

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur *sandwich* merupakan komposit yang sangat efisien karena menggabungkan dua lapisan permukaan (*face sheets*) di luar dengan inti yang ringan di tengah, sehingga menghasilkan rasio kekakuan terhadap berat yang tinggi. Dalam struktur *sandwich*, *face sheet* menjagakan beban lentur, sedangkan inti mengambil beban geser (*shear*), sehingga setiap elemen berkontribusi secara optimal terhadap performa mekanik struktur. (Ali *et al.*, 2022) menyatakan material inti *sandwich* yang biasanya terbuat dari material yang ringan atau memiliki rongga (ruang kosong) akan membentuk jarak di antara dua kulit sehingga struktur *sandwich* memiliki kekakuan dan kekuatan lentur yang tinggi dengan bobot yang ringan.

Struktur *honeycomb* (sarang lebah) sebagai inti *sandwich* menawarkan keuntungan geometris yang besar, karena sel heksagonal struktur ini dapat mendistribusikan gaya geser secara efisien dan mempertahankan jarak antar *face sheet* dengan penggunaan material yang minimal. Selain itu, geometri hexagonal sangat stabil terhadap buckling lokal, yang membuat *honeycomb core* menjadi pilihan utama dalam aplikasi struktural ringan seperti dirgantara dan otomotif.

Dalam hal analisis mekanik, deformasi geser (*shear*) inti sangat krusial. Inti *honeycomb* harus memiliki modul geser (*shear modulus*) yang cukup untuk menahan beban geser tanpa kegagalan. Fem dan analisis numerik modern memperlihatkan bahwa kegagalan geser inti dan buckling lokal pada inti adalah mode kegagalan yang dominan bila beban meningkat. Hal ini juga sejalan dengan pendekatan analisis tegangan, *displacement*, dan *safety factor* menggunakan metode FEA sebagaimana diterapkan pada analisis struktur rangka oleh (Suryady and Sapto, 2024), yang menunjukkan pentingnya verifikasi antara perhitungan teori dan simulasi numerik dalam menentukan keamanan struktur. Penelitian (Marsono, Anggraeni and Faisal, 2021) menunjukkan bahwa variasi ketebalan dinding inti berprofil gelombang *sinusoidal* dari serat karbon memengaruhi kekuatan lentur dan kekakuan panel.

Tidak hanya kegagalan geser, buckling termomekanik (*thermomechanical buckling*) juga menjadi perhatian penting, terutama untuk aplikasi di mana struktur mengalami perubahan suhu. Sebuah studi baru-baru ini dengan sandwich nanoplate berbahan FGM (*Functionally Graded Material*) dan inti *honeycomb* oleh (OZALP, 2021) melalui analisis numerik menunjukkan bahwa parameter seperti rasio tebal inti, sudut sel, dan gradiasi material sangat memengaruhi beban kritis buckling suhu.

Variasi geometri inti juga memberikan peluang optimisasi performa. Misalnya, penelitian oleh (Karimi *et al.*, 2023) mengembangkan model analitis untuk *sandwich plate* dengan inti *auxetic* (*negatif Poisson ratio*) menggunakan teori deformasi geser orde tinggi, dan menemukan bahwa sudut dinding sel inti secara signifikan dapat memengaruhi defleksi maksimum dan tegangan geser.

Dari sisi kekuatan maksimum (*ultimate strength*), analisis beban kompresi pada panel sandwich *aluminium* dengan inti *honeycomb* juga penting. Pada beban *aksial* dan tekanan lateral, panel ini bisa tetap stabil hingga beban kritis tertentu. Studi (Elsaka and Garbatov, 2025) menganalisis kekuatan *ultimate* panel *aluminium honeycomb* di bawah kombinasi beban dan menemukan bahwa stabilitas tetap terjaga jika dimensi inti dan aspek rasio panel dirancang dengan baik.

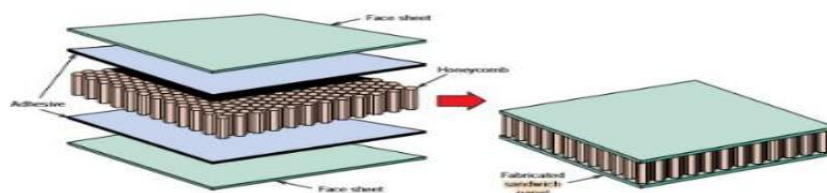
Aplikasi panel sandwich *honeycomb* menyebar luas, misalnya pada struktur lantai pesawat terbang. Menurut penelitian (Labib Adyavit, Irischa Ramadhani and Steven, 2023), *sandwich* dengan inti Nomex atau *aluminium honeycomb* dan kulit komposit (karbon atau kaca) sangat sesuai untuk panel lantai pesawat karena kombinasi ringan dan kuat.

(Shahkarami and Zeinedini, 2022) melakukan pengujian lentur tiga titik pada panel sandwich yang menggunakan *core sinusoidal* bertingkat (*hierarchical sinusoidal corrugated core*) yang dibuat dengan teknik *additive manufacturing*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan kompleksitas gelombang *sinusoidal* pada bagian inti meningkatkan kestabilan struktur selama pembebanan lentur, menghasilkan peningkatan beban puncak serta perpindahan maksimum sebelum kegagalan. Observasi visual menunjukkan bahwa kegagalan umumnya diawali oleh local buckling pada puncak gelombang kemudian diikuti *core shear* dan kerusakan pada antarmuka kulit-inti. Studi ini menjadi salah satu bukti

modern bahwa variasi geometri *sinusoidal* memberikan pengaruh signifikan terhadap kekakuan dan integritas lentur panel sandwich.

(Deng and Liu, 2019) melakukan serangkaian uji kompresi pada struktur berbentuk *sinusoidal corrugated metal core* yang disusun dalam konfigurasi multi-layer. Dari hasil eksperimen, struktur menunjukkan pola *progressive folding* yang stabil dengan deformasi berlapis yang mengikuti bentuk *sinusoidal*, sehingga menghasilkan peningkatan kemampuan serap energi yang besar. Pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan *sinusoidal* yang digunakan, semakin halus pola keruntuhan dan semakin besar energi serap total yang dicapai. Walaupun studi ini juga memuat simulasi, data eksperimen yang disajikan menunjukkan bahwa deformasi aktual struktur sangat dipengaruhi amplitudo dan *pitch* gelombang *sinusoidal* yang menjadi identitas geometri inti.

Studi dari (Zhang *et al.*, 2018) menguji *dynamic compressive response* dari panel sandwich dengan inti *sinusoidal* guna melihat kinerja inti di bawah pembebanan kecepatan rendah hingga meningkat ke menengah. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa *core sinusoidal* memiliki karakter *progressive collapse* yang konsisten pada berbagai kecepatan pembebanan, dengan pola keruntuhan yang tercatat relatif stabil dibandingkan inti *corrugated* tipe lainnya. Energi serap meningkat seiring peningkatan kecepatan impact, menunjukkan bahwa *sinusoidal* memiliki kelebihan intrinsik dalam mendistribusikan gaya sepanjang kurva gelombang. Temuan ini mengonfirmasi bahwa inti *sinusoidal* efektif digunakan pada aplikasi yang membutuhkan deformasi terkontrol dan peredaman energi, serta mendukung pentingnya analisis numerik dan evaluasi parameter tegangan, *displacement*, dan *safety factor* sebagaimana ditunjukkan dalam studi simulasi struktur berbasis FEA oleh (Suryady and Sapto, 2024).



Gambar 1.1 Panel *sandwich*(Labib Adyavit, Irischa Ramadhani and Steven, 2023)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan pada penelitian ini:

1. Bagaimana analisis distribusi pembebanan uji tekuk dengan pendekatan simulasi?
2. Bagaimana pengaruh sambungan las titik dan diameter terhadap kemampuan tekuk dengan *core sinusoidal*?
3. Apakah pengaruh jumlah sambungan las titik dan diameter las titik berpengaruh signifikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis distribusi pembebanan panel *sandwich* pada uji tekuk menggunakan simulasi inventor dilihat dari nilai *Von Mises*, *displacement maksimum*, dan *safety factor*
2. Mengetahui pengaruh jumlah sambungan las titik dan diameter las titik terhadap kemampuan tekuk panel *sandwich* melalui pengujian *bending*.
3. Mengetahui variasi jumlah sambungan las titik dan diameter las titik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan tekuk panel *sandwich* logam dengan menggunakan analisis statistik ANOVA.

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah yang ada dalam penelitian ini:

1. Model geometri yang akan di gunakan adalah *Core Sinusoidal*.
2. Material yang di pakai dalam penelitian ini yaitu *aluminium 1100* (plat atas), *galvanized sinusoidal (core)*, *staninless steel 304* (plat bawah).
3. Ketebalan material yang akan dipakai pada penelitian ini yaitu *aluminium 1100*(0.5mm), *galvanized sinusoidal* (0.3 mm), *staninless steel* (0.3mm).
4. Simulasi hanya menggunakan Autodesk Inventor yang berfokus pada *Von Misses*, *Displacement*, dan *Safety Factor*
5. Tipe sambungan las yang di gunakan adalah las titik dengan las MIG pada mesin IZUMI MIG 130.
6. Saat di las jarak antara material dengan permukaan las harus menempel tidak ada celah.

7. Proses pengelasan di lakukan di Lab Konversi Energi (Universitas Tunjojoyo Madura).

1.5 Sistematika Penulisan

Penyusunan skripsi dilakukan secara sistematis dan di bagi dalam lima bab.

Berikut adalah penjelasan struktur dari setiap bab:

1. Bab I Pendahuluan

Bagian pada bab satu ini membahas latar belakang, tujuan, rumusan masalah dan Batasan masalah pada penelitian ini.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bagian pada bab dua ini membahas tinjauan pustaka atau refrensi tambahan yang terkait dengan penelitian ini. Bab dua ini juga membahas tentang penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

3. Bab III Metode Penelitian

Bagian pada bab tiga ini membahas alat dan bahan penelitian, lokasi pengambilan data, jadwal penelitian, diagram alir dan metode pengolahan data yang di gunakan dalam penelithan ini.