

**PENGUJIAN *BENDING* PADA SPESIMEN SETENGAH
BOLA (*3D PRINT*) DENGAN STRUKTUR *HONEYCOMB RIBS*
DIPERKUAT *FIBERGLASS***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : David Yade Hinanda Putra

No. Mahasiswa : 18525059

NIRM :

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGUJIAN *BENDING* PADA PRODUK SETENGAH BOLA
(*3D PRINT*) DENGAN STRUKTUR *HONEYCOMB RIBS*
DIPERKUAT *FIBERGLASS***

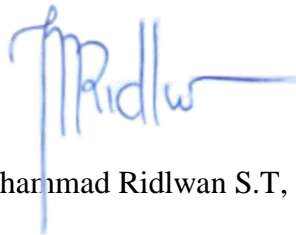
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : David Yade Hinanda Putra
No. Mahasiswa : 18525059
NIRM :

Yogyakarta, 15 November 2022

Pembimbing,



Muhammad Ridlwan S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGUJIAN *BENDING* PADA PRODUK SETENGAH BOLA
(*3D PRINT*) DENGAN STRUKTUR *HONEYCOMB RIBS*
DIPERKUAT *FIBERGLASS*


TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :


Nama : David Yade Hinanda Putra
No. Mahasiswa : 18525059
NIRM :

Tim Penguji


Muhammad Ridlwan S.T, M.T
Ketua


Tanggal : 28/11/2022

Arif Budi Wicaksono, ST., M.Eng.
Anggota I

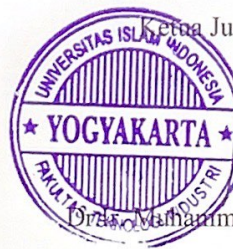

Tanggal : 28/11/2022

Faisal Arif Nurgesang, Ir.,S.T.,M.Sc
IPP
Anggota II


Tanggal : 28/11/2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Muhammad Khafidh S.T, M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah yang maha segalanya, dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual maka saya bersedia mengikuti hukuman maupun sanksi apapun sesuai hukum yang diberlakukan Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 21 November 2022




David Yade Hinanda Putra

18525059

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

Ibu saya Ir. Dewi Sumanti yang telah memberikan nasehat dan doa yang tulus kepada saya sampai penulisan tugas akhir ini selesai.

Abang saya Fandy Yade Wikarnata Putra S.T , adik saya Filzah Ghaisani Yade Putri yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.



HALAMAN MOTTO

“Baraja nan ka manang, Mancontoh ka nan sudah”

(Pepatah MinangKabau)

“Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan
pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia”

(Abu Bakar Asshidiq)

“Hidup bukanlah tentang ‘Aku Bisa saja’, namun tentang
‘Aku Mencoba’ Jangan pikirkan tentang kegagalan,
itu adalah pelajaran”

(Ir. Soekarno)

“Apapun itu, maka nikmatilah ‘Proses’nya”

(David Yade Hinanda Putra)

المعجزة الباقية
الاستدلال بالانوار

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya berupa keimanan, kekuatan, kesabaran, kelancaran, dan keselamatan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan umatnya. Penelitian ini tersusun sebagai hasil Tugas Akhir (TA) dipenuhi dalam menyelesaikan jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini berjudul “Pengujian *Bending* pada spesimen setengah bola (*3d print*) dengan struktur *honeycomb ribs* diperkuat *fiberglass*”.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak, baik yang berupa saran, kritik, bimbingan maupun bantuan lainnya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas rahmat, kesehatan, karunia, dan petunjuk-Nya yang telah diberikan;
2. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia;
3. Bapak Dr.Ir. Muhammad Khafidh S.T, M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia;
4. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan sejak awal hingga penyusunan TA ini selesai;
5. Dosen-dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang selalu berbagi ilmu baik dalam bidang akademik maupun non akademik;
6. Dewan Penguji yang memberikan saran dalam penulisan TA ini.

7. Mamakku tersayang Ir. Dewi Sumanti selaku orang tua serta Fandy Yade Wikarnata Putra S.T selaku Abang kandung , Filzah Ghaisani Yade Putri selaku Adik Kandung yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi yang tak pernah berhenti dan dukungan kepada penulis baik secara moral maupun material.
8. Sahabat-sahabat seperjuangan Teknik Mesin, Ahsanul Zikri S.T (Mas Kijok), Abdi Haritz S.T (Masdooy), Muhammad Alfaarisi Maulana Kasim S.T (Masyoo), Reezcky Noer Alamsyah (MasAleale), Muhammad Nur Faizun (MasAjun), Rio Ari Sandika (MasSlamet), Kemal Ali (MasSkrilex), Gufran Rahardi S.T (MasGopuuur), yang senantiasa berbagi suka cita, memberikan bantuan, semangat, dan dukungan;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah membantu dalam bentuk apa pun.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Laporan TA ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang sifatnya membangun selalu penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin ya robbal ‘alamiin

Wassalamualaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 1 Oktober 2022



David Yade Hinanda Putra

ABSTRAK

Komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik antar material berbeda yang diproduksi dengan proses pencampuran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur lapisan dan struktur sandwich. Pada prinsipnya komposit sandwich merupakan komposit yang tersusun dari 2 bagian yaitu bagian tengah sebagai core dan di bagian bawah serta atas sebagai skin. Pada penelitian ini menggunakan *fiberglass* (skin), dengan *core* PLA yang direkatkan menggunakan resin dengan metode *vacuum infusion*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat spesimen setengah bola dengan material PLA dilapisi skin *fiberglass* dengan metode *vacuum infusion* untuk mengetahui perbandingan nilai kekakuan masing-masing spesimen. Spesimen dibuat menggunakan mesin 3D Print dengan bahan PLA dengan infill 20% dan fill pattern *Gyroid*. Penelitian ini menggunakan pengujian *bending* untuk mengetahui kekakuan relatif dan kekakuan relatif spesifik pada masing – masing spesimen uji. Berdasarkan pengujian *bending* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa spesimen dengan *honeycomb ribs 5mm* memiliki nilai kekakuan relatif terbesar yaitu 10,83N/mm. Dari hasil analisis nilai kekakuan didapatkan bahwa semakin kecil diameter *honeycomb ribs* maka nilai kekakuannya semakin tinggi. Untuk nilai kekakuan spesifik menunjukkan bahwa spesimen *honeycomb ribs 5mm* memiliki nilai yang terbesar yaitu 0,126N/mm.gr.

Kata kunci: Komposit, *Fiberglass* , *Vacuum Infussion*, *Honeycomb Ribs*, PLA, Pengujian *Bending*

ABSTRACT

Composites are materials of two or more that have the characteristics of different inter material produced by mixing processes. Based on structure, composites can be divided into layered structures and sandwich structures. Based on principle, a composite of a sandwich is a composite of 2 parts in the middle and in the lower and upper part in the skin. Using fiberglass (skin), with a PLA core bonded with resin using the method of vacuum infusion. The study was to make a specimen half a ball with PLA materials coated skin fiberglass with the method of vacuum infusion to determine the comparative infusion of individual specimens. The specimen was created using a 3d print engine with PLA materials with infill at 20% and fill the pattern gyroid. The study uses bending testing to identify relative rigidity and relative rigidity in each test specimen. Based on completed bending testing, it suggests that specimens with a honeycomb ribs 5mm May have the largest relatif rigor of 10,83n /mm. The more extensive rigor analysis was obtained that the smaller the diameter of honeycomb ribs the higher the scale of their ribs. For specific rigidity suggests that a honeycomb ribs 5mm specimen has the largest value of 0.126n /mm.

The adjective: composites, fiberglass, vacuum infusion, honeycomb ribs, PLA, Bending testing

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Abstract	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Komposit	6
2.2.2 Komposit <i>Sandwich</i>	7
2.2.3 <i>3D Print</i>	9
2.2.4 Struktur <i>Honeycomb</i>	9
2.2.5 <i>Vacuum Infusion</i>	10
Bab 3 Metode Penelitian	12
3.1 Alur Penelitian	12

3.2	Peralatan dan Bahan.....	13
3.3	Dimensi Spesimen	19
3.4	Susunan Lapisan Komposit	22
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	23
4.1	Proses Pengerjaan	23
4.1.1	Pembuatan <i>Core</i> dengan Mesin 3D <i>Printing</i>	23
4.1.2	Proses <i>Vacuum Infusion</i>	24
4.1.3	Hasil Setelah <i>Vacuum Infusion</i>	26
4.2	Pengujian <i>Bending</i>	27
4.2.1	Prosedur Pengujian.....	27
4.2.2	Hasil Pengujian.....	28
4.3	Analisis	30
4.3.1	Defleksi.....	30
4.3.2	Kekakuan Relatif.....	35
4.3.3	Kekakuan Spesifik.....	43
4.4	Pembahasan	52
Bab 5	Penutup.....	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	54
Daftar Pustaka	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 Dimensi Spesimen Sebelum di Komposit.....	22
Tabel 3- 2 Dimensi Spesimen Sesudah di Komposit	22
Tabel 4- 1 Parameter proses pembuatan core	23
Tabel 4- 2 Data Hasil Pengujian (sebelum dikomposit).....	28
Tabel 4- 3 Data Hasil Pengujian (setelah dikomposit).....	29
Tabel 4- 4 Hasil Rata-Rata Pengujian	30
Tabel 4- 5 Defleksi pada Spesimen Tanpa <i>Ribs</i>	30
Tabel 4- 6 Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 5mm.....	31
Tabel 4- 7 Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 10mm.....	32
Tabel 4- 8 Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 15mm.....	33
Tabel 4- 9 Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 20mm.....	34
Tabel 4- 10 Nilai Hasil kekakuan keseluruhan.....	36
Tabel 4- 11 Kekakuan relatif pada Beban 10 N	37
Tabel 4- 12 Kekakuan relatif pada beban 20 N	38
Tabel 4- 13 Kekakuan relatif pada Beban 30 N	38
Tabel 4- 14 Kekakuan relatif pada Beban 40 N	39
Tabel 4- 15 Kekakuan relatif pada Beban 50 N	40
Tabel 4- 16 Nilai kekakuan relatif sebelum di komposit	41
Tabel 4- 17 Nilai kekakuan relatif sesudah di komposit	42
Tabel 4- 18 Nilai hasil keseluruhan kekakuan spesifik	44
Tabel 4- 19 Kekakuan spesifik pada beban 10 N	45
Tabel 4- 20 Kekakuan spesifik pada beban 20N	46
Tabel 4- 21 Kekakuan spesifik pada beban 30N	47
Tabel 4- 22 Kekakuan spesifik pada beban 40N	48
Tabel 4- 23 Kekakuan spesifik pada beban 50N	49
Tabel 4- 24 Nilai kekakuan spesifik sebelum di komposit.....	50
Tabel 4- 25 Nilai kekakuan spesifik sesudah di komposit	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Struktur Komposit <i>Sandwich</i>	8
Gambar 2- 2 Serat <i>fiberglass</i>	8
Gambar 2- 3 Mesin 3D <i>print</i>	9
Gambar 2- 4 Struktur <i>Honeycomb</i>	10
Gambar 2- 5 Skema Proses <i>Vacuum Infusion</i>	10
Gambar 3- 1 Pompa Vakum	13
Gambar 3- 2 Tabung Reservoir	13
Gambar 3- 3 Timbangan.....	14
Gambar 3- 4 Katup Bensin	14
Gambar 3- 5 <i>Vacuum Bag</i>	15
Gambar 3- 6 <i>Infusion Mesh</i>	15
Gambar 3- 7 <i>Peel Ply</i>	16
Gambar 3- 8 Selang	16
Gambar 3- 9 Selang Spiral	17
Gambar 3- 10 Resin dan Katalis.....	17
Gambar 3- 11 <i>Butyl Tape</i>	18
Gambar 3- 12 <i>Filament PLA</i>	18
Gambar 3- 13 Serat <i>fiberglass</i>	19
Gambar 3- 14 Dimensi spesimen setengah bola tanpa <i>honeycomb ribs</i>	19
Gambar 3- 15 Dimensi spesimen setengah bola dengan <i>honeycomb ribs</i> 5mm ..	20
Gambar 3- 16 Dimensi spesimen setengah bola dengan <i>honeycomb ribs</i> 10mm	20
Gambar 3- 17 Dimensi spesimen setengah bola dengan <i>honeycomb ribs</i> 15mm	21
Gambar 3- 18 Dimensi spesimen setengah bola dengan <i>honeycomb ribs</i> 20mm	21
Gambar 3- 19 Susunan Lapisan Komposit	22
Gambar 4- 1 Proses pembuatan core PLA	23
Gambar 4- 2 Susunan Komposit.....	24
Gambar 4- 3 Peletakan infusion mesh, selang spiral dan output resin	24
Gambar 4- 4 Memasukan bahan kedalam <i>vacuum bag</i>	25
Gambar 4- 5 Proses pencampuran resin dan katalis	25
Gambar 4- 6 Proses <i>vacuum infusion</i>	26

Gambar 4- 7 Hasil <i>vacuum infusion</i>	26
Gambar 4- 8 Proses pengujian <i>bending</i>	27
Gambar 4- 9 Grafik pada Spesimen Tanpa <i>Ribs</i>	31
Gambar 4- 10 Grafik Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 5mm	32
Gambar 4- 11 Grafik Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 10mm	33
Gambar 4- 12 Grafik Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 15mm	34
Gambar 4- 13 Grafik Defleksi pada Spesimen <i>Honeycomb Ribs</i> 20mm	35
Gambar 4- 14 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 10 N	37
Gambar 4- 15 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 20N	38
Gambar 4- 16 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 30N	39
Gambar 4- 17 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 40 N	40
Gambar 4- 18 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 50 N	41
Gambar 4- 19 Grafik nilai kekakuan relatif sebelum di komposit	42
Gambar 4- 20 Grafik nilai kekakuan relatif sesudah di komposit.....	43
Gambar 4- 21 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 10 N	45
Gambar 4- 22 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 20N	46
Gambar 4- 23 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 30N	47
Gambar 4- 24 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 40N	48
Gambar 4- 25 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 50N	49
Gambar 4- 26 Grafik nilai kekakuan spesifik sebelum di komposit	50
Gambar 4- 27 Grafik nilai kekakuan spesifik sesudah di komposit.....	51

الجمهورية العربية السورية
الجامعة اللبنانية
الكلية الهندسية
الهندسة المدنية

DAFTAR NOTASI

ASTM = *American Standard Testing and material*

D = Kekakuan (N/mm)

D_1 = Kekakuan acuan yang digunakan

D_n = Kekakuan data ke- n

D_{rel} = Kekakuan relatif (N/mm)

k = Konstanta

P = Beban (N)

P_1 = Beban data acuan yang digunakan

P_n = Beban data ke- n

δ = Defleksi (mm)

δ_1 = Defleksi data acuan yang digunakan

δ_n = Defleksi data ke- n

HR = *Honeycomb Ribs*

FDM = *Fused Deposition Modelling*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat pada saat ini mengakibatkan banyaknya penelitian yang dilakukan dalam berbagai bidang, tanpa terkecuali dalam bidang material. Kebutuhan akan material yang memiliki beberapa sifat umum seperti kuat, kaku, dan ringan sangat dibutuhkan pada saat ini. Kebutuhan akan material ini mencakup dalam berbagai bidang kehidupan saat ini seperti industry, teknologi, otomotif, konstruksi, dan sebagainya. Dengan meningkatnya permintaan akan kebutuhan tersebut maka muncul gagasan untuk mencari material alternatif yang dapat memenuhi kriteria tersebut, salah satunya dengan material komposit.

Komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik antar material berbeda yang diproduksi dengan proses pencampuran. Material komposit memiliki beberapa keunggulan di banding dengan material yang biasa digunakan seperti kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan berat yang ringan. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur lapisan dan struktur *sandwich*. Pada prinsipnya komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari 2 bagian yaitu bagian tengah sebagai *core* dan dibagian bawah serta atas sebagai *skin*.

3D Printing atau *additive layer manufacturing* adalah proses membuat objek pada tiga dimensi atau berbagai bentuk apapun dari model digital. Material dari *3D Print* menggunakan *filament PLA (Polylactic Acid)*. PLA memiliki kelebihan yaitu banyak dijumpai dipasaran. Pada penelitian ini peneliti menggunakan *filament PLA* sebagai *core* lalu dilapisi komposit dengan metode *vacuum infusion*.

Ribs jika diartikan ke dalam bahasa indonesia berarti tulang. Dalam struktur tubuh manusia, tulang berfungsi sebagai struktur untuk otot dan syaraf sehingga manusia dapat bergerak dan beraktivitas secara normal. Di dalam dunia *engineering*, *ribs* digunakan untuk memperkuat suatu produk sehingga produk

tersebut memiliki struktur yang kuat dengan penambahan berat yang tidak signifikan.

Penggabungan *3d printing* dengan komposit serat *fiberglass* dalam satu produk sangat berpengaruh untuk kekuatan dan kekakuan produk. *3d printing* memiliki kelebihan cepat dalam membuat produk akan tetapi kekuatan hasil produk *3d printing* sangat rendah, karena itu dilapisi komposit dapat meningkatkan nilai kekuatan dan kekakuan produk.

Perlu dilakukannya penelitian terkait pengaplikasian *ribs* pada permukaan yang kompleks. Pada penelitian ini, bentuk setengah bola dipilih untuk mewakili permukaan yang kompleks dan *ribs* yang digunakan berbentuk *honeycomb*. Spesimen dibuat menggunakan teknologi *3dprint FDM* bermaterial PLA yang dilapisi komposit serat *fiberglass*. Lalu dilakukan pengujian *bending* untuk mengukur nilai kekakuan pada spesimen dan melihat pengaruh diameter *honeycomb*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara pembuatan spesimen *3D printing* setengah bola yang diperkuat serat *fiberglass*?
2. Bagaimana mengetahui nilai kekakuan pada macam-macam specimen material PLA + serat *fiberglass* dan tanpa serat *fiberglass*?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis material yang diteliti adalah PLA (*Polylactic Acid*) Esun dengan skin serat *fiberglass* menggunakan metode *vacuum infusion*.
2. Pembuatan spesimen menggunakan mesin *3D Print* dengan *infill* 20% dan *fiil pattern Gyroid*.
3. Spesimen uji menggunakan Setengah bola diameter 10mm ketebalan 2mm dengan 2 skin *fiberglass* pada bagian atas.
4. *Ribs* yang digunakan berbentuk *Honeycomb* dengan diameter 5mm, 10mm, 15mm, dan 20mm.
5. Sifat mekanik yang diukur adalah nilai kekakuan produk
6. Tidak dilakukannya analisis *finite element*

1.4 Tujuan Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk membuat produk *3dprinting* setengah bola bermaterial PLA diperkuat *fiberglass* dengan proses *vacuum infusion*.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh ukuran diameter *ribs honeycomb* terhadap nilai kekakuan relatif pada pembebanan *bending* 10N sampai 50N.
3. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh ukuran diameter *ribs honeycomb* terhadap nilai kekakuan relatif spesifik pada pembebanan *bending* 10N sampai 50N.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat setelah melakukan pengujian ini, yaitu :

1. Mengetahui bagaimana proses pengerjaan komposit pada spesimen setengah bola menggunakan metode *vacuum infusion*.
2. Mengetahui pengaruh diameter *ribs honeycomb* terhadap *defleksi*, nilai kekakuan dan nilai kekakuan spesifik dengan dan tanpa komposit.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai dasar teori yang melandasi pembuatan skripsi.

BAB III Metode Penelitian

Pada bab ini berisikan diagram alur penelitian, alat dan bahan, dan dimensi spesimen.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan proses pengerjaan, analisa data, hasil pengujian bending, dan penampilan grafik dan tabel.

BAB V Penutup

Pada bab ini berisikan tentang Kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka pertama yang dijadikan sebagai dasar penelitian ini berjudul “Pengaruh Variasi Ketebalan *Core* Terhadap Karakteristik *Bending* Komposit *Sandwich* serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus tipe *A-Flute*” oleh (Mutasiana et al., n.d.). Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan karakteristik hasil uji *bending* dari komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* kardus dan pengujian menggunakan standar *ASTM C-393*. Variasi ketebalan *core* yang digunakan ialah 10mm, 20mm, 30mm, dan 40mm. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa *core* dengan ketebalan 10mm memiliki tegangan *bending* 17,47 MPa, tegangan *bendingan face* 16,84 MPa, dan tegangan geser sebesar 0,75 Mpa.

Kajian pustaka kedua yang dijadikan sebagai dasar penelitian ini berjudul “Kaji Eksperimental Sifat Mekanik *honeycomb sandwich* Komposit Serat Karbon dengan Uji *Bending*” (Marsono et al., 2021). Penelitian ini membuat spesimen uji *honeycomb sandwich* dari komposit serat karbon dan diuji untuk mengetahui kekuatan lentur dan kekakuan. Spesimen uji dibikin dengan variasi ketebalan 1 lapisan dan 2 lapisan lembaran serat karbon. Matriks yang digunakan adalah resin epoksi yang dibuat 2metode, dengan dan tanpa pemanasan. Hasil pengujian *bending* menunjukkan nilai kelenturan tertinggi ialah 5,193kgf/mm² yang dicapai oleh spesimen uji 2lapisan serat karbon dengan resin epoksi pemanas.

Kajian pustaka ketiga yang dijadikan sebagai dasar penelitian ini berjudul “Analisis Pengaruh Lapisan *Skin* pada *Komposit Sandwich* Terhadap Uji *Bending* menggunakan metode *Vacuum Infusion*” oleh (Olivianides, 2021) pada penelitian ini lapisan komposit (*skin*) menggunakan *fiberglass* dan material inti (*core*) menggunakan PLA dengan metode *vacuum infusion*. Pada penelitian ini terdapat variasi *skin* menggunakan 2,3 dan 4 lapisan dengan *core 3d printing*. Penelitian ini bertujuan membandingkan nilai kekakuan pada masing-masing *skin* menggunakan pengujian *bending*. Hasil pengujian didapatkan nilai kekakuan

pada variasi 2 lapisan *skin* dengan nilai 4.131.398,63 Nmm² dan hasil spesimen setelah dilakukan proses *vacuum infusion* mengalami perubahan pada berat dan tinggi spesimen karna adanya *skin* yang melekat pada spesimen.

Kajian pustaka ke empat dengan judul “Pengaruh Proses Komposit *Sandwich* Metode *Vacuum Infusion* terhadap *3d print Core* Geometri Kompleks” (Baraja, 2021) pada penelitian ini membuat produk geometri kompleks dengan *3d print* sebagai core lalu dilapisi komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion*. Penelitian ini bentuk produk geometri kompleks yang digunakan adalah helm sepeda.

Kajian pustaka ke lima (Kusuma Wardani, 2015) meneliti tentang pengaruh rasio resin dan hardener. Penulis menggunakan perbandingan 50:50%, 60:40%, 70:30%, 80:30%. Setelah dilakukan pengujian impact didapatkan hasil untuk perbandingan resin yang paling tinggi di perbandingan 60:40%. Pada penelitian selanjutnya (Farahma Roihan, 2022) menggunakan perbandingan 60:40% cairan resin terlalu cepat mengeras, maka setelah dilakukan *trial and error* didapatkan hasil terbaik perbandingan resin dan katalis yaitu 100:1.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit dan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. (Diana et al., 2020)

Komposit terdiri dari 2 unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut disebut dengan matrik. Unsur utama komposit adalah serat, untuk bahan pengikatnya menggunakan bahan *polimer* yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat tinggi. Penggunaan serat berfungsi untuk menentukan kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. (Yani et al., 2019).

Matrik adalah bagian terbesar dari sebuah bahan komposit yang akan ditingkatkan sifat mekaniknya. Selain bahan utama, matrik diharapkan juga memiliki kemampuan mengikat *reinforcement* dengan baik. Pada umumnya matrik berasal dari bahan sintesis. *Polymer Matrix Composite* merupakan bahan komposit yang paling sering digunakan pada komposit polimer berpenguat serat. Polimer dikelompokkan menjadi dua.

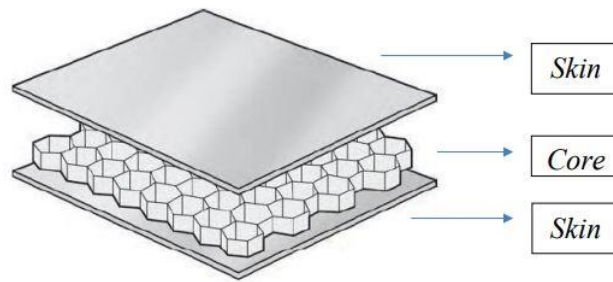
Pertama yaitu *Thermoset* ialah polimer yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Polimer telah terjadi pengerasan maka polimer tersebut tidak dapat dilunakkan Kembali. Pemanasan dengan suhu tinggi akan menyebabkan polimer tersebut rusak membentuk arang dan akan terurai. Contoh dari polimer *thermoset* yaitu resin *epoxy* dan *polyester*.

Kedua *Thermoplastic*, secara umum digunakan sebagai bahan penguat plastic. Plastic jenis ini memiliki ikatan linear antara monomer-monomer penyusunannya, sehingga kestabilan struktur kimianya relatif rendah. *Thermoplastic* ialah plastik yang dapat mengikuti perubahan suhu, contohnya resin polyethylene (PE), resin *polystyrene* (PS), dan resin *polypropylene* (PP).

2.2.2 Komposit Sandwich

Komposit *sandwich* adalah komposit yang memiliki 2 lapisan yaitu lapisan luar dan lapisan inti. Struktur untuk lapisan luar dibutuhkan *density* yang tinggi, sedangkan lapisan inti dibutuhkan *density* yang rendah. Dengan perbedaan tersebut menghasilkan kekuatan lentur yang tinggi. (Razan Dwi & Karmiadji, 2020)

Komposit *sandwich* tersusun dari 2 bagian, bagian tengah adalah *core* dan bagian atas bawah (*skin*). Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. (Prayoga, 2018)



Gambar 2- 1 Struktur Komposit *Sandwich*

Skin merupakan struktur *sandwich* berfungsi sebagai pelapis *core* pada saat melakukan komposit *sandwich*. Dalam melakukan metode ini *skin* direkatkan secara rapat ke *core* dengan menggunakan resin dan katalis untuk perekatannya. *Skin* merupakan struktur *sandwich* yang berfungsi sebagai pelapis *core* pada saat melakukan komposit *sandwich*. *Skin* berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*. (Prayoga, 2018)

Beberapa material lainnya dapat dijadikan sebagai bahan untuk *skin* seperti baja, aluminium, plat logam, dan *polymer* yang diperkuat oleh serat. Pemilihan material yang akan digunakan sebagai *skin* sangatlah penting. Kekuatan mekanis struktur *sandwich* sangat bergantung pada material penyusunnya, untuk meningkatkan sifat mekanis kekuatan bending struktur *sandwich* dapat dilakukan dengan cara pemilihan jenis material *skin* yang tepat.



Gambar 2- 2 Serat *fiberglass*

Core digunakan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekanik dapat lebih kaku, kuat, dan tangguh bila dengan tidak menggunakan *core*. Salah satu bagian penting dari komposit *sandwich* adalah *Core*, bagian ini harus kaku agar jarak antar permukaan terjaga. *Core* merupakan inti dari struktur *sandwich*

untuk menopang dan memisahkan lembaran *fiber*, bahan *core* pada umumnya memiliki kerapatan yang relatif rendah dibandingkan lembaran *fiberglass*. Inti *core* yang digunakan berbentuk *honeycomb* karna salah satu bentuk yang paling populer memiliki efisiensi terhadap berat yang lebih tinggi dan efisiensi struktural. (Luwis, 2019)

2.2.3 3D Print

3D *Printing* atau *Additive Layer Manufacturing* adalah proses membuat objek pada 3dimensi atau bentuk apa pun dari model digital. Cara kerja mesin 3D *Printing* memiliki kesamaan dengan printer laser dengan teknik membuat objek dari sejumlah layer yang masing-masing dicetak setiap diatas setiap lapisan lainnya. (Putra & Ds, 2018). 3D *printer* ini bisa mencetak, modeling, pemodelan, alat-alat peraga untuk pendidikan, model perhiasan, alat-alat penunjang kesehatan, desain produk, mainan anak-anak dan berbagai kebutuhan untuk mencetak dalam 3 dimensi sehingga teknologi ini menjadi salah satu tren teknologi informasi dan komunikasi masa kini.

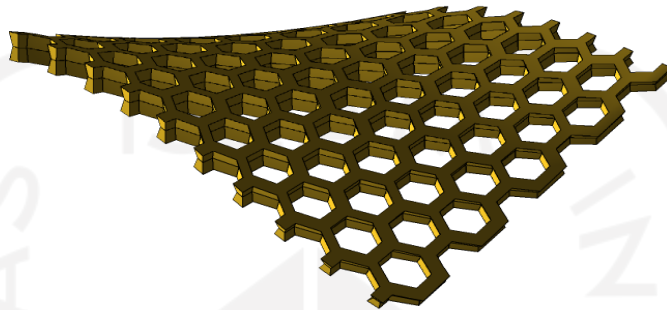


Gambar 2- 3 Mesin 3D *print*

2.2.4 Struktur *Honeycomb*

Struktur *Honeycomb* adalah bentuk geometris yang sesuai untuk memanfaatkan setiap bagian unit secara maksimum. Bentuk *honeycomb* yang simetris, jika digabungkan menghasilkan kombinasi ruang guna yang sempurna,

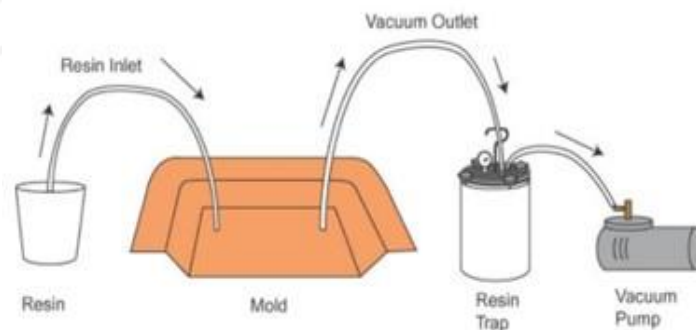
yaitu tidak menghasilkan ruang-ruang sisa yang tidak berguna seperti ruang-ruang yang berpenampang lingkaran dan segilima. Bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat bentuk penampang *honeycomb* ternyata lebih sedikit dibandingkan yang dibutuhkan untuk membuat bentuk lain. (Meiwandari & Sriyanti, 2019)



Gambar 2- 4 Struktur *Honeycomb*

2.2.5 *Vacuum Infusion*

Vacuum Infusion adalah salah satu metode pembuatan komposit yang merupakan perbaikan proses *hand lay-up*. Metode *hand lay-up* banyak digunakan karena peralatan yang digunakan murah dan sederhana. Metode *hand lay-up* memiliki kekurangan pada produk yang dihasilkan karena dipengaruhi oleh keahlian dari operatornya. Kualitas produk dari metode *hand lay-up* juga tidak sama jika membuat lebih dari satu, dan juga banyak udara yang terjebak pada komposit yang mempengaruhi kekuatan dari produk yang dihasilkan. *Vacuum infusion* mengurangi udara yang ada pada komposit dan pada saat memproduksi lebih dari satu, menghasilkan kualitas yang sama. (Saputra & Setyarso, 2016)



Gambar 2- 5 Skema Proses *Vacuum Infusion*

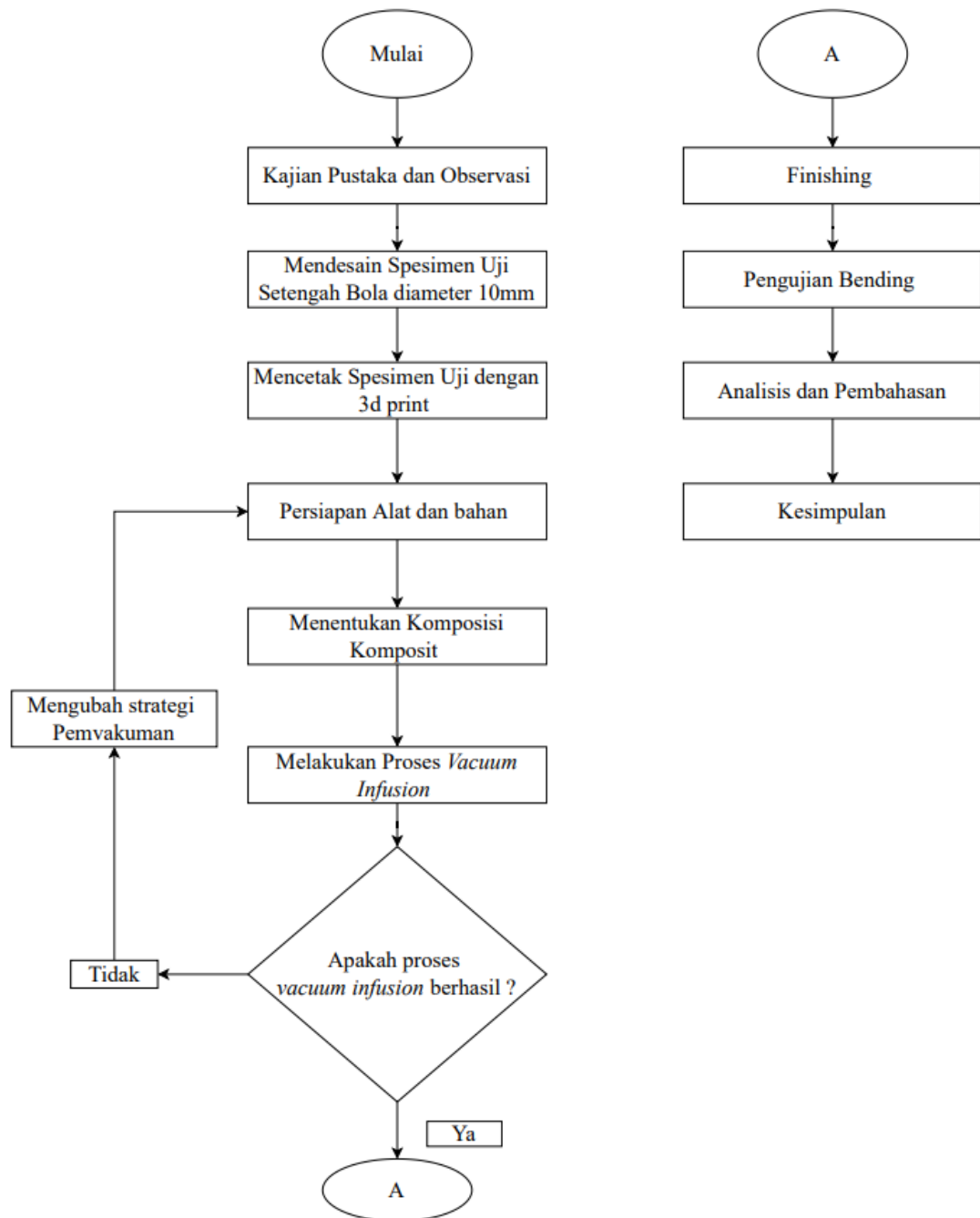
Proses *Vacuum Infusion* pada dasarnya memanfaatkan tekanan atmosfer sebagai penekan cetakan. Ketika *vacuum pump* dinyalakan dan mulai menghisap seluruh udara pada cetakan, plastik akan menekan filler dengan tekanan sebesar tekanan atmosfer hingga filler tidak dapat ditekan lagi oleh plastik. Matriks akan terhisap Ketika cetakan dalam keadaan *vacuum* dan mengisi rongga-rongga filler hingga resin menyebar secara merata ke seluruh bagian cetakan. Resin yang mengalir pada cetakan memiliki risiko karena waktu gel dan resin, harus segera menyebar ke seluruh cetakan sebelum waktu gel dari resin agar komposit berhasil. (Morán et al., 2021)



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



3.2 Peralatan dan Bahan

1. Pompa Vakum

Pada gambar 3-1 di bawah ini menunjukkan pompa vakum dengan tenaga sebesar $\frac{1}{2}$ HP yang berfungsi sebagai penghisap udara pada saat proses *vacuum infusion*.



Gambar 3- 1 Pompa Vakum

2. Tabung Reservoir (*Catch Pot*)

Tabung Reservoir (*Catch pot*) adalah tabung yang memiliki 2 input yang berfungsi untuk menampung sisa dari resin saat resin mengisi cetakan yang sudah di vakumkan dan juga untuk mencegah sisa resin memasuki pompa yang bisa menyebabkan kerusakan pada pompa, serta untuk membaca tekanan saat melakukan proses vakum, seperti terlihat pada Gambar 3-2



Gambar 3- 2 Tabung Reservoir

3. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk menakar campuran resin dan katalis. Dan juga diperlukan untuk menimbang berat spesimen sebelum dilapisi dan sesudah dilapisi.



Gambar 3- 3 Timbangan

4. Katup Bensin

Katup bensin berfungsi sebagai pembuka dan penutup untuk saluran udara dari cetakan.



Gambar 3- 4 Katup Bensin

5. *Vacuum Bag*

Vacuum Bag berfungsi sebagai tempat diletakkannya spesimen komposit yang akan dilakukan proses *vacuum infusion*. *Vacuum bag* juga berfungsi untuk mencegah adanya udara yang masuk pada saat proses vakum.



Gambar 3- 5 *Vacuum Bag*

6. *Infusion Mesh*

Infusion Mesh berfungsi sebagai media penyebaran campuran resin dan katalis agar dapat berjalan dengan lancar.



Gambar 3- 6 *Infusion Mesh*

7. *Peel Ply*

Peel Ply berfungsi sebagai pembatas antara *Infusion Mesh* dengan serat *fiberglass* agar pada saat pelepasan spesimen dapat dilepas lebih mudah.



Gambar 3- 7 *Peel Ply*

8. Selang

Selang berfungsi untuk mengalirkan resin dari wadah ke dalam plastik vacuum dan sebagai saluran vacuum pada vacuum pump ke reservoir trap. Selang yang digunakan berdiameter 10mm dan 8mm.



Gambar 3- 8 Selang

9. Selang Spiral

Selang spiral berfungsi untuk mengalirkan resin ke semua bagian dalam cetakan dan menyalurkan aliran tekanan dari *vacuum pump*.



Gambar 3- 9 Selang Spiral

10. Resin dan Katalis

Resin berfungsi sebagai matriks atau pengikat *fiberglass* agar menjadi kaku. Katalis berfungsi sebagai campuran resin agar menjadi cepat kering atau mempercepat proses reaksi.



Gambar 3- 10 Resin dan Katalis

11. *Butyl Tape*

Pada gambar 3-11 di bawah menunjukkan *Butyl Tape* berfungsi untuk merekatkan plastik vakum di setiap sisi agar tidak terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan udara dari luar masuk kedalam plastic vakum.



Gambar 3- 11 *Butyl Tape*

12. *Filament PLA*

Pada gambar 3-12 di bawah menunjukkan PLA berfungsi untuk bahan core spesimen komposit *sandwich*.



Gambar 3- 12 *Filament PLA*

13. Serat *Fiberglass*

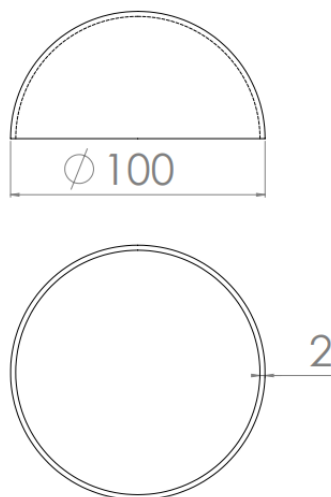
Serat *fiberglass* pada penelitian ini berfungsi sebagai serat penguat produk komposit dalam penelitian ini. Serat *fiberglass* yang digunakan serat acak seperti pada gambar 3-13



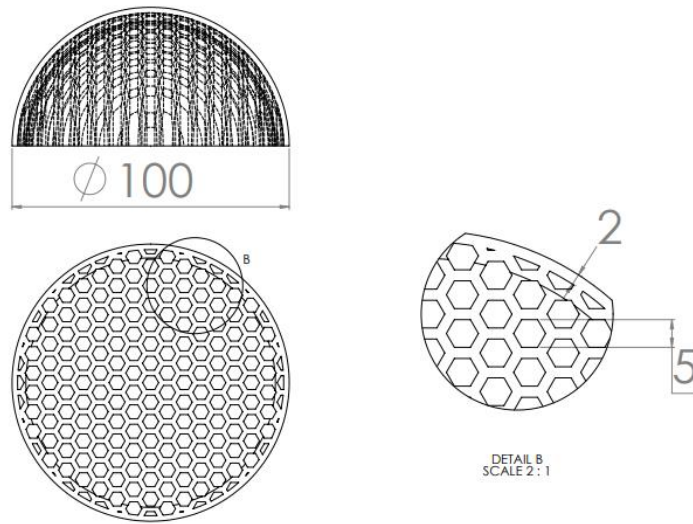
Gambar 3- 13 Serat *fiberglass*

3.3 Dimensi Spesimen

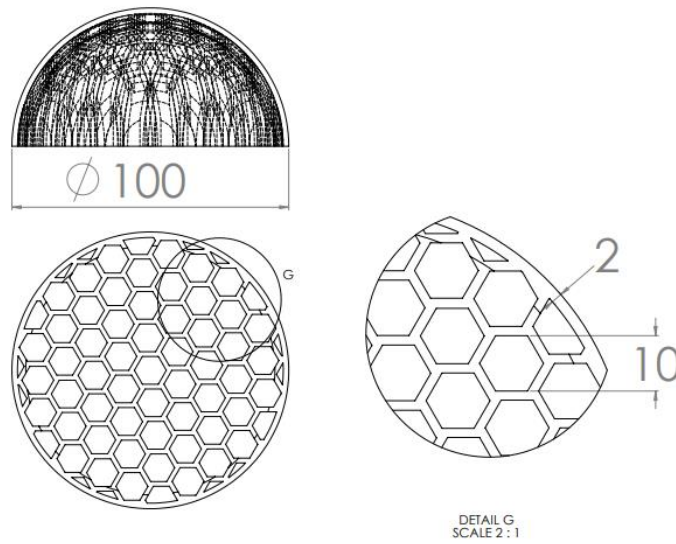
Spesimen komposit yang digunakan pada penelitian ini berbentuk setengah bola ber-diameter 10mm, ketebalan 2mm, dengan bahan PLA, serta *infill* 20% dengan *fill pattern gyroid*.



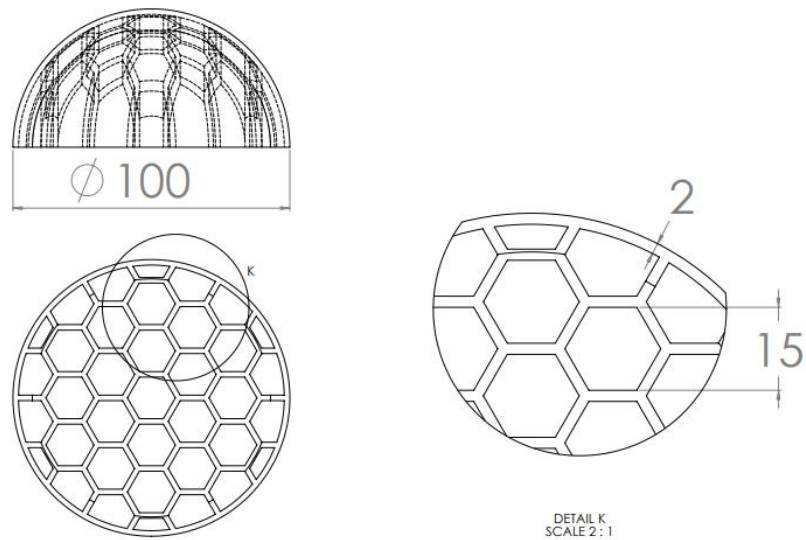
Gambar 3- 14 Dimensi spesimen setengah bola tanpa *honeycomb ribs*



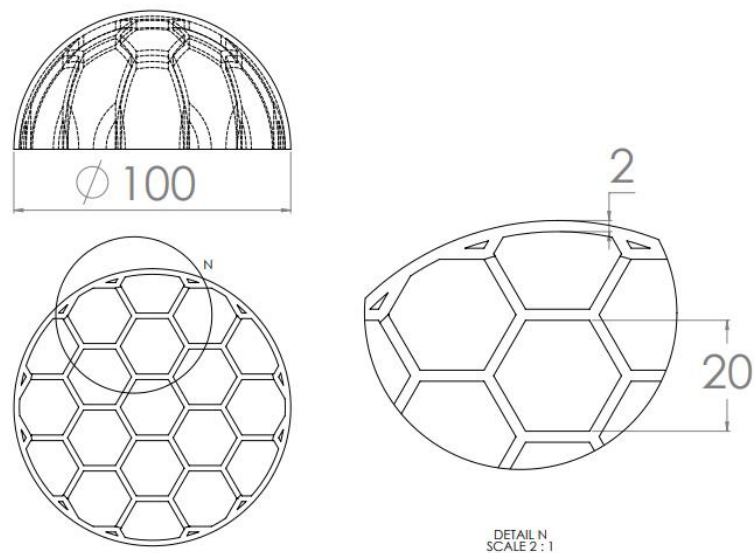
Gambar 3- 15 Dimensi spesimen setengah bola dengan *honeycomb ribs* 5mm



Gambar 3- 16 Dimensi spesimen setengah bola dengan *honeycomb ribs* 10mm



Gambar 3- 17 Dimensi spesimen setengah bola dengan *honeycomb ribs* 15mm



Gambar 3- 18 Dimensi spesimen setengah bola dengan *honeycomb ribs* 20mm

Pada gambar 3-14, 3-15, 3-16, 3-17, dan 3-18 menunjukkan dimensi spesimen yang akan dibuat pada penelitian ini. Pada penelitian ini dibuat *core* dari bahan PLA, serta desain 3D print tanpa dilapisi komposit sebagai nilai pembanding sebelum dilakukan *vacuum infusion* dan sesudah *vacuum infusion*.

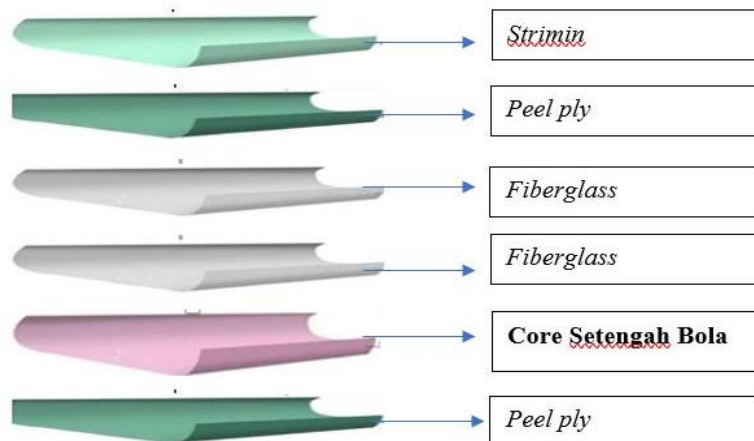
Tabel 3- 1 Dimensi Spesimen Sebelum di Komposit

No	Spesimen Setengah Bola	Diameter (mm)	Berat (gr)
1	Tanpa Ribs	100	28.23
2	Honeycomb Ribs 5mm	100	61.8
3	Honeycomb Ribs 10mm	100	45.75
4	Honeycomb Ribs 15mm	100	46.66
5	Honeycomb Ribs 20mm	100	40.44

Tabel 3- 2 Dimensi Spesimen Sesudah di Komposit

No	Spesimen Setengah Bola	Diameter (mm)	Berat (gr)
1	Tanpa Ribs	102.5	42.7
2	Honeycomb Ribs 5mm	103.1	85.65
3	Honeycomb Ribs 10mm	102.9	60
4	Honeycomb Ribs 15mm	104.4	68.5
5	Honeycomb Ribs 20mm	102	58.5

3.4 Susunan Lapisan Komposit



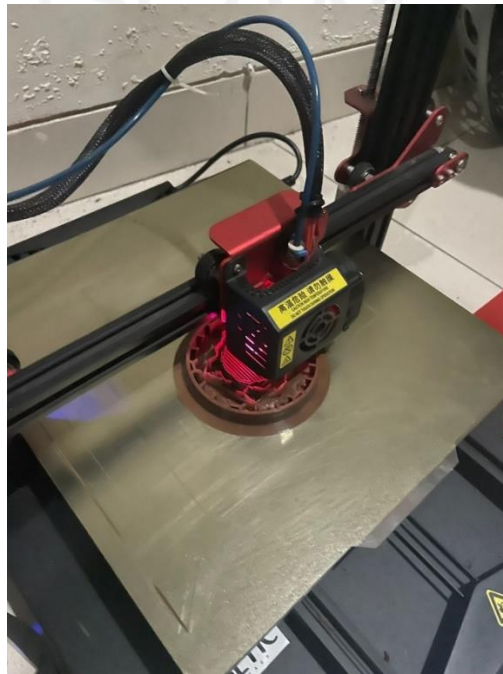
Gambar 3- 19 Susunan Lapisan Komposit

Pada gambar 3-19 diatas menunjukkan susunan lapisan komposit dengan variasi core setengah bola yaitu tanpa *honeycomb ribs*, *honeycomb ribs* 5mm, 10mm, 15mm, dan 20mm. Lapisan serat *fiberglass* yang digunakan sebanyak 2lapis dan selanjutnya dilakukan proses *vacuum infusion*.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pengerjaan

4.1.1 Pembuatan *Core* dengan Mesin 3D *Printing*



Gambar 4- 1 Proses pembuatan core PLA

Pada gambar 4- 1 merupakan proses pembuatan *core* setengah bola berdiameter 10mm dengan variasi tanpa *honeycombribs*, *honeycombribs* 5mm, 10mm, 15mm, dan 20mm. Pembuatan core menggunakan mesin 3D*printing*.

Tabel 4- 1 Parameter proses pembuatan core

Kode	Infill (%)	Suhu bed (°C)	Suhu nozzle (°C)	Speed (mm/s)
PLA	20	55	225	70

Pada tabel 4-1 menunjukkan parameter proses pengeprintan Spesimen uji yang dibuat dengan menggunakan bahan PLA (*Polylactid Acid*), dengan infill

20%, layer thickness 0,2mm, suhu bed 55 °C, suhu nozzle 225 °C, speed 70mm/s, dengan menggunakan *gyroid* sebagai *fill patternnya*.

4.1.2 Proses *Vacuum Infusion*

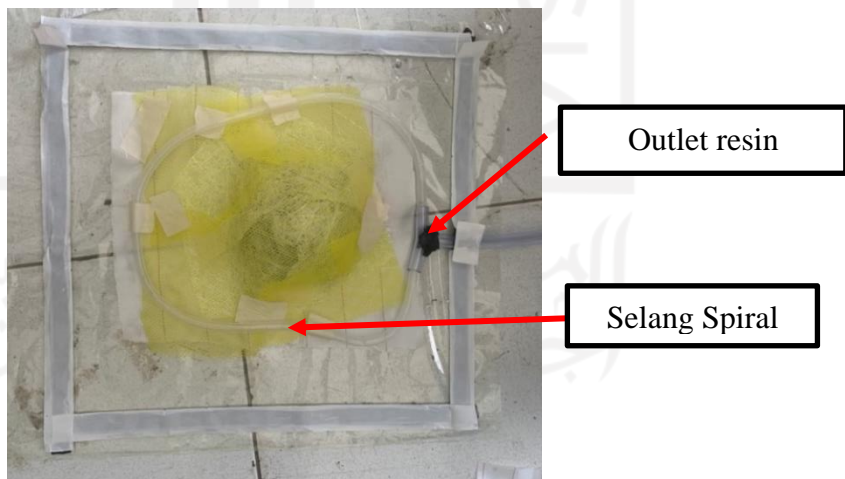
1. Menyusun serat *fiberglass*, *butyl tape*, dan *peel ply*



Gambar 4- 2 Susunan Komposit

Pada gambar 4- 2 diatas menunjukkan susunan komposit dengan menggunakan dua lapisan serat *fiberglass* di bagian atas dan di bawahnya menggunakan *peel ply*.

2. Menyusun *infusion mesh*, selang spiral dan output resin

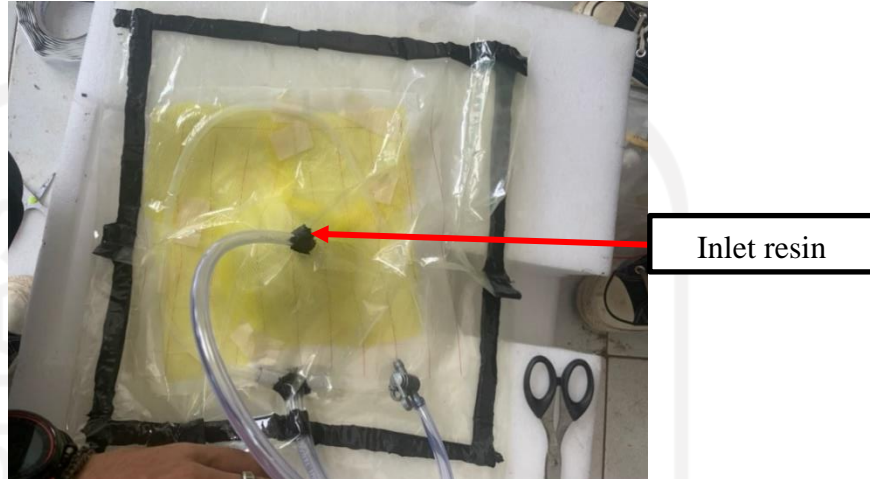


Gambar 4- 3 Peletakan *infusion mesh*, selang spiral dan output resin

Pada gambar 4- 3 diatas menunjukkan peletakan *infusion mesh*, selang spiral dan output resin. Selang spiral diletakkan melingkari produk yang akan

dilapisi komposit dan terhubung dengan output resin, bertujuan untuk memberikan tekanan merata dan menyebar ke semua media yang akan dilapisi komposit. *Infusion mesh* berfungsi untuk mengalirkan resin agar merata.

3. Menyusun bahan kedalam *vacuum bag*



Gambar 4- 4 Memasukan bahan kedalam *vacuum bag*

Pada gambar 4- 4 diatas, proses Menyusun seluruh bahan yang digunakan untuk proses pemvakuman kedalam *vacuum bag* sesuai urutan pada gambar 3-19.

4. Proses pencampuran resin dan katalis



Gambar 4- 5 Proses pencampuran resin dan katalis

Pada gambar 4- 5 diatas, proses pencampuran resin jenis 2668 wnc dengan katalis, dengan perbandingan 100:1.

5. Proses *Vacuum Infusion*



Gambar 4- 6 Proses *vacuum infusion*

Pada gambar 4- 6 dapat dilihat bahwa proses *vacuum infusion* menggunakan satu inlet dan satu outlet.

4.1.3 Hasil Setelah *Vacuum Infusion*



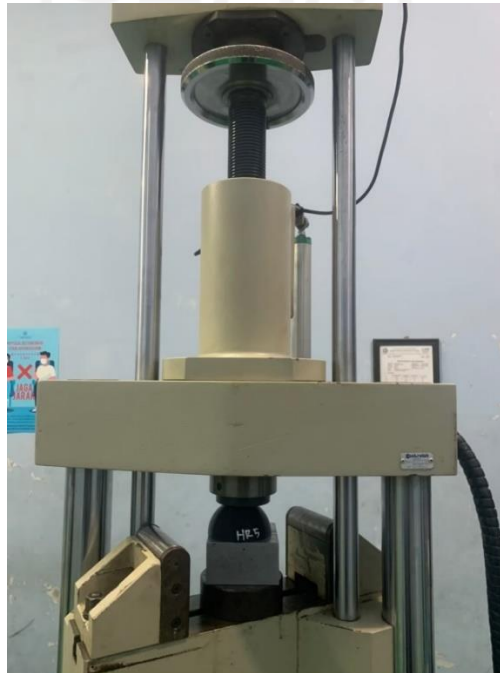
Gambar 4- 7 Hasil *vacuum infusion*

Pada gambar 4- 7 menunjukkan spesimen uji yang telah dilakukan proses *vacuum infusion* dan telah dilakukan proses pemotongan pada tiap spesimen.

4.2 Pengujian *Bending*

4.2.1 Prosedur Pengujian

Pada tahap ini dilakukannya pengujian *bending*, sebelum dan sesudah dilakukan *vacuum infusion*, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui defleksi sebelum dilapisi serat *fiberglass* dan sesudah dilapisi serat *fiberglass*. Pengujian ini menggunakan Pengujian tekan pada Laboratorium Bahan Teknik UGM dengan beban 1kg, 2kg, 3kg, 4kg, dan 5kg.



Gambar 4- 8 Proses pengujian *bending*

Adapun Langkah-langkah pada proses pengujian *bending*, yaitu :

1. Pastikan spesimen yang sudah dirapikan dan disusun sesuai variasinya masing-masing.
2. Letakkan spesimen uji yang sudah dibuat pada alat uji *bending*.
3. Mesin uji *bending* akan memberikan beban dari 1kg hingga beban 5kg secara perlahan.
4. Hasil defleksi per beban tercatat pada indikator *display* lalu dicatat ke dalam kertas.
5. Pengujian ini dilakukan secara berulang sebanyak 3 kali, sesuai variasinya masing-masing.

4.2.2 Hasil Pengujian

Dari hasil proses pengujian *bending* pada spesimen uji di Laboratorium Bahan Teknik UGM mendapatkan hasil data defleksi pada tabel 4- 2 sebelum penambahan komposit serat gelas dan tabel 4- 3 setelah ditambahkan lapisan komposit serat gelas.

Tabel 4- 2 Data Hasil Pengujian (sebelum dikomposit)

No.	Variasi Spesimen Setengah Bola	Pembebanan (kg)/Defleksi δ (mm)				
		1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
1	Tanpa Ribs (TR)	0,17	0,17	0,21	0,25	0,29
2		0,19	0,19	0,24	0,27	0,31
3		0,29	0,29	0,32	0,37	0,37
4	Honeycomb Ribs 5 mm (HR_5)	0,08	0,09	0,09	0,12	0,14
5		0,05	0,08	0,10	0,12	0,15
6		0,07	0,09	0,11	0,11	0,13
7	Honeycomb Ribs 10 mm (HR_10)	0,07	0,09	0,14	0,19	0,19
8		0,11	0,13	0,18	0,22	0,27
9		0,11	0,17	0,22	0,26	0,26
10	Honeycomb Ribs 15 mm (HR_15)	0,12	0,17	0,21	0,23	0,26
11		0,14	0,16	0,19	0,23	0,26
12		0,12	0,18	0,21	0,25	0,26
13	Honeycomb Ribs 20mm (HR_20)	0,14	0,19	0,22	0,24	0,28
14		0,16	0,19	0,2	0,25	0,27
15		0,16	0,19	0,22	0,26	0,27

Tabel 4- 3 Data Hasil Pengujian (setelah dikomposit)

No.	Variasi Spesimen Setengah Bola	Pembebanan (kg)/Defleksi (mm)				
		1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
1	Tanpa Ribs (TR)	0,08	0,17	0,19	0,22	0,22
2		0,19	0,22	0,24	0,29	0,31
3		0,22	0,22	0,25	0,28	0,32
4	Honeycomb Ribs 5 mm (HR_5)	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10
5		0,06	0,06	0,07	0,08	0,10
6		0,05	0,06	0,08	0,09	0,10
7	Honeycomb Ribs 10 mm (HR_10)	0,07	0,09	0,11	0,11	0,16
8		0,08	0,13	0,13	0,18	0,18
9		0,09	0,13	0,13	0,13	0,18
10	Honeycomb Ribs 15 mm (HR_15)	0,11	0,13	0,14	0,15	0,20
11		0,09	0,12	0,13	0,18	0,20
12		0,12	0,14	0,13	0,19	0,19
13	Honeycomb Ribs 20mm (HR_20)	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23
14		0,13	0,14	0,18	0,19	0,25
15		0,13	0,15	0,18	0,20	0,22

Dari hasil pengujian di atas didapatkan hasil defleksi, dikarenakan beban pengujian pada penelitian ini ditentukan dari beban 1kg sampai 5kg, oleh karena itu tidak didapatkannya hasil tegangan *bending maximum*. Tegangan *bending maximum* didapatkan jika dilakukannya pengujian tanpa diberikan beban yang ditentukan.

Pada tabel 4- 4 merupakan hasil rata-rata hasil pengujian spesimen baik sebelum dan setelah penambahan komposit serat gelas dengan pembebanan 1 kg sampai 5 kg atau 10 N hingga 50 N.

Tabel 4- 4 Hasil Rata-Rata Pengujian

No	Variasi Spesimen Setengah Bola	Pembebanan (N) / Defleksi (mm)					Keterangan
		10	20	30	40	50	
1	Tanpa Ribs (TR)	0.22	0.22	0.26	0.30	0.32	Sebelum Komposit
		0.16	0.20	0.23	0.26	0.28	Sesudah Komposit
2	Honeycomb Ribs 5 mm (HR_5)	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	Sebelum Komposit
		0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	Sesudah Komposit
3	Honeycomb Ribs 10 mm (HR_10)	0.10	0.13	0.18	0.22	0.24	Sebelum Komposit
		0.08	0.12	0.12	0.14	0.17	Sesudah Komposit
4	Honeycomb Ribs 15 mm (HR_15)	0.13	0.17	0.20	0.24	0.26	Sebelum Komposit
		0.11	0.13	0.13	0.17	0.20	Sesudah Komposit
5	Honeycomb Ribs 20mm (HR_20)	0.15	0.19	0.21	0.25	0.27	Sebelum Komposit
		0.13	0.15	0.18	0.20	0.23	Sesudah Komposit

4.3 Analisis

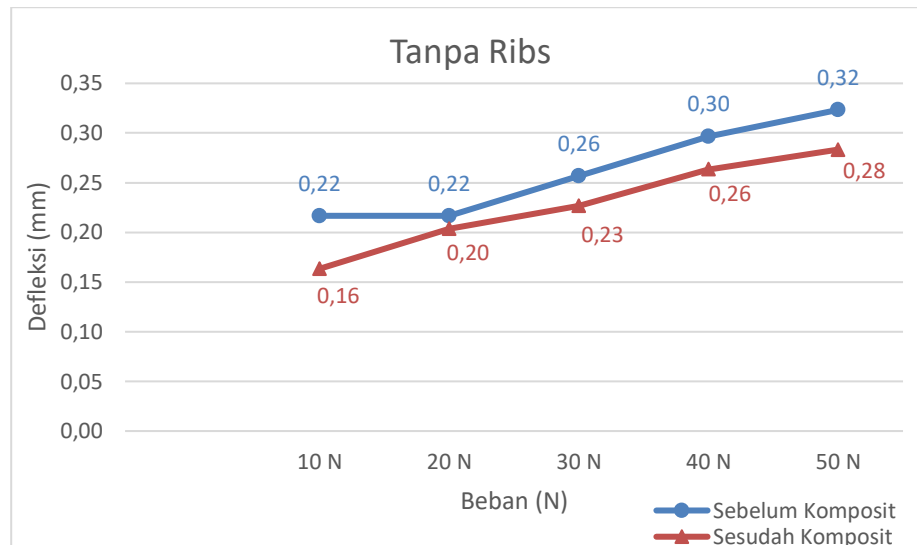
4.3.1 Defleksi

Defleksi atau lendutan merupakan perubahan bentuk pada suatu spesimen akibat pembebanan vertikal. Dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4-5, dapat dilihat nilai defleksi per beban pada spesimen tanpa *ribs* dengan dan tanpa penambahan lapisan komposit.

Tabel 4- 5 Defleksi pada Spesimen Tanpa *Ribs*

No	Tanpa Ribs	10 N	20 N	30 N	40 N	50 N
1	Sebelum Komposit	0,22	0,22	0,26	0,30	0,32
2	Sesudah Komposit	0,16	0,20	0,23	0,26	0,28

Berdasarkan tabel 4- 5, didapatkan grafik yang dapat dilihat pada gambar 4- 9.



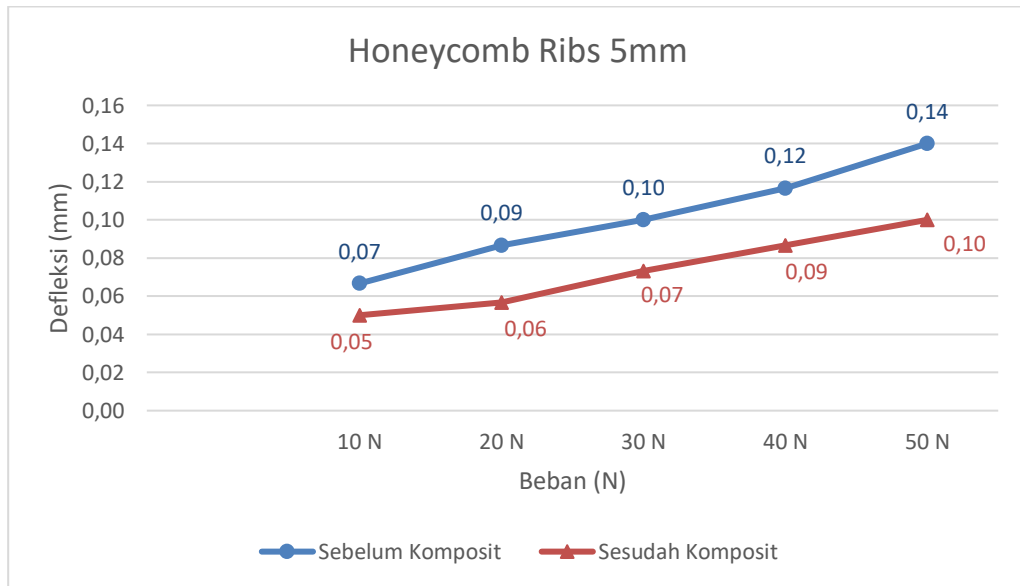
Gambar 4- 9 Grafik pada Spesimen Tanpa Ribs

Pada gambar 4- 9, Pembebanan 10 N dan 20 N memiliki nilai defleksi yang sama pada spesimen tanpa *ribs* dan tanpa lapisan komposit yaitu sebesar 0,22 mm. Namun, dengan penambahan komposit *fiberglass*, memberikan nilai defleksi yang lebih rendah pada pembebanan 10 N yaitu sebesar 0,16 mm sedangkan pada pembebanan 20 N, nilai defleksi yang terjadi sebesar 0,20 mm. Pada pembebanan 30 N, 40 N, dan 50 N, defleksi yang terjadi pada spesimen tanpa *ribs* dan tanpa lapisan komposit yaitu sebesar masing-masing 0,26 mm, 0,30 mm, dan 0,32 mm. Setelah penambahan komposit, defleksi masing-masing mengalami penurunan dengan nilai sebesar 0,23 mm, 0,26 mm, dan 0,28 mm secara berurutan.

Tabel 4- 6 Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 5mm

No	<i>Honeycomb Ribs</i> 5mm	10 N	20 N	30 N	40 N	50 N
1	Sebelum Komposit	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14
2	Sesudah Komposit	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10

Tabel 4- 6 merupakan hasil defleksi untuk spesimen dengan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm yang merupakan diameter *ribs* terkecil pada penelitian ini. Berdasarkan tabel di atas didapatkan grafik pada gambar 4- 10



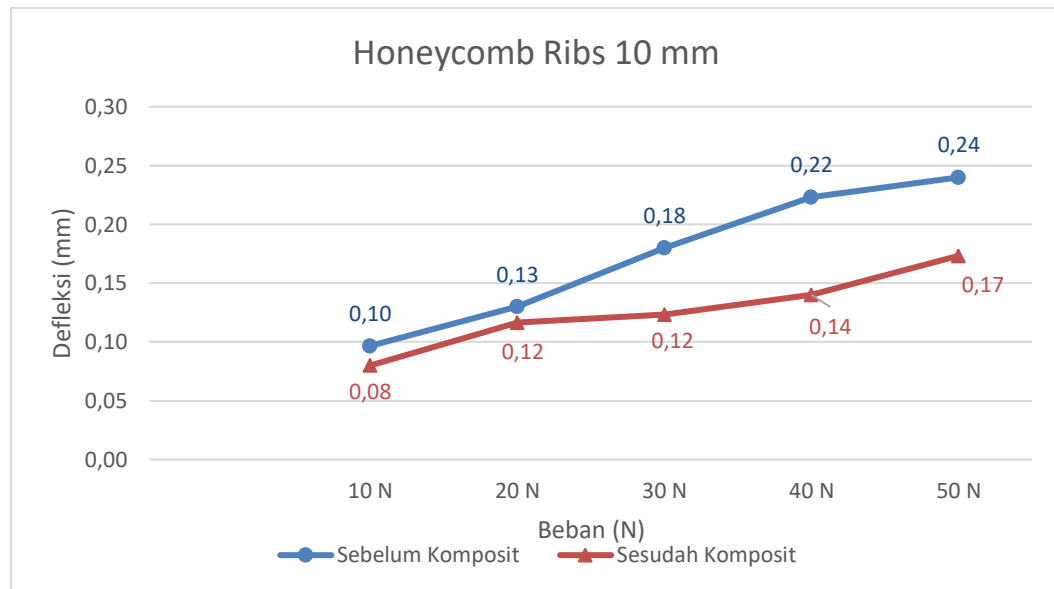
Gambar 4- 10 Grafik Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 5mm

Gambar 4- 10 memperlihatkan grafik nilai defleksi spesimen setengah bola dengan penambahan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm baik dengan dan tanpa penambahan lapisan komposit *fiberglass*. Dari grafik yang terlihat bahwa nilai defleksi yang terbesar yaitu 0,14 mm atau meningkat sebesar 2 kali dari pembebanan 10 N pada spesimen tanpa penambahan lapisan komposit. Penambahan lapisan komposit pada spesimen mengurangi nilai defleksi pada spesimen namun untuk besar defleksi yang terjadi pada pembebanan terbesar juga sebesar 2 kali lipat dari pembebanan terkecil 10N pada spesimen yang dilapisi komposit.

Tabel 4- 7 Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 10mm

No	Honeycomb Ribs 10mm	10 N	20 N	30 N	40 N	50 N
1	Sebelum Komposit	0,10	0,13	0,18	0,22	0,24
2	Sesudah Komposit	0,08	0,12	0,12	0,14	0,17

Tabel 4- 7 merupakan nilai defleksi spesimen dengan *ribs* berdiameter 10 mm. Nilai defleksi terbesar yang terjadi yaitu sebesar 0,24 mm pada pembebanan 50 N sedangkan untuk pembebanan 10 N, nilai defleksi yang terjadi sebesar 0,10 mm atau lebih kecil sebesar 0,14 mm jika dibandingkan dengan pembebanan 50 N pada spesimen tanpa lapisan komposit.



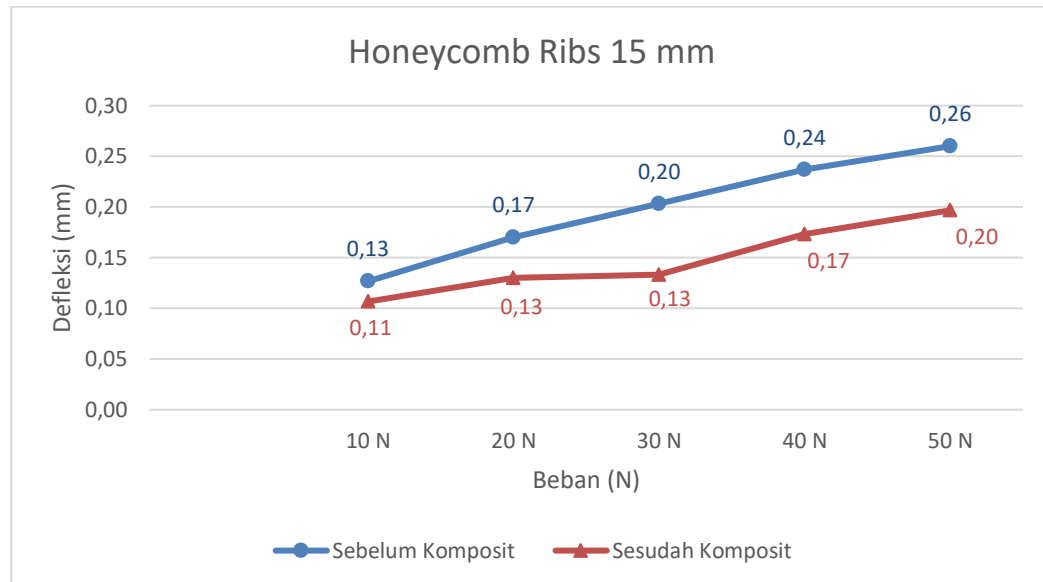
Gambar 4- 11 Grafik Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 10mm

Gambar 4- 11 dapat dilihat untuk nilai defleksi yang terjadi pada spesimen dengan *ribs* 10 mm. Pada pembebanan 20 N, penambahan komposit hanya mengurangi nilai defleksi sebesar 0,01 mm dan pada pembebanan berikutnya, komposit memberikan dampak yang lebih baik berdasarkan nilai defleksinya yaitu mampu mengurangi 0,06 mm pada beban 30 N dan 50 N, serta 0,08 mm pada beban 40 N.

Tabel 4- 8 Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 15mm

No	<i>Honeycomb Ribs</i> 15mm	10 N	20 N	30 N	40 N	50 N
1	Sebelum Komposit	0,13	0,17	0,20	0,24	0,26
2	Sesudah Komposit	0,11	0,13	0,13	0,17	0,20

Penambahan lapisan komposit pada spesimen memperlihatkan pengaruhnya terhadap kekuatan spesimen berdasarkan besar defleksinya. Pada tabel 4- 8 dapat dilihat nilai defleksi per beban pada spesimen *ribs* 15 mm dengan dan tanpa penambahan lapisan komposit.



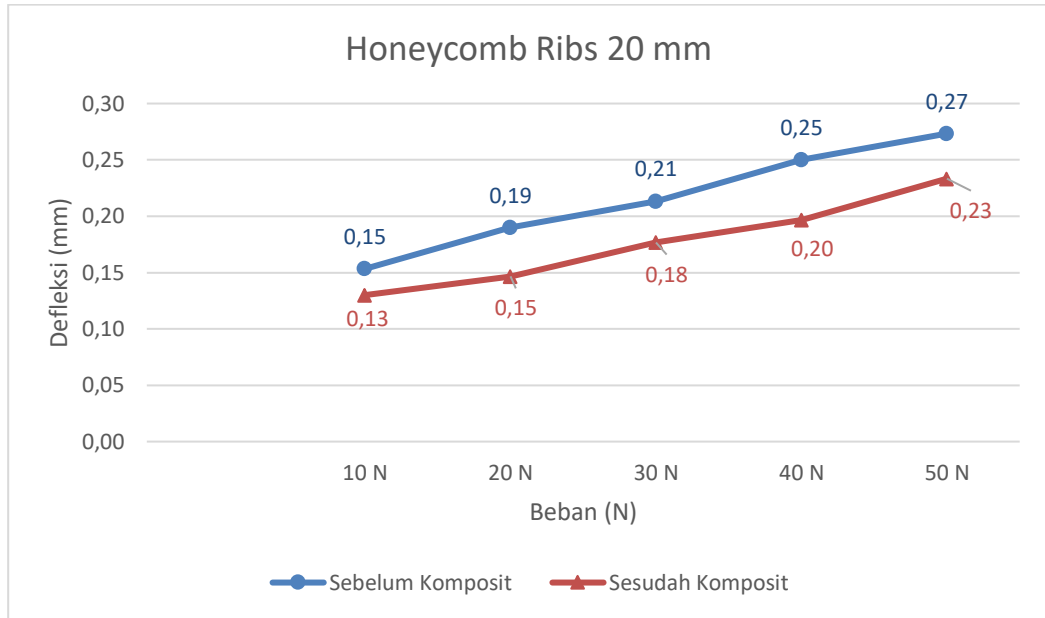
Gambar 4- 12 Grafik Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 15mm

Pada gambar 4- 12 dapat dilihat pembebanan 20 N dan 30 N pada spesimen setengah bola dengan *ribs honeycomb* 15 mm dan lapisan komposit memiliki nilai defleksi yang sama yaitu sebesar 0,13 mm. Nilai defleksi pada pembebanan 50 N yaitu sebesar 0,20 mm pada spesimen yang dilapisi komposit.

Tabel 4- 9 Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 20mm

No	<i>Honeycomb Ribs</i> 20mm	10 N	20 N	30 N	40 N	50 N
1	Sebelum Komposit	0,15	0,19	0,21	0,25	0,27
2	Sesudah Komposit	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23

Pada tabel 4- 9 merupakan hasil nilai defleksi pada spesimen dengan *ribs honeycomb* berdiameter 20 mm merupakan spesimen dengan diameter terbesar pada penelitian ini. Didapatkan grafik pada gambar 4- 13



Gambar 4- 13 Grafik Defleksi pada Spesimen *Honeycomb Ribs* 20mm

Pada gambar 4- 13 dapat dilihat grafik defleksi pada spesimen dengan *ribs* berdiameter 20 mm. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa penambahan komposit menjadikan spesimen memiliki nilai defleksi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan spesimen tanpa penambahan lapisan komposit. Pada spesimen *ribs* 20 mm nilai defleksi pada beban 10 N memiliki nilai lebih kecil sebesar 0,02 mm, Beban 20N memiliki nilai lebih kecil sebesar 0,04mm, Beban 30N memiliki nilai lebih kecil sebesar 0,03mm, Beban 40N memiliki nilai lebih kecil sebesar 0,05mm dan pada beban 50N nilai lebih kecil sebesar 0,04mm jika dibandingkan dengan spesimen tanpa lapisan komposit.

4.3.2 Kekakuan Relatif

Pada penelitian ini nilai kekakuan didapatkan dari rumus

$$D = \frac{P}{\delta} k$$

Ket :

D = Kekakuan (N/mm)

δ = Defleksi (mm)

P = Beban (N)

k = Konstanta

Dari rumus di atas didapatkan hasil nilai kekakuan yang tertera pada tabel

4-10.

Tabel 4- 10 Nilai Hasil kekakuan keseluruhan

No	Variasi Spesimen Setengah Bola	D . k (N/mm)					Keterangan
		10 N	20 N	30 N	40 N	50 N	
1	Tanpa Ribs (TR)	46,15	92,31	116,88	134,83	154,64	Sebelum Komposit
		61,22	98,36	132,35	151,90	176,47	Sesudah Komposit
2	Honeycomb Ribs 5 mm (HR_5)	150,00	230,77	300,00	342,86	357,14	Sebelum Komposit
		200,00	352,94	409,09	461,54	500,00	Sesudah Komposit
3	Honeycomb Ribs 10 mm (HR_10)	103,45	153,85	166,67	179,10	208,33	Sebelum Komposit
		125,00	171,43	243,24	285,71	288,46	Sesudah Komposit
4	Honeycomb Ribs 15 mm (HR_15)	78,95	117,65	147,54	169,01	192,31	Sebelum Komposit
		93,75	153,85	225,00	230,77	254,24	Sesudah Komposit
5	Honeycomb Ribs 20mm (HR_20)	65,22	105,26	140,63	160,00	182,93	Sebelum Komposit
		76,92	136,36	169,81	203,39	214,29	Sesudah Komposit

Untuk menghitung nilai kekakuan relatif, didapatkan melalui rumus di bawah ini

$$D_{rel} = \frac{D_n}{D_1} = \frac{\frac{P_n}{\delta_n} \cancel{k}}{\frac{P_1}{\delta_1} \cancel{k}} = \frac{P_n}{\delta_n} \cdot \frac{\delta_1}{P_1}$$

Ket :

D_{rel} = Kekakuan relatif (N/mm)

D_n = Kekakuan data ke- n

D_1 = Kekakuan acuan yang digunakan

P_n = Beban data ke- n

δ_n = Defleksi data ke- n

P_1 = Beban data acuan yang digunakan

δ_1 = Defleksi data acuan yang digunakan

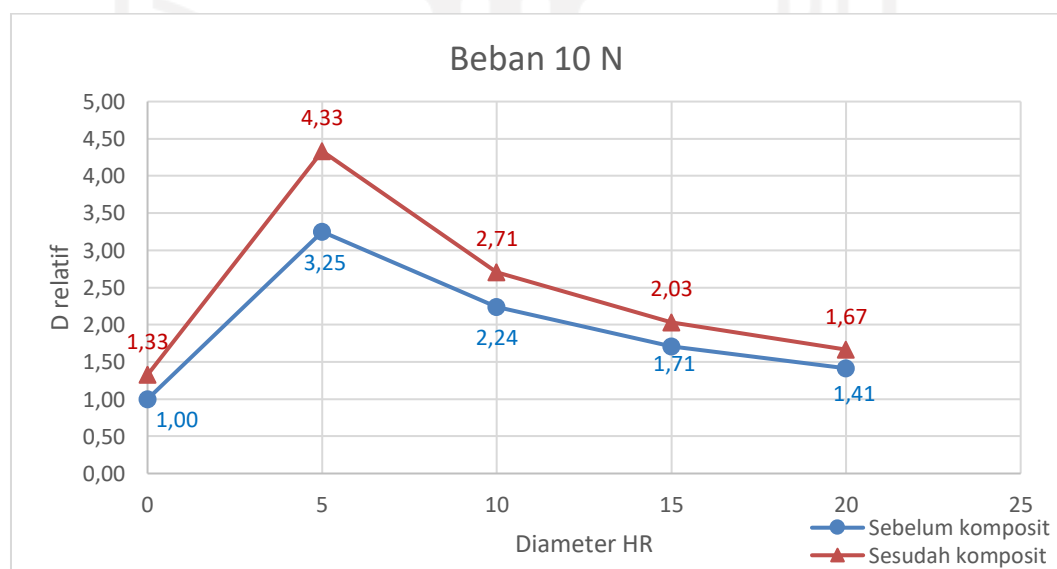
Berdasarkan rumus tersebut, diperlukan data kekakuan acuan untuk membandingkan nilai kekakuan semua spesimen. Pada penelitian ini data kekakuan yang dijadikan acuan yaitu nilai kekakuan spesimen TR pada beban 10 N dengan nilai 46,15 N/mm. Untuk data D_n merupakan data kekakuan semua spesimen pada pembebanan 10N sampai 50 N yang dapat dilihat pada tabel 4- 10.

Didapatkan grafik per beban sebelum dan sesudah di komposit pada di bawah ini

Tabel 4- 11 Kekakuan relatif pada Beban 10 N

Beban 10 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	Sebelum komposit	1,00	3,25	2,24	1,71	1,41
	Sesudah komposit	1,33	4,33	2,71	2,03	1,67

Tabel 4- 11 merupakan hasil perhitungan nilai kekakuan pada beban 10N. dari hasil di atas didapatkan grafik pada gambar 4- 14.



Gambar 4- 14 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 10 N

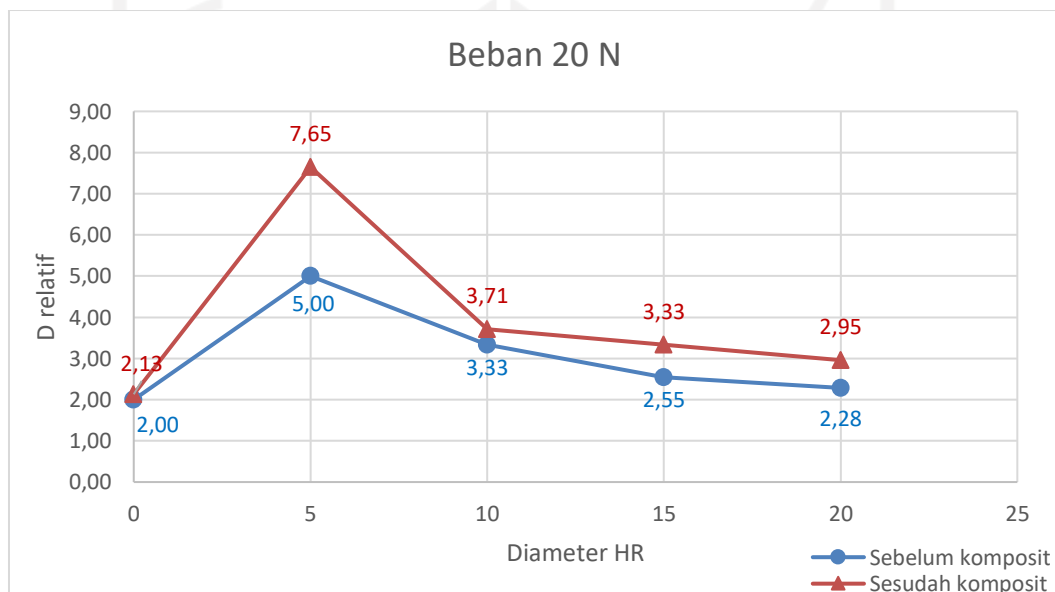
Pada gambar 4- 14 memperlihatkan grafik yang merupakan nilai kekakuan relatif pada spesimen dengan beban 10 N. Nilai kekakuan relatif

terbesar terdapat pada spesimen dengan *ribs* berdiameter 5 mm dan dilapisi komposit yaitu sebesar 4,33 N/mm.

Tabel 4- 12 Kekakuan relatif pada beban 20 N

Beban 20 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	Sebelum komposit	2,00	5,00	3,33	2,55	2,28
	Sesudah komposit	2,13	7,65	3,71	3,33	2,95

Dari tabel 4- 12 didapatkan grafik pada beban 20N pada gambar 4- 15



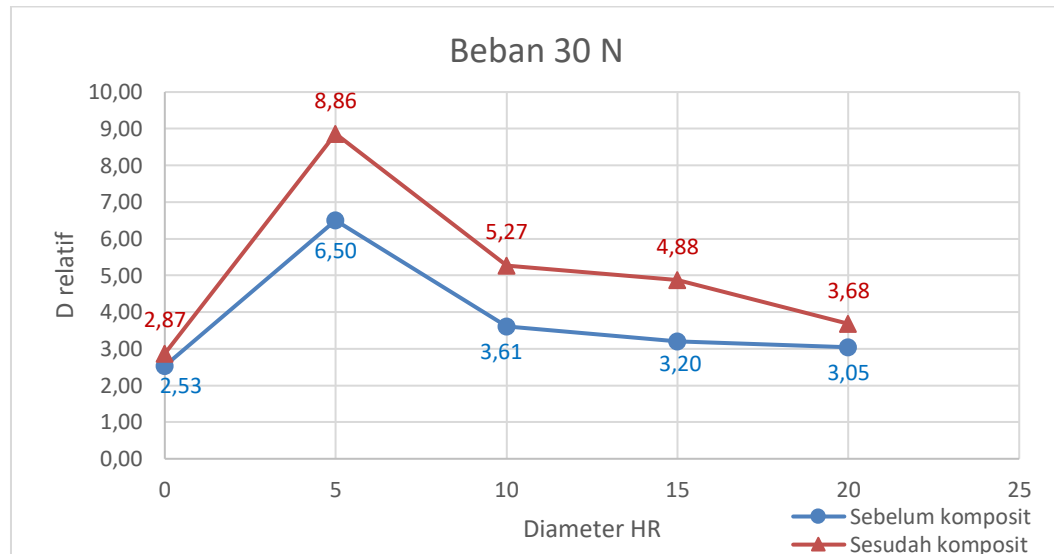
Gambar 4- 15 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 20N

Pada gambar 4- 15 nilai kekakuan relatif tertinggi ditunjukkan pada spesimen HR_5 dengan komposit sebesar 7,65 N/mm, dan untuk nilai terendah pada spesimen TR sebesar 2,00 N/mm.

Tabel 4- 13 Kekakuan relatif pada Beban 30 N

Beban 30 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	Sebelum komposit	2,53	6,50	3,61	3,20	3,05
	Sesudah komposit	2,87	8,86	5,27	4,88	3,68

Tabel 4-13 hasil nilai kekakuan relatif pada beban 30N, didapatkan grafik pada beban 30N pada gambar 4- 16



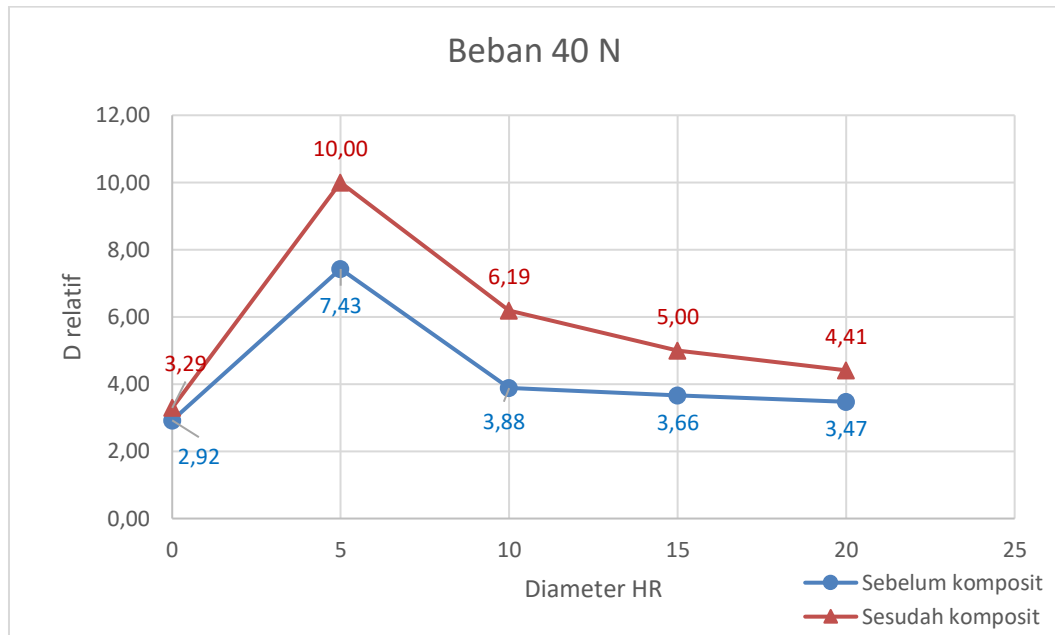
Gambar 4- 16 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 30N

Dapat dilihat pada gambar 4- 16 nilai kekakuan relatif tertinggi ditunjukkan pada spesimen HR_5+komposit sebesar 8,86N/mm.

Tabel 4- 14 Kekakuan relatif pada Beban 40 N

Beban 40 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	Sebelum komposit	2,92	7,43	3,88	3,66	3,47
	Sesudah komposit	3,29	10,00	6,19	5,00	4,41

Dari tabel 4- 13 didapatkan grafik pada beban 40N pada gambar 4- 17



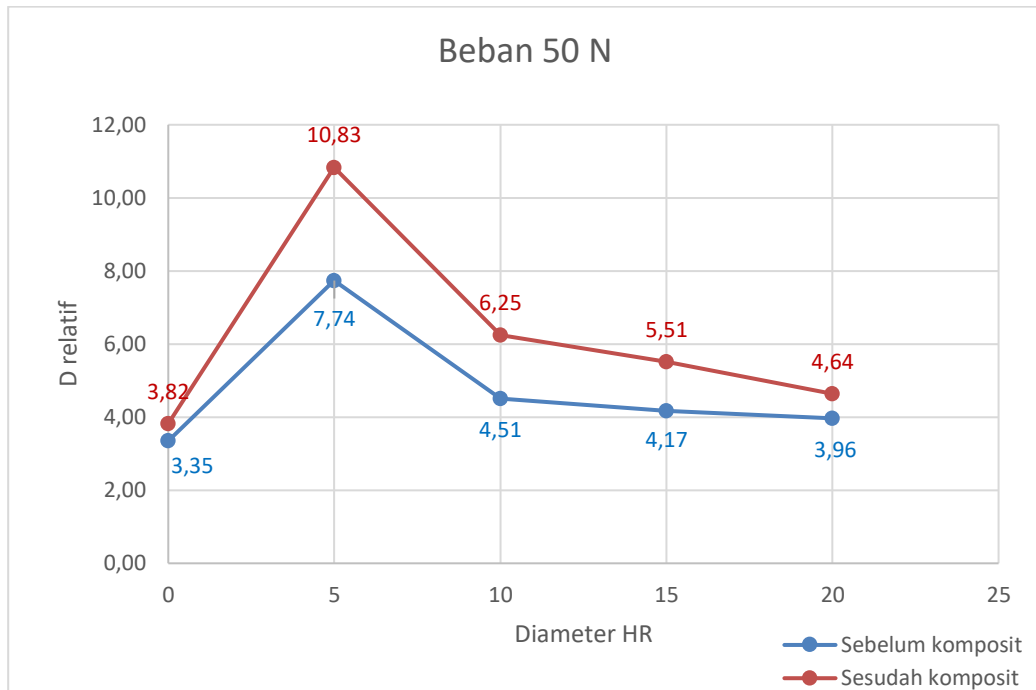
Gambar 4- 17 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 40 N

Pada gambar 4- 17 nilai kekakuan relatif tertinggi ditunjukkan pada HR_5 sebesar 10N/mm, pada spesimen HR_10 juga terjadi peningkatan nilai kekakuan relatif sebesar 6,19 N/mm.

Tabel 4- 15 Kekakuan relatif pada Beban 50 N

Beban 50 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	Sebelum komposit	3,35	7,74	4,51	4,17	3,96
	Sesudah komposit	3,82	10,83	6,25	5,51	4,64

Tabel 4-12 hasil nilai kekakuan pada beban 50N, didapatkan grafik pada beban 30N pada gambar 4- 16



Gambar 4- 18 Grafik Kekakuan relatif pada Beban 50 N

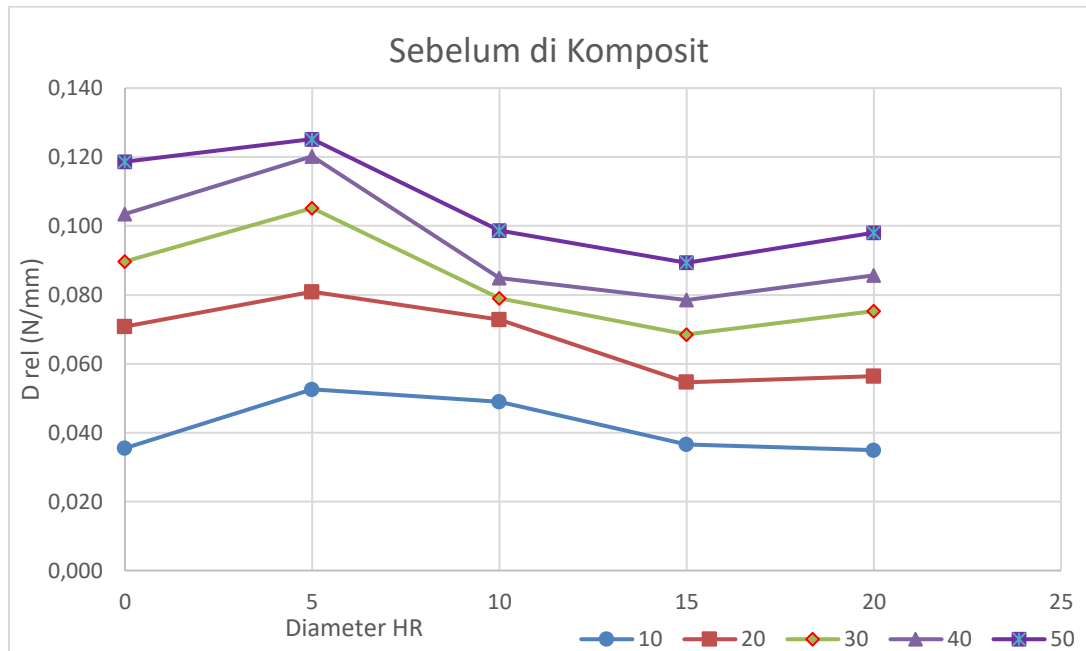
Pada gambar 4- 11 nilai kekakuan tertinggi ditunjukkan pada HR_5 sebesar 10,83N/mm.

Pada tabel di bawah merupakan hasil data gabungan dari beban pengujian terdapat nilai kekakuan relatif sebelum di komposit dan sesudah di komposit.

Tabel 4- 16 Nilai kekakuan relatif sebelum di komposit

Sebelum di Komposit						
Diameter <i>Honeycomb</i>		0	5	10	15	20
D rel(N/mm)	P (N)					
	10	1,00	2,00	2,53	2,92	3,35
	20	3,25	5,00	6,50	7,43	7,74
	30	2,24	3,33	3,61	3,88	4,51
	40	1,71	2,55	3,20	3,66	4,17
	50	1,41	2,28	3,05	3,47	3,96

Dari tabel 4- 16 didapatkan grafik nilai kekakuan relatif sebelum di komposit pada gambar 4- 19

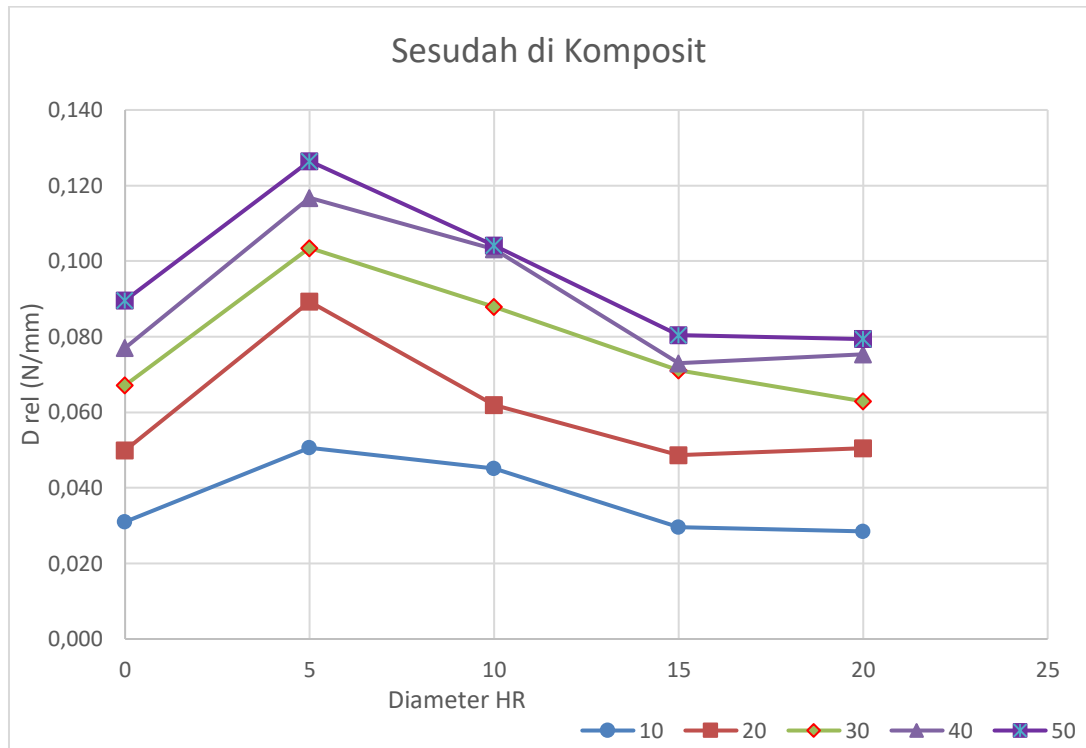


Gambar 4- 19 Grafik nilai kekakuan relatif sebelum di komposit

Pada gambar 4-19 spesimen sebelum diberi komposit dapat dilihat bahwa semakin kecil diameter *honeycomb ribs* semakin tinggi nilai kekakuan relatif.

Tabel 4- 17 Nilai kekakuan relatif sesudah di komposit

		Sesudah di Komposit				
Diameter Honeycomb		0	5	10	15	20
D rel (N/mm)	P (N)					
	10	1,33	2,13	2,87	3,29	3,82
	20	4,33	7,65	8,86	10,00	10,83
	30	2,71	3,71	5,27	6,19	6,25
	40	2,03	3,33	4,88	5,00	5,51
	50	1,67	2,95	3,68	4,41	4,64



Gambar 4- 20 Grafik nilai kekakuan relatif sesudah di komposit

Pada gambar 4-20 keadaan sesudah dikomposit diliat bahwa semakin kecil diameter *honeycomb ribs* semakin tinggi nilai kekakuan relatif

4.3.3 Kekakuan Spesifik

Pada penelitian ini kekakuan spesifik didapatkan dari rumus

$$D_{spesifik} = \frac{D \cdot k}{W} = \frac{\frac{P}{\delta} k}{W}$$

Ket :

$D_{spesifik}$ = Kekakuan spesifik (N/mm.gr)

D = Kekakuan

W = Berat (gr)

k = Konstanta

Dari rumus di atas didapatkan hasil perhitungan kekakuan spesifik yang ada pada tabel 4- 18

Tabel 4- 18 Nilai hasil keseluruhan kekakuan spesifik

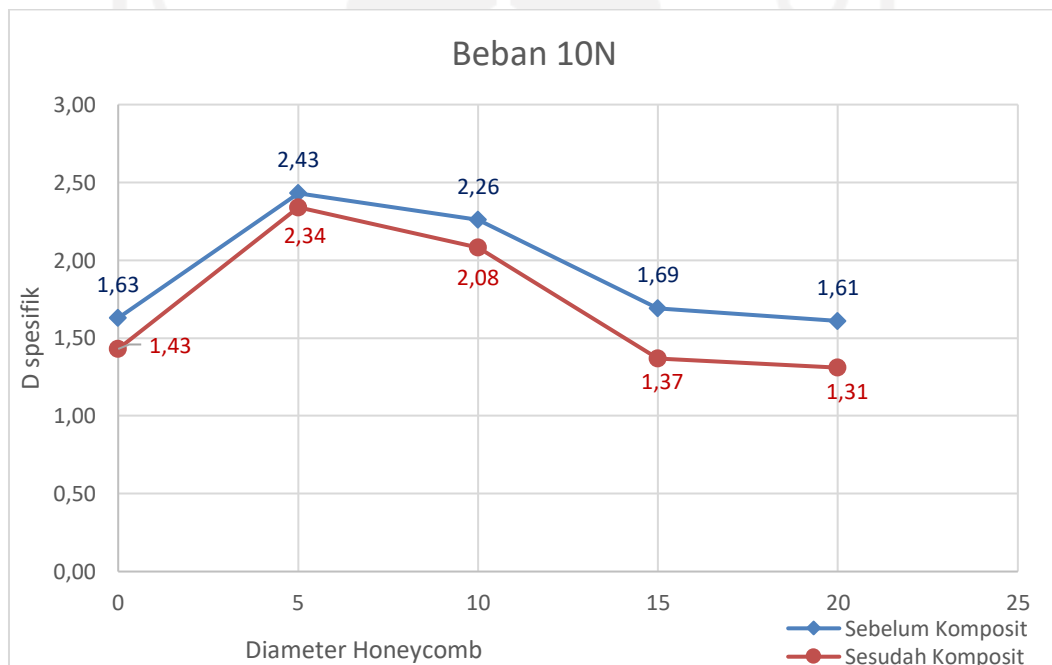
No	Variasi Spesimen Setengah Bola	D . k / W (N/mm.gr)					Keterangan
		10 N	20 N	30 N	40 N	50 N	
1	Tanpa Ribs (TR)	1,63	3,27	4,14	4,78	5,48	Sebelum Komposit
		1,43	2,30	3,10	3,56	4,13	Sesudah Komposit
2	Honeycomb Ribs 5 mm (HR_5)	2,43	3,73	4,85	5,55	5,78	Sebelum Komposit
		2,34	4,12	4,78	5,39	5,84	Sesudah Komposit
3	Honeycomb Ribs 10 mm (HR_10)	2,26	3,36	3,64	3,91	4,55	Sebelum Komposit
		2,08	2,86	4,05	4,76	4,81	Sesudah Komposit
4	Honeycomb Ribs 15 mm (HR_15)	1,69	2,52	3,16	3,62	4,12	Sebelum Komposit
		1,37	2,25	3,28	3,37	3,71	Sesudah Komposit
5	Honeycomb Ribs 20mm (HR_20)	1,61	2,60	3,48	3,96	4,52	Sebelum Komposit
		1,31	2,33	2,90	3,48	3,66	Sesudah Komposit

Dari hasil tabel 4- 18 didapatkan grafik per beban sebelum dan sesudah di komposit pada di bawah ini

Tabel 4- 19 Kekakuan spesifik pada beban 10 N

		Beban 10N				
Diameter HR		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	Sebelum komposit	1,63	2,43	2,26	1,69	1,61
	Sesudah komposit	1,43	2,34	2,08	1,37	1,31

Pada tabel 4- 19 didapatkan grafik nilai kekakuan spesifik pada beban 10N seperti gambar 4- 21 di bawah ini



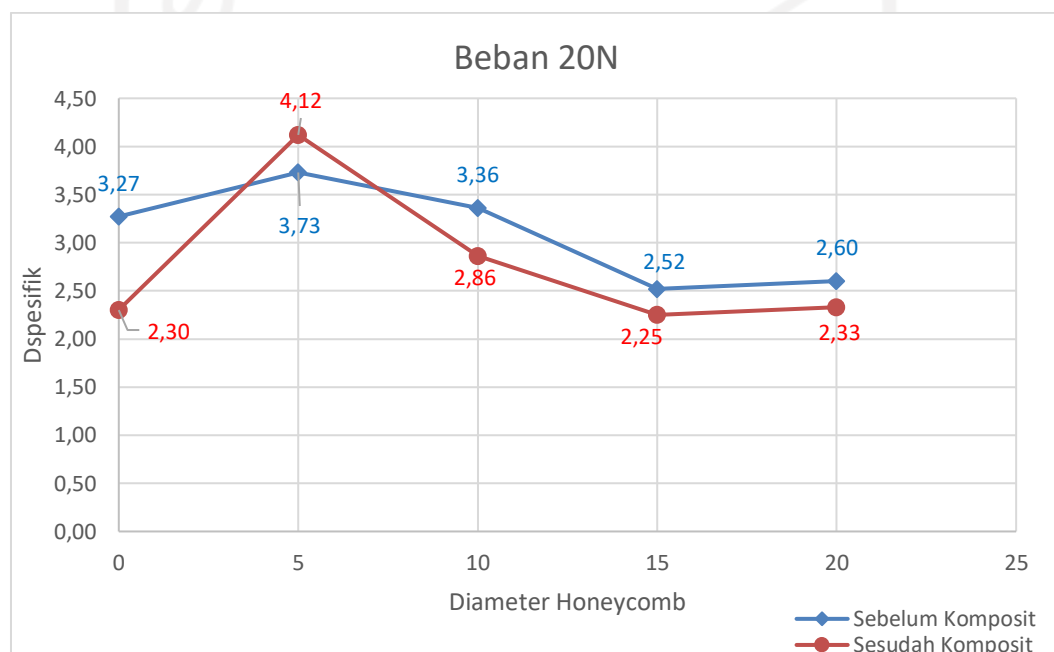
Gambar 4- 21 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 10 N

Pada gambar 4- 21 ditunjukkan bahwa pemberian komposit tidak mempengaruhi nilai kekakuan spesifik, dikarenakan nilai kekakuan sebelum diberi komposit lebih tinggi dari setelah pemberian komposit.

Tabel 4- 20 Kekakuan spesifik pada beban 20N

		Beban 20N				
Diameter HR		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	Sebelum komposit	0,053	0,081	0,105	0,120	0,125
	Sesudah komposit	0,051	0,089	0,103	0,117	0,126

Pada tabel 4- 20 didapatkan grafik nilai kekakuan spesifik pada beban 20N seperti gambar 4- 22 di bawah ini



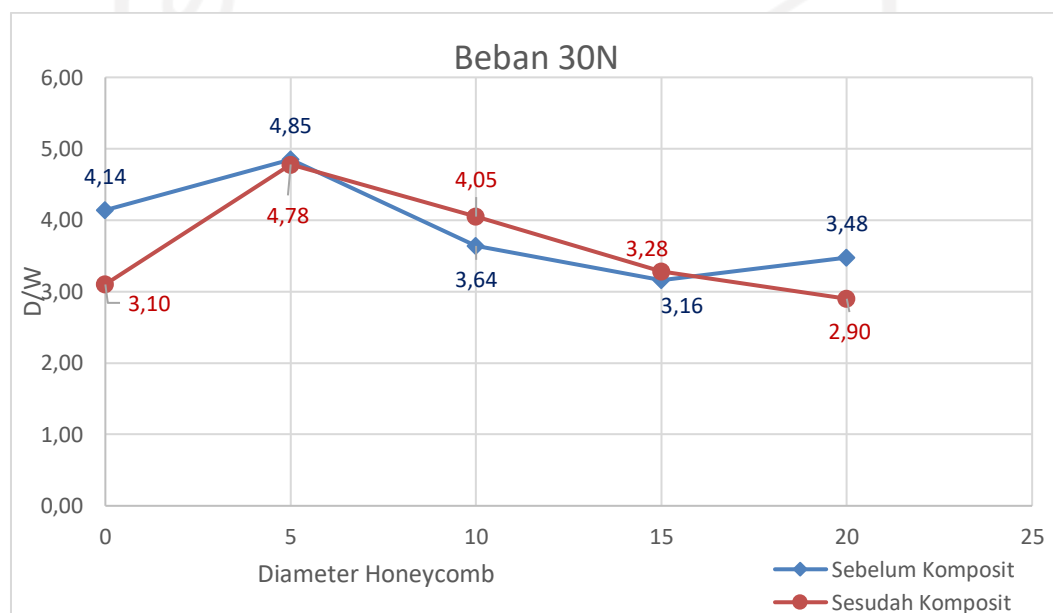
Gambar 4- 22 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 20N

Pada gambar 4- 22 ditunjukkan pemberian komposit hanya berpengaruh pada HR_5 dengan nilai 4,12 N/mm.gr .

Tabel 4- 21 Kekakuan spesifik pada beban 30N

Beban 30N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	Sebelum komposit	4,14	4,85	3,64	3,16	3,48
	Sesudah komposit	3,10	4,78	4,05	3,28	2,90

Pada tabel 4- 21 didapatkan grafik nilai kekakuan spesifik pada beban 30 N seperti gambar 4- 23 di bawah ini



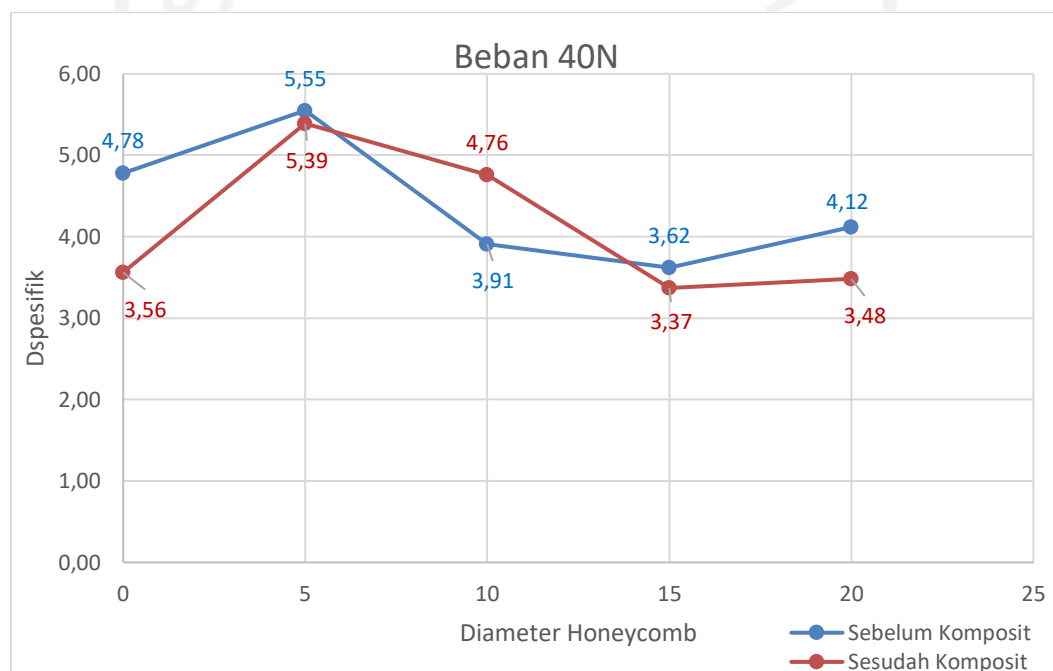
Gambar 4- 23 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 30N

Pada gambar 4- 23 ditunjukkan pemberian komposit berpengaruh pada HR_10 dan HR_15 dengan nilai 4,05 N/mm.gr dan 3,28 N/mm.gr.

Tabel 4- 22 Kekakuan spesifik pada beban 40N

Beban 40 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	Sebelum Komposit	4,78	5,55	3,91	3,62	4,12
	Sesudah Komposit	3,56	5,39	4,76	3,37	3,48

Pada tabel 4- 22 didapatkan grafik nilai kekakuan spesifik pada beban 10N seperti gambar 4- 24 di bawah ini



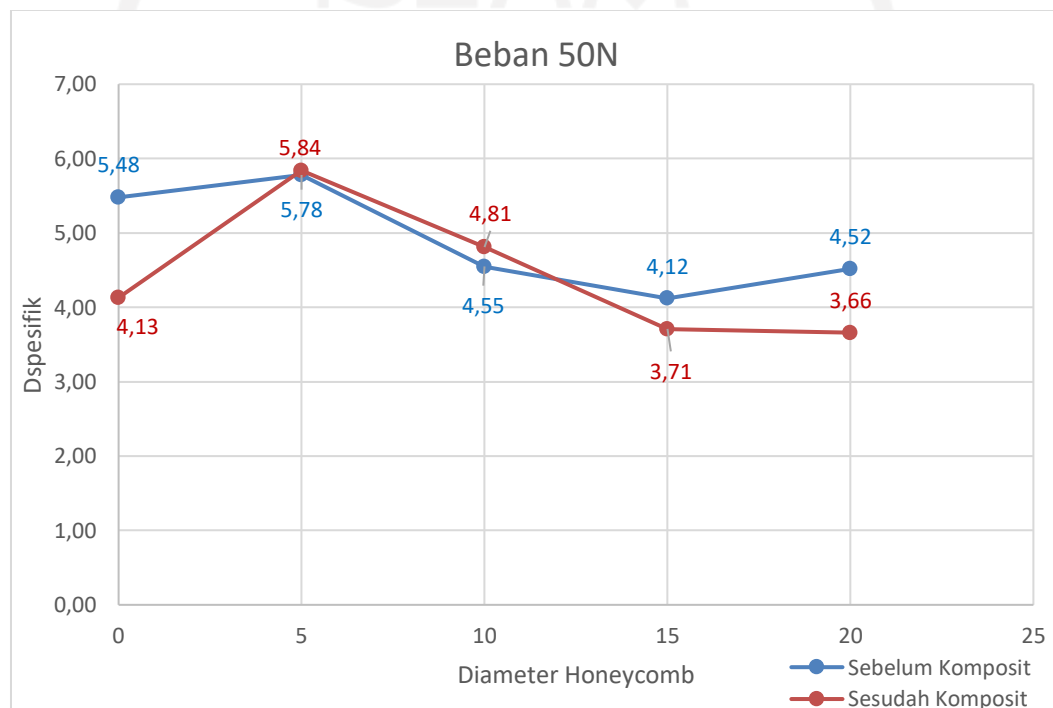
Gambar 4- 24 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 40N

Pada gambar 4- 24 ditunjukkan pemberian komposit hanya berpengaruh pada HR_10 dengan nilai 4,76 N/mm.gr.

Tabel 4- 23 Kekakuan spesifik pada beban 50N

Beban 50 N						
Diameter HR		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	Sebelum Komposit	5,48	5,78	4,55	4,12	4,52
	Sesudah Komposit	4,13	5,84	4,81	3,71	3,66

Pada tabel 4- 23 didapatkan grafik nilai kekakuan spesifik pada beban 10N seperti gambar 4- 25 di bawah ini



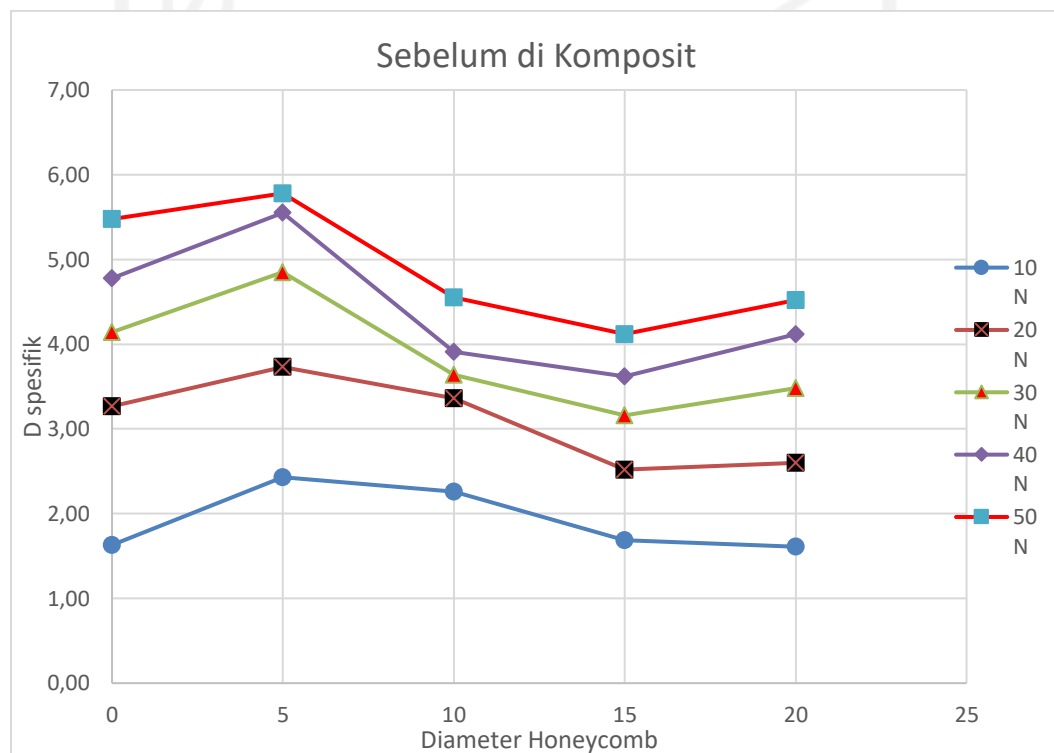
Gambar 4- 25 Grafik Kekakuan Spesifik pada Beban 50N

Pada gambar 4- 25 ditunjukkan bahwa pemberian komposit dengan beban 50 N mempengaruhi nilai kekakuan spesifik, pada spesimen HR_5 dan HR_10 dengan nilai 5,84 N/mm.gr dan 4,81 N/mm.gr.

Berikut tabel di bawah, merupakan hasil data gabungan dari beban pengujian terdapat nilai kekakuan spesifik sebelum di komposit dan sesudah di komposit

Tabel 4- 24 Nilai kekakuan spesifik sebelum di komposit

		Sebelum di Komposit				
Diameter <i>Honeycomb</i>		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	P (N)					
	10	1,63	2,43	2,26	1,69	1,61
	20	3,27	3,73	3,36	2,52	2,60
	30	4,14	4,85	3,64	3,16	3,48
	40	4,78	5,55	3,91	3,62	4,12
	50	5,48	5,78	4,55	4,12	4,52

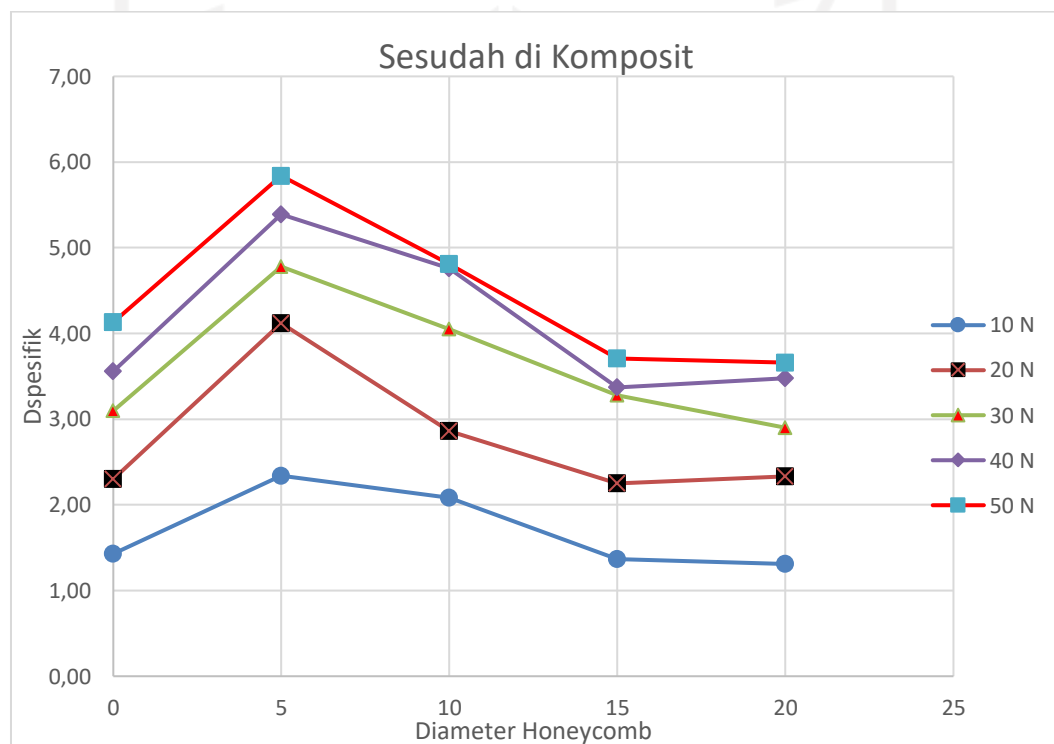


Gambar 4- 26 Grafik nilai kekakuan spesifik sebelum di komposit

Pada gambar 4- 26 spesimen sebelum di komposit diliat bahwa semakin kecil diameter *honeycomb ribs* semakin tinggi nilai kekakuan .

Tabel 4- 25 Nilai kekakuan spesifik sesudah di komposit

		Setelah di Komposit				
Diameter Honeycomb		0	5	10	15	20
D.k / W (N/mm.gr)	P (N)					
	10	1,43	2,34	2,08	1,37	1,31
	20	2,30	4,12	2,86	2,25	2,33
	30	3,10	4,78	4,05	3,28	2,90
	40	3,56	5,39	4,76	3,37	3,48
	50	4,13	5,84	4,81	3,71	3,66



Gambar 4- 27 Grafik nilai kekakuan spesifik sesudah di komposit

Pada gambar 4-27 keadaan sesudah di komposit diliat bahwa semakin kecil diameter *honeycomb ribs* semakin tinggi nilai kekakuan .

4.4 Pembahasan

Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan, nilai defleksi terbesar terjadi pada spesimen tanpa *ribs* dengan nilai defleksi 0,32 mm. Dengan penambahan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm, defleksi yang terjadi hanya 0,14 mm. Penambahan komposit pada spesimen mampu mengurangi nilai defleksi. Pada spesimen tanpa *ribs*, defleksi yang terjadi yaitu 0,28 mm dan pada spesimen dengan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm memiliki nilai defleksi 0,10 mm. Berdasarkan data yang didapatkan menjelaskan bahwa semakin kecil diameter *ribs honeycomb* nilai defleksinya semakin kecil. Lalu, semakin besar beban yang terjadi nilai defleksi menjadi semakin besar.

Kekakuan relatif merupakan kekakuan spesimen yang relatif terhadap spesimen tanpa *ribs honeycomb* dan tanpa lapisan komposit. Kekakuan relatif sesuai perhitungan. Dari hasil yang didapatkan, nilai kekakuan relatif tertinggi terjadi pada spesimen dengan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm. Namun, semakin besar beban yang terjadi, nilai kekakuan spesimen *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm tanpa lapisan komposit memiliki peningkatan nilai kekakuan yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen dengan *ribs honeycomb* berdiameter 5 mm dengan penambahan lapisan komposit.

Penambahan lapisan komposit pada pembebanan 10 N memperlihatkan bahwa penambahan komposit tidak menaikkan nilai kekakuan spesifik dari spesimen. Lalu pada pembebanan 20 N, hanya berpengaruh pada spesimen dengan *ribs honeycomb* 5 mm. Untuk pembebanan 30 N, penambahan komposit berpengaruh pada spesimen dengan *ribs honeycomb* 10 mm dan 15 mm. pada beban 40 N penambahan komposit hanya terjadi pada spesimen *ribs honeycomb* 10mm dan beban 50 N penambahan komposit terjadi pada spesimen *ribs honeycomb* 5mm dan 10mm.

Dari pembahasan diatas, penambahan *ribs* lebih berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekakuan dibandingkan dengan penambahan lapisan skin *fiberglass*.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Proses *vacuum infusion* pada spesimen uji, terdapat susunan untuk komposit bagian paling atas strimin, dibawahnya peelply, lalu serat *fiberglass* 2lembar, spesimen uji, peelply pada bagian bawah spesimen. Inlet resin berada di titik tengah produk bagian atas agar resin dapat mengalir ke semua sisi spesimen dengan dibantu selang spiral yang melingkari spesimen.
2. Pemberian Komposit mempengaruhi nilai kekakuan relatif, pada keseluruhan spesimen dari beban 10N sampai 50N. Dari beban 10N sampai 50 N nilai kekakuan relatif tertinggi ada pada *honeycomb ribs 5mm* dengan nilai 4,33 N/mm, 7,65 N/mm, 8,86 N/mm, 10 N/mm, dan 10,83 N/mm.
3. Pada beban 10N pemberian komposit tidak berpengaruh terhadap kekakuan relatif spesifik, untuk beban 20N pemberian komposit berpengaruh pemberian komposit hanya berpengaruh pada HR_5 dengan nilai 4,12 N/mm.gr. Untuk beban 30N pemberian komposit berpengaruh pada HR_10, dan HR_15 dengan nilai 4,05 N/mm.gr, dan 3,28 N/mm.gr. Pada beban 40N pemberian komposit berpengaruh pada HR_10 dengan nilai 4,76 N/mm.gr , dan untuk beban 50N pemberian komposit berpengaruh pada HR_5 dan HR_10 dengan nilai 5,84 N/mm.gr dan 4,81 N/mm.gr.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dari hasil penelitian yang sudah didapatkan, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pengaplikasian pada permukaan suatu produk yang memiliki bentuk lengkung
2. Pengaruh ketebalan lapisan komposit serat gelas terhadap kekuatan spesimen dengan penambahan *ribs*.
3. Pengaruh variasi bentuk *ribs* terhadap nilai kekakuan suatu spesimen uji.
4. Perlu adanya variasi ukuran diameter spesimen setengah bola.



DAFTAR PUSTAKA

- Baraja, A. D. (2021). PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE GEOMETRI KOMPLEKS (Studi Kasus Helm Sepeda).
- Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. 4(2), 9.
- Farahma Roihan, M. A. (2022). PENGARUH KETEBALAN CORE (3D PRINT) DENGAN BAHAN PLA (POLYLACTIC-ACID) TERHADAP UJI BENDING SPESIMEN KOMPOSIT SANDWICH MENGGUNAKAN METODE VACUUM INFUSION.
- Kusuma Wardani, D. (2015). PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER TERHADAP SIFAT MEKANIK Matrik BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA.
- Luwis, N. (2019). Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb Sandwich Berbahan Komposit Fibreglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40mm dan Cell-Height 30mm. 10.
- Marsono, M., Anggraeni, N. D., & Faisal, F. A. (2021). Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Honeycomb Sandwich Komposit Serat Karbon dengan Uji Bending. METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal, 5(2), 114. <https://doi.org/10.25077/metal.5.2.114-125.2021>
- Meiwandari, M., & Sriyanti, I. (2019). ANALISIS STRUKTUR HEKSAGONAL TERHADAP BENTUK SARANG LEBAH. Jurnal

Inovasi dan Pembelajaran Fisika, 6(1), 82–89.
<https://doi.org/10.36706/jipf.v6i1.7818>

- Morán, J. I., Ludueña, L. N., Stocchi, A. L., Basso, A. D., & Francucci, G. (2021). The driven flow vacuum infusion process: An overview and analytical design. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 40(23–24), 880–897. <https://doi.org/10.1177/07316844211017649>
- Mutasiana, H. R., Estriyanto, Y., & Suharno. (n.d.). PENGARUH VARIASI KETEBALAN CORE TERHADAP KARAKTERISTIK BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT CANTULA DENGAN CORE HONEYCOMB KARDUS TIPE A-FLUTE. Prodi. Pendidikan Teknik Mesin UNS.
- Olivianides, F. (2021). ANALISIS PENGARUH JUMLAH LAPISAN SKIN PADA KOMPOSIT SANDWICH TERHADAP UJI BENDING MENGGUNAKAN METODE VACUUM INFUSION.
- Prayoga, A. (2018). PENGARUH KETEBALAN SKIN TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN TARIK KOMPOSIT SANDWICH DENGAN HONEYCOMB POLYPROPYLENE SEBAGAI CORE. 18(1), 6.
- Putra, K. S., & Ds, S. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. 6.
- Razan Dwi, Moch., & Karmiadji, D. W. (2020). KOMPOSIT SANDWICH HYBRID KOMBINASI SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERAT KACA DENGAN MATRIX POLYURETHANE.

- Saputra, A. H., & Setyarso, G. (2016). Vacuum infusion equipment design and the influence of reinforcement layers addition to the resin infusion time. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 162(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/162/1/012015>
- Yani, M., Suroso, B., & Rajali. (2019). Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi.



LAMPIRAN



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN DEFLEKSI (sebelum diberi komposit)

No.	Variasi Spesimen	Pembebanan (kg)/Defleksi (mm)				
		1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
1	Tanpa Ribs	0.17	0.17	0.21	0.25	0.29
2		0.19	0.19	0.24	0.27	0.31
3		0.29	0.29	0.32	0.37	0.37
4	Ribs Honeycomb 5 mm	0.08	0.09	0.09	0.12	0.14
5		0.05	0.08	0.10	0.12	0.15
6		0.07	0.09	0.11	0.11	0.13
7	Ribs Honeycomb 10 mm	0.07	0.09	0.14	0.19	0.19
8		0.11	0.13	0.18	0.22	0.27
9		0.11	0.17	0.22	0.26	0.26
10	Ribs Honeycomb 15 mm	0.12	0.17	0.21	0.23	0.26
11		0.14	0.16	0.19	0.23	0.26
12		0.12	0.18	0.21	0.25	0.26
13	Ribs Honeycomb 20mm	0.14	0.19	0.22	0.24	0.28
14		0.16	0.19	0.2	0.25	0.27
15		0.16	0.19	0.22	0.26	0.27

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 28 Mei 2022
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine

Yogyakarta, 29 Mei 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa
Materi 11

Dr. Lilla Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 1977033120021217002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN DEFLEKSI
(setelah diberi komposit)

No.	Variasi Spesimen	Pembebanan (kg)/Defleksi (mm)				
		1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg
1	Tanpa Ribs	0.08	0.17	0.19	0.22	0.22
2		0.19	0.22	0.24	0.29	0.31
3		0.22	0.22	0.25	0.28	0.32
4	Ribs Honeycomb 5 mm	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10
5		0.06	0.06	0.07	0.08	0.10
6	Ribs Honeycomb 10 mm	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10
7		0.07	0.09	0.11	0.11	0.16
8		0.08	0.13	0.13	0.18	0.18
9	Ribs Honeycomb 15 mm	0.09	0.13	0.13	0.13	0.18
10		0.11	0.13	0.14	0.15	0.20
11		0.09	0.12	0.13	0.18	0.20
12	Ribs Honeycomb 20 mm	0.12	0.14	0.13	0.19	0.19
13		0.13	0.15	0.17	0.20	0.23
14		0.13	0.14	0.18	0.19	0.25
15		0.13	0.15	0.18	0.20	0.22

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 29 Mei 2022
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine

Yogyakarta, 28 Mei 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa
Material

Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Dr. Lili Dwi Setyaningrum, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002