

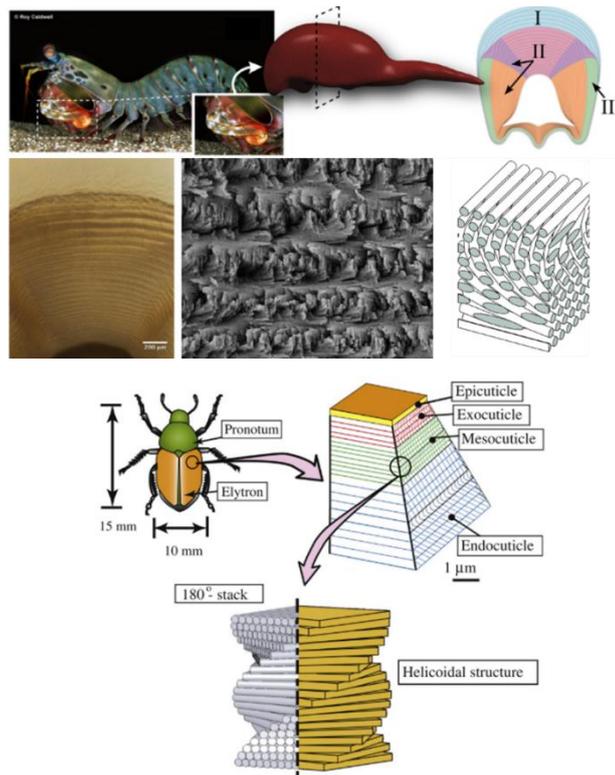
# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Alam merupakan sumber inspirasi tak terbatas dan terkaya yang dapat dikembangkan dan diperdalam oleh manusia. Kini, desain yang terinspirasi dari alam (*bio-inspired design*) banyak dikembangkan oleh para peneliti untuk mengembangkan solusi inovatif hampir di setiap disiplin ilmu (Hashemi Farzaneh & Lindemann, 2019). *Bio-inspired design* dapat digunakan untuk teknik optimasi, seperti yang dikatakan oleh Nachtigall yang mendukung adanya *bio-inspired design* - “Sistem biologis sudah teroptimalkan dengan adanya evolusi”. Dengan kata lain, jika sistem biologis sudah teroptimasi, maka *bio-inspired design* dapat pula dioptimasi.

Salah satu struktur yang dapat ditemukan di alam adalah struktur helicoidal. Struktur helicoidal atau biasa disebut dengan “Struktur Bouligand” ditemukan pertama kali oleh Bouligand (Bouligand, 1972). Struktur helicoidal menampilkan lapisan serat uniaksial yang dirakit secara berkala menjadi pola helicoidal yang biasa ditemukan pada banyak material biologis.

Pada tumbuhan, struktur helicoidal biasanya terbuat dari selulosa yang diproduksi pada cairan membran sel seperti pada tumbuhan pakis *Danaea nodosa*, *Lindsaea lucida* dan *Diploziium tomentosum* (Wilts, Whitney, Glover, Steiner, & Vignolini, 2014). Sedangkan pada hewan, dapat dijumpai pada beberapa famili *Rutelinae*, *Scarabaeinae*, *Cetoniinae* (Seago, Brady, Vigneron, & Schultz, 2009), bagian exoskeleton keras pada banyak arthropoda, dan krustasea (kepiting, lobster, udang mantis) (Cheng, Thomas, Glancey, & Karlsson, 2011).



Gambar 1.1 Struktur Helicoidal pada Udang Mantis dan Kumbang

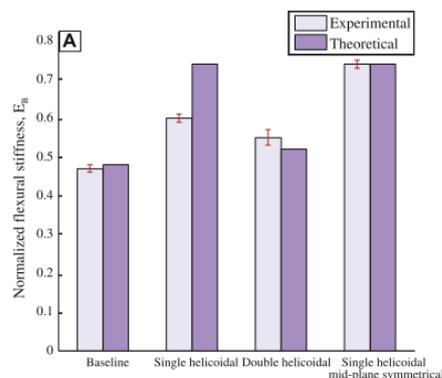
(Cheng dkk., 2011; Guarín-Zapata, Gomez, Yaraghi, Kisailus, & Zavattieri, 2015)

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, struktur helicoidal memiliki sifat mekanik kekakuan, kekuatan, elastisitas, dan kekerasan yang tinggi (Jiang, Ren, Liu, Zhang, & Lin, 2019). Struktur helicoidal dapat meningkatkan sifat mekanik material, terutama ketahanan frakturnya, dan memungkinkan kekuatan dan isotropi bidang. Ini ditemukan dalam berbagai struktur alami termasuk klub dactyl dari udang mantis, skala kosmoid dari *coelacanth*, dan banyak stomatopoda lainnya (Yaraghi dkk., 2016). Oleh karena itu struktur helicoidal yang terinspirasi dari alam ini memiliki potensi yang bagus jika diaplikasikan untuk sesuatu yang membutuhkan sifat mekanik tersebut seperti pada industri otomotif, material komposit pada penerbangan, dan perlengkapan perang yang harus memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi.

Apichattrabrut (2006) melakukan percobaan replikasi struktur helicoidal terbatas pada komposit laminasi dan menghasilkan struktur yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan struktur konvensional dan komposit *cross-*

*ply*. Struktur helicoidal memiliki beberapa parameter utama yaitu yaitu besar sudut orientasi, panjang *pitch*, dan ketebalan layer (Guarín-Zapata dkk., 2015; Wilts dkk., 2014).

Penelitian Grunenfelder dkk. (2014) memilih struktur helicoidal sebagai sampel dan membuat beberapa variasi sudut kecil, sedang, besar, dan *quasi-isotropic laminates* pada material komposit *cabon fiber epoxy* untuk mengetahui ketangguhan tiap komposit. Sedangkan Cheng dkk. (2011) telah melakukan eksperimen susunan laminasi komposit *glass fiber reinforced prepreg* dengan struktur helicoidal. Struktur helicoidal diputar pada setiap *layer* dengan sudut relatif kecil dan dibuat empat variasi berbeda untuk diuji sifat mekanik *flextural strength*-nya secara teori dan eksperimen (ASTM D790). Hasilnya menyatakan bahwa struktur *bio-inspired* helicoidal menampilkan peningkatan sifat mekanik daripada struktur biasa tanpa helicoidal. Peningkatan signifikan terjadi pada struktur helicoidal yang memiliki perputaran *fiber* yang kecil seperti struktur helicoidal tunggal (SH & SHMS) seperti ditampilkan pada Gambar 1.2. Hal ini karena perubahan sudut orientasi yang kecil pada susunan serat helicoidal tunggal dapat meningkatkan tingkat pelepasan energi kritis dari komposit lamina dan menekan propagasi delaminasi. Akibatnya, terjadi ketangguhan fraktur interlaminar yang lebih tinggi pada lamina dan peningkatan perilaku *post-damage* lapisan. Oleh karena itu, tipe struktur helicoidal tunggal akan diangkat menjadi tipe struktur dalam studi ini.



Gambar 1.2 *Flextural strength* Struktur helicoidal

(Cheng dkk., 2011)

*Flexural strength* sangat penting sebagai salah satu karakteristik dalam mengevaluasi stabilitas material. *Flexural strength* mengindikasikan ukuran mekanis kemampuan material menahan beban maksimum tanpa mengalami deformasi permanen. Semakin tinggi nilai *flexural strength*, maka semakin kuat material mampu menahan beban. Untuk menentukan nilai *flexural strength* salah satu metode yang dilakukan adalah dengan analisis *bending*.

Analisis kekuatan *bending* pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Sari & Sinarep, 2011) yang menggunakan material komposit epoxy dengan penguat serat nilon tidak teratur. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi volume serat maka tegangan *bending* akan semakin tinggi hal ini dikarenakan dimensi komposit yang semakin besar, hal ini dapat diaplikasikan struktur helicoidal yang dapat mengurangi jarak antar *fiber* untuk memperoleh tegangan *bending* yang lebih besar lagi dengan memperhatikan ketebalan tiap layer untuk menentukan banyaknya serat fiber.

Selain itu, pada penelitian Nazari, Kabir, & Hosseini-Toudeshky (2017) ditampilkan variasi sifat flexural terhadap ketebalan (jumlah layer) pada susunan komposit lamina, penelitian tersebut menyatakan bahwa ketebalan layer mempengaruhi karakteristik flexural material dengan semakin tinggi jumlah layer pada susunan komposit maka semakin tinggi pula sifat flexural material yang didapatkan salah satunya adalah *flexural strength* yang meningkat. Hal ini karena Ketebalan layer dan jumlah layer sangat berpengaruh satu sama lain, dengan ukuran yang sama jika jumlah layer semakin banyak maka tebal setiap layer akan semakin tipis begitupun sebaliknya.

Perkembangan teknologi material telah menghasilkan material jenis baru yang disusun secara bertumpuk dari beberapa lapisan dan disebut dengan komposit. Material komposit carbon fiber digunakan dalam penyusunan struktur helicoidal karena memiliki struktur yang berlapis-lapis dan digunakan salah satunya dalam konstruksi penerbangan (U.S. Department of Transport, 2012). Material ini banyak digunakan pada struktur pesawat karena dianggap lebih kuat dan ringan memenuhi standar STWR (*strength to weight ratio*). Dibanding dengan material konvensional keunggulan komposit antara lain yaitu dapat dibuat sesuai kriteria

dan kebutuhan rancangan yang diinginkan, sebagai upaya optimalisasi fungsi yang dibutuhkan (*tailorability*), tahanan lelah (*fatigue resistance*) yang baik, tahan korosi, memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi, dimungkinkan memiliki sifat sifat yang lebih baik dari pada sifat pada logam, keramik, maupun polimer dan memberi tampilan serta kehalusan permukaan yang lebih baik (Djansena, 2015). Manfaat adanya komposit adalah mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan yang tinggi. Penggunaan material komposit terus dikembangkan salah satunya pada struktur pesawat dan merupakan terobosan yang sangat inovatif dimana selam ini stuktur pesawat diketahui hanya menggunakan material metal. Penerbangan modern sipil dan militer akan menjadi sangat tidak efisien tanpa adanya material komposit karena dibutuhkan dalam bermanuver . Material komposit dibangun dengan beberapa lapisan ikatan seperti epoxy dan secara mekanis diikat ke substruktur konvensional. Banyak penelitian menggunakan material komposit ini sebagai material model karena memiliki sifat kekakuan yang tinggi dan sesuai dengan performa yang diharapkan. Oleh karena itu, komposit carbon epoxy digunakan sebagai material model pada studi ini.

Walaupun terdapat banyak penelitian mengenai bio-inspired design, namun pada penelitian sebelumnya ini belum dilakukan optimasi pada struktur helicoidal untuk memperoleh karakteristik material yang kuat dengan menentukan *flexural strength*. Hal ini perlu dilakukan karena dengan sifat material komposit yang kuat, maka struktur akan lebih tahan terhadap deformasi sehingga tidak mudah rusak, kuat dan tahan terhadap benturan, dan dapat tahan lama. Optimasi dilakukan untuk memberikan hasil yang terbaik yang diinginkan penelitian. Maka pada studi ini dilakukan optimasi dengan memerhatikan parameter penyusun struktur helicoidal untuk menentukan kekuatan flexural material.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan diangkat pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain optimal struktur helicoidal yang dapat meningkatkan nilai *flexural strength*-nya.

2. Parameter apa saja yang memberikan pengaruh signifikan dalam meningkatkan nilai *flexural strength* pada desain struktur helicoidal?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui desain optimal struktur helicoidal yang dapat meningkatkan nilai *flexural strength*.
2. Mengetahui parameter penyusun struktur helicoidal yang memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai *flexural strength*.

### **1.4. Batasan Masalah**

Studi ini memiliki suatu batasan agar lebih fokus pada tujuan dari studi ini. Adapun batasan ruang lingkup dalam studi ini sebagai berikut:

1. Faktor lingkungan diasumsikan tidak mempengaruhi kesimpulan akhir.
2. Tidak dilakukan validasi pada studi.
3. Tidak dilakukan analisis lanjut mengenai karakteristik material.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilaksanakannya studi ini yaitu untuk mengetahui nilai optimal setiap parameter struktur helicoidal sehingga memiliki kekuatan yang baik dengan nilai *flexural strength* yang tinggi dan dapat digunakan sebagai referensi dalam penyusunan material komposit dalam bidang penerbangan, otomotif, serta alat tempur.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Berikut ini adalah uraian sistematika penulisan pada studi ini:

#### **BAB 1                   Pendahuluan**

Pada Bab Pendahuluan ini diuraikan latar belakang permasalahan yang diangkat mengenai struktur helicoidal dan metode yang digunakan untuk mengoptimasikan parameter desain struktur. Selain itu diuraikan pula rumusan masalah,

tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini.

**BAB 2 Landasan Teori**

Pada Bab Landasan Teori diuraikan teori yang menunjang studi ini dalam mengoptimasi desain struktur helicoidal dengan Design of Experiment: Full Factorial Design. Teori yang diuraikan berasal dari penelitian para ahli terdahulu.

**BAB 3 Metodologi Penelitian**

Pada Bab Metodologi Penelitian ini dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam memecahkan masalah sesuai dengan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Pada bab ini terbagi menjadi dua sub-bab, yaitu metode konseptual dan sistematika pemecahan masalah.

**BAB 4 Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data ini diuraikan kumpulan data-data parameter serta data pendukung untuk kemudian diolah sesuai dengan metodologi penelitian.

**BAB 5 Analisis**

Pada Bab Analisis ini dilakukan tahap analisis mengenai parameter-parameter untuk dihasilkan nilai parameter optimal dalam desain struktur helicoidal.

**BAB 6 Kesimpulan dan Saran**

Pada Bab Kesimpulan dan Saran ini dilakukan penarikan kesimpulan dari studi yang dilakukan dan diberikan saran untuk ditunjukkan pada penelitian selanjutnya.