



ANALISIS STRUKTUR HEKSAGONAL TERHADAP BENTUK SARANG LEBAH

Mutiara Meiwandari¹, Ida Sriyanti²

¹Mahasiswa Pendidikan Fisika, FKIP UNSRI

²Dosen Pendidikan Fisika, FKIP UNSRI
Email: mutiarameiwandari@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu struktur material yang menarik untuk dikaji dan dianalisis adalah material yang berstruktur heksagonal (segienam). Lebah membangun sarangnya dalam struktur heksagonal. Satu unit sarang lebah terdiri dari prisma segi enam dan bagian bawah pada pertemuan dengan unit sel di belakangnya berbentuk limas segi enam. Para ahli menyebutkan untuk mendapatkan kapasitas ruang yang maksimal, penggunaan dinding berbentuk heksagonal meminimalkan jumlah bahan bangunan, karena memiliki keliling paling kecil dalam kapasitas yang sama. Pemanfaatan struktur sarang lebah terdapat pada Ferit Heksagonal BaFe₁₂O₁₉ dan Silikat dan Titanium Silikat Mesopori-Mesostruktur. Hasil uji coba di laboratorium membuktikan bahwa materi seperti wurtzite boron nitride (w-BN) dan lonsdaleite (disebut juga hexagonal diamond yang terbuat dari karbon dan mirip berlian) bila diberi tekanan yang tinggi dapat berubah menjadi materi yang super keras, lebih keras daripada intan. Kemungkinan pemanfaatan struktur heksagonal sarang lebah di masa depan adalah untuk Trio Heksagonal, Beehive Tower dan Hexagro's Living Farming Tree.

Kata kunci : *struktur material, hexagonal close packed, saranglebah.*

Cara Menulis Sitasi: Meiwandari, Mutiara dan Sriyanti, Ida. (2019). Analisis Struktur Heksagonal terhadap Bentuk Sarang Lebah. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 6 (1), 82-89.

PENDAHULUAN

Fisika zat padat merupakan ilmu fisika yang mempelajari sifat dan perilaku sifat fisika dari zat yang berada dalam fasa padat yang strukturnya terdiri dari atom-atom atau gugus atom yang tersusun dengan kesetangkupan ruang yang tinggi di seluruh volumenya. Keteraturan susunan atom-atom atau ion-ion penyusun menjadi dasar klasifikasi bahan padat. Ada dua cara utama partikel-partikel padat bisa tersusun yakni dalam baris-baris teratur yang rapi atau dalam susunan yang tidak tentu. Karena partikel-partikelnya tersusun berdekatan menyatu, zat padat tidak bisa dimampatkan (deformatif) dengan mudah atau tidak bisa dikesilkan dengan menekan struktur sebuah materi.

Struktur sebuah materi atau benda memiliki peranan sangat penting dalam menunjukkan karakteristik material tersebut seperti misalnya garam (NaCl) berstruktur *face centered cubic* (FCC), petasan berstruktur *body centered cubic* (BCC), struktur terkuat yang dikenal adalah intan berstruktur *body centered tetragonal* (BCT) dan *hexagonal closed packed* (HCP). Salah satu struktur yang menarik untuk dikaji dan dianalisis secara fisika adalah struktur heksagonal. Setiap atom pada struktur kristal *hexagonal close packed* (HCP) dikelilingi oleh 12 atom, sama dengan FCC mempunyai bilangan koordinasinya adalah 12. Sel satuan HCP mempunyai 6 atom per sel satuan, yaitu $2 \times 6 \times \frac{1}{6}$ (pada sudut lapisan bawah dan atas + $2 \times \frac{1}{2}$ (pada pusat lapisan bawah dan atas) + 3 (lapisan tengah).

Lebah adalah sumber daya alam yang penting - mungkin esensial - tidak hanya untuk produk yang mereka ciptakan secara langsung, seperti madu, tetapi khususnya dalam peran yang mereka mainkan dalam penyerbukan tanaman yang penting secara komersial (MANGOLD, 1947). Menurut Nazzi (2016), sekarang diterima bahwa lebah membangun sel-sel silinder yang kemudian berubah menjadi prisma heksagonal melalui proses yang masih diperdebatkan. Lebah memiliki kemampuan luar biasa untuk melakukan perhitungan matematis atau kualitas magis untuk mengukur panjang dan sudut (Karihaloo et al., 2013).

Berdasarkan hasil penelitian para ilmuwan bahan baku yang diperlukan lebah untuk membuat sarang berbentuk segitiga maupun persegi lebih banyak dibandingkan berbentuk segienam, sehingga segienam merupakan bentuk paling ideal untuk sarang lebah. Sarang lebah tersusun atas sarang madu ber dinding lilin lebah, dengan ratusan sel-sel pada kedua permukaannya. Lebah telah memilih struktur heksagonal untuk membangun sarangnya. Semua sel sarang madu berukuran sama persis. Geometri struktur sarang lebah dapat sangat bervariasi tetapi fitur umum dari semua struktur tersebut adalah susunan sel berongga yang terbentuk di antara dinding vertikal tipis (Nazeer and Allabakshu, 2015). Sarang lebah dibangun seperti sebuah potongan pipih dengan dua baris sel saling membelakangi. Satu unit sarang lebah terdiri dari prisma segienam dan bagian bawah pada pertemuan dengan unit sel dibelakangnya berbentuk limas segienam. Dari latar belakang yang telah diuraikan maka peneliti tertarik untuk membahas tentang analisis struktur heksagonal terhadap bentuk sarang lebah.

METODE

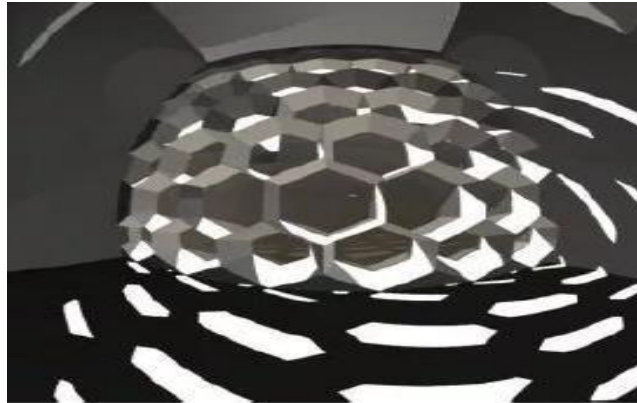
Metode yang digunakan dalam jurnal ini adalah mengelaborasi teori, struktur dan aplikasi heksagonal pada teknologi dan kehidupan nyata. Elaborasi adalah kegiatan membaca dan menuliskan hasil eksplorasi. Kegiatan eksplorasi itu sendiri merupakan kegiatan dalam mencari dan menghimpun informasi untuk memperbanyak pengalaman mengelola informasi dengan menggunakan media, mengamati berbagai peristiwa dan menangkap tanda-tanda yang membedakan suatu peristiwa dengan peristiwa lain. Tidak hanya membaca dan menulis, mengelaborasi juga mendiskusikan dan mendengar pendapat untuk lebih mendalami sesuatu, mendalami pengetahuan tentang sesuatu, menganalisis kekuatan atau kelemahan pendapat, menyimpulkan informasi dan menyajikan hasilnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur heksagonal adalah bentuk geometris yang paling sesuai untuk memanfaatkan setiap bagian unit secara maksimum. Bentuk heksagonal yang simetris, jika digabungkan menghasilkan kombinasi ruang guna yang sempurna, yaitu tidak menghasilkan ruang-ruang sisa yang tak berguna, seperti jika ruang-ruang yang berpenampang lingkaran atau segilima. Bentuk ruang dengan penampang segitiga atau segiempat bisa jadi juga menghasilkan kombinasi yang optimal. Walaupun demikian, bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat bentuk-bentuk ini ternyata lebih banyak daripada yang dibutuhkan untuk membuat bentuk ruang dengan penampang heksagonal.

Struktur heksagonal sarang lebah menjadi lebih menarik karena secara teknologi sangat berguna. Adapun aplikasinya pada beberapa pembangunan seperti *A Daylighting Design for a Student Lounge*, *Vertical Village: A Sustainable Way of Village Style Living*, KROED, *The Dynamo Stadium* dan *Mobile Performance Venue (MVP)*

a. *A Daylighting Design for a Student Lounge* oleh Ryan Fischer



Gambar 4. *A Daylighting Design for a Student Lounge*
Sumber : (Rumah Waskita, 2019)

Bentukan heksagonal yang digunakan di dinding akan menangkap cahaya, membiarkannya memantul di sekeliling bentukan dari fasade dengan ukuran berbeda, sekaligus membiarkan sisa cahaya untuk merembes langsung menembus dinding, menciptakan cahaya lurus dan limpahan cahaya yang sesuai dengan imajinasi di atas.

b. *Vertical Village: A Sustainable Way of Village Style Living* oleh Yushang Zhang, Rajiv Sewtahal, Riemer Postma & Qianqian Cai (bersama tutor studio Alexander Sverdlov).



Gambar 5. *Vertical Village: A Sustainable Way of Village Style Living*
Sumber : (Rumah Waskita, 2019)

Pekerjaan yang dilakukan oleh tim dalam studio ini memfokuskan pada analisa. Mereka menganalisa tentang pro dan kontra dari ruang tipikal yang mengorganisir desa tradisional dan tempat tinggal perkotaan dan memutuskan konsep “Pembagian bidang 3D” di dalam sebuah volume vertikal untuk mewujudkan ide dari desa vertikal. Pembagian ini didasarkan pada sistem algoritma Voronoi 3D, yang menerjemahkan hubungan dari hal-hal pokok kepada hal standar untuk membagi volume tertentu kepada sel-sel individu. Dengan asumsi, tiap sel dimiliki oleh satu keluarga. Posisi bentukan 3D yang berusaha diwujudkan ini dapat diganti dengan domain individu. Control dari generasi tiap titik sangat diperlukan. Tiap titik harus berhubungan secara ortogonal dengan titik yang terdekat dengannya, sehingga tiap sel bisa menyajikan permukaan terbesar yang tegak lurus atau paralel pada garis horizon.

c. KROED oleh Chun Qing Li dari Pavilion Architecture

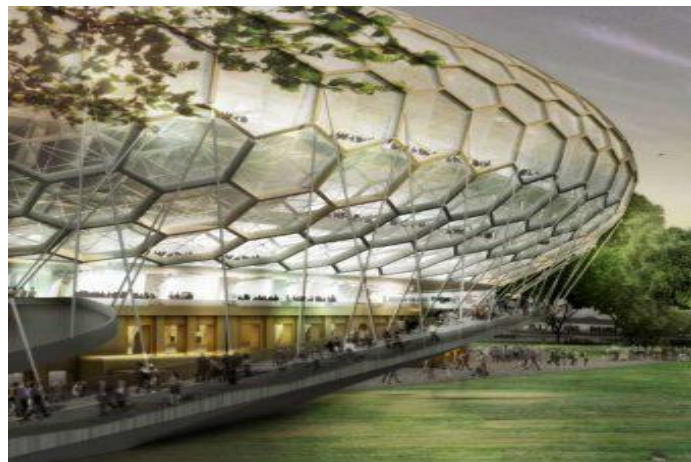


Gambar 6. KROED
Sumber : (Rumah Waskita, 2019)

KREOD terdiri dari tiga bagian dengan luasan 20m persegi yang dikombinasikan melalui rangkaian bentukan heksagonal yang saling terkait untuk menciptakan struktur tertutup yang tidak hanya menjamin interaksi maksimal, namun juga aman dan tahan terhadap cuaca. KREOD berfungsi sebagai landmark juga penggunaan jarak secara imajinatif. Ketiga bagiannya dapat dikombinasikan dalam pengaturan yang bervariasi sebagai bentukan bebas. Menggunakan bentukan dari desain parametris dan fabrikasi digital, KREOD terbentuk dari kolaborasi desainer, engineer dan material yang inovatif untuk mengubah pola pikir yang sudah ada. Ahli struktur Ramboll UK berkerjasama dengan konsultan Evolute, Serge Ferrari, Targetti Poulsen dan AR18 untuk mewujudkan struktur yang unik ini.

d. The Dynamo Stadium oleh Eric van Egeraat dan Mikhail Posokhin

VTB Arena Park terdiri dari pengembangan kembali stadion Dynamo Moscow dan artikulasi taman di sekitarnya. Bertentangan dengan arena olahraga mono-fungsional Erick van Egeraat merancang regenerator perkotaan multifungsi, yang akan memainkan peran kunci dalam mengubah lingkungan sekitarnya yang lebih luas. Pusat budaya, kesehatan, dan olahraga multifungsi 300.000 m² Erick van Egeraat akan dikembangkan di situs 116.000 m² dan akan terdiri dari Arena Arena 45.000 kursi untuk Dynamo Moscow, Arena Hall 10.000 kursi, kompleks ritel dan hiburan, restoran, parkir dan fasilitas lainnya.



Gambar 7. The Dynamo Moscow
Sumber : (Welch, 2016)

VTB Arena Erick van Egeraat dan Mikhail Posokhin menjadi panggung utama Rusia untuk Piala Dunia FIFA 2018. VTB Arena akan lebih dari sekadar arena sepak bola; banyak fungsi akan memastikan kesenangan bagi pengunjung selama puluhan tahun.

e. Mobile Performance Venue (MPV)



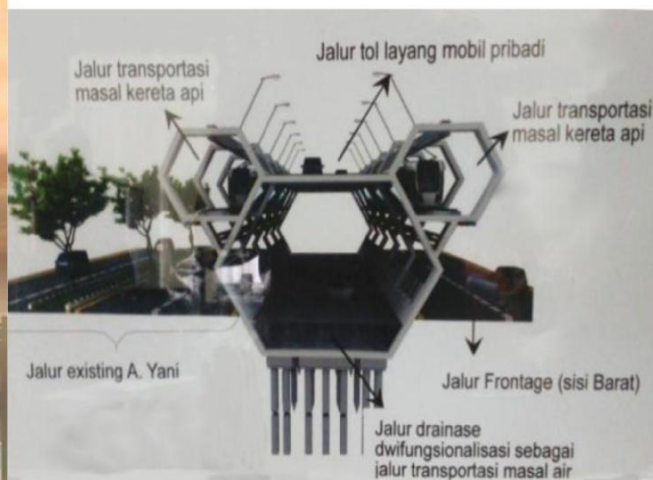
Gambar 8. Mobile Performance Venue (MPV)
Sumber : (PVC Construct, 2019)

Mobile Performance Venue (MPV) dirancang oleh berbagai arsitek Norwegia. Proyek ini adalah untuk tempat yang ringan dan mudah diangkut yang memenuhi persyaratan teknis mereka untuk layar proyeksi dan sistem suara, sementara juga menciptakan struktur yang unik dan ikon. Desain saat ini menjadikan MPV salah satu tempat ponsel terbesar di dunia. Tujuan utamanya adalah membuat struktur seringan dan seringkas mungkin untuk mengurangi berat dan volume pengiriman. Solusi terakhir untuk hal ini adalah kulit PVC swadaya dari tabung dan bantal yang berbentuk heksagonal yang membentuk ruang bagian d epan rumah dan bagian belakang rumah. Kain PVC tahan api yang ditentukan tahan lama dan 100% dapat didaur ulang

Baru-baru ini beberapa ilmuwan mengklaim bahwa telah menemukan materi yang lebih keras daripada intan/berlian. Hasil uji coba di laboratorium membuktikan bahwa materi seperti wurtzite boron nitride (w-BN) dan lonsdaleite (disebut juga *hexagonal diamond* yang terbuat dari karbon dan mirip berlian) apabila diberi tekanan yang tinggi dapat berubah menjadi suatu materi yang super keras dan bahkan lebih keras daripada intan. Dalam tekanan yang tinggi w-BN dapat berubah menjadi 78% lebih keras. Ilmuwan telah mengukur bahwa w-BN mampu menahan tekanan sampai dengan 114 GPa (juta Pascal) dibandingkan berlian hanya 97 GPa pada kondisi yang sama. Sedangkan untuk lonsdaleite mekanisme pemberian tekanan yang sama dapat menahan sampai dengan 152 GPa atau 58% lebih besar daripada intan. Kemungkinan pemanfaatan struktur heksagonal sarang lebah di masa depan seperti jembatan transportasi model sarang lebah yang dinamakan Trio Heksagonal yang merupakan desain dari Ir. Gunawan sebagai Dekan Fakultas Teknik UM Surabaya, *Beehive Tower* yang didesain oleh Rory Newel dan Lucy Richardson dan *Hexagro's Living Farming Tree* dari *Crowdfunding International*.



Gambar 9. *Beehive Tower*



Gambar 10. Trio Heksagonal

Sumber : (Inhibitat Staff, 2010)

Sumber : (Ramadhan, 2015)



Gambar 11. *Hexagro's Living Farming Tree* dari *Crowdfunding International*.

Sumber : (IKONS, 2018)

KESIMPULAN

Struktur heksagonal pada sarang lebah berbentuk geometris paling sesuai untuk memanfaatkan setiap bagian unit secara maksimum. Bentuk heksagonal yang simetris, jika digabungkan akan menghasilkan kombinasi ruang guna yang sempurna, yaitu tidak menghasilkan ruang-ruang sisa yang tak berguna, seperti jika ruang-ruang yang berpenampang lingkaran atau segi lima. Bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat bentuk penampang heksagonal ternyata lebih sedikit daripada yang dibutuhkan untuk membuat bentuk lain. Aplikasinya pada beberapa pembangunan seperti *A Daylighting Design for a Student Lounge*, *Vertical Village: A Sustainable Way of Village Style Living*, *KROED*, *The Dynamo Stadium* dan *Mobile Performance Venue (MVP)*. Kemungkinan pemanfaatan struktur heksagonal sarang lebah di masa depan seperti *Trio Heksagonal*, *Beehive Tower* dan *Hexagro's Living Farming Tree*.

DAFTAR PUSTAKA

IKONS (2018): Taman Indoor Heksagonal, retrieved February 21, 2019, from internet:

<https://www.ikons.id/taman-indoor-heksagonal-ini-lebih-90-hemat-air-lebih-banyak-hasil-panen/>.

Inhibitat Staff (2010): Beehive Tower, retrieved February 21, 2019, from internet:

<https://inhabitat.com/beehive-tower-is-a-honeycomb-inspired-vertical-farm-for-london/>.

Karihaloo, B. L., Zhang, K., and Wang, J. (2013): Honeybee combs : how the circular cells transform

into rounded hexagons, 2–5.

MANGOLD (1947): Protozoen und Bakterien als Magen- und Darmsymbionten bei Säugetieren, *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 54(9–10), 78. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-64107-2>

Nazeer, S., and Allabakshu, S. (2015): Design and Analysis of Honey Comb Structures with Different Cases, 3(4), 144–156.

Nazzi, F. (2016): The hexagonal shape of the honeycomb cells depends on the construction behavior of bees, *Nature Publishing Group*, (March), 1–6. <https://doi.org/10.1038/srep28341>

PVC Construct (2019): MVP, retrieved February 21, 2019, from internet: <http://www.pvcconstruct.org/en/p/various-architects-mpv-mobile-performance-venue>.

Ramadhan, B. (2015): Trio Heksagonal, retrieved February 21, 2019, from internet: <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2015/11/09/jembatan-sarang-lebah-karya-anak-bangsa-untuk-surabaya>.

Rumah Waskita (2019): Teori Arsitektur Arsitektur, retrieved February 21, 2019, from internet: <http://rumahwaskita.com/artikel/category/arsitektur/teori-arsitektur-arsitektur/>.

Welch, A. (2016): Dynamo Stadium , retrieved February 21, 2019, from internet: <https://www.e-architect.co.uk/moscow/dynamo-stadium>.