bangunan hijau pada gedung terbangun banyak terkait dengan manajemen operasional dan pemeliharaan gedung. Rumah ramah lingkungan adalah rumah yang bijak dalam menggunakan lahan, efisien dan efektif dalam penggunaan energi, air, dan sumber daya; serta sehat dan aman bagi penghuni rumah. Keberlanjutan dari rumah ramah lingkungan harus disertai dengan perilaku ramah lingkungan oleh penghuninya. Jenis rumah yang dapat dilakukan penilaian meliputi:
 - a. Rumah tunggal (*single landed*), yaitu rumah hunian tunggal yang terbangun melekat di atas tanah.
 - b. Desain rumah baru, rumah terbangun (*existing*), dan rumah terbangun yang ditata kembali (*redevelopment*).

Kita dapat melakukan penilaian mandiri (*self assessment*) untuk mengetahui apakah rumah atau design rumah kita termasuk *green building* atau tidak. Link dapat diakses secara gratis pada www.greenshiphomes.org (greenshiphomes, 2017).

5. Lingkungan/kawasan; merupakan perangkat penilaian yang membantu mewujudkan kawasan yang berkelanjutan dan ramah bagi penggunaannya, dengan lingkup lebih luas dari skala bangunan; melihat interaksi antara bangunan, alam, dan manusia. Konsep keberlanjutan dalam kawasan sangat ditentukan oleh kondisi kawasan, bangunan, dan manusia di dalamnya. Pengembangan kawasan merupakan investasi jangka panjang untuk kelanjutan kehidupan masyarakat di dalamnya. Dapat digunakan untuk penilaian perumahan, daerah pusat bisnis (*Central Business District/CBD*), kawasan industri baik skala kecil atau besar.

Tabel 1. Contoh Satuan Alat Ukur *GreenSHIP* pada Tahap Desain

RINGKASAN RATING

Perangkat Penilaian		Tahap Pengakuan Desain		
Kode	Rating	Nilai Maks	Provisi	Nilai Maks
Appropriate Site Development		17%		21%
Prasyarat 1	Basic Green Area		A	
ASD 1	Site Selection	2	A	2
ASD 2	Community Accessibility	2	A	2
ASD 3	Public Transportation	2	A	2
ASD 4	Bicycle	2	A	2
ASD 5	Site Landscaping	3	A	3
ASD 6	Micro Climate	3	A	3
ASD 7	Storm Water Management	3	A	3
		17		17
Energy Efficiency and Conservation		26%		32%
Prasyarat 1	Electrical Sub Metering		A	
Prasyarat 2	OTTV Calculation		A	
EEC 1	Energy Efficiency Measure	20	A	20
EEC 2	Natural Lighting	4	A	4
EEC 3	Ventilation	1	A	1
EEC 4	Climate Change Impact	1	A	1
EEC 5	On Site Renewable Energy	5B	A	5B
		26		26
Water Conservation		21%		26%
Prasyarat 1	Water Metering		A	
WAC 1	Water Use Reduction	8	A	8
WAC 2	Water Fixtures	3	A	3
WAC 3	Water Recycling	3	A	3
WAC 4	Alternative Water Resource	2	A	2
WAC 5	Rainwater Harvesting	3	A	3
WAC 6	Water Efficiency Landscaping	2	A	2
		21		21
Material Resource and Cycle		14%		6%
Prasyarat 1	Fundamental Refrigerant		A	
NRRC 1	Building and Material Reuse	2	A	2
NRRC 2	Environmentally Friendly Processed Product	3	NA	
NRRC 3	Non ODS Usage	2	NA	
NRRC 4	Certified Wood	2	NA	
NRRC 5	Modular Design	3	A	3
NRRC 6	Regional Material	2	NA	
		14		5
Indoor Health and Comfort		10%		7%
Prasyarat 1	Outdoor Air Introduction		A	
IHC 1	CO ₂ Monitoring	1	A	1
IHC 2	Environmental Tobacco Smoke Control	2	A	2
IHC 3	Chemical Pollutants	3	NA	
IHC 4	Outside View	1	A	1
IHC 5	Visual Comfort	1	A	1
IHC 6	Thermal Comfort	1	A	1
IHC 7	Acoustic Level	1	NA	
		10		6
Building Environmental Management		13%		7%
Prasyarat 1	Basic Waste Management		A	
BEM 1	GP as a Member of The Project Team	1	A	1
BEM 2	Pollution of Construction Activity	2	NA	
BEM 3	Advance Waste Management	2	A	2
BEM 4	Proper Commissioning	3	A	3
BEM 5	Submission Green Building Implementation Data for Database	2	NA	
BEM 6	Fit Out Agreement	1	NA	
BEM 7	Occupant Survey	2	NA	
		13		6
Total Nilai Keseluruhan Maksimum		101		81

Sumber: GBC Indonesia (2011)

BANGUNAN HIJAU DI JAKARTA

Melalui sistem sertifikasi peringkat hijau (*Greenship*) diharapkan seluruh bangunan-bangunan di kota besar di Indonesia sudah bebas dari SBS dengan bukti kepemilikan sertifikat. Bangunan-bangunan pemerintah khususnya di wilayah DKI Jakarta, sudah banyak yang mempunyai kriteria “Memenuhi Persyaratan *Greenship*” dan diharapkan seluruh bangunan pemerintah dan bangunan lainnya di seluruh provinsi di Indonesia juga memenuhi kriteria tersebut. Gedung baru Kementerian PU dan Kantor DPRD DKI Jakarta adalah sebagian dari gedung-gedung negara yang telah mendapatkan sertifikat *Greenship*. Gubernur DKI Jakarta telah mengeluarkan peraturan yang tertuang di dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta nomor 38 tahun 2012 tentang Bangunan Gedung Hijau. Yang membanggakan adalah dengan Pergub tahun 2012 ini, Jakarta menjadi kota pertama di Asia Pasifik yang mewajibkan pembangunan gedung ramah lingkungan. Terkait dengan Pergub. DKI Jakarta tersebut, terhitung sejak tanggal 23 April 2013 semua bangunan di Jakarta harus memenuhi persyaratan bangunan hijau, baik bangunan baru maupun bangunan lama (abouturban, 2016). Data yang didapatkan dari manajemen Lembaga Bangunan Hijau Indonesia (GBCI) menyebutkan bahwa tahun 2016, 98% gedung di Jakarta merupakan bangunan eksisting dan 2% merupakan bangunan baru. Gedung yang bersertifikat bangunan hijau baru 14 gedung. Berikut ini adalah contoh *green building* di kota Jakarta yaitu: Pertamina Energy Tower, Gedung Kementerian PU, Menara BCA PT. Grand Indonesia, Gedung Sampoerna Strategic Square PT. Buana Sakti, Gedung Mina Bahari IV kompleks Kementerian Kelautan dan Perikanan. Diharapkan pada tahun yang akan datang kota-kota di Indonesia menjadi kota hijau di dunia, seperti Vancouver di Kanada, Malmo di Swedia, Curitiba di Brazil, Portland di Amerika Serikat, dan Reykjavik di Islandia.



Sumber: Majalah Techno Konstruksi (2012)

Gambar 1. Bangunan Hijau di Jakarta

MODEL DAN PERMODELAN SISTEM

Model adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu obyek, sistem atau konsep yang sering kali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik (maket, prototype), model citra (gambar, komputerisasi, grafis, dan lain-lain) atau rumus matematis. Dalam pemodelan, model akan dirancang sebagai suatu penggambaran operasi dari suatu sistem nyata secara ideal dengan tujuan untuk menjelaskan atau menunjukkan hubungan-hubungan penting yang terkait (Ackoff, 1962).

Prinsip-prinsip dasar pengembangan model adalah sebagai berikut:

- a. Elaborasi: model dimulai dari yang sederhana sampai didapatkan model yang representatif.
- b. Analogi: pengembangan menggunakan prinsip-prinsip dan teori yang sudah dikenal luas.
- c. Dinamis: pengembangannya ada kemungkinan untuk bisa diulang.

Taksonomi model atau klasifikasi model terdiri dari delapan yaitu:

1. Berdasarkan fungsinya, model dibedakan menjadi 3 jenis: model deskriptif, model prediktif, dan model normatif.
2. Berdasarkan strukturnya model dibedakan menjadi 3 jenis:
 - a. Model ikonik, yaitu model yang menirukan sistem aslinya, tapi dalam suatu skala tertentu. Contoh: model pesawat.
 - b. Model analog, yaitu suatu model yang menirukan sistem aslinya dengan hanya mengambil beberapa karakteristik utama dan menggambarkannya dengan benda atau sistem lain secara analog. Contoh: aliran lalu lintas di jalan dianalogkan dengan aliran air dalam sistem pipa.
 - c. Model simbolis, yaitu suatu model yang menggambarkan sistem yang ditinjau dengan simbol-simbol biasanya dengan simbol-simbol matematik. Dalam hal ini sistem diwakili oleh variabel - variabel dari karakteristik sistem yang ditinjau.
3. Berdasarkan referensi waktu terdapat 2 jenis model: yaitu model statis dan model dinamis.
4. Berdasarkan referensi kepastian dibedakan menjadi 4 jenis model: model deterministik, model probabilistik, model konflik, dan model tak pasti (*uncertainly*).
5. Berdasarkan tingkat generalitas ada 2 jenis model: yaitu model umum dan model khusus.
6. Berdasarkan acuan lingkungan ada 2 jenis model: yaitu model terbuka dan model tertutup.
7. Berdasarkan derajat kuantifikasi adalah model kualitatif (model mental dan model verbal), dan model kuantitatif (model statistik, model optimasi, model heuristik, dan model simulasi) yang menggambarkan mutu.
8. Berdasarkan dimensi ada 2 jenis model yaitu model dua dimensi dan model tiga dimensi.

Sedangkan sistem adalah suatu kesatuan yang terdiri dari komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energi untuk mencapai suatu tujuan.

Permodelan sistem adalah suatu bentuk penyederhanaan dari beberapa elemen dan komponen yang sangat kompleks untuk memudahkan pemahaman pembaca dari seluruh informasi yang dibutuhkan.

Karakteristik permodelan sistem adalah:

1. Dibuat dalam bentuk grafis dan tambahan narasi berupa penjelasan ringkas.
2. Dapat diamati dengan pola *top down* dan *partitioned* (sebagian).
3. Memenuhi persyaratan *minimal redundancy*.
4. Dapat merepresentasikan tingkah laku sistem dengan cara yang transparan.

Dengan karakteristik permodelan tersebut, model dapat dibuat dalam bentuk grafis atau bergambar dan dilengkapi dengan keterangan gambar atau grafis sehingga dapat memudahkan pembaca. Alur dari proses model tersebut dapat dilihat dan diamati, memenuhi syarat *minimal redundancy* dan dapat merepresentasikan proses dari suatu sistem yang mudah dipahami.

Prinsip permodelan adalah:

1. Memilih model apa yang akan digunakan, bagaimana masalah dan solusinya.
2. Setiap model dapat dinyatakan dalam tingkatan yang berbeda.
3. Model terbaik adalah model yang berhubungan atau menyatakan realitas.
4. Tidak ada model tunggal yang cukup baik, sehingga setiap sistem yang baik memiliki serangkaian model kecil yang independen

Prinsip permodelan sistem tidak terlalu menitikberatkan pada bentuk model tertentu yang akan merancang sebuah sistem. Bentuk model ini bebas, dapat menggunakan apa saja sesuai keinginan kita, contohnya berupa gambar, prototipe dan narasi, gabungan kedua atau ketiganya. Model yang baik harus dapat merepresentasikan visualisasi bentuk sistem yang diinginkan, karena sistem akhir yang akan dibuat harus dapat diturunkan berdasarkan hasil model tersebut (Triwidiastuti, 2010).

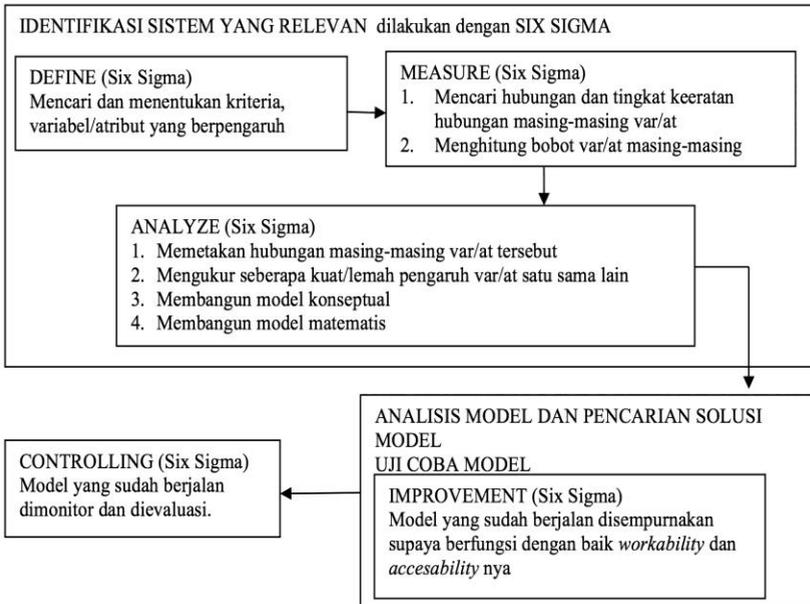
KONSEP SIX SIGMA DAN PENGEMBANGANNYA

Salah satu program pengendalian kualitas yang terukur secara statistik adalah Six Sigma, karena sasaran program ini adalah menghasilkan produk dengan spesifikasi tertentu dengan cara menjaga variabilitas selama proses produksi berlangsung. Variabilitas yang diperkenankan sebesar 3,4 *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), yaitu 0,027% produk tidak layak, baik untuk *upper control limit* (UCL) maupun *lower control limit* (LCL). Pada awalnya hanya terdapat satu istilah, yaitu Six Sigma. Seiring berjalannya waktu, terdapat beberapa istilah dalam pengertian Six Sigma karena kebutuhan yang semakin kompleks, antara lain DMAIC (*define, measure, analyse, improve*), DMADV (*define, measure, analyse, design and verify*), CDOC (*conceptualize, design, optimize, control*), DMADOV (*define, measure, analyze, design, optimize, verify*). Selama ini Six Sigma sudah diterapkan pada manajemen kualitas di bidang industri. Disamping itu sudah diterapkan secara luas di bidang jasa (*service*), diantaranya: layanan *service delivery*, layanan medis dan rumah sakit, layanan perbankan, *customer value creation*, layanan IT. DMADV atau *Design For Six Sigma* (DFSS) sudah diteliti pada layanan pendidikan tinggi (Triwidiastuti, 2010). Apabila dibandingkan dengan metode peningkatan kualitas yang lain DFSS merupakan metode yang menyeluruh, bertahap, dan lebih rinci. DFSS dapat diterapkan dan merupakan bagian dari program manajemen kualitas dan program pengembangan produk yang meliputi: perencanaan kualitas, pengendalian kualitas, peningkatan kualitas dan jaminan kualitas. DFSS ini juga terkadang sering disamakan dengan DMADV. Berbeda dengan DMAIC Six Sigma tradisional, DFSS atau DMADV berjuang untuk menghasilkan sebuah proses yang sebelumnya tidak ada atau ketika suatu proses yang sudah ada dianggap tidak memadai dan harus diganti. DFSS menargetkan untuk membuat sebuah proses yang mengoptimalkan terciptanya sebuah efisiensi dengan metode Six Sigma ke dalam proses sebelum implementasi. DFSS tidak seperti Six Sigma tradisional yang melakukan *improvement* berkelanjutan setelah proses tersebut terjadi (Triwidiastuti, 2010).

Tulisan ini membahas tentang permodelan bangunan hijau berbasis konsep kualitas berkelanjutan Six Sigma untuk suatu wilayah perkotaan di Indonesia. Metode yang dipilih adalah Six Sigma tradisional (DMAIC), karena proses menuju gedung yang sehat sudah diukur dengan *GreenShip Rating* dan kegiatan pengukuran sudah dilakukan pada beberapa gedung di DKI Jakarta. Penulis belum menemukan bukti bahwa proses pengukuran saat ini dianggap tidak memadai dan harus diganti. Selain itu, kasus ini tidak memerlukan desain atau rancangan awal alat ukur, karena pada saat pengamatan sudah ada alat ukur yang bekerja dengan baik. Dengan demikian, dapat dirancang model DMAIC Six Sigma untuk mengurangi laju SBS dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas kesehatan untuk penghuni gedung kantor di DKI Jakarta.

MODEL KONSEP SIX SIGMA UNTUK BANGUNAN HIJAU

Sistem pengukuran *greenShip* yang dilakukan untuk menghindari SBS dan mengukur kesehatan, kenyamanan, dan kesejahteraan penghuni gedung, dapat dipergunakan dengan metode Six Sigma. Model Konsep Six Sigma untuk pengukuran bangunan hijau dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Model Konsep Six Sigma

Penjabaran masing-masing tahapan pada Gambar 2. di atas adalah:

1. *Pendefinisian (Define)*, adalah mencari dan menentukan kriteria, variabel/atribut yang berpengaruh. Sebagai contoh adalah variabel rating pada alat ukur *greenship*. Variabel indikator yang diukur adalah tepat guna lahan, efisiensi energi dan refrigeran, konservasi air, sumber dan siklus material, kualitas udara dan kenyamanan hunian. Masing-masing variabel tersebut dirinci dalam beberapa variabel yang dapat diukur secara kuantitatif, sehingga dapat menghitung peringkatnya.
2. *Pengukuran (Measure)*, dapat dijabarkan menjadi dua langkah yaitu:
 - a. mencari hubungan dan tingkat keeratan hubungan masing-masing variabel/atribut.
 - b. menghitung bobot variabel/atribut masing-masing.

Langkah mencari hubungan dan keeratan hubungan antar beberapa variabel/atribut ini dilakukan dengan analisis statistik kuantitatif dengan mempertimbangkan: sebab akibat, baik positif maupun negatif, tipe hubungan antar variabel (simetris, asimetris atau timbal balik). Sedangkan menghitung bobot dapat dilakukan dengan analisis statistik kuantitatif (analisis faktor, analisis kluster, dan lain-lain) maupun analisis kualitatif (penskoran/skala likert, analisis *cut off point*, *brain storming*, dan lain-lain). Untuk perhitungan kuantitatif dipergunakan analisis yang faktor konfirmatori. Analisis faktor ini adalah serangkaian langkah mengidentifikasi adanya hubungan antarvariabel penyusun faktor atau dimensi dengan faktor yang terbentuk, dengan menggunakan pengujian koefisien korelasi antar faktor dengan komponen pembentuknya.

3. *Analisis (Analyze)*
 - a. Memetakan hubungan masing-masing variabel/atribut tersebut. Pemetaan dilakukan setelah mengetahui hubungan antar variabel dan mengukur keeratan hubungan masing-masing variabel satu dengan yang lain (*path analysis*). Hasilnya adalah gambaran hubungan, keeratan antar variabel dengan dicantumkan masing-masing bobot kepentingan (*peringkat/rating*)nya.
 - b. Mengukur seberapa kuat/lemah pengaruh variabel/atribut satu sama lain. Dari beberapa variabel yang terukur, dapat diidentifikasi variabel mana yang paling berpengaruh dan variabel mana yang paling lemah dalam perhitungan penentuan variabel *greenship* untuk analisis kesehatan gedung.
 - c. Membangun model konseptual. Dari hasil identifikasi variabel, hubungan antar variabel dan bobot variabel yang paling kuat dan paling lemah dapat dibuat pemetaan hubungan satu variabel dengan variabel yang lain.
 - d. Membangun model matematis. Dari model konseptual yang telah terbangun, dihitung keeratan, hubungan dan bobot/peringkat masing-masing variabel dengan perhitungan matematis sehingga menghasilkan sebuah model matematis.

4. *Perbaikan (Improvement)*

Model yang sudah berjalan disempurnakan supaya berfungsi dengan baik *workability* dan *accessability*-nya. Alat ukur *greenship* yang telah terbentuk dari beberapa variabel, dipergunakan untuk mengukur tingkat kesehatan dan kenyamanan penghuni, dengan acuan Model konseptual dan model matematis yang telah terbentuk. Apabila alat ukur *greenship* telah dipergunakan secara kontinu dan beberapa waktu untuk pencegahan SBS, dan hasilnya adalah penurunan tingkat SBS, maka alat ukur dapat dikatakan memenuhi fungsinya. Apabila tingkat SBS tidak menurun setelah pengukuran *greenship*, maka komponen *greenship* yang ada dalam gedung perlu dievaluasi dan diperbaiki kualitasnya sehingga dapat mengurangi SBS. Langkah berikutnya adalah mengevaluasi alat ukur, apakah sudah dapat mengukur dengan baik dan benar kemudian memperbaiki alat ukur tersebut apabila terdapat ketidaksesuaian.

5. *Pengawasan (Controlling)*.

Baik model konseptual, maupun model matematis dan alat ukur yang sudah berjalan dimonitor dan dievaluasi terus menerus setiap tahun. Apabila menunjukkan ketidaksesuaian, harus diperbaiki secara kontinu, sehingga target gedung yang bebas SBS akan tercapai.

CONTOH TAHAPAN SOLUSI MENUJU GEDUNG YANG BEBAS SBS

Penerapan konsep *green building* yang mendukung kesejahteraan pekerja dan produktifitas kerja dilakukan oleh Jones Lang LaSalle (Anonymous, 2011). Perusahaan ini menganalisis perspektif keberlanjutan efek dari kualitas udara dalam ruangan, cahaya alami, kenyamanan termal dan fitur lingkungan bangunan lainnya pada produktivitas di tempat kerja secara global. Hasilnya adalah:

1. Kualitas udara dalam ruangan
 - a. memungkinkan individu melakukan kontrol tingkat kualitas udara dalam ruangan dan ventilasi,
 - b. menghindari penempatan printer dan mesin fotokopi di dekat meja kerja untuk meminimalkan polusi debu toner,

- c. menggunakan perlengkapan pembersih bebas kimia,
 - d. memasang dinding dan penutup lantai dengan emisi rendah,
 - e. melakukan pemantauan kualitas udara secara teratur.
2. Cahaya dalam ruangan
 - a. mengatur pencahayaan ruangan yang optimal dengan mempergunakan lampu, memasang tirai dengan corak yang dapat mengurangi silau matahari,
 - b. menghindari silau pada layar komputer dari pencahayaan jendela kantor.
 3. Kenyamanan termal dengan memberi wewenang pada individu pekerja atas suhu tempat dan lingkungan kerja, jika mungkin secara berkala memantau tingkat suhu udara.
 4. Akses ke tampilan luar dan ruang eksternal
 - a. merancang tata letak tempat kerja yang terbuka untuk memaksimalkan akses ke pandangan luar,
 - b. memberikan akses untuk staf ke ruang eksternal untuk digunakan sebagai tempat istirahat dan ruang kolaborasi.
 5. Akustik
 - a. memantau tingkat kebisingan printer dan mesin fotokopi,
 - b. menyediakan area kerja yang terpisah untuk mengakomodasi berbagai tingkat kebisingan, seperti area yang sepi, ruang pertemuan dan *lounge*.
 6. Ergonomi
 - a. mendidik karyawan tentang praktik ergonomi yang tepat,
 - b. mempergunakan peralatan yang dapat mengurangi gangguan muskuloskeletal.

PENUTUP

Model Bangunan Hijau (*green building*) Six Sigma adalah mengukur sejauh mana pencapaian tujuan bangunan hijau supaya bebas SBS dengan alat ukur *greenship*. Ketercapaian tingkat bangunan hijau yang sehat, aman, dan nyaman bagi penghuninya diukur kualitasnya secara berkelanjutan dengan model Six Sigma yaitu melalui serangkaian tahapan DMAIC. Yang perlu dilakukan adalah pengurangan polusi, pemantauan pencahayaan, suara dan suhu udara

di lingkungan kerja, tersedianya ruang istirahat yang nyaman dan peralatan kerja yang ergonomis untuk mencapai target gedung yang bebas SBS.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackoff, R. (1962). *Scientific method, optimizing applied reasearch decisions*. New York: Wiley and Sons.
- Anonymous (2011). PR Newswire New York Tanggal 13 Juli 2011. Diakses tanggal 20 Agustus 2017, dari www.prnewswire.com .
- Armstrong, B. (2008). Green building strategies. *Manitoba Business*, 30 (2), ABI/INFORM Complete pg.14.
- Abouturban (2016). Eksistensi *green building* di Kota Jakarta. Diakses tanggal 20 Agustus 2017, dari <http://www.abouturban.com/2016/05/28/mahakarya-arsitek-tadao-ando-2/>.
- GBC Indonesia (2017). Rating tools. Diakses tanggal 22 Mei 2017, dari <http://www.gbcindonesia.org/greenship>.
- Greenshiphomes (2017). Greenship Homes Ver 1.0. Diakses tanggal 27 Mei 2017, dari www.greenshiphomes.org.
- GBC Indonesia (2011). Greenship Existing Building Version 1.0 Ringkasan Tolak Ukur. Green Building Council Indonesia.
- Kilbert, C.J. (2016). Sustainable construction: green building design and delivery. Diakses dari <https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=2xgWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR15&dq=Green+Buildin+g+A+Sustainable+Concepts>
- Majalah Techno Konstruksi (2012). Infrastruktur outlook 2012. Diakses tanggal 03 Oktober 2017 dari <http://majalahteknokonstruksi.blogspot.co.id/2012/01/no-44-edisi-januari-2012.html>.
- Redaksi Butaru (n.d). Green building a sustainable concept for construction development in Indonesia. Diakses dari

http://tataruang.atr-bpn.go.id/Bulletin/upload/data_artikel/Green%20Building%20A%20Sustainable%20Concept%20for%20Construction%20Development%20in%20Indonesia.pdf.

Sinha, R. (2009). The green building, a step toward to sustainable architecture. *The IUP Journal of Infrastructure*, VII (2): p91.

Triwidiastuti, S.E. (2010). Tinjauan metodologi antara analisis kapabilitas proses multivariat dengan metode grafis dan Six Sigma untuk pengukuran kualitas layanan pada pendidikan tinggi. Proceeding Seminar Nasional Matematika Universitas Parahyangan, 2 Oktober 2010.