

GEOMETRI FRAKTAL DALAM RANCANGAN ARSITEKTUR

Oleh :

Stenly Hasang¹, Surijadi Supardjo²

(¹Mahasiswa Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi)

(²Staf Pengajar Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi)

ABSTRAK

Karya tulis ini menelusuri tentang konsep-konsep dasar dari geometri fraktal yang merupakan suatu cabang dari ilmu matematika yang mempelajari bentuk dan perilaku dari fraktal, dan kemudian diaplikasikan dalam lingkup wilayah arsitektur.

Fraktal adalah bentuk apa saja yang jikalau bagian-bagian dari bentuk itu diperbesar akan terlihat rincian yang sebanyak-banyaknya seperti bagian fraktal keseluruhannya.

Adanya geometri fraktal menunjukkan bahwa matematika tidak hanya menjadi subjek yang selalu membahas tentang hitung menghitung, tetapi juga dapat dikaitkan dengan seni untuk menghasilkan karya-karya arsitektur yang indah dan memiliki nilai intelektual yang tinggi.

Kata kunci : Geometri Fraktal, Adaptasi, Perancangan

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu ilmu dalam matematika, geometri fraktal sangatlah menarik. Sedang dibidang Arsitektur ternyata matematika (khususnya geometri fraktal) dapat menjadi suatu karya seni yang sangat indah dan menakjubkan.

Secara umum fraktal bentuknya tidak teratur dan merupakan bentuk yang tidak berdasarkan linearitas. Fraktal memiliki detil yang tak hingga dan dapat memiliki struktur serupa diri pada tingkat perbesaran yang berbeda.

Fraktal bisa membantu menjelaskan banyak situasi yang sulit dideskripsikan menggunakan geometri klasik, dan sudah cukup banyak diaplikasikan dalam sains, teknologi, dan seni karya komputer. Karena keindahannya, fraktal banyak dipakai dalam grafik komputer untuk menciptakan bentuk-bentuk yang alami bahkan menakjubkan.

Berbagai jenis fraktal awalnya dipelajari sebagai benda-benda matematis. Ada banyak bentuk matematis yang merupakan fraktal, antara lain *Sierpinski triangle*, *Koch snowflake*, *Peano curve*, *Mandelbrot set*, dan *Lorenz attractor*. Fraktal juga banyak menggambarkan objek-objek di dunia nyata, seperti awan, pegunungan, turbulensi, dan garis pantai, yang mempunyai bentuk geometri yang rumit.

Walaupun karakteristik fraktal mudah untuk dipahami, namun untuk dibuat definisi matematisnya sangat rumit. Masalah-masalah yang dihadapi saat mendefinisikan fraktal antara lain:

- Tidak ada definisi matematis dari “terlalu tidak teratur”.
- Tidak ada definisi tunggal mengenai “dimensi”.
- Suatu benda dapat bersifat serupa diri dengan berbagai cara.

- Tidak setiap fraktal didefinisikan secara rekursif

Geometri fraktal merupakan kajian dalam ilmu matematika yang membahas tentang bentuk dari fraktal atau bentuk apa saja yang bersifat *self-similarity*. Belum banyak kajian yang mengolah atau membedahnya sebagai tema yang bersifat arsitektural. Hal inilah yang membuat penulis tertarik untuk mengkaji tema tersebut lebih jauh.

Dalam kaitannya dengan seni dan arsitektur, memunculkan pertanyaan yang menyebabkan rasa ingin tahu sejauh mana bentuk dari fraktal ini dapat digunakan dalam lingkup arsitektur. Untuk melihat hubungan yang erat antara geometri fraktal dengan perancangan arsitektur pada objek, akan dihadirkan obyek yang mampu mengeksplorasi sifat dan karakteristik dari bentukan fraktal.

Sejak awal kemunculannya, referensi dan kajian tentang geometri fraktal bisa dikatakan masih sedikit. Pemahaman yang baik terhadap teori geometrik fraktal dapat dipakai untuk mengungkapkan konsep-konsep baru dalam merancang suatu bangunan.

PEMBAHASAN

A. PENGERTIAN GEOMETRI

FRAKTAL

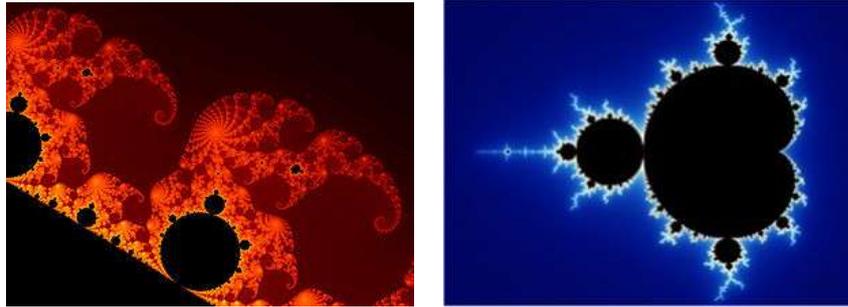
Kata fraktal pertama kali dicetuskan oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975, ketika makalahnya yang berjudul “*A Theory of Fractal Set*” dipublikasikan. Bahasa Inggris dari fraktal adalah *fractal*. Sedangkan akar kata fraktal berasal dari kata latin *frangere* yang berarti terbelah menjadi fragmen-fragmen yang tidak teratur.

Dari beberapa definisi mengenai fraktal, maka diambil pengertian bahwa fraktal adalah sebuah kajian dalam ilmu matematika yang mempelajari mengenai bentuk atau geometri yang didalamnya menunjukkan sebuah proses pengulangan tanpa batas. Geometri yang dilipat gandakan tersebut memiliki kemiripan bentuk satu sama lain (*self-similarity*), dan pada penyusunan pelipatgandaannya tersebut tidak terikat pada suatu aturan orientasi, bahkan cenderung meliuk liuk dengan ukuran yang beragam mulai dari kecil hingga besar.



Gambar 1

Benoit Mandelbrot, Pencetus Geometri Fraktal



Gambar 2

Himpunan Mandelbrot

Fraktal ini banyak ditemukan di alam, seperti pada pola yang terdapat di daun dan ranting pohon, pada sayur brokoli, di gugusan awan putih, dalam riak ombak, pada detail yang bisa kita lihat di kepingan

salju, dan banyak lagi bila kita mencoba memperhatikan secara teliti di sekitar kita. Berikut adalah contoh fraktal yang ditemukan di alam



Fraktal yang mirip bunga

Fraktal yang terlihat pada bekas salju

Brokoli yang merupakan fraktal alami

Gambar 3

Bentuk Fraktal Alamiah

Contoh lain dari fraktal adalah himpunan bilangan Cantor. Himpunan bilangan Cantor (ditulis F) adalah irisan dari himpunan F_n , dimana n adalah bilangan asli, yang dihasilkan dari menghilangkan secara

berturut-turut tiga serangkai himpunan buka yang berada ditengah, dimulai dari himpunan tutup 0 sampai 1 atau ditulis $[0,1]$. Untuk lebih jelas perhatikan gambar dibawah.



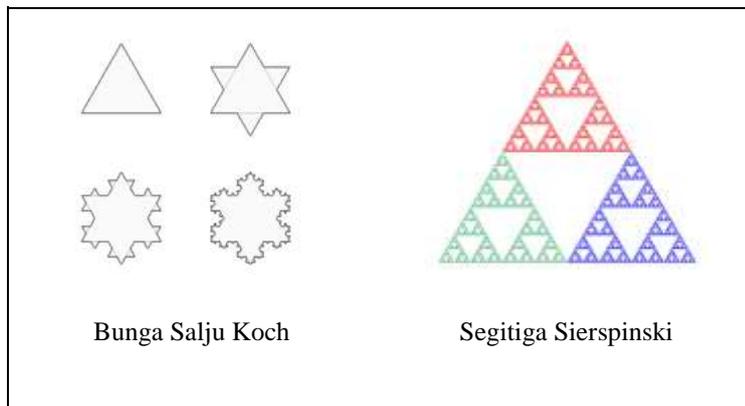
Gambar 4

Ilustrasi Himpunan Bilangan Cantor

Berdasarkan gambar diatas, bilangan yang mulai dari 0 sampai 1 dibagi menjadi 3 bagian sama besar, kemudian bagian yang tengah dihilangkan. Begitu seterusnya.

Contoh yang lain dari geometri fraktal adalah Bunga Salju Koch dan Segitiga Sierpinski. Bunga Salju Koch merupakan gabungan dari daerah-daerah berbentuk segitiga yang jumlahnya tak

hingga. Setiap kali segitiga baru ditambahkan saat membangun bunga salju Koch (suatu iterasi), kelingnya bertambah. Keliling bunga salju Koch adalah tak hingga. Dalam suatu Segitiga Sierpinski, suatu fraktal bisa dipecah menjadi tiga segitiga Sierpinski (masing-masing diberi warna berbeda).



Gambar 5

Bunga Salju Koch dan Segitiga Sierpinski

Berikut adalah contoh-ontoh karya seni yang sangat menarik, yang

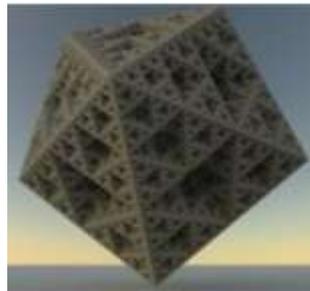
menggunakan pendekatan bentuk geometri fraktal.



“Field of Depth” , Zueuk



“jOrb”, Christopher Payne



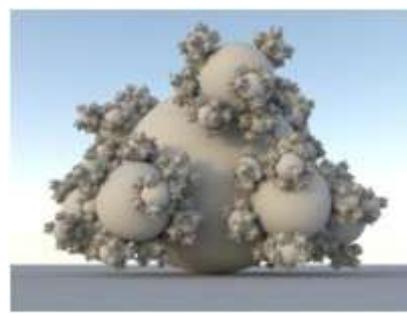
“Rise”, Thomas Ludwig



“The Return of the Sunset Castle”,
Aexion



“Ivory Tower”, Stefan Vitanov



Sphereflake, Anonymous

Gambar 5

Seni Geometri Fraktal

B. SEJARAH FRAKTAL

Bentuk-bentuk yang disebut fraktal sebenarnya sudah ditemukan dan dipelajari jauh sebelum kata fraktal ini muncul. Berbagai jenis fraktal awalnya dipelajari sebagai benda-benda matematis. Sebelum Mandelbrot memperkenalkan istilah fraktal, nama umum untuk struktur semacamnya (misalnya Bunga Salju Koch) adalah kurva monster.

Pada tahun 1872 Karl Theodor Wilhelm Weierstrass menemukan contoh fungsi dengan sifat yang tidak intuitif yaitu kontinyu di manapun namun tidak terdiferensiasi. Grafik dari fungsi tersebut disebut fraktal di masa sekarang. Di tahun 1904 Helge von Koch, tidak puas dengan definisi Weierstrass yang sangat abstrak dan analitis, memberikan definisi yang lebih geometris untuk fungsi yang mirip, yang sekarang disebut Bunga Salju Koch. Ide mengenai kurva-kurva serupa diri dikembangkan lebih jauh oleh Paul Pierre Lévy, yang mengenalkan kurva fraktal baru bernama kurva Lévy C dalam tulisannya pada tahun 1938 berjudul *Plane or Space Curves and Surfaces Consisting of Parts Similar to the Whole*.

Kemudian seorang ilmuwan bernama Georg Cantor memberi contoh tentang berbagai himpunan bagian dari garis riil dengan sifat yang tidak wajar. Himpunan Cantor tersebut sekarang dikenal sebagai salah satu bentuk fraktal. Fungsi teriterasi di bidang kompleks telah diselidiki pada akhir abad 19 dan awal abad 20 oleh Henri Poincaré, Felix Klein, Pierre Fatou, dan Gaston Julia. Namun tanpa bantuan grafika komputer modern, mereka tidak dapat

melihat keindahan visual benda-benda yang mereka temukan.

Untuk memahami benda-benda seperti himpunan Cantor, matematikawan seperti Constantin Carathéodory dan Felix Hausdorff menggeneralisasi konsep intuitif dimensi agar memungkinkan nilai nonbulat. Definisi dimensi Hausdorff secara alami adalah geometris, walaupun didasarkan pada perkakas dari analisis matematis. Kedua bidang tersebut ditelusuri selama beberapa waktu setelahnya.

Kemudian pada tahun 1960-an Benoît Mandelbrot mulai menyelidiki keserupa-dirian dalam berbagai tulisannya seperti *How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension*. Penyelidikannya merupakan pengembangan dari penelitian Lewis Fry Richardson. Mandelbrot mendapatkan hubungan dari berbagai topik matematika yang sebelumnya tidak berkaitan. Dan pada tahun 1975, Mandelbrot menggunakan kata *fractal* untuk mendeskripsikan benda-benda serupa diri yang tidak memiliki dimensi yang jelas.

C. PRESEDEN ARSITEKTUR ISSUE TEMATIK

Dalam arsitektur, fraktal dipahami sebagai komponen dari bangunan yang mengalami pengulangan bentuk dalam skala yang berbeda. Beberapa arsitek ternama dunia ternyata telah menggunakan pendekatan geometri fraktal dalam karya arsitektur mereka. Seperti yang dilakukan oleh Le Corbusier pada Villa Savoye atau Frank Lloyd Wright pada Palmer House. Bila kita melihat jauh ke belakang, ternyata

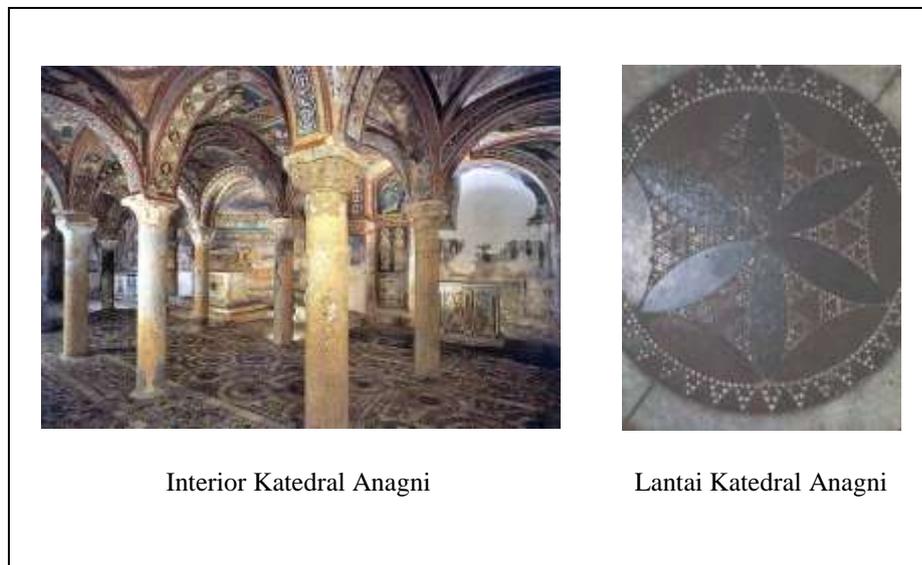
karya-karya arsitektur klasik atau beberapa arsitektur tradisional juga dapat dijelaskan melalui matematika fraktal.

Berikut ini adalah contoh-contoh bentuk atau komponen dari bangunan yang menggunakan pendekatan geometri fraktal.

Katedral Anagni

Bangunan Katedral yang dibangun pada tahun 1104 ini, terdapat bagian-bagian yang memiliki kemiripan bentuk satu sama

lain (*self-similarity*). Contohnya pada lantai katedral dihiasi dengan puluhan mozaik, masing-masing dalam wujud segitiga Sierpinski. Bentuk segitiga Sierpinski yang mengalami pengulangan bentuk pada mozaik tersebut menunjukkan adanya bentuk fraktal. Karena dibangun sudah cukup lama, bangunan ini mungkin adalah karya arsitektur dengan pendekatan geometri fraktal tertua yang pernah ada.



Gambar 6

Katedral Anagni

Ca d'Oro

Ca' d'Oro adalah bangunan yang terletak di Venice, Italia. Bagian dari bangunan ini memiliki kemiripan bentuk satu dengan lainnya, Pada bangunan Ca'd'Oro mengalami pengulangan bentuk yang terjadi pada fasade bangunan. Dilihat seperti terjadi peningkatan jumlah struktur

dan pengurangan dimensi. Contohnya pada selasar lantai pertama hanya terdapat empat tiang penyokong dengan ukuran yang cukup besar. Namun pada selasar lantai 2, jumlah tiang bertambah tetapi dengan dimensi yang lebih kecil, begitu seterusnya dengan lantai berikutnya.



Gambar 7

Ca' d'Oro (Venesia) (1421-1440)

Sumber: flashcardmachine.com

Gereja Katolik (Prancis) juga memiliki struktur fraktal yang mengalami peningkatan pada tiap ketinggian. Setiap menara mempunyai atap yang besar dengan dua jendela, dan mengalami pengurangan dimensi pada setiap lantai.

Castel del Monte (Andria, Apulia, Italia Selatan)

Contoh lain dari arsitektur fraktal adalah "Castel del Monte", diresmikan oleh Federico II (1194-1250). Bagian luar bangunan memiliki bentuk segi delapan,

begitu juga dengan halaman bagian dalam. Bahkan delapan menara kecil memiliki bentuk simetri bersegi delapan.

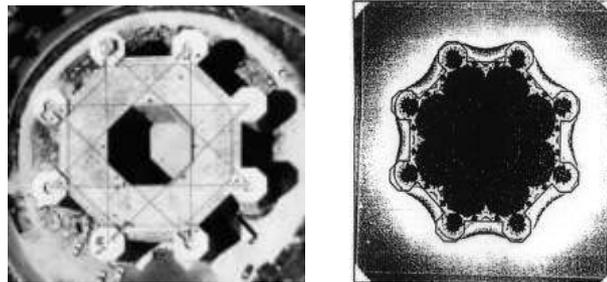
Beberapa peneliti dari Universitas Innsbruck telah menemukan hubungan antara bentuk dari bangunan Castel del Monte dengan himpunan Mandelbrot. Adanya konsep fraktal dari bangunan ini dapat dilihat pada bentuknya, dimana terdapat poros dengan bentuk bersegi delapan, bentuk segi delapan tersebut mengalami pengulangan pada dalaman menara yang mengelilinginya



Gambar 8

Castel del Monte

Sumber: soa111.wordpress.com



Gambar 9

Perbandingan Castel dal Monte dengan Himpunan Mandelbrot

Sumber: emis.de.com

Stupa Suci Pha That Luang (Vientane, Laos)

Pada arsitektur Oriental, kita juga dapat menemukan bangunan yang memiliki kesamaan diri. Stupa Suci Pha That Luang adalah contoh lain dari arsitektur fraktal karena memiliki bentuk dasar yang diulang

dalam skala yang berbeda. Pada bangunan ini terdapat sebuah stupa atau menara cukup besar yang menjadi pusat dari bangunan. Stupa tersebut dikelilingi oleh stupa-stupa kecil lainnya yang merupakan pengulangan dari stupa sentral namun dalam skala yang berbeda.



Gambar 10

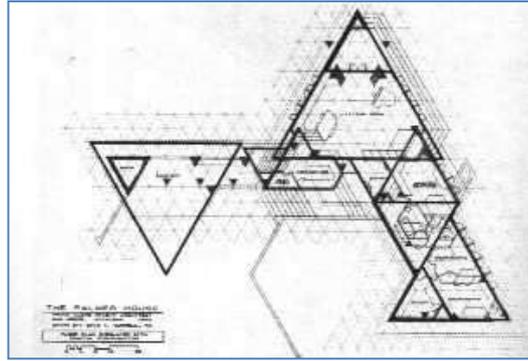
Stupa Suci Pha That Luang

Sumber: peculiarpress.com

Palmer House – Frank Llyod Wright

Pada abad ke-20 ada arsitek terkenal yang meneliti tentang kesamaan diri (self-similarity). Misalnya Frank Llyod Wright (1867-1959), pada hasil karyanya

yang terakhir yaitu Palmer House. Terletak di Ann Arbor, Michigan (1950-1951). Palmer House adalah rumah yang digunakan sebagai tempat singgah bagi para peziarah.

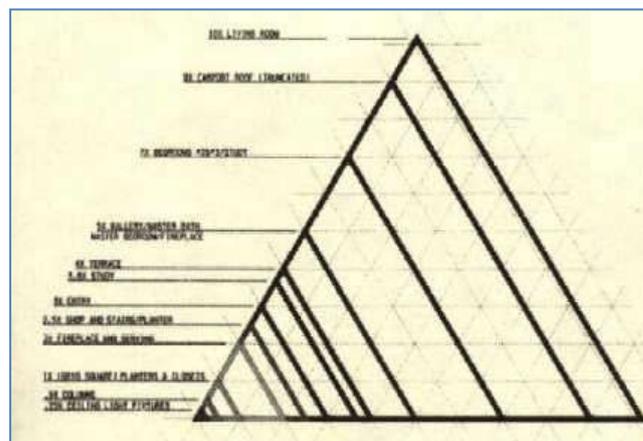


Gambar 11

Palmer House

Pada denah Palmer House menggunakan beberapa kesamaan diri dari bentuk segitiga sama sisi. Bentuk-bentuk fraktal dapat diamati pada dua titik dalam Palmer House, yakni jalan masuk dan perapian. Disini tidak hanya ditemukan satu segitiga yang utuh, tetapi juga tersirat bentuk segitiga yang

dipotong. Pada pintu masuk selain tersusun ornamen keramik segitiga, terdapat juga lampu-lampu yang memiliki bentuk segitiga. Palmer House merupakan suatu hasil karya arsitektur berkualitas, berangkat dari konsep fraktal yang didesain secara spesifik dan sadar desain.



Gambar 12

Segitiga dengan Kesamaan Diri pada Palmer House

Tennis Center Hangzhou

Kita juga dapat melihat adanya pendekatan konsep fraktal pada arsitektur masa kini, seperti pada bangunan Tennis Center Hangzhou. Terletak di pusat kota Hangzhou, Cina, Stadion ini menjadi arena

olahraga dan rekreasi terbesar yang ada di Cina, dengan memiliki delapan puluh ribu tempat duduk dengan area taman yang luas, yang dirancang oleh NBBJ bekerja sama dengan CCDI.



Gambar 13

Tennis Center Hangzhou



Gambar 14

Pengulangan Pola Pada Struktur Dinding & Atap Tennis Center Hangzhou

Bentuk dari bangunan ini menunjukkan adanya konsep fraktal, karena adanya pengulangan bentuk pada struktur dinding dan atap.

D. STRATEGI IMPLEMENTASI ISSUE TEMATIK

Yang menjadi ciri khas dari fraktal dapat dilihat pada bentuk, skala, dan pola-polanya. Karakter atau sifat dari fraktal ini akan diimplementasikan pada berbagai macam aspek perancangan arsitektur. Setelah melihat contoh-contoh bangunan hasil karya arsitektur yang menggunakan pendekatan geometri fraktal, didapatkan konsep-konsep perancangan sebagai berikut ditinjau dari berbagai aspek perancangan.

- **Bentuk Massa Bangunan.**

Bentuk bangunan disesuaikan dengan tema dan tipologi dari pendekatan fungsi yang ada dalam objek yang akan dirancang. Sesuai dengan tema yang menggunakan fraktal sebagai strategi desain, maka bentuk-bentuk yang digunakan pada bangunan harus menonjolkan karakteristik dari fraktal, dimana bentuk tersebut terlihat mengalami pengulangan dengan dimensi yang berbeda-beda,

- **Interior & Eksterior.**

Konsep fraktal pada interior dan eksterior dari bangunan, diaplikasikan dengan penggunaan adanya material-

material atau ornamen yang dipasang pada dinding, lantai, dan plafon bangunan. Pada setiap material tersebut terdapat adanya pola-pola atau bentukan yang termasuk dalam karakteristik dari fraktal.

Seperti yang dikaji pada bangunan Katedral Anagni, lantai katedral dihiasi dengan puluhan mozaik, masing-masing dalam wujud segitiga Sierpinski. Bentukan segitiga Sierpinski yang

mengalami pengulangan bentuk pada mozaik tersebut menunjukkan adanya bentukan fraktal.

- **Selubung Bangunan**

Penerapan pada selubung bangunan diwujudkan melalui pengolahan bentuk serta penggunaan material yang dapat menunjukkan karakter bangunan sebagai objek perancangan yang mengacu pada konsep bentuk fractal.



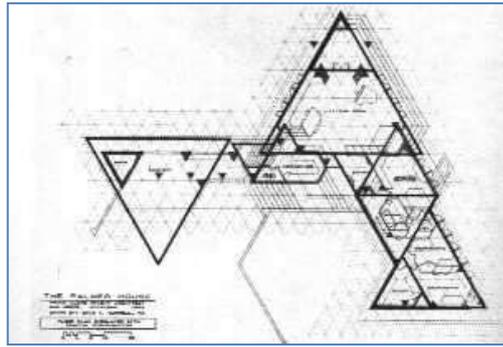
Gambar 15

Contoh Selubung Bangunan dengan Konsep Fraktal

Pada contoh selubung bangunan di atas, terlihat adanya pengulangan pola atau bentuk segitiga yang tidak beraturan, seperti pecahan dari beberapa segitiga lebih besar, dipecah menjadi segitiga-segitiga kecil lainnya. Bahan untuk selubung bangunan berupa stainless steel finishing polished, aluminum anodized, dan kaca berwarna / tinted glass.

- **Denah Bangunan**

Penerapan fraktal pada denah bangunan, sama halnya pada bentukan massa bangunan, dimana bentukan berangkat dari konsep fraktal. Seperti contoh pada denah Palmer House, yang menggunakan beberapa kesamaan diri dari bentuk segitiga sama sisi. Disini dapat dilihat bukan hanya segitiga utuh, tetapi juga tersirat bentuk segitiga yang dipotong.



Gambar 16

Denah Palmer House

Bentuk fraktal adalah bebas dan bisa dikatakan bersifat simetri namun mengandung unsur campuran order. Dengan demikian bukan berarti hanya mengambil bentuk segitiga seperti yang digunakan pada Palmer House, tetapi juga berbagai macam bentuk lainnya seperti, segi enam, kotak, bulat, dan lain sebagainya dan tidak dibatasi.

- **Struktur Bangunan.**

Struktur dan konstruksi yang digunakan pada objek rancangan harus disesuaikan dengan bentuk bangunan yang akan dirancang serta kriteria struktur yang sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Pembagian struktur ke sub-sub sistem struktur :

- Sistem struktur atas
- Sistem struktur tengah (*middle structure*)
- Sistem pondasi (*sub structure*)

Fraktal dikatakan memiliki bentuk yang tidak teratur atau bentuk apa saja, dalam hal ini baik bentuk yang memiliki tekukan, maupun bentuk lekuk atau bentuk tanpa tekukan. Untuk bangunan

yang menggunakan bentuk lekuk, dipakai sistem struktur rangka ruang (*space frame*) dengan konstruksi baja yang terfabrikasi. Sistem struktur ini menjadi alternatif yang baik, karena dapat membantu atau mempermudah proses pembagian sistem modular pada struktur dan bentuk objek yang berlekuk.

KESIMPULAN DAN PENUTUP

Berdasarkan kajian sejarah dan karakteristik dari Fraktal, dapat ditarik kesimpulan secara umum: Fraktal adalah suatu bentuk yang tidak teratur (bentuk apa saja), yang jika dilihat bagian dari bentuk itu diamati, maka akan muncul rincian yang sebanyak-banyaknya seperti bentuk keseluruhannya, dengan kata lain, terjadi pengulangan bentuk dalam skala yang berbeda. Dan Geometri Fraktal adalah kajian dalam ilmu matematika yang mempelajari tentang bentuk dan sifat dari fraktal itu sendiri.

Sedangkan dalam bidang arsitektur, Fraktal atau Geometri Fraktal dipahami sebagai sebuah konsep atau strategi dalam perancangan arsitektur dengan mengambil bentuk secara bebas, baik bentuk-bentuk

dari alam ataupun bentuk dari fraktal itu sendiri, kemudian bentuk tersebut mengalami proses penggandaan tanpa batas dalam berbagai macam ukuran atau dimensi.

Penggunaan Geometri Fraktal dalam perancangan arsitektur, membuat penggunaanya berpikir secara kreatif. karena dalam pengaplikasiannya tidak hanya menyangkut bentukan dari bangunan, namun juga mengkaji tentang skala (ukuran) serta komponen dari bangunan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bovill, Carl. *Fractal Geometry in Architecture and Design*.

Birkhauser Verlag ag. Boston:
1996.

- Sahid. *Fraktal - Kurva yang menyerupai diri sendiri*. Lab Komputer Jurdik Matematika FMIPA UNY
- <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/131930136/Fractal.pdf>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Fraktal>
- <http://refi07.wordpress.com/melanjutkan-tentang-keindahan-geometri-fraktal/>
- <http://gamatika.wordpress.com/2011/01/06/keindahan-fraktal/>