

OPTIMASI STRUKTUR *HONEYCOMB* PADA KONTAINER P3K *DELIVERY DRONE* MENGGUNAKAN SIMULASI *DROP TEST* DAN METODE *GREY RELATION ANALYSIS*

1st Mohammad Eifal Alberiq
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
alberiqeifal@gmail.com

2nd Rino Andias Nugraha
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
rinoandias@telkomuniversity.ac.id

3rd Teddy Syafrizal
Teknik Industri, Fakultas Rekayasa
Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
teddysjafrizal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pemanfaatan drone sebagai sarana pengiriman bantuan medis ke wilayah terpencil menjadi solusi praktis di tengah keterbatasan akses darat. Tantangan muncul ketika drone tidak dilengkapi sistem pendaratan yang aman, sehingga desain kontainer yang mampu meredam benturan saat jatuh menjadi krusial. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas struktur honeycomb dalam menyerap energi benturan pada kontainer P3K berbobot ringan. Model tiga dimensi dirancang menggunakan Autodesk Inventor, kemudian dianalisis melalui simulasi benturan untuk menilai parameter seperti displacement, strain, dan tegangan maksimum. Metode Grey Relational Analysis (GRA) diterapkan untuk menentukan konfigurasi optimal dari berbagai variasi desain dan ketebalan. Hasil menunjukkan bahwa desain HC2 dengan ketebalan 3 mm menghasilkan nilai Grey Relational Grade (GRG) tertinggi sebesar 0,85, yang menunjukkan performa paling mendekati kondisi ideal. Temuan juga mengindikasikan bahwa kerusakan pada struktur luar dapat ditoleransi selama tidak membahayakan isi di dalam kontainer. Oleh karena itu, pemilihan desain perlu mempertimbangkan kemampuan meredam benturan secara efektif, bukan hanya kekakuan struktural semata.

Kata kunci— Honeycomb, Kontainer P3K, GRA, drop test, Explicit Dynamic, Autodesk Inventor

adalah untuk mengirimkan bantuan medis seperti P3K ke wilayah hutan atau daerah terpencil.

Namun, tantangan utama pengiriman menggunakan drone di wilayah hutan adalah banyaknya pohon yang menutupi area. Hal ini menyebabkan drone tidak dapat sembarangan mendarat atau menurunkan barang secara langsung [1].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode *drop* dipilih sebagai teknik pengiriman yang paling sesuai. Metode ini memungkinkan drone menjatuhkan paket dari ketinggian tanpa harus menurunkan tali atau mendarat [2].

Kendati demikian, metode *drop* menimbulkan risiko baru, yaitu kerusakan barang akibat benturan dengan permukaan tanah saat dijatuhkan. Oleh karena itu, diperlukan desain kontainer yang mampu meredam benturan dan melindungi isi di dalamnya.



Gambar 1 Desain Kontainer Kapsul

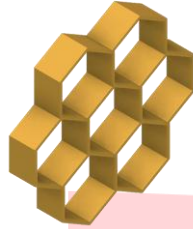
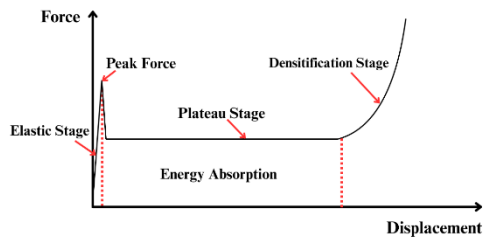
Kontainer tidak hanya harus kuat, tapi juga ringan dan aerodinamis. Bentuk kapsul menjadi pilihan karena berdasarkan hasil simulasi, bentuk ini menghasilkan perbedaan tekanan yang rendah sehingga lebih stabil dalam penerbangan [3].

Selain bentuk luar, struktur internal juga memainkan peran penting. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah struktur multisel, di mana struktur ini memiliki kemampuan menyerap energi benturan lebih baik dibanding struktur tunggal [4].

I. PENDAHULUAN

Isi pendahuluan sebaiknya mengandung latar belakang, *state of art*, *problem statement*, tujuan, Tidak perlu menggunakan *subtitle* dalam format pendahuluan. [10 pts]

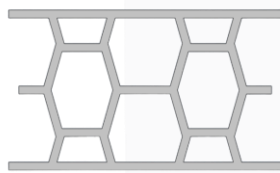
Penggunaan drone atau *Unmanned Aerial Vehicles (UAV)* terus berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir sebagai alat pengiriman barang, terutama di area yang sulit dijangkau oleh transportasi darat [1]. Salah satu aplikasinya



Gambar 2 (a) skematik kurva terhadap perpindahan gaya pada struktur penyerap energi selama proses kompresi dinamis (b) Struktur Honeycomb

Struktur honeycomb adalah salah satu contoh struktur multisel yang umum digunakan dalam peredam benturan. Desain ini terinspirasi dari bentuk sarang lebah di alam dan termasuk dalam pendekatan biomimikri [5].

Biomimikri sendiri adalah pendekatan desain yang meniru prinsip alam untuk menciptakan solusi teknis yang efektif. Dalam konteks ini, struktur honeycomb memiliki keunggulan dalam menyerap energi tanpa menambah berat signifikan [6].



Gambar 3 Struktur Honeycomb yang Telah Dimodifikasi Sebagai Peredam Benturan Pada

Struktur honeycomb yang digunakan harus dimodifikasi agar mengikuti kontur kapsul. Posisi honeycomb ditempatkan antara dinding luar dan dalam kontainer untuk memastikan penyebaran gaya tumbukan secara merata [4].

Untuk membuktikan efektivitas desain, dilakukan simulasi *drop test* dari ketinggian 45 meter, sesuai dengan ketinggian kanopi pohon di hutan Indonesia [5]. Hasil simulasi berupa data *strain* dan *displacement* dianalisis menggunakan metode Grey Relational Analysis (GRA) guna menentukan konfigurasi desain yang optimal.

II. KAJIAN TEORI

A. Biomimikri

Biomimikri adalah pendekatan desain yang meniru sistem, bentuk, dan prinsip kerja alam untuk menciptakan solusi yang berkelanjutan bagi kebutuhan manusia. Dalam konteks ini, alam dipandang sebagai sumber inspirasi dalam perancangan teknologi, khususnya melalui pengamatan terhadap struktur-struktur alami yang telah terbukti efisien secara fungsional. [6] Biomimikri terbagi menjadi tiga level, yaitu *nature as a model*, *nature as a measure*, dan *nature as*

a mentor. Penelitian ini menerapkan level *nature as a model*, yang menitikberatkan pada pengamatan langsung terhadap bentuk dan sistem alami, seperti struktur sarang lebah, untuk kemudian diadaptasi ke dalam desain teknis sebagai peredam benturan dalam kontainer.

B. Desain Multisel

Struktur *multi-cell* merupakan jenis tabung ber dinding tipis yang memiliki sejumlah rongga terhubung di dalamnya, yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan menyerap energi dan mengendalikan deformasi secara efektif guna memenuhi kriteria *crashworthiness* [7].

C. Struktur Honeycomb

Struktur *honeycomb* adalah salah satu bentuk alami dengan pola seluler berulang yang telah menginspirasi berbagai konfigurasi geometri, seperti heksagonal, segitiga, lingkaran, hingga persegi [8]. Struktur ini dikenal ringan dan dapat dibuat dari beragam material seperti aluminium, karbon, baja, maupun fiberglass, serta sangat efektif sebagai penyerap energi dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap benturan [5]. Selain itu, struktur honeycomb memiliki fleksibilitas tinggi baik dari segi bentuk maupun bahan, sehingga mudah disesuaikan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari peredam benturan hingga elemen struktural bangunan.

D. Polymide (PA12)

PA12 (Polyamide 12) adalah bahan termoplastik yang umum digunakan dalam pencetakan 3D, terutama dengan metode Selective Laser Sintering (SLS) dan Multi Jet Fusion (MJF). Material ini memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, tahan terhadap benturan, suhu tinggi, dan bahan kimia. Meskipun ringan, PA12 tetap kokoh dan mampu menghasilkan cetakan dengan detail presisi tinggi tanpa mudah mengalami deformasi. Selain itu, daya serap air yang rendah menjadikan PA12 lebih stabil secara dimensi dibandingkan jenis poliamida lainnya.

E. Simulasi Drop Test

Simulasi uji jatuh (*drop test*) merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi respons suatu objek terhadap benturan saat dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui sejauh mana struktur dapat menyerap energi tumbukan dan menjaga integritas bentuk serta kekuatan mekaniknya setelah benturan terjadi. Menurut [9], metode *drop test* yang dilakukan dengan pendekatan Finite Element Analysis (FEA) mampu memvisualisasikan deformasi objek akibat benturan, sehingga sangat relevan digunakan untuk menganalisis potensi kerusakan pada kontainer P3K saat dijatuhkan.

F. Simulasi Dynamic Explicit

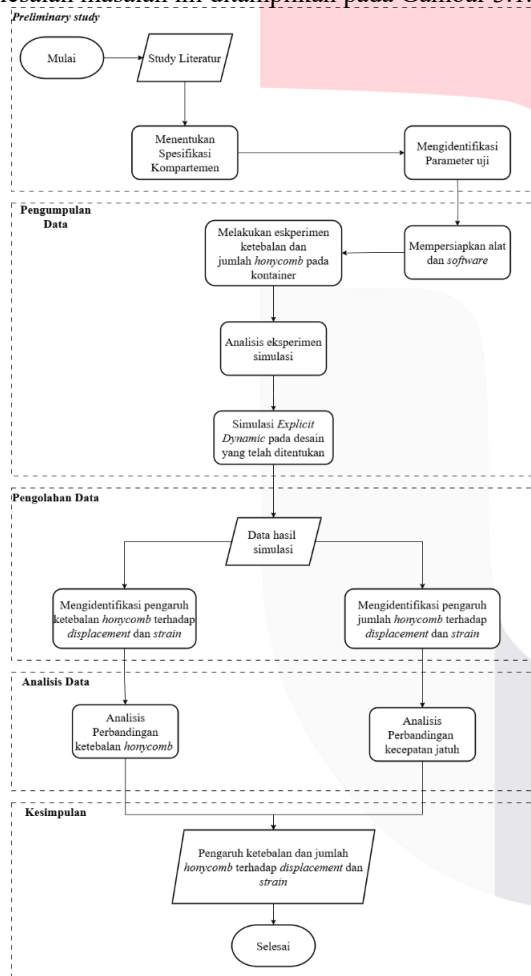
Simulasi Dinamika Eksplisit merupakan metode integrasi waktu yang digunakan untuk menganalisis respons dinamis suatu objek, terutama saat melibatkan kecepatan tinggi dan kondisi yang berubah secara tiba-tiba, seperti tumbukan, jatuh bebas, atau deformasi besar. Karena mampu menangani dinamika nonlinier dan fenomena transien, metode ini sangat cocok untuk uji seperti *drop test* dan penetrasi. Proses simulasi diawali dengan *pre-processing* berupa pemodelan geometri 3D dan penentuan material, seperti PA12. Tahap selanjutnya adalah simulasi inti, termasuk pengaturan arah tumbukan menggunakan *remapping*, lalu diakhiri dengan *post-processing* untuk menganalisis hasil berupa kontur deformasi dari objek yang diuji.

G. Grey Relation Analysis (GRA)

Grey Relational Analysis (GRA) merupakan metode dalam teori *grey system* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dengan data multivariat dan kompleks. Proses analisis ini dilakukan melalui tahapan normalisasi data, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan Grey Relational Coefficient (GRC) dan Grey Relational Grade (GRG) untuk mengevaluasi tingkat kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal secara kuantitatif.

III. METODE

Eksperimen perancangan kompartemen untuk *delivery drone* berbasis struktur honeycomb dilakukan melalui lima tahapan utama, yaitu *preliminary study*, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil, dan penarikan kesimpulan. Setiap tahapan dirancang untuk menjawab permasalahan penelitian secara sistematis. Alur lengkap dari proses penyelesaian masalah ini ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 4 Flowchart Sistematika Penyelesaian Masalah Eksperimen

A. Pemilihan Parameter Eksperimen

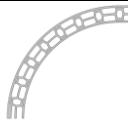
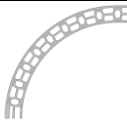
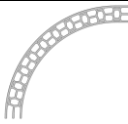
Pada tahap ini, data yang dikumpulkan berupa nilai displacement dan strain dengan tujuan untuk memastikan bahwa saat terjadi benturan, perpindahan tidak menekan isi P3K dan nilai strain masih berada di bawah batas kemampuan material. Terdapat dua faktor utama yang diamati, yaitu jumlah honeycomb dan ketebalan. Data tersebut kemudian diolah menjadi faktor dan level yang digunakan dalam simulasi, yang selanjutnya dijalankan menggunakan

perangkat lunak Autodesk Nastran untuk mengetahui besarnya displacement dan strain yang terjadi saat kontainer mengalami tumbukan.

B. Identifikasi Faktor dan Level

Dalam pelaksanaan simulasi, berikut merupakan dua faktor dan tiga level yang terpilih.

Tabel 1 Pemilihan Desain Eksperimen

Faktor	Level		
	1	2	3
Jumlah Honeycomb	 HC1 (8 Honeycomb)	 HC2 (9 Honeycomb)	 HC3 (10 Honeycomb)
Ketebalan (mm)	2	2.5	3

Berdasarkan Tabel 1, studi ini menggunakan dua faktor utama, yaitu jumlah honeycomb dan ketebalan dinding. Jumlah honeycomb yang digunakan dalam desain struktur kontainer kapsul terdiri dari 8, 9, dan 10 sel, sedangkan variasi ketebalan yang digunakan adalah 2 mm, 2,5 mm, dan 3 mm.

C. Perancangan Kombinasi Eksperimen

Data faktor dan level yang ditampilkan pada Tabel 2 membentuk kombinasi *orthogonal array* dengan notasi L9 (3²), yang berarti terdapat 9 kombinasi percobaan dari dua faktor dengan masing-masing tiga level. Kombinasi tersebut tersusun dalam matriks orthogonal yang digunakan sebagai dasar perancangan eksperimen.

Tabel 2 Kombinasi Eksperimen

No	Jumlah Honeycomb	Ketebalan (mm)
1	HC1	2
2	HC2	2
3	HC3	2
4	HC1	2.5
5	HC2	2.5
6	HC3	2.5
7	HC1	3
8	HC2	3
9	HC3	3

D. Pelaksanaan Eksperimen

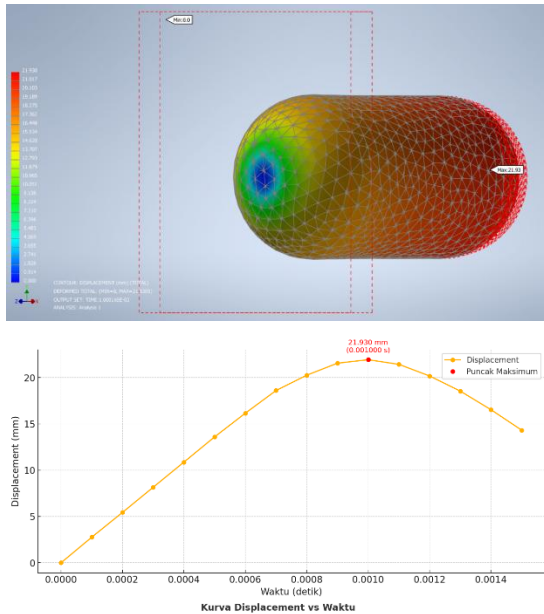
Pelaksanaan eksperimen pada studi ini dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak Autodesk Nastran untuk memperoleh nilai displacement dan strain saat kontainer mengalami benturan dengan permukaan. Eksperimen dilakukan dalam bentuk *drop test* yang dimodelkan menggunakan simulasi *Explicit Dynamic*, dengan skenario kontainer dijatuhkan dari ketinggian 45 meter. Simulasi dilakukan sebanyak 9 kali berdasarkan kombinasi yang telah ditentukan dalam orthogonal matrix. Berikut merupakan hasil dari kesembilan simulasi tersebut.

Tabel 3 Nilai Displacement dan Strain Hasil Pelaksanaan Simulasi

No.	Desain	Ketebalan (mm)	Displacement (mm)	Strain (%)
1	HC1	2	22.74	149.87
2	HC2	2	22.53	147.71
3	HC3	2	21.93	159.21
4	HC1	2.5	23.16	138.65
5	HC2	2.5	22.42	218.78

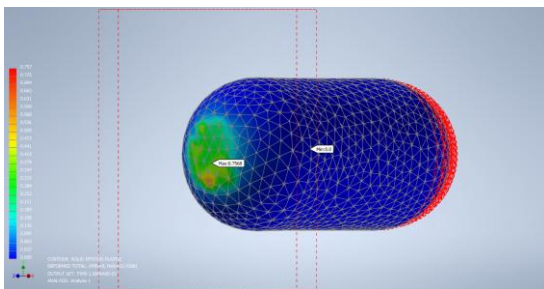
6	HC3	2.5	22.28	91.33
7	HC1	3	22.42	75.67
8	HC2	3	22.18	75.87
9	HC3	3	22.22	105.48

Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi *drop test* dari ketinggian 45 meter pada kombinasi percobaan ketiga, yang menghasilkan nilai displacement paling rendah sebesar 21,930 mm. Kombinasi ini terdiri dari jumlah honeycomb sebanyak 10 dan ketebalan material 2 mm. Sementara itu, Gambar 4.2 menampilkan kurva hubungan antara displacement dan waktu selama durasi simulasi 0,0015 detik. Displacement meningkat seiring waktu hingga mencapai puncaknya pada detik ke-0,0010 dengan nilai maksimum 21,930 mm, lalu menurun setelahnya, yang mengindikasikan bahwa puncak tumbukan terjadi pada titik waktu tersebut.



Gambar 5 (a) Kombinasi Desain Dengan Displacement Terendah (b) Grafik Perpindahan Displacement Dalam 0.0015 Detik

Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi *drop test* dari ketinggian 45 meter pada kombinasi percobaan ketujuh, yang menghasilkan nilai strain terendah sebesar 75,67%. Kombinasi ini menggunakan konfigurasi dengan 8 honeycomb dan ketebalan material 3 mm. Sementara itu, Gambar 4.4 menampilkan kurva hubungan antara strain dan waktu selama simulasi berdurasi 0,0010 detik. Kurva menunjukkan peningkatan strain yang cukup tajam dari waktu 0 hingga 0,0004 detik, kemudian terus meningkat secara lebih lambat hingga mencapai puncaknya pada detik ke-0,0010 dengan nilai maksimum sebesar 0,756764 atau 75,6764%.



Gambar 6 (a) Kombinasi Desain Dengan Strain Terendah (b) Grafik Perpindahan Straint Dalam 0.0010 Detik

Selanjutnya data yang sudah dikumpulkan akan diolah menggunakan metode *Grey Relation analysis* (GRA). Metode *Grey Relational Analysis* (GRA) digunakan untuk menilai sejauh mana setiap alternatif mendekati kondisi ideal berdasarkan beberapa parameter. Pendekatan ini sangat berguna dalam pengambilan keputusan multivariat, karena memungkinkan perbandingan performa antar alternatif secara menyeluruh, terutama saat parameter yang digunakan memiliki skala atau satuan yang berbeda. Berikut merupakan tahapan yang dilakukan untuk menemukan kombinasi desain paling optimal.

1. Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan untuk menyamakan skala antar parameter agar dapat dibandingkan secara adil. Karena parameter yang diamati adalah displacement dan strain, pendekatan *smaller-is-better* digunakan, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan performa desain yang lebih baik.

$$x_i(k) = \frac{\max y_i(k) - y_i(k)}{\max y_i(K) - \min y_i(k)} \quad (1)$$

2. Menghitung Selisih Terhadap Nilai Ideal

$$\Delta_i = |1 - X_i| \quad (2)$$

3. Perhitungan *Grey Relation Coefficient* (GRC)

Grey Relational Coefficient (GRC) digunakan untuk mengukur seberapa dekat suatu alternatif dengan kondisi ideal. Nilai ini menunjukkan performa alternatif terhadap tiap parameter dan menjadi dasar penentuan peringkat melalui perhitungan Grey Relational Grade (GRG).

$$\xi_i(K) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_i(K) + \zeta \cdot \Delta_{\max}} \quad (3)$$

4. Perhitungan *Grey Relation Grade* (GRG)

Grey Relational Grade (GRG) adalah rata-rata dari nilai GRC untuk seluruh parameter, yang mencerminkan performa total suatu alternatif terhadap kondisi ideal. Nilai ini digunakan untuk menentukan peringkat akhir dalam proses pengambilan keputusan atau optimasi.

$$GRG_i = \frac{GRC_{displacement} + GRC_{strain}}{2} \quad (4)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4 Peringkat Kombinasi Desain

No.	Desain	Ketebalan (mm)	GRG	Rank
8	HC2	3	0.85	1
7	HC2	2	0.50	2
3	HC3	2	0.73	3
4	HC1	2.5	0.43	4

5	HC2	2.5	0.44	5
6	HC3	2.5	0.73	6
7	HC1	3	0.78	7
8	HC2	3	0.85	8
9	HC3	3	0.70	9

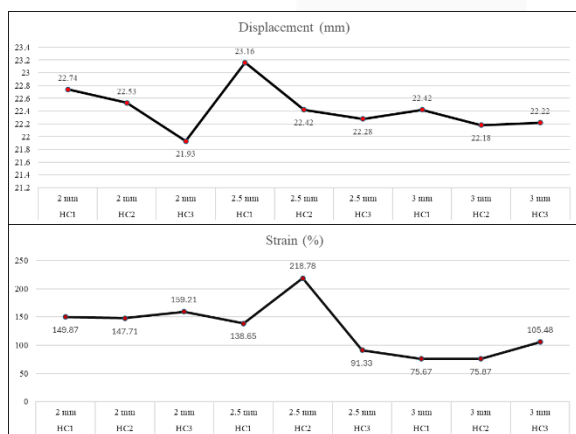
Berdasarkan perhitungan Grey Relational Grade (GRG), desain HC2 dengan ketebalan 3 mm menunjukkan performa terbaik dengan nilai GRG tertinggi sebesar 0,85. Sebaliknya, desain yang sama dengan ketebalan 2 mm hanya mencapai nilai 0,50, menandakan penurunan performa yang cukup signifikan. Desain HC3 tergolong stabil dengan nilai GRG 0,73 pada ketebalan 2 mm dan 2,5 mm, sementara HC1 menunjukkan performa terendah pada ketebalan 2,5 mm. Oleh karena itu, HC2 dengan ketebalan 3 mm menjadi desain paling optimal, sedangkan HC3 pada ketebalan 2 mm atau 2,5 mm layak dipertimbangkan sebagai alternatif.

Berdasarkan hasil perhitungan *Grey Relation Analyst* (GRA), desain HC2 dengan ketebalan 3 mm berada pada urutan pertama dengan nilai *Grey Relation Grade* 0.85.

Tabel 5 Kombinasi Desain yang Terpilih

Desain	Ketebalan	Displacement	Strain
 HC2 (9 honeycomb)	3 mm	22.18 mm	75.87%

Desain HC2 dengan ketebalan 3 mm memiliki nilai displacement sebesar 22,18 mm dan strain sebesar 75,87%. Meskipun bukan yang terendah dalam Tabel 4.8, hasil perhitungan menggunakan metode GRA menunjukkan bahwa desain ini memiliki nilai GRG tertinggi. Hal ini menandakan bahwa HC2 dengan ketebalan 3 mm merupakan desain paling optimal dibandingkan alternatif lainnya secara keseluruhan.



Gambar 7 (a) Perbandingan Hasil Displacement Pada Setiap Kombinasi (b) Perbandingan Hasil Strain Pada Setiap Kombinasi

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga konfigurasi struktur honeycomb (HC1, HC2, dan HC3) dengan variasi ketebalan 2 mm, 2,5 mm, dan 3 mm, ditemukan bahwa peningkatan ketebalan tidak selalu diikuti oleh peningkatan performa struktur. Contohnya, pada desain HC2, ketebalan 2,5 mm justru menghasilkan nilai strain tertinggi sebesar 218,78%, lebih besar dibandingkan ketebalan 2 mm

(147,71%) maupun 3 mm (75,87%). Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan material yang lebih besar tidak secara otomatis meningkatkan kemampuan penyerapan energi, karena sangat bergantung pada karakteristik internal struktur.

Temuan ini sejalan dengan hasil studi sebelumnya, yang menyatakan bahwa struktur multi-cell dengan jumlah sel lebih banyak tidak selalu memiliki kinerja crashworthiness yang lebih baik [4]. Dalam beberapa kasus, konfigurasi dengan jumlah sel lebih sedikit justru lebih efektif dalam menyerap energi, terutama jika distribusi material dan interaksi antar elemen dirancang dengan optimal. Oleh karena itu, performa struktur tidak hanya ditentukan oleh jumlah sel atau ketebalan, tetapi juga oleh desain topologi dan konektivitas internalnya.

Dengan demikian, baik dari hasil simulasi maupun dukungan literatur, dapat disimpulkan bahwa ketebalan dan jumlah sel tidak dapat dijadikan satu-satunya acuan dalam menilai kinerja struktur honeycomb. Evaluasi terhadap distribusi material, arah beban, serta geometri internal sangat penting dalam merancang struktur peredam tumbukan yang efektif.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis menggunakan metode Grey Relational Analysis (GRA), dapat disimpulkan bahwa desain struktur honeycomb berpengaruh signifikan terhadap kemampuan kontainer dalam meredam benturan saat dijatuhkan dari ketinggian. Kombinasi HC2 dengan ketebalan 3 mm menunjukkan performa paling optimal, ditandai dengan nilai Grey Relational Grade (GRG) tertinggi sebesar 0,85, yang mengindikasikan bahwa konfigurasi ini paling mendekati kondisi ideal berdasarkan parameter displacement dan strain.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sel atau ketebalan tidak selalu menghasilkan peningkatan performa. Beberapa kombinasi dengan jumlah sel atau ketebalan lebih rendah justru menunjukkan hasil yang lebih baik, tergantung pada distribusi material serta karakteristik geometris internal struktur. Oleh karena itu, dalam merancang struktur honeycomb sebagai peredam tumbukan, penting untuk mempertimbangkan keseimbangan antara jumlah sel, ketebalan, dan efisiensi penyerapan energi, bukan hanya peningkatan dimensi semata.

REFERENSI

- [1] H. Chen, Z. Hu, and S. Solak, "Improved delivery policies for future drone-based delivery systems," *Eur J Oper Res*, vol. 294, no. 3, pp. 1181–1201, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.ejor.2021.02.039.
- [2] M. E. Bruni, S. Khodaparasti, and G. Perboli, "Energy Efficient UAV-Based Last-Mile Delivery: A Tactical-Operational Model With Shared Depots and Non-Linear Energy Consumption," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 18560–18570, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3247501.
- [3] A. Al Ayub Ahmed, S. Rajesh, S. Lohana, S. Ray, J. P. Maroor, and M. Naved, "Using Machine Learning and Data Mining to Evaluate Modern Financial Management Techniques," in *Smart Innovation, Systems and Technologies*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 249–257. doi: 10.1007/978-981-19-0108-9_26.

- [4] N. Qiu, Y. Gao, J. Fang, G. Sun, and N. H. Kim, "Topological design of multi-cell hexagonal tubes under axial and lateral loading cases using a modified particle swarm algorithm," *Appl Math Model*, vol. 53, pp. 567–583, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.apm.2017.08.017.
- [5] H. Mohammadi *et al.*, "An insight from nature: Honeycomb pattern in advanced structural design for impact energy absorption," Jan. 01, 2023, *Elsevier Editora Ltda*. doi: 10.1016/j.jmrt.2022.12.063.
- [6] D. Hameed Ali Alanbari, A. Sajeda Kadim Alkindi, and S. Hameed Al, "Biomimicry Design Spiral :Nature as A model," *J Algebr Stat*, vol. 13, no. 2, pp. 2335–2345, 2022, [Online]. Available: <https://publishoa.com>
- [7] H. Yulong *et al.*, "Energy absorption of self-similar inspired multi-cell tubes under quasi-static and dynamic loading," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 21, pp. 2853–2867, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.10.096.
- [8] J. Yang, Y. J. Wang, H. C. Zhou, H. F. Zhou, H. R. Liu, and X. R. Wang, "Optimizing the Honeycomb Spoke Structure of a Non-Pneumatic Wheel to Reduce Rolling Resistance," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 13, Jul. 2024, doi: 10.3390/app14135425.
- [9] O. Kabas, H. K. Celik, A. Ozmerzi, and I. Akinci, "Drop test simulation of a sample tomato with finite element method," *J Sci Food Agric*, vol. 88, no. 9, pp. 1537–1541, Apr. 2008, doi: 10.1002/jsfa.3246.

