

## Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis

Sudirman Lubis<sup>1\*</sup>, A M Siregar<sup>2</sup>, C A Siregar<sup>3</sup>, Irpansyah Siregar<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

\*Email: sudirmanlubis@umsu.ac.id

### ABSTRACT

*The honeycomb structure is a natural or man-made structure (material) that has a honeycomb geometry, which is aimed at lightweight construction material companies, also getting a quality level from the material selection. The purpose of this study was to analyze the energy absorption ability of the statistical pressure tester. Energy absorption is a method of how an object attenuates due to external pressure. The energy absorption test was carried out by means of a statistical press test, the test object made from aluminum plates in the form of a honeycomb structure with different hexagonal size variations. This section will compare the results of the stress-strain and energy absorption data on each tested specimen to see which one is more efficient among the three specimens with different hexagonal sizes. The final result of this tester will use a graph of vertical stress - strain and energy absorption capability by horizontal and vertical testing. Therefore the results of the greatest energy absorption are in the horizontal test position with a hexagonal size of 2 mm, and the energy placement is in a vertical test position with a hexagonal size of 6 mm.*

**Keywords:** Honeycomb structure; Energy Absorption; Static Press Testing

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia akan kemudahan dan efisiensi dalam bidang perindustrian. Dalam perkembangan dunia industri, terutama yang berhubungan dengan penelitian bahan dan penggunaannya. Pemanfaatan struktur sarang lebah dalam industri telah berkembang pesat. Beberapa industri yang membutuhkan konstruksi ringan, kaku dan kuat telah memanfaatkan struktur ini. Industri yang telah memanfaatkan struktur ini diantaranya industri pesawat terbang, perkapalan, otomotif dan bangunan. Struktur sarang lebah (*Honeycomb*) merupakan struktur (material) alami atau buatan manusia yang memiliki geometri sarang lebah meminimalisasi jumlah material yang digunakan untuk mencapai bobot yang minimal dan biaya yang relatif murah, 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 tersebut. Struktur ini umumnya digunakan pada aplikasi kedirgantaraan, transportasi, perlombaan (F1) dan banyak lagi industri-industri yang lainnya. Maka dalam proses produksinya banyak menggunakan alat-alat atau mesin untuk menguji kualitas suatu material, salah satunya kekuatan dari material tersebut. Penggunaan mesin tersebut banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun kecil, mesin mempunyai berbagai jenis klasifikasi yang sesuai dengan kebutuhan dilapangan.

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus *Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat. Sehingga komposit dapat disimpulkan adalah sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

### Komposit Sandwich

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 (*adhesive*). 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), stuktur *honeycomb* dan lain-lain. Adapun bagian dari komposit *sandwich* antara lain)

#### A. Skin

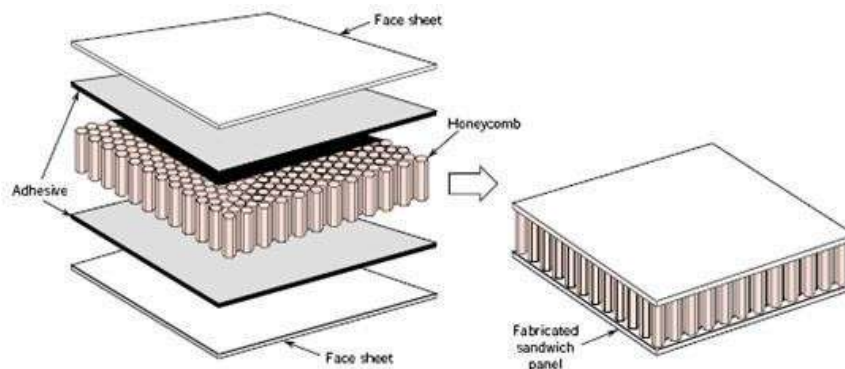
Merupakan bagian yang berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*, *skin* biasanya mempunyai rigid atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium, baja, stainless steel bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material yang berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan fiber adalah pilihan yang baik karena bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan, serta bentuk permukaan yang baik.

#### B. Core

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.

#### C. Adhesive

Adalah suatu bahan yang akan merekatkan antara *skin* dan *core*, selain untuk merekatkan *adhesive* juga harus mentransfer gaya geser antara *skin* dan *core* agar kekuatan dari *sandwich* tetap terjaga. *Adhesive* juga harus mampu menjaga regangan dan gaya geser. *Sandwich Honeycomb* seperti Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Sandwich Honeycomb

### Sarang Lebah (*Honeycomb*)

Struktur *Honeycomb* terdiri dari berbagai macam material dan konfigurasi yang tidak terbatas. Struktur *Honeycomb* umumnya terbuat dari material komposit, sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut. Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga di dapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit tersebut. Pertimbangan struktural pada sarang lebah (*Honeycomb*) *sandwich* yaitu :

#### 1. Kekuatan

Inti dari struktur *Honeycomb Sandwich* ini dan material lapisan yang memiliki sifat mekanik yang baik dapat menghasilkan peningkatan material terhadap kekuatannya. Selain itu

perawatan terhadap kerusakan maupun kecacatan material harus selalu diperiksa berjangka untuk memastikan bahwa tidak ada perubahan bentuk atau kelainan lainnya yang dapat membuat konstruksi dari *Honeycomb Sandwich* tersebut berkurang kekuatannya.

#### 2. Kekakuan

Struktur *Honeycomb Sandwich* yang sering digunakan untuk mendapatkan kekakuan yang tinggi dan juga bobot yang ringan. Gaya geser yang bekerja pada core relative rendah, namun pemilihan material yang tepat harus tepat untuk memungkinkan tegangan geser yang terjadi. Selain itu faktor perekatan lapisan material atas dan bawah terhadap inti (*core*) juga berpengaruh terhadap pertimbangan struktural ini.

#### 3. Temperatur

Pemilihan material yang tepat terhadap *Honeycomb Sandwich* untuk dapat bekerja secara baik umumnya berkisar pada temperatur  $-55^{\circ}\text{C}$  -  $170^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. Flammability

*Flammability* ini terdiri dari 3 yaitu:

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

#### 5. Heat Transfer

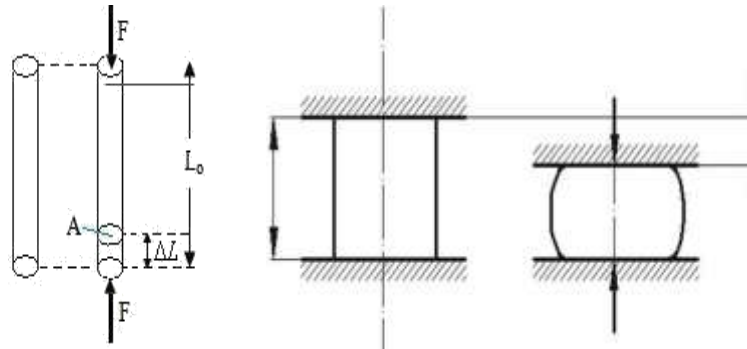
Perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi bergantung kepada pemilihan material tersebut. Akan tetapi struktur *Honeycomb Sandwich* lebih baik untuk ketiga perpindahan panas tersebut dibandingkan dengan struktur konvensional lainnya. Umumnya bentuk sel pada struktur *Honeycomb Sandwich* ini berbentuk segi enam dengan ukuran yang berbeda-beda sesuai kebutuhan dan memungkinkan ada pengembangan selanjutnya yang memvariasikan bentuk-bentuk khusus guna mendapatkan karakteristik tertentu dari penggunaan *Honeycomb Sandwich* ini.

#### - Uji Tekan

Benda memiliki kekuatan yang tak bisa di terka atau di perkirakan, terkadang ada benda yang memiliki kekuataa yang kuat dan juga ringan. Namun berhati hatilah terhadap benda kuat atau berat yang akan bisa melukai diri kita dan sampai membuat kita meninggal. Namun setelah berkembangnya dunia pada saat sekarang ini kekuatan benda tersebut dapat di ukur atau di ketahui dengan alat uji tekan. Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Pada umumnya uji tekan ini digunakan pada logam yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas di saat melakukan pengujian benda tersebut.

#### - Pengujian Tekan Statik

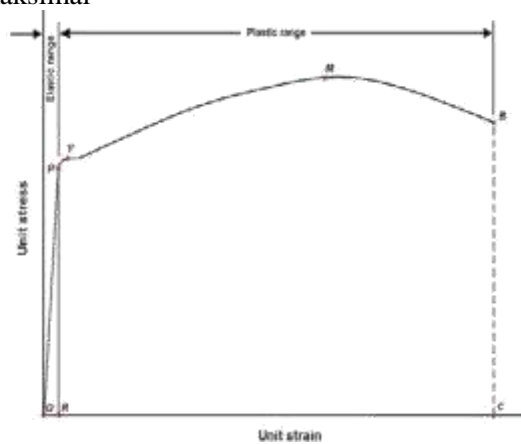
Tegangan tekan berlawanan dengan tegangan tarik. Jika pada tegangan tarik, arah kedua gaya menjahui ujung benda (kedua gaya saling berjauhan), maka pada tegangan tekan, arah kedua gaya saling mendekati. Dengan kata lain benda tidak ditarik tetapi ditekan (gaya-gaya bekerja di dalam benda). Kekuatan tekan material adalah nilai tegangan tekan uniaksial yang mempunyai modulus kegagalan ketika saat pengujian. Perubahan bentuk benda yang disebabkan oleh tegangan tekan dinamakan mampatan. Misalnya pada tiang-tiang yang menopang beban, seperti tiang bangunan mengalami tegangan tekan. Kekuatan tekan biasanya diperoleh dari percobaan dengan alat pengujian tekan. Ketika dalam pengujian nantinya, spesimen (biasanya silinder) akan menjadi lebih mengecil seperti menyebar. Perubahan benda yang disebabkan tegangan tekan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan benda yang disebabkan oleh tegangan tekan aksial

- Persamaan Tegangan – Regangan

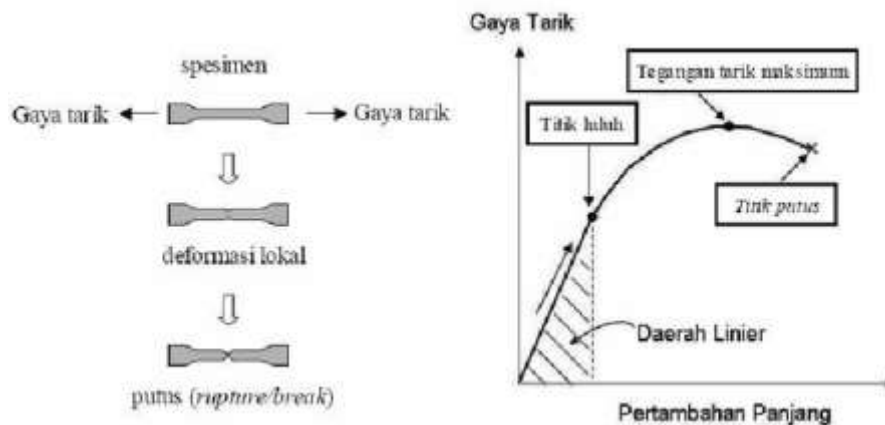
Sebuah batang atau selinder yang dikenai beban tekan akan mengalami perubahan panjang yang disertai pengurangan luas penampang pada daerah elastis material. Adapun kurva tegangan regangan akibat beban tekan dapat ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam penelitian ini terdapat bahan yang mengalami deformasi plastis jika terus diberikan tegangan dan bahan ini tidak akan berubah kebentuk semula. Biasanya material teknik terjadi pada daerah elastis yang hampir berimpitan dengan batas maksimal



Gambar 3. Kurva Tegangan regangan

- Uji Tarik

Uji tarik adalah sebuah pemberian gaya tarik atau tegangan tarik terhadap material untuk mengetahui kekuatan dari suatu material. Uji tarik dilakukan dengan cara memberikan gaya tarik secara terus menerus terhadap material, sehingga material tersebut mengalami perpanjangan yang meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan untuk menentukan nilai tarik material tersebut. Untuk mengetahui kekuatan tarik dari suatu material dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan yang terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat adanya hubungan tegangan-regangan selama proses uji tarik dilakukan. Uji tarik sering digunakan dalam kegiatan engineering untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Uji tarik sering dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu material dan sebagai data tambahan spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda yang diuji diberi gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji.



Gambar 4. Uji Tarik

#### - Penyerapan Energi

*Energy absorption materials* (EAMs) secara optimal dirancang untuk menyerap energi kinetik, static, deformasi plastik, maupun mekanisme lainnya. Bahan penyerap energi digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti contoh dalam bodi pesawat, mobil, perangkat elektronik, peralatan pelindung diri, peredam gelombang kejut, mengurangi getaran, maupun untuk mendistribusikan tekanan pada suatu benda. Pesatnya kemajuan teknologi ini telah memicu minat (EAMs) dengan kapasitas penyerapan yang lebih besar yaitu *energy absorption capacity* (EAC). Karena tingginya deformasi statik pada logam, ketangguhan yang sangat baik pada komposit, dan sebagainya. Bahan-bahan ini sudah banyak digunakan dalam struktur penyerapan energi, karena respon tegangan-regangannya sangat tinggi pada benda yang digunakan. Dalam hal penyerapan energi pada benda mau pun material dapat dipengaruhi oleh luas penampang. Luas penampang pada permukaan benda kerja sangat berpengaruh pada proses penyerapan energi ketika pada saat di uji tekan statik karena semakin besar luasan permukaan pada benda maka semakin besar pula kemampuan penyerapan energi yang dihasilkan pada benda begitu pulak sebaliknya.

### METODE PENELITIAN

#### Prosedur Pengujian Spesimen

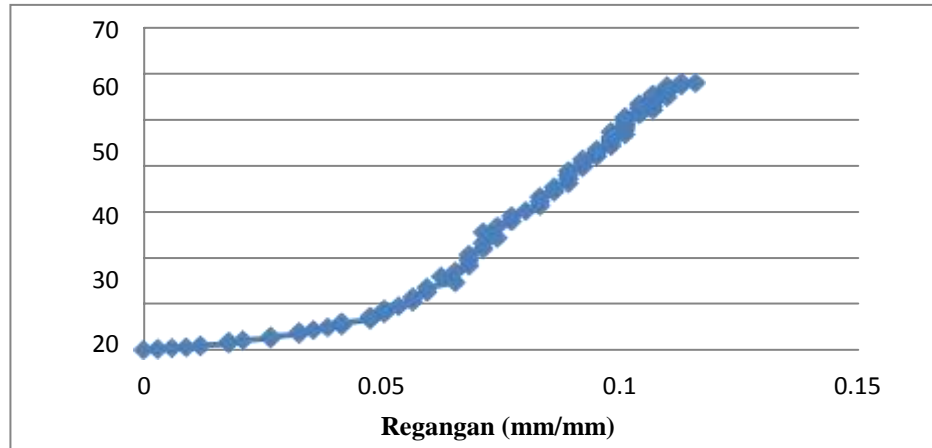
Adapun prosedur pengujian spesimen menggunakan alat uji tekan statis dapat dilihat sebagai berikut :

1. Menyiapkan CPU dan PC
2. Menghubungkan sensor ke CPU
3. Menghidupkan mesin dengan menekan tombol ON pada panel
4. Mengukur dimensi benda kerja
5. Memasukkan data dimensi benda kerja pada computer
6. Memasang *mensetting* benda kerja (spesimen) agar tidak memiliki *space* pada saat pengujian dan mengencangkan baut pengunci
7. Putar *switch setting > testing*
8. Tekan tombol start
9. Setelah benda kerja mengalami perubahan bentuk, simpan data pada computer
10. Tekan tombol *OFF* seperti pada
11. Pindahkan data menggunakan disk
12. Matikan alat uji dan bersihkan alat yang digunakan.

Mesin uji tekan ini berjalan secara manual, sehingga meskipun spesimen uji tekan mencapai batas optimal hingga berubah bentuk, alat ini akan terus berjalan. Karena itu diperlukan operator yang selalu berada disisi mesin untuk mengontrol proses pengujian tekan statis

HASIL DAN PEMBAHASAN

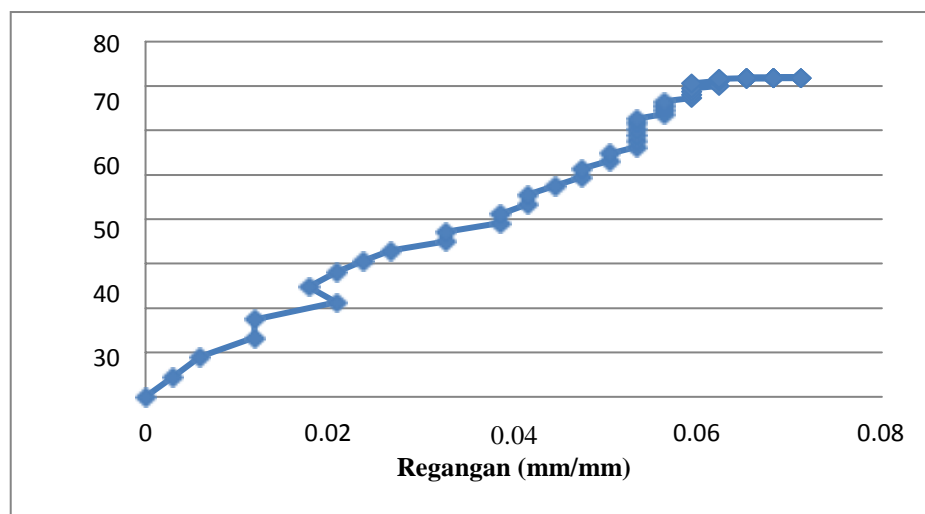
- a. Grafik tegangan regangan spesimen 1 ukuran (hexagonal 2 mm)  
Dari perhitungan diatas maka didapat grafik tegangan regangan sebagai berikut ini :



Gambar 5. Grafik Tegangan regangan 2 mm.

Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai tegangan puncak sebesar 57,71408 Mpa, dan nilai regangan sebesar 0,11275 mm/mm.

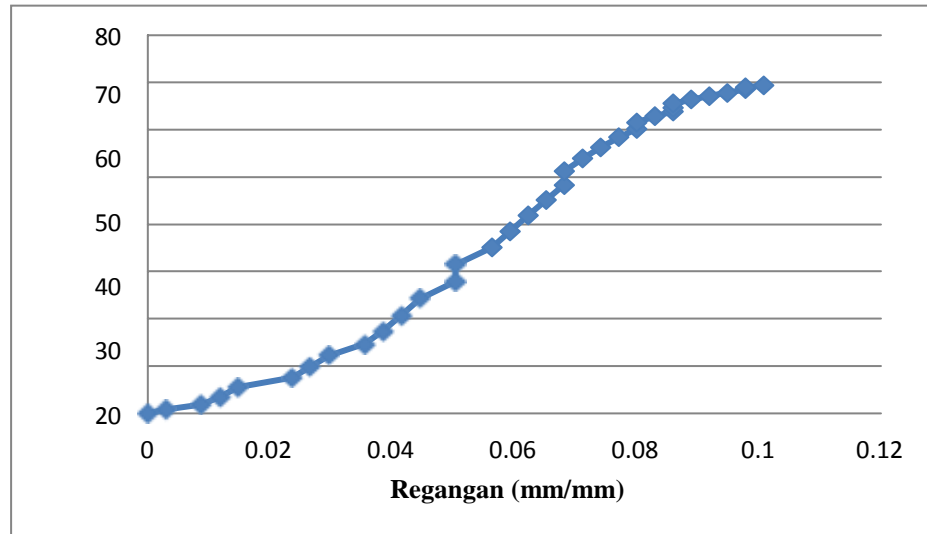
- b. Grafik tegangan regangan spesimen 2 ukuran (hexagonal 4 mm)  
Dari perhitungan diatas maka didapat grafik tegangan regangan sebagai berikut ini



Gambar 6. Tegangan Regangan 4 mm

Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai tegangan puncak sebesar 71,84913 Mpa, dan nilai regangan sebesar 0,0682 mm/mm.

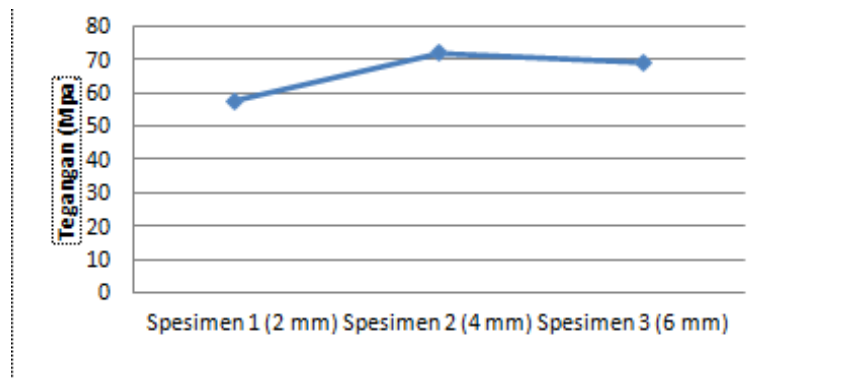
- c. Grafik tegangan regangan spesimen 3 ukuran (hexagonal 6 mm)  
Dari perhitungan diatas maka didapat grafik tegangan regangan sebagai berikut in:



Gambar 7. Tegangan Regangan 6 mm

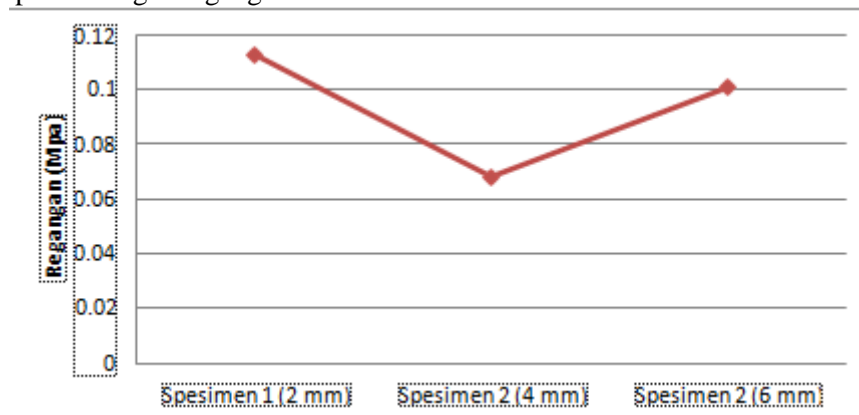
Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai tegangan puncak sebesar 69,06004 Mpa, dan nilai regangan sebesar 0,10085 mm/mm.

- Perbandingan Grafik Tegangan dan Regangan



Gambar 8. Grafik perbandingan tegangan

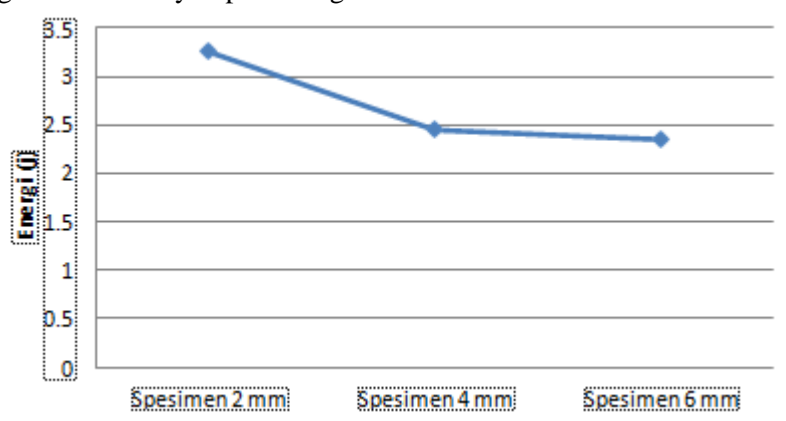
- Grafik perbandingan regangan



Gambar 9. Grafik Perbandingan Regangan

Dapat disimpulkan bahwa dari grafik perbandingan tegangan dan regangan didapat bahwa pada perbandingan tegangan pada spesimen 1, 2, dan 3 didapat tegangan terbesar terdapat pada spesimen 2 dengan ukuran (hexagonal 4 mm) sebesar 71,84913 Mpa, dan tegangan terendah terdapat pada spesimen 1 dengan ukuran (hexagonal 2 mm) sebesar 57,71408 Mpa. Regangan terbesar terdapat pada spesimen 1 dengan ukuran (hexagonal 2 mm) sebesar 0,11275 mm/mm, dan regangan terendah terdapat pada spesimen 2 dengan ukuran (hexagonal 4 mm) sebesar 0,0682 mm/mm.

- Perbandingan Grafik Penyerapan Energi



Gambar 10. Grafik Perbandingan penyerapan energy

Dari grafik diatas dapat disimpulka bahwa penyerapan energi terbesar terdapat pada spesimen 1 dengan ukuran (hexagonal 2 mm) sebesar 2,25363 joule, dan penyerapan energi terendah terdapat pada spesimen 3 dengan ukuran (hexagonal 6 mm) sebesar 2,35494 joule. Hal ini bisa diakibatkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu karena perbedaan luas penampang pada permukaan benda kerja, semakin besar permukaan benda maka semakin besar pula penyerapan energi yang terjadi pada benda seperti pada penelitian ini dimana luas penampang pada spesimen pertama adalah sebesar 691,2 mm, sedangkan pada spesimen ketiga luas penampangnya adalah sebesar 384 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar luas penampang pada benda maka semakin besar pula kemampuan penyerapan energi pada benda akibat beban statis.

### KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian tekan statis pada posisi horizontal didapat tegangan maksimum pada masing – masing spesimen yaitu spesimen 1 (ukuran hexagonal 2 mm) adalah 57,71408 Mpa, spesimen 2 (ukuran hexagonal 4 mm) adalah 71,84913 Mpa, spesimen 3 (ukuran 6 mm) adalah 69,06004 Mpa. Dan hasil pengujian tekan statis pada posisi vertikal didapat tegangan maksimum pada masing – masing spesimen yaitu spesimen 1 (ukuran hexagonal 2 mm) adalah 4,7787 Mpa, spesimen 2 (ukuran hexagonal 4 mm) adalah 0,84577 Mpa, spesimen 3 (ukuran 6 mm) adalah 0,63781 Mpa.
2. Pada pengujian tekan statis pada posisi horizontal didapat regangan maksimal spesimen 1 (ukuran 2 mm) adalah 0,11275 mm, spesimen 2 (ukuran 4 mm) adalah 0,0682 mm, dan spesimen 3 (ukuran 6 mm) adalah 0,10085 mm. Dan pada pengujian tekan statis pada posisi vertikal didapat regangan maksimal spesimen 1 (ukuran 2 mm) adalah 0,1504 mm, spesimen 2 (ukuran 4 mm) adalah 0,18396 mm, dan spesimen 3 (ukuran 6 mm) adalah 0,18752 mm.
3. Hasil penyerapan energi terbesar pada posisi horizontal terdapat pada spesimen 1 (ukuran hexagonal 2 mm) sebesar 3,25363 joule, sedangkan penyerapan energi terkecil terdapat pada spesimen 3 (ukuran hexagonal 6 mm) sebesar 2,35494 joule. Dan hasil penyerapan energi



terbesar pada posisi vertikal terdapat pada spesimen 1 (ukuran hexagonal 2 mm) sebesar 0,38 joule, sedangkan penyerapan energi terkecil terdapat pada spesimen 3 (ukuran hexagonal 6 mm) sebesar 0,0598 joule.

4. Semakin besar luas penampang pada suatu benda maka semakin besar pula kemampuan penyerapan energi pada suatu benda, begitu juga sebaliknya.
5. Kekuatan perekat atau matriks pada inti (*core*) sangat berperan penting terhadap kekuatan tegangan geser pada spesimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin Ajdari, Hamid Nayeb-Hashemi, Askhan Vaziri. (2011). *Dynamic crushing and energy absorption of regular, irregular and functionally graded cellular structures*. International Journal of solid and structures 48 (2011) 506-516.
- [2] Dongwei Wang. (2009). *Impact behavior and energy absorption of paper honeycomb sandwich panel*. International Journal of Impact Engineering 38 (2009) 110-114.
- [3] Mousanezhad, R. Ghosh, A. Ajdari, A.M.S. Hamouda, H.Nayeb-Hashemi, A.Vaziri. (2014). *Impact resistance and energy absorption of regular and functionally hexagonal honeycombs with cell wall material strain hardening*. International Journal of mechanical Science 89 (2014) 413-422
- [4] Howard G. Allen. (1969) " *Analysis And Design Of Struktural Sandwich Panels*. First Edition.
- [5] Hualin Fan, Yonghao Luo, Fan Yang, Weiwei Li. (2018). *Approaching perfect energy absorption through structural hierarchy*. International Journal of Engineering Science 130 (2018) 506-516.
- [6] Jones Norman. (2010). *Energy-absorbtion effectiveness factor*. International Journal of impact Engineering 37 (2010) 754-765.
- [7] Lijun Yi, Tienchong Chang, Xi-Qiao Feng, Yingyan Zhang, Ji Wang, Bin Huang. (2017). *Giant energy absorption capacity of grapheme-based carbon honeycombs*. Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University Beijing.
- [8] Sheng Duan, Yong Tao, hongshuai Lei, Weibin Wen, Jun Liang, Daining Fang. (2017). *Enhanced out-plane compressive strength and energy absorption of 3D printed square and hexagonal honeycombs with variable-thickness cell edge*. Extream Mechanics Letter (2017).
- [9] Prof. Ir. Tata Surdia (1999). *Pengujian tekan static. Buku Pengetahuan bahan Bahan Teknik*. Vol. 134.
- [10] Zhibin Li, Jilin Yu, Liuwei Guo. (2012). *Deformation and energy absorption of aluminum foam-filled tubes subjected to oblique loading*. International Journal of Mechanical Science 54 (2012) 48-56.
- [11] Shuai Xie, Zhijiang Ji, Yang Yang, Guoyan Hou, Jing Wang. (2016). *Electromagnetic wave absorption properties of honeycomb structured plasterboards in S and C bands*. Journal of Building Engineering 7 (2016) 217-223
- [12] Ahmad Marabdi Siregar, Juliansyah Fauzan Nasution. 2018. Efek Kecepatan Pembebanan Pada Bahan Baja Terhadap Kekuatan Tarik Impak. Tanggal terbit 2018/5/2. Jurnal MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Jilid 4. Terbitan 1.