

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Kajian Eksperimen Deffoormasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis****Sudirman Lubis^{1*}, Chandra A. Siregar², Irpansyah Siregar³, Edi Sarman Hasibuan⁴**^{1,2,3,4)} Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*E-mail: sudirmanlubis@umsu.ac.id

ABSTRACT

Humans have always tried to create new materials that have a strong, rigid, lightweight, and inexpensive construction. The honeycomb structure is a man-made material that has a honeycomb geometry to minimize the amount of material used, to achieve a minimum weight so that a light mass is obtained for the construction. The honeycomb structure is commonly used in aerospace, transportation, F1 competitions, and many other industries. In general, the purpose of this study is to determine the level of deformation, strain stress that occurs in the honeycomb structure that is statically tested. Honeycomb is made using aluminum material with a thickness of 0.4 mm and then formed with a hexagonal size that varies with 2 mm, 4 mm, and 6 mm. This compressive test is carried out using a Universal Testing Machine with 2 positions namely horizontal and vertical. The specimen is pressed until it has a visible point on the graph. The results that have been found from this compressive test in the form of deformation values and the maximum force acting on the specimen. From the results of the comparison of hexagonal size variations, it can be concluded that the larger the hexagonal honeycomb size, the greater the deformation that occurs.

Keywords: *Pressure Deffoormation on Honeycomb Structure***PENDAHULUAN****Latar Belakang**

Mengembangkan hal-hal baru dan meningkatkan kualitas sudah menjadi keharusan bagi industri untuk tetap eksis, berkembang dan maju yang menjadi nilai lebih sesuai zaman sekarang. Kelebihan yang diperoleh akan bernilai guna, ekonomis, praktis, dan efisien. Terutama yang berhubungan dengan bidang konstruksi manufaktur dengan kelebihan tersebut akan mendorong manusia untuk menciptakan material baru untuk memenuhi kebutuhan industri, salah satu industri yang membutuhkan inovasi baru yaitu pesawat terbang.

Konstruksi badan pesawat terbang merupakan hal yang diperlukan inovasi baru, Struktur sarang lebah merupakan struktur (material) alami atau buatan manusia yang memiliki geometri berbentuk sarang lebah. Dari bentuk struktur ini dimanfaatkan untuk meminimalisasi jumlah penggunaan material yang bertujuan untuk mencapai bobot massa yang ringan dan biaya yang relatif murah terhadap konstruksi badan pesawat. Selain fokus pada massa material yang ringan, juga didapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit. Setiap material yang diberikan beban akan mengalami perubahan (deformasi), besar nilai deformasi dapat diketahui karena nilai tegangan dan

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

regangan yang terjadi pada material yang diberi beban, deformasi pada bagian-bagian tertentu sangat tidak diinginkan.

Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah, lunak tetapi memiliki ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh *hans Christian oersted*. Baru diakui secara pasti oleh *F. Wohler* pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah Bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, amplas dan permata sintesis. Aluminium merupakan salah satu golongan III A yang merupakan unsur logam yang berwarna putih perak mengkilat. Aluminium juga merupakan 10 gram elektropositif dan diudara aluminium merupakan logam yang tahan terhadap karat. Aplikasi teknologi modern umumnya membutuhkan material dengan kombinasi properties yang tidak biasa yang tidak ditemukan dimaterial konvensional, keramik maupun polimer. Oleh karena itu muncul jenis material baru yang dipadukan dengan aluminium, karena memiliki sifat yang diperlukan dan memenuhi kegunaannya, dengan kombinasi properties skala makro dan berkembang pesat pada saat sekarang ini yang disebut dengan material komposit.

Sifat-sifat umum aluminium yang lebih unggul bila dibandingkan dengan logam lain sehingga penggunaan aluminium banyak digunakan dalam sehari – hari, adapun sifat umum aluminium adalah sebagai berikut:

1. Ringan
2. Kuat
3. Ketahanan Terhadap Korosi
4. Daya Hantar Listrik yang baik
5. Anti Magnetis
6. Toksifitas
7. Kemudahan diproses (tempa)

Aluminium memiliki sifat fisika yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Sifat Fisika Aluminium

No	Sifat	Nilai
1	Jari-jari atom	Empiris :143 pm
2	Volume atom	10 cm ³ /gr.atm
3	Density (660° C)	2,368 gr/.atm
4	Density (20°C)	2,698 gr/ atm
5	Potensial elektroda (25° C)	-1,67 volt
6	Kapasitasa panas (25° C)	5,38 cal/mol °C
7	Panas pembakaran	399 cal/gr mol
8	Tensile strength	700 Mpa
9	Kekasaran brinell	12-16 skala mehs
10	Hantaran panas (25°C)	0,49 cal/det °C
11	Valensi	3

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

No	Sifat	Nilai
12	Kekentalan	0,0127 poise
13	Panas peleburan	94,6 cal/gr
14	Panas uap	200 cal/gr
15	Massa atom	26,98
16	Titik lebur	660 °C
17	Titik didih	2452 °C
18	Tegangan permukaan	900 dyne/cm
19	Tegangan tarik	4,76 kg/mm

Sarang Lebah Aluminium adalah struktur material buatan yang mempunyai banyak bentuk seperti persegi, segitiga, belah ketupat atau kagome dan bentuk sel yang berbeda pula, masing masing bentuk memiliki keuntungan yang juga berbeda, misalnya sarang lebah persegi akan lebih baik menjadi inti pada panel sandwich untuk beban implusif intens, karena perlawanan penghancuran baik, kekuatan melintang yang besar dan kuat dalam peregangan [1].

Sarang lebah aluminium banyak digunakan dibidang industri material pembuatan kereta api, pesawat dan otomotif karena memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik [2]. Bentuk sarang lebah memiliki kelebihan dibanding dengan material konvensional lainnya, antara lain:

1. Ringan
2. Memiliki kekuatan yang baik
3. Tahan lama
4. Mengurangi biaya produksi

Konstruksi sarang lebah ini Merupakan konstruksi berlapis atas lembaran tipis bermodulus tinggi (kulit kuat) dan inti ringan. Permukaan menahan beban, inti membatasi permukaan serta memindahkan gaya-gaya geser, diantaranya agar efektif seputar sumbu bersama. Semasa perang dunia II konstruksi sarang lebah berdasarkan panel berkulit *plywood* berinti sarang lebah, sekarang polimer lebih banyak digunakan pada bagian sayap dan ekor pesawat terbang [3].

Selain aplikasi di industri kedirgantaraan, dimasa ini konstruksi sarang lebah telah banyak juga digunakan untuk bagian dari transportasi salah satunya badan mobil F1, alat-alat olahraga, struktur kapal dan industri migas (xiuhui dkk 2016). Struktur sarang lebah terdiri dari berbagai macam material dan konfigurasi yang tidak terbatas. Struktur Honeycomb Sandwich umumnya terbuat dari material komposit, sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut. Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga didapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit tersebut [4]. Pemilihan honeycomb sebagai konstruksi bahan yang akan digunakan, telah mendapat berbagai pertimbangan berdasarkan kebutuhan, sehingga penggunaan bahan ini adalah pilihan yang tepat dan memenuhi kriteria yang diinginkan. Adapun beberapa pertimbangan struktural honeycomb yaitu;

A. Pertimbangan Struktura

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

1. Kekuatan

Inti dari struktur Honeycomb Sandwich ini dan material lapisan yang memiliki sifat mekanik yang baik dapat menghasilkan peningkatan material terhadap kekuatannya [5].

2. Kekakuan

Struktur Honeycomb Sandwich yang sering digunakan untuk mendapatkan kekakuan yang tinggi dan juga bobot yang ringan. Gaya geser yang bekerja pada core relatif rendah, namun pemilihan material yang tepat harus tepat untuk memungkinkan tegangan geser yang terjadi.

B. Lingkungan

1. Temperatur

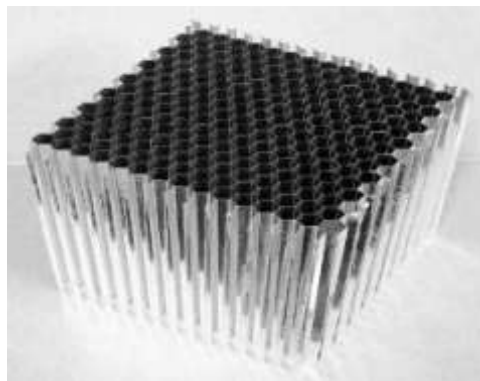
Pemilihan material yang tepat terhadap aplikasi Honeycomb Sandwich untuk dapat bekerja secara baik umumnya berkisar pada temperatur -55°C to 170°C .

2. Flammability

Kategori pertimbangan lingkungan terhadap Flammability ini terdiri dari

- Tidak terbakar (tahan mula terbakar)
- Dapat mengurangi penyebab peningkatan api ketika terbakar
- Dapat memisahkan terjadinya peningkatan terbakar pada material

3. Heat transfer



Gambar 1.sarang Lebah Aluminium

Komposit sandwich ini merupakan jenis komposit struktur yang potensial untuk dikembangkan dalam aplikasi manufaktur. Struktur komposit *sandwich* terdiri dari dua buah permukaan (*skin*) tipis, kaku dan kuat yang diikat dengan inti (*core*) tebal, ringan dan lemah memakai bahan perekat. Inti/core sebuah komposit *sandwich* dibuat ringan, harganya murah, harus mampu menjamin permukaan yang didukung dan dipisahkan, dapat bekerja sebagai satu kesatuan serta harus tahan terhadap beban geser transversal dan normal transversal. Material *core* yang sering digunakan dalam penelitian antara lain kayu (sengon laut, balsa), *Foam* (PVC, PU), struktur *honeycomb* dan lain-lain [3].

Bagian-bagian dari komposit *sandwich* yaitu

1. Skin

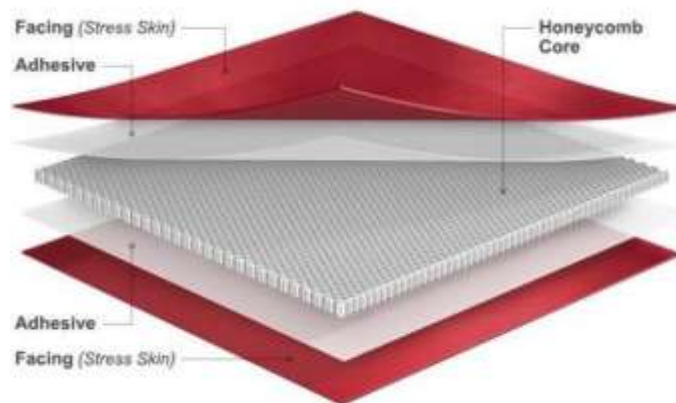
Merupakan bagian yang berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*, *skin* biasanya mempunyai rigid atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium, baja, stainless steel bisa digunakan untuk bagian ini

2. Core

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Merupakan bagian yang sangat penting dari *sandwich*, dimana *core* harus memiliki bagian yang cukup yang cukup kaku agar jarak antara permukaan terjaga dengan kekakuan yang dimiliki oleh *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi slide antar permukaan. Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan memiliki densitas yang rendah, *core* biasanya memiliki syarat lain, seperti tingkat kadar air, *buckling*, umur yang panjang dan lain sebagainya [6].

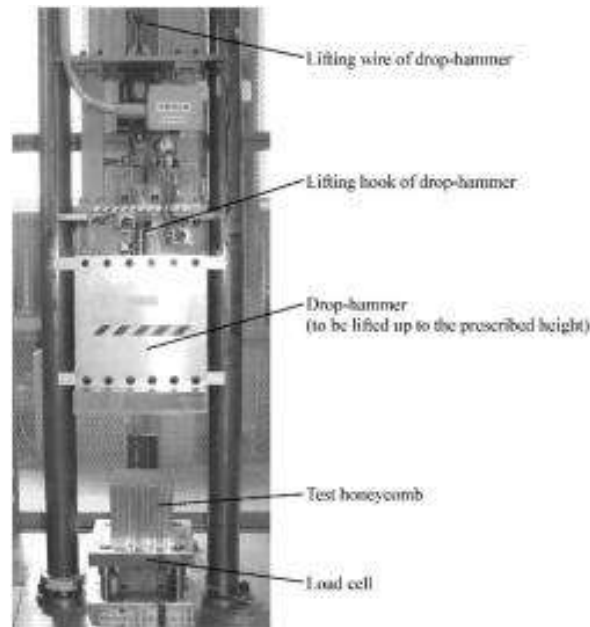


Gambar 2. Struktur sandwich honeycomb [7]

Universal Testing Machine (UTM) adalah alat yang digunakan untuk menguji kekuatan satu bahan materil, dengan jenis pengujian statik yang berupa uji tarik (Tensile Test), uji kelenturan (flexure/bend Test), uji tekan (Compress Test) maupun pengujian dinamik (Fatigue Test). Material yang dapat diuji yaitu karet, plastik, tekstil, kertas, kayu, bahan makanan / makanan olahan, buah-buahan, kabel, metal, lem, komposit, aspal dan berbagai jenis bahan lainnya. Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu.

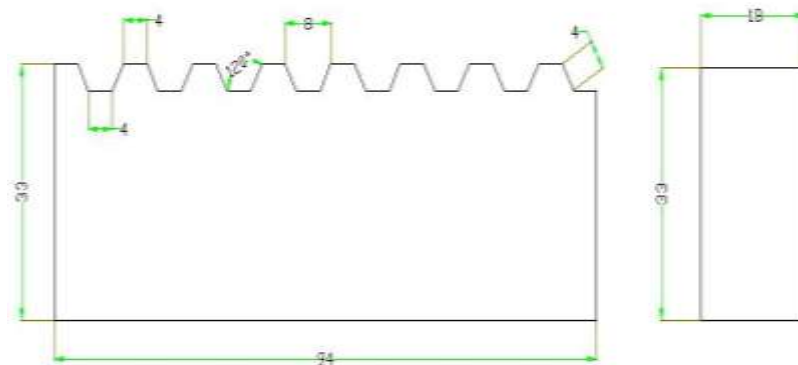
Deformasi adalah perubahan bentuk dari suatu benda akibatkan menerima gaya atau pada saat benda itu bekerja. Deformasi dalam mekanika kuantum adalah perubahan sebuah benda dari kondisi semula ke kondisi terkini. Makna dari “kondisi” dapat diartikan sebagai serangkaian posisi dari semua partikel yang ada di dalam benda tersebut. Penyebab terjadinya deformasi dapat disebabkan oleh gaya eksternal, gaya internal (seperti gravitasi atau gaya elektromagnetik) atau perubahan temperatur di dalam benda (pemuaian) [8]. Rumus deformasi/pertambahan panjang adalah :

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = \frac{\sigma \cdot l}{E} = \frac{P \cdot l}{A \cdot E}$$



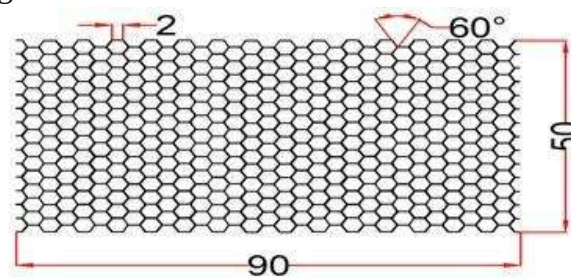
Gambar 3. Universal Testing Machine [9].

cetakan spesimen yang berbentuk struktur sarang lebah dengan dimensi ukuran 4 mm



Gambar 4. Cetakan spesimen ukuran 4mm

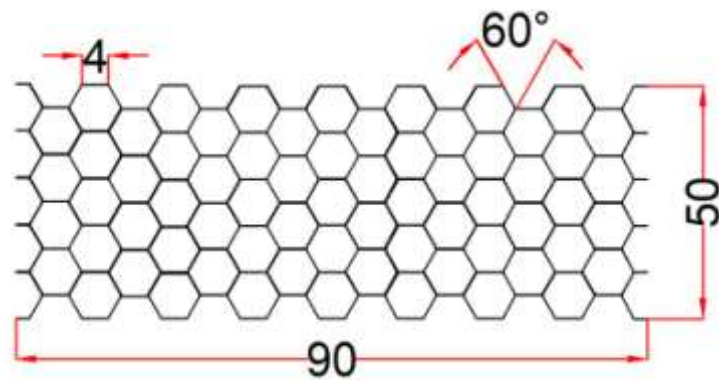
Dimensi spesimen hexagonal 2 mm



Gambar 5. Dimensi specimen hexagon 2 mm

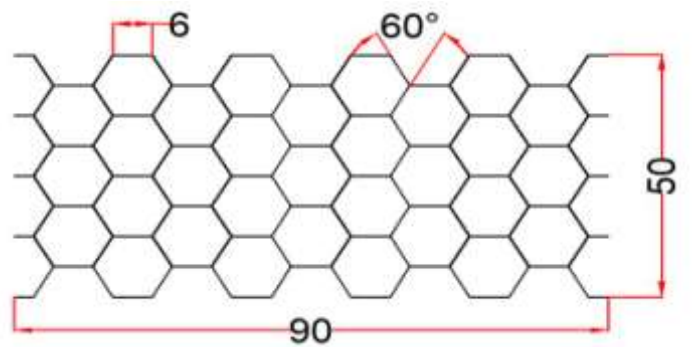
Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Dimensi spesimen hexagonal 4 mm

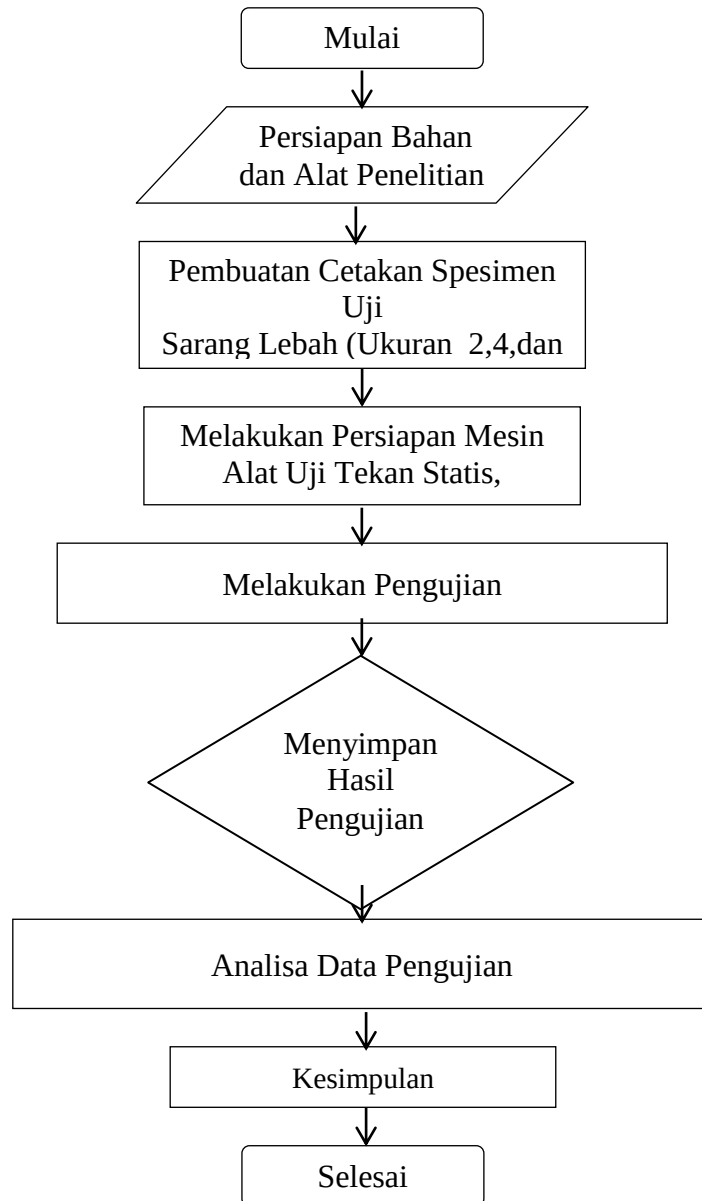


Gambar 6. Dimensi spesimen hexagon 4 mm

Dimensi spesimen hexagonal 6 mm



Gambar 7. Dimensi spesimen hexagon 6 mm

METODE PENELITIAN

Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

Metode yang dilakukan dalam Penelitian ini adalah dimulai dari pengumpulan data, desain dan pembuatan sarang lebah aluminium dengan ukuran variasi **hexagonal** dan diuji secara **Statis**. Pengujian menggunakan alat uji tekan statis untuk mengetahui deformasi, sehingga memperoleh kekuatan dan ketahanan struktur sarang lebah dengan variasi ukuran hexagonal.

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen ukuran 2 mm mengalami perubahan bentuk setelah mengalami uji tekan, perubahan bentuk dapat dihitung metode yang ada. Perubahan bentuknya dapat dilihat seperti pada gambar:



(a)

(b)

Gambar 8. spesimen (a) sebelum diuji (b) setelah diuji

a. Deformasi

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

$$\Delta l = \frac{25.864,16}{384.873,6003} = 1,542 \text{ mm}$$

b. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{25864,16 \text{ N}}{384} = 67,355 \text{ Mpa}$$

a. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = 0,077 \text{ mm}$$

KESIMPULAN

1. Spesimen yang digunakan terbuat dari bahan aluminium dengan ketebalan 0,4 mm yang dibentuk secara hexagonal dengan ukuran variasi, 2 mm, 4 mm dan 6 mm
2. Pengujian tekan statis dilakukan untuk mengetahui nilai deformasi pada spesimen
3. Pengujian menggunakan alat uji Universal Testing Machine yang memiliki gaya tekan/tarik maksimal sebesar 5000 kg atau 49000 N
4. Kekuatan dan ketahanan maksimum spesimen diketahui dari nilai/titik tertinggi deformasi, gaya, tegangan dan regangan pada spesimen

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

5. Dari hasil data pengujian dapat disimpulkan bahwa Semakin besar ukuran hexagonal, maka semakin besar nilai deformasi yang diperoleh, Jika Semakin besar ukuran hexagonal maka semakin kecil gaya yang bekerja.
6. Dari perbandingan pengujian pada horizontal dan vertikal dapat disimpulkan bahwa nilai deformasi pada pengujian horizontal lebih rendah dibanding pengujian vertikal, nilai gaya pada pengujian horizontal lebih tinggi dibanding pada pengujian, vertikal dan nilai tegangan pada pengujian horizontal lebih tinggi dari pada pengujian vertikal, nilai regangan pada pengujian horizontal lebih rendah dari pada pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Xiong Zhang , Hui Zhang, Zhuzhu Wen . (2014) Experimental and numerical studies on the crush resistance of aluminum honeycombs with various cell configurations. Hubei, PR China
- [2] B. Houa, H. Zhao b,, S. Patoatto b, J.G. Liu, Y.L. (2012) *Inertia Effects OnThe Progressive Crushing of Aluminium Honeycombs Under Impact Loading*. Northwestern Polytechnical University, China
- [3] Buitrago Brenda L., Santiuste Carlos, Saez Sonia Sanchez, Barbero Enrique, Navarro Carlos. (2009). *Modelling of Composite Sandwich Structures with Honeycomb Core Subjected to High-Velocity Impact*. Composite Structures.Spain
- [4] YanTing Ren , XinMing Qiu, TongXi Yu . (2014)*Theoretical Analysis of the Static and Dynamic Response of Tensor Skin*
- [5] Muzamil Hussain a, Rafiullah Khan b, Naseem Abbas c, (2018) Experimental and computational studies on honeycomb sandwich structures under static and fatigue bending load. Islamabad, Pakistan
- [6] F. López Jiménez a, N. Triantafyllidis a,b,c, (2013) Buckling of rectangular and hexagonal honeycomb under combined axial compression and transverse shear. Palaiseau Cedex, France
- [7] A. Abbadi a,b,*, Z. Azari a, S. Belouettar b, J. Gilgert a, P. Freres c. (2010).*Modelling The Fatigue Behaviour of Composites Honeycomb Materials(Aluminium/Aramide Fibre Core) Using Four-Point Bending Tests*. Ile duSaulcy, F-57045 Metz, France
- [8] Ines Ivanez, Lorena M Fernandez-Cañadas, Sonia Sanchez-saez. 2017. compressive deformation and energy-absorption capability of aluminium honeycomb core, 174, Pages 123-133, Publisher Elsevier
- [9] M.Yamashita, M.Gotoh, 2005. Impact behavior of honeycomb structures with various cell specifications—numerical simulation and experiment, Edited by W.J. Stronge, Volume 32, Issues 1–4, Pages 1-668 (December 2005)
- [10] E.G. Loukaides, K.A. Seffen (2015) *Multistable Grid and Honeycomb Shells*. University of Cambridge
- [11] M. Yamashita, M. Gotoh . (2005) *Impact Behavior of Honeycomb Structures With Various Cell Specifications Numerical Simulation And Experiment*. Gifu University, Japan