

STRUKTUR BIOMORFIK

I. Persekutuan antara Manusia dan Alam

Dari banyak sejarah, manusia dan alam adalah bermusuhan. Manusia primitif berusaha membuat perlindungan terhadap udara dingin, panas dan hujan. Kemudian secara bertahap manusia mengubah keadaannya dengan memanfaatkan keadaan alam. Semula, sistem konstruksi disesuaikan dengan karakteristik alamiah dari bahan-bahan bangunan yang konvensional, yaitu batu alam dan kayu. Setelah dimulai dengan pembuatan kaca, brons, besi dan bata batuan, tak banyak kemajuan yang dicapai dalam disain.

Pengaruh besar terhadap arsitektur terjadi pada abad revolusi industri dengan munculnya berbagai bahan-bahan buatan. Cara-cara dalam pemakaian baja, kaca, plastik, beton bertulang, lain-lain bahan campuran dan teknologi modern yang merealisasikan sumber tenaga untuk penerangan, udara, air dan panas, membuat gedung-gedung terlindung dari gangguan alam. Dibuatlah perencanaan untuk menyediakan lingkungan kehidupan kelompok-kelompok manusia dalam kota-kota yang menjadi monumen dan menguasai alam. Prasangka anti alam dalam arsitektur dan gaya institusional mencapai puncaknya dalam tahun sembilan belas empat puluhan yang dengan ciri khasnya digunakan kaca-kaca lebar dan baja-baja konstruksi yang dapat diproduksi secara besar-besaran. Gaya institusional meluas menjadi gaya internasional dengan digunakannya kaca-kaca lebar pada dinding-dinding luar yang seolah-olah memasukan alam sekitarnya ke ruangan-ruangan dalam gedung. Tetapi sejak tahun sembilan belas tujuh puluh sikap “kemenangan” terhadap alam mulai berubah.

Kesadaran akan pentingnya alam di lingkungan, bertumbuh dan dapat dirasakan perbedaan antara alam buatan seperti yang terdapat di halaman dekat gedung atau taman dalam kota dengan alam asli yang tak terlepas dari keadaan sekelilingnya. Kekhawatiran akan kehabisan sumber alam dan terhadap populasi menimbulkan “aspirasi lingkungan” dan dibuatlah bahan-bahan tiruan seperti kertas dinding bergambar kayu, rumah untuk tanaman, kebun bunga dalam ruangan dan sebagainya.

Arsitek dan perancang kota tertentu menjawab tantangan itu dengan gairah baru, yaitu mendalami macam arsitektur yang mendekati alam dengan peradaban. Aliran ini disebut arsitektur biologi atau biotektur. Biotektur dimulai dengan pendirian bahwa alam sendiri adalah konstruksi dalam arsitektur yang ideal. Lingkungan buatan manusia seperti gedung-gedung dan kebun-kebun adalah aransemen dari elemen-elemen yang ada di alam, yaitu susunan kembali dalam skala kecil bagian dari planit termasuk lautan dan atmosfer. Baik kampung atau kota tak dapat sama sekali diisolir dari alam. Alam sendiri memproduksi segalanya yang diperlukan manusia untuk kesehatan dan kenikmatan, seperti panas, makanan, udara segar, sinar matahari, air bersih, lapangan terbuka dan ketenangan. Keadaan alam dapat dimanfaatkan sebagai contoh disain untuk gedung-gedung yang mempergunakan prinsip struktur dan motif alam. Aliran ini disebut arsitektur biomorfik. Hal yang berhubungan erat ialah dengan memanfaatkan keadaan alam sebagai sistem struktur yang aktif dengan mempergunakan sistem yang ada di alam untuk tujuan arsitektur. Pendekatan ini disebut struktur biomorfik, seperti terlihat pada gambar berikut.

Arsitektur biomorfik kurang terfokus terhadap proses-proses dinamik yang berhubungan dengan pertumbuhan dan perubahan organisme. Biomorfik arsitektur berkemampuan untuk berkembang dan tumbuh melalui: perluasan, penggandaan, pemisahan, regenerasi dan perbanyakkan.

II. Alam sebagai Disainer dan Struktur Biomorfik.

Ide dengan memanfaatkan model-model dari alam ke dalam arsitektur lahir belum begitu lama. Tetapi disain yang meniru dari alam telah lama dipergunakan orang pada umumnya dalam dekorasi. Pada akhir abad sembilan belas di Eropa lahir aliran seni yang disebut *art Nouveau*, yang menggunakan pahatan pada permukaan dinding dengan garis-garis melengkung untuk membawa perasaan aneh dan cantik sesuai dengan tanaman di hutan dan gua-gua binatang laut.

III. Arsitek-arsitek yang menerapkan Struktur Biomorfik

Arsitek kenamaan dari Amerika Prof. Ir. Frank Lloyd Wright (1869-1959) mendapat ide dari alam untuk prinsip-prinsip arsitektur dan dekorasi.

Kebanyakan dalam disain gedung-gedung tinggi dipergunakan sistem pondasi akar tunjang atau akar tunggal dari pohon. Akarnya yang dibuat dari beton bertulang masuk ke dalam tanah dan bentuknya mengecil ke bawah.

Untuk tanah yang agak lembek, oleh Prof. Ir. Sediarmo dipergunakan sistem pondasi akar ganda atau akar serabut yang tak begitu dalam, tetapi berjumlah banyak, seperti akar jenis palmea. Tanah digali di beberapa tempat dengan kedalaman tertentu. Pipa-pipa beton dimasukkan dan diisi dengan tanah yang kemudian dipasang plat beton bertulang sebagai penutup pipa-pipa beserta tanah yang ada di dalamnya dan disekitarnya. Maksud sistem ini ialah untuk meninggikan daya dukung tanah dengan memanfaatkan tekanan tanah pasif, sehingga tak perlu mencapai tanah keras yang letaknya jauh di dalam dan akan lebih mahal biayanya bila dipakai sistem tiang pancang. Sistem pondasi tersebut lebih populer dengan nama "pondasi cakar ayam".

Insinyur-insinyur Buckminster Fuller dan Paolo Soleri telah mendisain dan membuat gedung-gedung dengan struktur yang diperoleh prinsipnya dari bentuk-bentuk khusus dan teknik dari sistem pada cangkang binatang, formasi geologi dan susunan-susunan atom. Penggunaan panil-panil sebagai pengantar panas surya secara pasif ke dalam bangunan, menggambarkan pendekatan biomorfik kepada arsitektur. Ini adalah tiruan dari proses panas alam yang terjadi pada permukaan air danau oleh sinar matahari; hanya dengan cara teknik yang khusus.

Arsitek-arsitek biomorfik percaya, bahwa di alam ada banyak contoh-contoh yang cantik, menyenangkan dan yang dapat dipercaya untuk disain gedung-gedung. Keong laut dengan cangkang berbentuk spiral, sarang laba-laba dengan efisiensi yang kompleks dan amuba dengan sifat yang berubah-ubah, menyediakan inspirasi bagi para arsitek.

Kebanyakan dari struktur kabel dan jaringan untuk atap bangunan, termasuk jaringan radial, jaringan tepi dan jaringan keranjang, adalah tiruan dari sarang laba-laba. Penemuan bentuk-bentuk kabel dan jaringan dengan teknik matematika untuk menganalisa tingkah laku struktur yang menyediakan teori rangka jaringan, adalah taksiran dari efisiensi jaringan laba-laba. Ada jenis laba-laba yang membuat jaringan berkeliling-keliling pada jaring-jaring radial secara logaritmis. Di titik pusat ada bulatan pada tempat untuk menggantungkan jaringan ke dahan atau suatu perletakan.

Jenis laba-laba lainnya membuat jaringan berganda banyak dan digantungkan secara berganda pula pada titik-titik penahan. Cara-cara tersebut telah dilaksanakan dalam perencanaan pengatapan oleh Dr. Frei Otto.

Penyelidikan mengenai cangkang dan struktur rangka yang terdapat di alam, terutama pada diatom dan radiolaria melahirkan banyak ide bentuk-bentuk yang kuat tetapi ringan. Diatom bulat atau datar dan panjang adalah organisme terkurung di dalam cangkang silikat yang monolit, tetapi sedikit berlubang-lubang atau tersusun dari struktur berkisi-kisi.

Bentuk dari cangkang yang mengurung protoplasma ditentukan turun-temurun tanpa diketahui tenaga yang ditahannya. Cangkang-cangkang itu dapat berbentuk datar, silindris, kubah atau seperti pelana.

Hal yang agak meragukan dari diatom-diatom yang tipis ialah bahwa strukturnya menyerupai konstruksi cangkang dengan bentangan besar dalam teknik. Dalam penyesuaian diri dengan aturan bidang yang minimal, dinding-dinding pemisah bertemu pada sudut-sudut yang sama dan berhadapan, di titik-titik simpul secara radial dan dalam tiga dimensi; seperti halnya pada gelembung-gelembung sabun. Tegangan film (selaput tipis) membentang untuk mengadakan jaringan-jaringan segi enam yang teratur dan dilapisi oleh gelembung-gelembung berbentuk bola. Konsentrasi energi bidang permukaan pada sudut-sudut dan tepi-tepi dari dinding batas, menyebabkan partikel-partikel silikat berkumpul di celah-celah yang memisahkan gelembung-gelembung.

Hal tersebut setelah dipelajari dan dianalisa oleh Dr. Frei Otto, diterapkan pada konstruksi baja. Struktur tersebut pada bidang atau ruang yang berdimensi tiga mempunyai sambungan yang kaku dibentuk dengan prinsip yang sama dengan keadaan di alam, dengan cara memasukan beton cairan atau plastik ke dalam ruangan bercelah-celah yang ada diantara balon-balon yang dipak berdekatan.

Setelah dikosongkan dan diangkat balon-balonnya, tinggalah struktur kisi-kisi yang cekung dengan elemen-elemen yang meruncing dan dengan pelat sambungan yang melengkung. Pelat berkisi-kisi dalam beton bertulang dapat dibuat dengan mengepak balon-balon bagaikan roti. Diantara jaringan tulangan beton dipasang juga tulangan tarik arah vertikal pada tiap-tiap bagian. Demikian pula dapat dibuat pelat-pelat dari rangka baja atau dari lain bahan yang berkisi-kisi. Rangka berbentuk bujur sangkar dalam tiga dimensi dengan titik-titik simpul yang kaku adalah konstruksi statis tak tertentu, di mana beban-beban yang timbul di sudut-sudut dipikul oleh rangka tersebut secara keseluruhan.

Suatu menara lonceng gereja Protestan di Berlin-Schonow ciptaan Dr. Frei Otto, memikul tiga buah lonceng yang beratnya masing-masing 290 kg, 420 kg dan 595 kg. Momen

dinamis yang disebabkan oleh ayunan itu ditahan oleh menara kisi-kisi berukuran 2m x 2m x 2m dalam ruang, dengan sumbu tiga dimensi.

Struktur biomorfik ini ditemukan setelah mempelajari kerangka kisi-kisi dengan titik-titik pertemuan yang kaku berdasarkan bentuk-bentuk diatom dan radiolaria.

Dalam perencanaan Gedung pusat Hiburan di Monte Carlo telah diusulkan untuk membuat suatu konstruksi cangkang dengan bentuk lengkungan sinklastik gaya bebas dari beton bertulang yang dipasang di atas rangka ruang dari kisi-kisi baja. Deformasi bidang kisi-kisi pada akhir bentuk mendapat perpindahan sudut sebesar tiga puluh derajat. Pertemuan rangka kisi-kisi ditentukan untuk menstabilisir cangkang beton yang dipikulnya dan baja dengan propil U dipilihnya sebagai cetakan untuk balok palang atau gording. Balok-balok palang dari beton pracetak itu dibaut kepada rangka kisi-kisi baja dan siar-siarnya diisi adukan semen kering untuk kekakuan dan kontinuitas kepada rangka. Luas atap seluruhnya adalah 5800 m².

Atap gedung itu adalah suatu contoh struktur yang mengontrol iklim dengan dua lapisan pelat. Lapisan luar dibuat dari panil-panil pleksiglas yang dipasang pada bagian atas dari palang beton pracetak dan lapisan bawah terdiri dari *brisesoloil* dari berbagai daun yang digantungkan di antara bagian-bagian dari kisi-kisi kerangka baja. Daun-daun tersebut dapat disetel untuk disesuaikan dengan arah sinar matahari. Bilamana daun-daun ditutup rapat, maka ruangan menjadi gelap dan dapat diterangi dengan lampu-lampu listrik. Ditutupnya daun-daun tersebut juga dengan maksud agar kedua lapisan atap merupakan isolasi terhadap suatu bising dari lalu-lintas jalan yang terdekat. Untuk menghindari terkumpulnya panas di ruang antara kedua lapisan, diadakan ventilasi ke luar.

Pelat lantai beton bertulang dengan penguat berupa rusuk-rusuk melingkar-lingkar yang menyusuri garis-garis trayektori tegangan pelat, telah direncanakan oleh Ir. P.L. Nervi.

Ini sebetulnya tiruan dari prinsip pengaku daun-daunan. Juga dalam disain struktur cangkang dari beton bertulang, para arsitek mendapatkan inspirasinya dari berbagai jenis keong dengan rumahnya sebagai pelindung yang tipis, tetapi kuat dan kaku.

Pada waktu yang bersamaan, kebenaran dan ketergantungan dari jantung, paru-paru dan sistem urat syaraf menjadi standar bagi arsitek-arsitek biomorfik untuk mendisain gedung-gedung.

DAFTAR PUSTAKA

Sutrisno, R. *Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern*. 1983. PT. Gramedia. Jakarta.