

STRATEGI ARSITEKTUR KEBERLANJUTAN PADA BANGUNAN OLAHRAGA

Adi Agung Budi Pranata¹, Syaifuddin Zuhri²

¹ Mahasiswa Program Studi Arsitektur, UPN “Veteran” Jawa Timur
Email: adi.agung08@gmail.com

² Dosen Program Studi Arsitektur, UPN “Veteran” Jawa Timur

ABSTRAK

Sekarang ini, pembangunan gedung-gedung dengan berbagai fungsi semakin marak dan menimbulkan masalah terhadap lingkungan di sekitarnya. Sekitar 30% pasokan energi nasional dikonsumsi oleh sektor bangunan (Karyono, 2013). Jumlah ini cukup berarti untuk diperhitungkan dalam upaya penghematan energi nasional. Tidak terkecuali pada gedung dengan fungsi kegiatan berolahraga. Pada bangunan olahraga terdapat kekurangan pada sisi teknologi yang mengakibatkan pembangunan dan perawatannya tidak ekonomis dan efisien (Milica et.al., 2014). Bahwa arsitektur harus berupaya meminimalkan dampak negatif lingkungan dari bangunan dengan efisiensi dan moderasi dalam penggunaan bahan, energi, dan ruang pengembangan (Merhan et.al., 2018).

Metode pendekatan berkelanjutan yang dapat mengatasi permasalahan terhadap tata guna lahan dan penggunaan teknologi bangunan yang tepat yang dapat meningkatkan nilai efisiensi dari bangunan. Arsitektur berkelanjutan adalah pendekatan arsitektur yang berfokus untuk meminimalkan dampak negatif pada bangunan serta lingkungannya dengan efisiensi pada penggunaan energi, material, dan ruang lingkup secara luas. Arsitektur berkelanjutan memiliki prinsip untuk mendesain bangunan yang ramah lingkungan (Merhan et.al., 2018).

Pembahasan pada tulisan ini mengidentifikasi karakteristik bangunan berkelanjutan pada bangunan olahraga Birds-Nest-Stadium China dan Amsterdam Stadium Area guna mengusulkan strategi penyelesaian arsitektur dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan agar sebuah bangunan olahraga dapat berfungsi secara lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata-kunci: arsitektur berkelanjutan; bangunan olahraga; energi; struktur

SUSTAINABILITY ARCHITECTURE STRATEGY IN SPORTS BUILDINGS

ABSTRACT

Now this, the construction of buildings with various functions increasingly prevalent and cause problems to the environment in the vicinity. Around 30% of the national energy supply is consumed by the building sector (Karyono, 2013). This amount is significant enough to be taken into account in efforts to save national energy. Not with the exception of the building with the function activity exercising. In sports buildings there are deficiencies in the technology side which results in their construction and maintenance being not economical and efficient (Milica et.al., 2014). That architecture must strive to minimize the negative environmental impacts of buildings with efficiency and moderation in the use of materials, energy, and development space (Merhan et.al., 2018).

Method approach sustainable which can cope with the problems of the system in order to land and the use of technology building that right that can increase the value of the efficiency of the building. Architecture sustained is the approach to architecture that is focused on minimizing the impact negatively on the building and its environment with efficiency in the use of energy, materials, and space scope is broad. Architecture sustained have principles for designing buildings that friendly environment (Merhan et.al., 2018).

The discussion on the paper is to identify the characteristics of the building sustained in building sports Birds-Nest-Stadium China and Amsterdam Stadium area in order to propose strategies completion of architecture with the approach of the architecture of sustainable so that a building sport can function in a more efficient and friendly environment.

Keywords: sustainable architecture; sports building; energy; structure

PENDAHULUAN

Bahwa arsitektur berkelanjutan pada saat sekarang ini menjadi perhatian yang cukup serius dalam upaya untuk penghematan energy secara global. Penerapan arsitektur berkelanjutan pada bangunan merupakan upaya efisiensi energy pada bangunan-bangunan yang penggunaan energinya sangat besar. Ditegaskan Karyono (2011), bahwa sekitar 30% pasokan energi nasional dikonsumsi oleh sektor bangunan, jumlah ini cukup berarti untuk diperhitungkan dalam upaya penghematan energi nasional. Akibat keterbatasan pengetahuan dan kekeliruan dalam mengadopsi rancangan arsitektur dari negara-negara barat, cukup banyak bangunan di kota besar di Indonesia dirancang tanpa pertimbangan energy, akibatnya menjadi boros energi. Bangunan-bangunan dengan konsumsi energy yang cukup besar adalah gedung olahraga karena besarnya bangunan sehingga kebutuhan energy untuk aktifitas operasional dan perawatannya yang sangat besar.

Pemanfaatan ruang pada fasilitas gedung olahraga membutuhkan luasan bangunan dan lahan yang cukup besar, karena jumlah penggunaannya yang cukup besar disamping kebutuhan fasilitas-fasilitas penunjangnya. Karena pemanfaatan tanah yang cukup besar berakibat pada berkurangnya area hijau dan resapan air yang akan berkurang atau hilang. Ditegaskan oleh Karuniastuti (2015) bahwa apabila fungsi-fungsi area hijau dialihkan untuk didirikan bangunan maka akan menyumbang emisi gas karbon sebesar 18,3%. Kemudian apabila bangunan sudah difungsikan atau dioperasikan, maka akan menyumbang emisi CO₂ sebesar lebih dari 15%. Pemborosan energi pada bangunan olahraga tidak hanya ditemukan pada penggunaan lahan, namun juga terdapat pada penggunaan teknologi dalam bangunan. Menurut Milica, dkk. (2014), bahwa bangunan-bangunan olahraga masih belum optimal dalam pemanfaatan teknologi sehingga mengakibatkan perawatannya tidak ekonomis dan efisien.

Ketika di seluruh dunia dilanda coronavirus, arsitektur mencoba menata kembali ruang binaan ataupun ruang publik yang tetap menjaga “*physical-distancing*”, dan memungkinkan ruang-ruang untuk dibuka kembali dengan aman sambil menghormati langkah-langkah “*social-distancing*” (Astee Lim, 2020).

Konsep dan Strategi Berkelanjutan

Memasuki tahun 2020, memasuki dekade baru dengan gelombang ketidakpastian yang belum pernah terjadi sebelumnya, menghantam seluruh dunia dengan pandemi coronavirus telah yang sangat mempengaruhi gaya hidup kita. Bagaimana dan di mana kita tinggal, bekerja dan bermain telah terbalik hampir dalam semalam. Rumah kita telah menjadi tempat kerja kita, arena latihan dan taman bermain. Beberapa menemukan cara yang sulit selama pandemi ini tentang pentingnya desain dan nilai ruang dan apa artinya ini pada akhirnya untuk mencegah penyebaran virus seperti Covid-19.

Arsitektur berkelanjutan merupakan sebuah pendekatan untuk mempertahankan sumber daya alam dan lingkungan, yang dapat diterapkan pada semua aktifitas seperti sistem pertanian, kehutanan, industri, dan arsitektur (Sudarwani, 2012). Arsitek memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya alam dalam desain bangunannya.

Selanjutnya Burcu (2015) dalam Ragheb (2016) mengaitkan antara konsep arsitektur hijau dengan konsep berkelanjutan pada arsitektur.

Hal ini jelas menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik untuk desain yang baik, di mana arsitektur, ergonomi dan strategi kinerja harus secara kolektif (atau telah dalam beberapa tahun terakhir) dilaksanakan dengan hati-hati untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan yang baik. Arsitektur berkelanjutan dapat juga dikembangkan secara tampilan sebagai filter untuk mendefinisikan kembali hubungan spasial internal dan eksternal, memperkenalkan pandangan baru untuk ruang internal dan ruang publik (eksternal) dan memungkinkan serangkaian celah untuk memecah massa bangunan guna penetrasi cahaya matahari dan ventilasi ataupun untuk insulasi matahari dan penyerapan polutan udara. (Astee Lim, 2020).

Menurutnya, arsitektur berkelanjutan menghasilkan manfaat pada lingkungan, sosial dan ekonomi. Bahkan dapat membantu dalam upaya mengurangi polusi, melestarikan sumber daya alam dan mencegah degradasi lingkungan. Beberapa karakteristik bangunan dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan, adalah: (Syahriyah, D.R., 2016).

- Sistem ventilasi dirancang seefisien mungkin untuk pemanasan dan pendinginan;
- Pencahayaan dan peralatan hemat energy;
- Peralatan pipa hemat air;
- Ruang luar digunakan untuk memaksimalkan energi matahari;
- Meminimalkan dampak terhadap kerusakan alam;
- Memakai Sumber tenaga alternatif seperti tenaga surya atau tenaga angin;
- Bahan non-sintetis dan tidak beracun;
- Material lokal seperti kayu dan batu;
- Penggunaan material daur ulang;
- Efisiensi penggunaan ruang.

Berikutnya, Robert Vale dan Brenda (1998) dalam Putri dkk. (2019) menjelaskan beberapa prinsip arsitektur berkelanjutan yang dapat dikembangkan, yaitu :

- Hemat energy (*conserving energy*);
- Memanfaatkan kondisi dan sumber energy alami (*working with climate*);
- Menanggapi keadaan tapak bangunan (*respect for site*);
- Memperhatikan pengguna (*respect for user*);
- Meminimalkan sumber daya baru (*limiting new resources*);
- Menyeluruh (*holistic*).

Dan konsep berkelanjutan ini merupakan konsep yang saling terkait antara sistem ekologis, sistem ekonomi dan sistem sosial, yang tidak lagi terpaku pada konsep awal yang lebih terfokus pada pemikiran kelestarian keseimbangan lingkungan semata-mata (Iwan Priyoga, 2016). Bahkan ditegaskan bahwa konsep keberlanjutan pada masa kini perlu dikembangkan agar keberlanjutan karakter cultural identity di suatu lingkungan semakin meningkat. Aplikasi keberlanjutan dilakukan melalui disain berkonsep ekologis, yang menekankan unsur alam secara efisien dan mengutamakan unsur kualitas ketimbang kuantitas (Syamsiyah, N.R. dkk. 2015).



Gambar 1. Enam issue arsitektur berkelanjutan
(Sumber: Merhan Mohammed M. Shahda, 2018)

Arsitektur berkelanjutan adalah arsitektur yang berupaya meminimalkan dampak negatif lingkungan dari bangunan dengan efisiensi dan moderasi dalam penggunaan bahan, energi, dan ruang pengembangan. Arsitektur berkelanjutan menggunakan pendekatan sadar untuk konservasi energi dan ekologi dalam desain lingkungan binaan. Gagasan keberlanjutan, atau desain ekologis, adalah untuk memastikan bahwa tindakan dan keputusan kita hari ini tidak menghambat peluang generasi mendatang. Akibatnya, arsitektur berkelanjutan mencakup prinsip-prinsip berikut:

- Mengurangi konsumsi sumber daya tak terbarukan.
- Mempercantik lingkungan alam.
- Buang atau kurangi penggunaan bahan beracun. (Merhan Mohammed M. Shahda, 2018).

Sedangkan bangunan berkelanjutan dapat didefinisikan sebagai bangunan-bangunan yang memiliki dampak negatif minimal terhadap lingkungan yang dibangun dan alami, dalam hal bangunan itu sendiri, lingkungan terdekatnya dan pengaturan regional dan global yang lebih luas. Selanjutnya, lima tujuan untuk bangunan berkelanjutan dapat didefinisikan sebagai :

- Efisiensi energi (termasuk pengurangan emisi gas rumah kaca);
- Pencegahan polusi (termasuk kualitas udara dalam ruangan dan pengurangan kebisingan);
- Harmonisasi dengan lingkungan (termasuk penilaian lingkungan);
- Pendekatan terintegrasi dan sistematis (termasuk sistem manajemen lingkungan). (Merhan Mohammed M. Shahda, 2018)

Konsep dan Strategi Gedung Olahraga Berkelanjutan

Untuk lebih mengenal konsep dan strategi gedung olahraga berkelanjutan yang ada di Indonesia kami memberikan kerangka kerja untuk memberikan kerangka berfikir gedung berkelanjutan. Bagian ini memperluas kerangka berfikir desain gedung berkelanjutan yang meliputi beberapa elemen-elemen desain berkelanjutan dari kegiatan yang berlangsung pada operasional dan pemanfaatan teknologi dan material gedung olahraga.

Pada tabel dibawah ini diuraikan beberapa permasalahan yang sering ditemukan ketika merancang dan mengoperasikan gedung olahraga yang besar, dan beberapa pemecahan desain yang diusulkan. (Aquino, Ileana. 2015).

Tabel 1. Permasalahan dan solusi pada gedung olahraga

No	Permasalahan Bangunan	Solusi yang direkomendasikan
1	Konsumsi energy saat kegiatan berlangsung (ada pertandingan)	Pemanfaatan desain pasif, penggunaan energi terbarukan, atap hijau (<i>green roof</i>), alternatif teknologi bangunan, penggunaan lampu LED, pemanfaatan sistem otomasi bangunan
2	Konsumsi air bersih yang cukup besar sepanjang tahun	System penyimpanan air tanah/permukaan, peningkatan sumber air dengan system daur ulang, penggunaan system mekanikal-elektrikal yang hemat energi, pemanfaatan lansekap secara optimal
3	Pemanfaatan bahan bangunan yang besar dan berat untuk konstruksi (baja/beton)	Penggunaan bahan bangunan lokal, bahan daur ulang, bahan bangunan terbarukan dan berkelanjutan
4	Banyaknya limbah air kotor dan sampah yang muncul	Adanya daur ulang dan teknologi pengomposan limbah, adanya insentif terhadap pemanfaatan limbah, manajemen e-limbah, donasi barang-barang yang tahan lama
5	Keberpihakan terhadap lingkungan lokal	Menampilkan produk makanan lokal, pemberian insentif layanan alternative transportasi, adanay tur stadion dan pendidikan

(Sumber: Aquino, Ileana. 2015)

Pendekatan yang belum digunakan dalam desain stadion berkelanjutan akan ditelusuri pada beberapa teknologi konstruksi, penggunaan material dan system operasional gedung. Sehingga tujuan akhir dari artikel ini untuk mengembangkan konsep dan strategi untuk stadion baru agar lebih efisien dan berkelanjutan bagi masyarakat dan pengguna. Fokusnya adalah bagaimana agar bangunan olahraga dapat memberikan kontribusi terbaik pada komunitas yang menampung mereka dan berbagi hubungan secara harmonis. (Aquino, Ileana. 2015).

Disamping itu dikatakan bahwa strategi penyelesaian keberlanjutan juga harus dapat menanggapi perubahan yang diperlukan untuk bangunan seiring waktu sesuai dengan persyaratan saat ini, baik dari pemilik dan pengguna bangunan. Serta dapat beradaptasi dengan kebutuhan lingkungan spatial yang baru dan tuntutan desain teknologi dan material struktural yang baru. (Hudec, Martin and Rollová, Lea, 2016).

Keberlanjutan dalam Pemanfaatan Sistem Teknologi Konstruksi

Bahwa arsitektur harus dilihat sebagai suatu potensi yang secara inovatif dan kreatif dapat dikembangkan untuk terwujudnya jati diri yang sebenarnya. Studi tentang struktur dalam hubungannya dengan bangunan, tidak hanya tentang ruang dan ukuran, tetapi juga menyangkut tentang skala, bentuk, proporsi dan morfologi. Struktur

merupakan suatu entitas fisik yang memiliki sifat keseluruhan yang dipahami sebagai suatu organisasi unsur-unsur pokok yang ditempatkan dalam ruang yang didalamnya karakter keseluruhan itu mendominasi interelasi bagian-bagiannya. (Syarifuddin, Zuhri. 2010).

Mengingat situasi kondisi saat ini yang dilanda wabah covid-19, kita harus mengedepankan kriteria-kriteria penting dalam mengevaluasi keberlanjutan dalam pemanfaatan dan operasional gedung olahraga, khususnya dalam penyelenggaraan even-even skala besar. Kami menyarankan beberapa kriteria keberlanjutan yakni:

- Menempatkan hubungan secara fisik antara massa bangunan dengan lingkungan perkotaan, karena hal ini akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya secara keseluruhan;
- Melakukan efisiensi energy, khususnya dalam penggunaan jenis teknologi apa yang akan digunakan dalam pemanfaatan gedung dalam skala besar;
- Fleksibilitas pemakaian adalah bagaimana gedung dapat diadopsi untuk kebutuhan aktifitas kota setelah kegiatan pertandingan skala besar berakhir. (Sertaç Erten, Sena Özfiliz. 2006).

Telaah pemanfaatan teknologi bangunan erat kaitannya dengan seni pengolahan material, struktur dan konstruksi, yang lebih menekankan pada aspek nilai estetika yang dihasilkan suatu sistim struktur suatu bangunan atau merupakan ekspresi dari suatu struktur yang lebih ditegaskan lagi dengan aspek kemampuan penggunaan teknologi strukturnya. (Zuhri, Syarifuddin. 2007).

METODE

Pada penelitian ini paradigma yang dipakai adalah tentang prinsip-prinsip pada arsitektur berkelanjutan yang pada dasarnya dapat mewujudkan elemen-elemen arsitektur pada bangunan dalam upaya untuk efisiensi energi. Beberapa prinsip yang akan digunakan mengacu pada teori Robert Vale dan Brenda (1998) dalam Putri, dkk. (2019) yaitu cara pemanfaatan kondisi iklim setempat (*working with climate*), pemanfaatan potensi-potensi tapak (*respect for site*), dan strategi penghematan energi pada gedung dan lingkungannya (*conserving energy*). Bangunan yang akan dilakukan studi beberapa gedung olahraga.

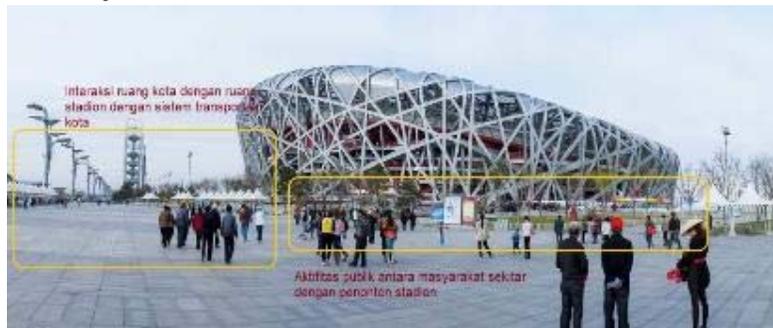
Metode penulisan yang digunakan adalah metode analitis diskriptif dimana artikel ini membahas secara analitis tentang interaksi antara aplikasi desain pada gedung olahraga dan arsitektur berkelanjutan, selanjutnya menganalisis dampak aplikasi desain bangunan tersebut dalam mendukung arsitektur berkelanjutan. Selanjutnya, artikel ini menyajikan secara analisis elemen-elemen desain yang diterapkan pada bangunan olahraga Bird-Nest Stadium China dan Amsterdam Allianz ArenA kemudian mengevaluasi kesinambungannya dalam aspek penilaian arsitektur keberlanjutan. Akhirnya hasil evaluasi ini dapat digunakan sebagai panduan dalam memilih desain berkelanjutan yang tepat untuk mendukung keberlanjutan yang diusulkan dalam artikel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pemanfaatan Tapak

Stadion Nasional Beijing Bird Nest Stadium adalah salah satu bangunan ikon di China, yang terletak di 4th North Ring Road dari pusat lingkungan Green of Olympic Garden kota Beijing. Bahwa pengembangan tapak pada arsitektur berkelanjutan adalah membentuk lingkungan dan untuk menjaga kualitas hidup pengguna dan komunitas yang ada disekitarnya dapat menyatu secara harmonis. Implementasinya pada Birds-Nest-Stadium China diwujudkan dengan serangkaian pilihan teknik dan bahan dengan organisasi internal fungsi dan ruang, untuk mengendalikan konsumsi energi dan lingkungan hidup pengguna disekitarnya.

Lingkungan luar stadion berada dalam aktifitas yang mampu menggerakkan massa orang dengan cepat dan aman, serta menggerakkan penggemar dan pengunjung stadion dalam lingkungan sekitar tapak yang menyatu dengan lingkungan perkotaan. Untuk menggerakkan massa orang-orang yang hilir-mudik dibuat sistem transportasi kota agar mereka dapat naik kereta bawah tanah ke stadion meskipun pemberhentiannya berjarak sekitar 20 menit berjalan kaki.



Gambar 2. Mobilisasi masyarakat sekitar pada tapak
(Sumber. <https://www.schindler.com/>)

Suasana ribuan penggemar melakukan mobilisasi di salah satu acara olahraga atau hiburan, stadion dan arena membutuhkan solusi mobilitas untuk menggerakkan mereka secara efisien dan aman. Untuk melengkapi tampilan lingkungan, diberikan lampu-lampu tanah yang menerangi trotoar di sekitar stadion semuanya memiliki kap lampu logam abu-abu dalam bentuk sarang burung.

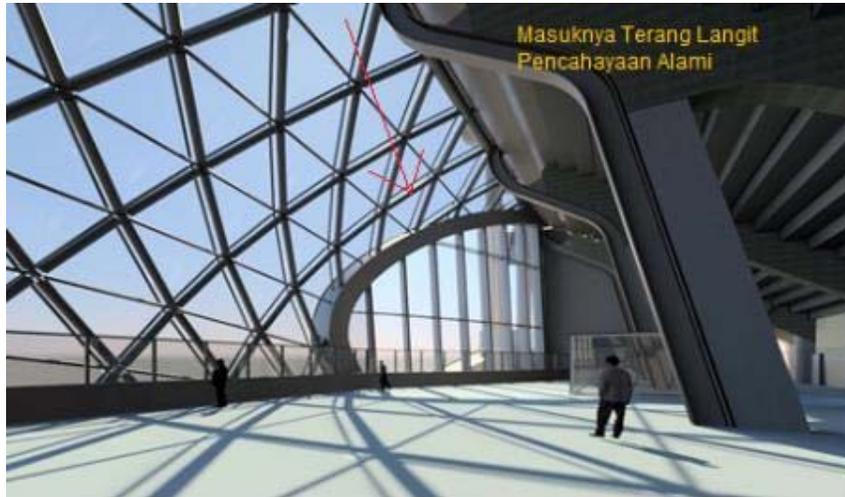


Gambar 3. Pemanfaatan lingkungan tapak dengan danau buatan
(Sumber. <https://www.schindler.com/>)

Pengembangan danau buatan untuk pendinginan lingkungan dan konservasi sumberdaya air pada lingkungan stadion, serta sebagai area rekreasi bagi masyarakat kota.

Pemilihan Pencahayaan Hemat Energi

Pola bidang permukaan fasad yang dikembangkan adalah bahwa bidang ini berpotensi menjadi layar besar untuk menampilkan pola yang warna-warni, mengikuti konsep yang dibuat oleh Allianz Arena. Untuk penerangan buatan maka stadion harus diupayakan diterangi dengan lembut untuk meminimalkan polusi cahaya bagi penduduk lokal dan panorama langit kota.



Gambar 4. Penggunaan terang langit sebagai sumber cahaya alami
(Sumber. <http://stadiumdb.com/designs>)

Sistim pencahayaan, penggunaan lampu sorot metal halide di masa lalu, sekarang ditiadakan karena sangat boros energy dan tidak memenuhi kualitas yang dibutuhkan oleh kamera televisi 4K. Akhirnya, stadion area ini bergeser ke pencahayaan LED yang menjadi standar untuk gedung olahraga professional dan mampu bersaing menjadi tuan rumah turnamen internasional.



Gambar 5. Sistem pencahayaan lapangan menggunakan philips-arena-vision-LED
(Sumber: <https://www.google.co.id/search?q=lighting+johan+crujfff+arena+stadium>)

Pencahayaan lapangan merupakan puncak dari penerangan stadion papan atas dengan penggunaan teknologi penerangan generasi masa depan, yakni Philips Arena-Vision LED) yang memungkinkan untuk meningkatkan pengalaman penonton melalui pertunjukan cahaya yang menggetarkan. Tidak seperti pencahayaan konvensional, sistem LED ini dapat dipantau, dikendalikan, beralih dengan cepat, diredupkan dan disinkronkan dengan musik, jumbotron, dan papan perimeter sebagai satu sistem hiburan terintegrasi. Penambahan balok warna bergerak dan sistem kontrol dinamis memungkinkan penciptaan pertunjukan cahaya pra/setelah pertandingan menjadi dramatis untuk menggetarkan penonton.

Penggunaan Energi Solar

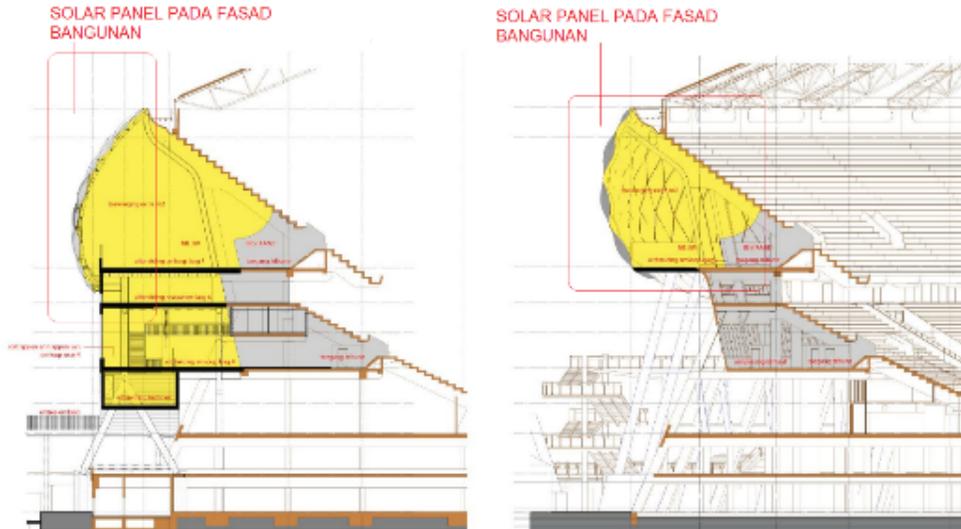
Salah satu contoh bangunan olahraga yang menerapkan solar panel sebagai sumber energy di luar energi listrik. Gedung olahraga **Amsterdam ArenA** merupakan stadion sepak bola terbesar di Belanda yang memasang atap panel surya seluas sekitar 7.000 meter persegi dan diperhitungkan akan memasang sekitar 4.200 panel surya. Sistem ini akan memungkinkan gedung olahraga menghasilkan sekitar 930.000 kWh listrik, sekitar 10% dari konsumsi saat ini.



Gambar 6. Penggunaan panel surya sebagai sumber energy

(Sumber: <https://www.power-technology.com/best-stadiums-renewable-energy/>)

Panel terpasang ini diperkirakan akan mencegah emisi 430 ton CO₂ - setara dengan emisi tahunan 180 mobil. Pemasangan instalasi tata surya atap merupakan elemen dari program berkelanjutan yang bertujuan untuk memastikan bahwa stadion mendukung untuk menciptakan kebersihan lingkungan dan udara bersih kota Amsterdam dengan tidak berkontribusi dalam menghasilkan carbon (*carbon-neutral*).



Gambar 7. Letak solar panel

(Sumber: <https://www.power-technology.com/best-stadiums-renewable-energy/>)

Penggunaan sumber energy untuk menopang kebutuhan energy pada gedung Amsterdam Stadium AreA disediakan oleh solar power, kincir angin (*wind turbin*) dan 160 (*energy panas bumi (geothermal well)*). Dan merupakan sumber energy yang ramah lingkungan (*green electricity*) tidak memberikan dampak pada lingkungan untuk mendukung lingkungan bersih kota Beijing.

Ekspresi Struktural

Ekspresi structural pada gedung olahraga **Amsterdam Arena** dengan mengekspresikan selasar stadion yang terbuka dan luas guna memberikan panorama seluruh kompleks. Efek spatial stadion yang timbul akibat kesederhanaan dan kebesaran struktur.



Gambar 8. Efek spatial untuk social-distancing

(Sumber: <https://sportsvenuebusiness.com/>)

Elemen-elemen struktural saling mendukung satu sama lain dan bertemu menjadi formasi seperti grid spasial, di mana fasad, tangga, struktur mangkuk, dan atap terintegrasi. Untuk membuat atap tahan cuaca, ruang-ruang dalam struktur stadion diisi dengan membran tembus cahaya, seperti halnya burung mengisi ruang-ruang di antara ranting tenunan sarang mereka dengan pengisi lembut. Karena semua fasilitas - restoran, suite, toko, dan kamar kecil - adalah unit mandiri, sebagian besar mungkin dilakukan tanpa fasad yang tertutup dan solid. Ini memungkinkan ventilasi alami stadion, yang merupakan aspek terpenting dari desain stadion yang berkelanjutan.



Gambar 9. Ekspresi ruang akibat aplikasi struktural

(Sumber: <https://sportsvenuebusiness.com/>)

Terjadinya ruang yang dibentuk oleh kolom-kolom tribun yang dibuat melengkung dan tegas dengan kombinasi elemen struktur bidang fasad dari struktur truss menggunakan pipa baja yang disusun membentuk geometri wajik sehingga penampilan ruang menjadi sangat ekspresif.

KESIMPULAN

Arsitektur berkelanjutan (*sustainable architecture*) adalah proses merancang atau merencanakan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan binaan dan buatan yang mengedepankan efisien sumber daya alam dan lingkungan di seluruh siklus hidup bangunan mulai dari penentuan lokasi hingga desain, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi.

Kriteria berkelanjutan dapat dilihat dalam 3 (tiga) konteks pengembangan arsitektur (Sertaç Erten, Sena Özfiliz. 2006) yang terekspresi dalam 2 (dua) bangunan olahraga Birds-Nest-Stadium China dan Amsterdam Stadium AreA. Keduanya telah melakukan ketiga konsteks tersebut secara sempurna dalam aplikasi desainnya dan hasil tersebut sudah diakui dunia.

Aplikasi pertama, mengenai aspek hubungan secara fisik antara massa bangunan dengan lingkungan perkotaan sudah diaplikasikan secara sempurna pada bangunan Birds-Nest-Stadium China, bahkan pemanfaatn lingkungan tersebut memberikan dampak

lainnya, seperti pendinginan (*cooling*) dan area rekreasi bagi masyarakat sekitarnya. Dan penggunaan material dan teknologi struktur bangunan yang ekspresif dan mengembangkan kesederhanaan struktur (*pure-structure*) sangat mendukung ekspresi ruang dan lingkungan.

Aplikasi kedua, pengembangan aspek efisiensi energy, disini sumber energy yang dikembangkan adalah solar power, kincir angin (*wind turbin*) dan 160 hotspot (energy panas bumi (*geothermal well*) merupakan sumber energy alternative untuk menciptakan lingkungan bersih (*clean-environment*).

Aplikasi ketiga, aspek fleksibilitas pemanfaatan ruang dan bangunan, pada kedua bangunan diatas disamping fungsinya untuk perhelatan pertandingan olahraga internasional juga dapat digunakan untuk konser-konser skala dunia. Serta pemanfaatan ruang dalam dan ruang luar untuk aktifitas masyarakat kota Beijing, baik rekreasi, pameran atau perdagangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga dapat diselesaikannya tulisan ini. Ucapan terima kasih kepada dosen pengampu dan dosen pembimbing karena telah membantu dan mengoreksi hingga tulisan ini selesai dan dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aquino, Ileana. 2015. Sustainable Design Strategies for Sport Stadia. Suburban Sustainability: Volume 3 : Issue 1, Article 3. <https://www.doi.org/http://dx.doi.org/10.5038/2164-0866.3.1.1020>

Astee Lim, 2020, COVID-19 & Architecture: The Importance of Designing for Occupant Wellness, Commentary, Online Exclusive Feature, 2020. <http://www.futurarc.com/commentary/covid-19-architecture>

Hudec, Martin and Rollová, Lea, 2016. Adaptability in the architecture of sport facilities. *Procedia engineering*, Volume 161-2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article>

Karuniastuti, N., 2015. Bangunan Ramah Lingkungan. *Majalah Ilmiah PPSDM Migas Swara Patra*, Vol. 5. No. 1. Kebangkitan Energi Terbarukan. Cebu.

Karyono, T.H., 2011. Bangunan Hemat Energi: Strategi Penghematan Energi Bangunan di Kawasan Sub-Tropis dan Tropis Basah. *Seminar Bangunan Hemat Energi, Balai Besar Teknologi Energi (B2TE)*.

Merhan Mohammed M. Shahda, 2018, Vision and Methodology to Support Sustainable Architecture through Building Technology in the Digital Era, *International Journal on: Environmental Science and Sustainable Development*, Architecture and Urban Design Department Faculty of Engineering Port Said University. <https://www.researchgate.net/publication/322833852>

Milica, I.G.I.C., Miomir, V.A.S.O.V., Dragan, K.O.S.T.I.C., Vuk, M.I.L.O.S.E.V.I.C. and Nikola, C.E.K.I.C., 2014, November. Sports facilities sustainable design. In Engineering: integration of science and practice: proceedings of the international scientific conference. Moscow, Russia (p. 96).

Priyoga, Iwan, 2016, *Desain Berkelanjutan (Sustainable Design)*, Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Pandanaran.

Putri, A.F.K., Singgih, E.P. and Gunawan, G., 2019. *Konservasi Energi dan Air pada Fasilitas Olahraga Indoor dengan Pendekatan Arsitektur Hijau di Kota Depok*, Jawa Barat. Senthong, Vol. 2 (No. 1).

Ragheb, A., El-Shimy, H. and Ragheb, G., 2016. Green architecture: A concept of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2016.

Robert Vale dan BVale, B., Vale, R.J.D. and Doig, R., 1997. Green architecture: design for a sustainable future. Royal Victorian Institute for the Blind. Special Request Service.

Sertaç Erten, Sena Özfiliz. 2006. Stadium Construction and Sustainability: The Review of Mega-Event Stadiums (1990-2012). 1st International CIB Endorsed METU Postgraduate Conference Built Environment & Information Technologies, Ankara, 2006.

Sudarwani, M.M., 2012. Penerapan Green Architecture dan Green Building sebagai upaya pencapaian sustainable Architecture. *Dinamika Sains*, Vol. 10. No. 24.

Syahriyah, D.R., 2016. Penerapan Aspek Green Material Pada Kriteria Bangunan Rumah Lingkungan Di Indonesia. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*.

Zuhri, Syaifuddin. 2007. Telaah Ekspresi Tektonik dan Metamorfik terhadap Karya Arsitektur Santiago Calatrava. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, Vol. 4 (No. 1). Prodi Arsitektur, UPN "Veteran" JT. <http://eprints.upnjatim.ac.id/1301/>

Syaifuddin, Zuhri (2010) *Dasar-dasartektonik struktur : arsitektur dan struktur*. Yayasan Humaniora, Klaten. ISBN 978-979-3327-75-4. <http://eprints.upnjatim.ac.id/view>