

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSIT LAMINAT HIBRID JUTE
E-GLASS PADA KEKUATAN TEKAN BETON DENGAN
METODE ANOVA**

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : AGUS SETIAWAN

NPM : 168130007



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/6/22

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSIT LAMINAT HIBRID JUTE
E-GLASS PADA KEKUATAN TEKAN BETON DENGAN
METODE ANOVA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 20 April 2022



(Agus Setiawan)
NPM.168130007





ABSTRAK

Tujuan penelitian ini ialah analisis pengaruh kekuatan tekan material komposit laminate hibrid jute e-glass epoksi sebagai penguat struktur beton, mendapatkan variabel yang mempengaruhi kekuatan tekan material tersebut. Metode penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah metode *Analysis of Variance* (Anova). Hasil penelitian ini ialah diperoleh kekuatan tekan maksimum rata-rata pada selubung hibrid KLJG variasi JGJ, yaitu 31,13 MPa atau mengalami peningkatan kekuatan tekan rata-rata hingga 100 % terhadap spesimen tanpa selubung. Hasil analisis terhadap fungsi kerapatan variasi terhadap seluruh data uji menunjukkan bahwa data-data hasil eksperimental tersebut adalah terdistribusi secara normal pada interval populasi memenuhi $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma)$. Berdasarkan hasil analisis Anova memperlihatkan bahwa nilai F_0 hasil eksperimental adalah 0,998 atau jauh lebih kecil jika dibanding dengan nilai F-Distribusi dengan toleransi $\alpha = 5 \%$, $DoF_{treatment} = 2$, dan $DoF_{error} = 6$, yaitu 5,14. Dengan demikian, pemberian selubung hibrid KLJG pada spesimen beton silinder terbukti secara signifikan mempengaruhi peningkatan kekuatannya.

Kata Kunci: E-glass; Epoksi; Jute; Kuat tekan; Material komposit; Anova

ABSTRACT

The purpose of the study is a analysis of the effect power of the material composite of the laminate hybrid jute e-glass epoxy as a concrete structure generator, to get variables affecting the properties of the material pressure. The research method employed in this study is the method analysis of variance (ANOVA). The result of this research is that the average maximum compressive strength of the KLJG hybrid sheath JGJ variation is 31.13 MPa or an increase in the average compressive strength of up to 100% against specimens without sheathing. The results of the analysis of the variation density function on all test data indicate that the experimental data are normally distributed at population intervals that meet $P(\mu-\sigma < X < \mu+\sigma)$. Based on the results of Anova analysis, it shows that the F0 value of the experimental results is 0.998 or much smaller than the F-Distribution value with tolerance = 5%, DoF treatment = 2, and DoF error = 6, which is 5.14. Thus, the application of KLJG hybrid sheath on cylindrical concrete specimens was proven to significantly affect the increase in strength.

Keywords: E-glass; epoxy; jute; compressive strength; material composite; Anova

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis bernama Agus Setiawan dilahirkan di Medan pada tanggal 17 Agustus 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan Rumanto Marpaung dan Saddiah Harahap. Penulis menyelesaikan pendidikan di MIS Rawang Panca Arga, dan lulus 2010. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di MTs N Meranti dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK 2 MEI Bandar Lampung. Jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT , Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan dan hikmat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Skripsi berjudul **”Analisis Pengaruh Komposit Laminat Hibrid Jute E-Glass Epoksi Sebagai Penguat Struktur Beton Menggunakan Metode Anova”** disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik, Fakultas Teknik Universitas Medan Area (UMA).

Alhamdulillah dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menentukan judul, penyusunan proposal hingga menjadi sebuah skripsi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- a. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Dr.Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan izin dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- c. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Bapak Dr. Iswandi, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi

Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.

- d. Bapak Zulfikar, S.T, M.T, dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah mendampingi, membimbing serta memotivasi penulis sejak awal hingga selesainya skripsi ini dengan baik sesuai dengan yang diharapkan.
- e. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Birokrasi administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
- f. Teristimewa penulis sampaikan terima kasih kepada Ayahanda Rumanto Marpaung dan Ibunda tercinta Saddiah Harahap yang telah membimbing dan mendidik penulis dengan kasih sayang, selalu mendoakan, memberikan penguatan serta materi selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua sebagai tanda terimakasih yang terdalam juga kepada adik-adik tercinta.
- g. Terima kasih Citra Mayasari Tanjung yang selalu ada disaat sedih, susah, senang dan selalu setia menemani, memberi waktu, memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penulis.
- h. Terima kasih juga disampaikan kepada para kawan-kawan Base atas kebersamaan dan kegilaan yang kita lalui selama enam tahun di Universitas Medan Area terkhusus di masa-masa penyusunan skripsi ini, telah menemani, memberi semangat dan motivasi.

- i. Terimakasih buat kebersamaan teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Medan Area, yang selalu berbagi disaat perkuliahan, seminar, dan penyelesaian skripsi ini.

Penulis telah berupaya dengan semaksimal mungkin dalam penyelesaian skripsi ini, namun penulis menyadari masih banyak kelemahan baik dari segi isi maupun tata bahasa untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran pembaca yang bersifat membangun demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.



Medan, 20 April 2022

Penulis,

(Agus Setiawan)
(168130007)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Material Komposit	6
2.2. Serat Jute	11
2.3. Resin <i>Epoxy</i> dan Katalis	12
2.4. Beton	14
2.5. Kuat Tekan	16
2.6. Kerusakan Beton	17
2.7. Analisis Statistik	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Metode penelitian	28
3.4. Diagram alir penelitian	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Analisis data hasil pengujian tekan	33
4.2. Analisis distribusi data uji	34
4.3. Analisis Anova	36
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	41

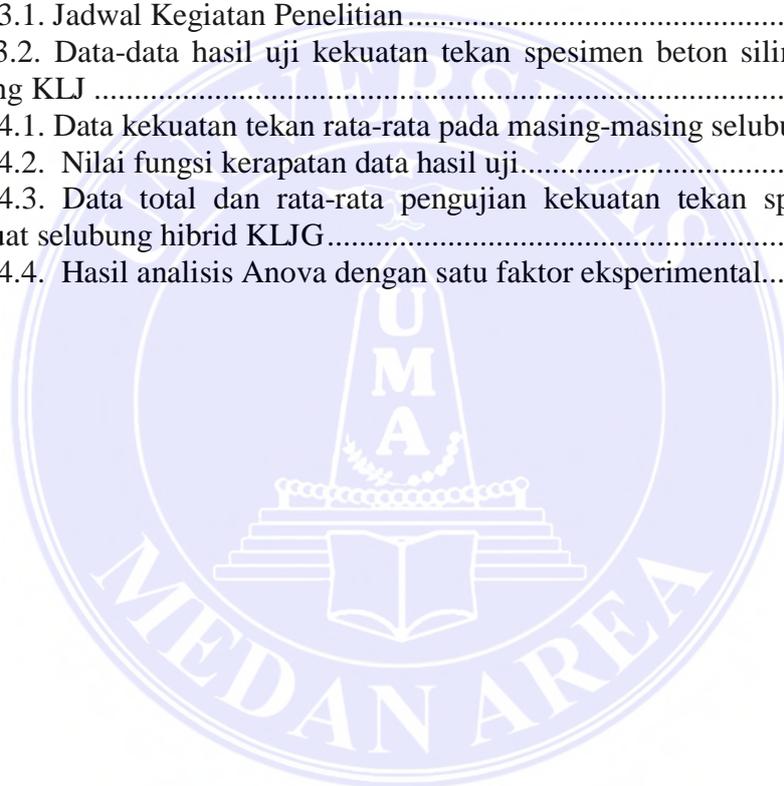
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Susunan material dan bahan komposit.....	6
Gambar 2. 2. Material penyusun komposit	7
Gambar 2. 3. Jenis-jenis struktur material komposit.....	8
Gambar 2. 4. Klarifikasi dan bahan material komposit	9
Gambar 2. 5. Lamina dan laminate	11
Gambar 2. 6. Resin dan katalis.....	13
Gambar 2. 7. Skematik uji tekan.....	16
Gambar 2. 8. Retak akibat reaksi alkali –agregat.....	18
Gambar 2. 9. <i>Voids-Honey combing</i>	19
Gambar 2. 10. <i>Scalling</i>	19
Gambar 2. 11. Probabilitas yang berhubungan dengan distribusi normal	21
Gambar 3. 1. Laptop dan spesifikasinya	26
Gambar 3. 2. Bentuk tampilan <i>sheet</i> software Ms. Excel.....	27
Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian.	31
Gambar 4. 1. Grafik distribusi normal data-data uji berdasarkan perlakuan: (a) S0, (b) GGJ, (c) JGJ, dan (d) JJG.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelas dan Mutu Beton.....	15
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	25
Tabel 3.2. Data-data hasil uji kekuatan tekan spesimen beton silinder diperkuat selubung KLJ	28
Tabel 4.1. Data kekuatan tekan rata-rata pada masing-masing selubung KLJ .	32
Tabel 4.2. Nilai fungsi kerapatan data hasil uji.....	34
Tabel 4.3. Data total dan rata-rata pengujian kekuatan tekan spesimen beton diperkuat selubung hibrid KLJG.....	36
Tabel 4.4. Hasil analisis Anova dengan satu faktor eksperimental.....	38



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain mudah dibentuk, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan.

Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya.

Secara umum bahan pengisi (filler) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (workability) dan mempunyai keawetan (durability) serta kekuatan (strength) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian

beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan.

Sekarang ini struktur beton yang sering kita jumpai banyak yang mengalami kerusakan. Kerusakan struktur tersebut dapat disebabkan oleh kualitas bahan yang tidak memenuhi spesifikasi, pembebanan yang berlebih, kriteria perencanaannya yang tidak sesuai.

Setiap struktur beton memiliki umur rencana dan akan mengalami penurunan kekuatan. Selain itu pengaruh lingkungan, perubahan fungsi struktur atau perubahan pelaksanaan beban yang tidak sesuai rencana mengakibatkan beton tersebut mengalami kerusakan struktur yang lebih cepat. Jika hal itu terjadi, ada dua hal yang perlu dilakukan, yaitu membongkar struktur lama yang telah rusak lalu mengganti dengan struktur baru, atau memberikan perkuatan pada struktur tersebut dengan menggunakan material komposit laminat hibrid jute e-glass epoxy.

Material komposit hibrid merupakan gabungan dari beberapa lapisan penguat serat berbeda yang disusun dengan jumlah dan urutan tertentu dan diikat dengan matrik epoksi, dimana sifat mekanis dari masing-masing serat berbeda. Belum optimalnya penggunaan komposit hibrid merupakan peluang yang baik untuk diteliti lebih lanjut untuk pemakaian aplikasi struktur komposit secara lebih luas. Serat yang dapat dijadikan penguat dalam pembuatan komposit hibrid bisa berupa serat alam dan serat sintesis.

Serat alam memiliki keunggulan jumlahnya melimpah, lebih murah, dapat diperbaharui dan didaur ulang serta tidak mencemari lingkungan. Serat jute merupakan salah satu serat alam yang mengandung material biodegradable

sehingga ramah lingkungan. Serat dari tanaman jute ini diperoleh dari kulit batang pohon. Dari sifat-sifat tersebut, serat jute bisa digunakan sebagai penguat dalam komposit hibrid laminat.

Serat e-glass merupakan jenis serat sintetis. Penambahan serat e-glass diharapkan dapat meningkatkan ikatan serat dengan matriks dan kekuatan mekanik komposit. Resin epoxy adalah plastik termoseting yang secara kimia mempunyai daya tahan. Epoxy ini tahan lama, lemas dan liat, dapat dibuat lapisan pelindung yang baik. Epoxy memiliki beberapa kelebihan diantaranya ringan, mudah dibentuk, tahan korosi dan harganya relatif murah. Sebagai bahan perekat epoksi ini sangat menonjol juga telah semakin meningkat pemakaiannya untuk mencetak, mengecor, dan melaminasi.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian berjudul: "Analisis Pengaruh Komposit Laminat Hibrid Jute E-glass Pada Kekuatan Tekan Beton dengan Metode Anova".

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana Membuat material komposit hibrid laminat dari serat jute e-glass epoxy menjadi spesimen yang dapat di uji kekuatan mekaniknya.
2. Bagaimana menguji kekuatan statik tekan spesimen material komposit laminat hibrid pada struktur beton menggunakan metode ANOVA (Analysis Of Variance).
3. Bagaimana menganalisis pengaruh kekuatan statik tekan pada struktur beton dilapisi dengan material komposit hibrid laminat jute e-glass epoxy.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui distribusi data kekuatan tekan beton kolom selinder diperkuat komposit laminat jute hibrid KLJG.
2. Analisis distribusi data kekuatan tekan kolom selinder diperkuat KLJG dengan menggunakan metode probabilitly mass function (PMF).
3. Analisis pengaruh pemberian KLJG sebagai penguat struktur beton kolom selinder terhadap kekuatan tekan dengan menggunakan metode ANOVA.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan penelitian dan menghindari pembahasan diluar dari konsep penelitian, maka pada penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Elemen struktur yang dibahas adalah spesimen beton dengan lapisan komposit laminat hibrid jute e-glass epoxy.
2. Penelitian ini hanya mengkaji aspek kekuatan tekan.
3. Variabel yang akan diukur adalah material komposit yang mempengaruhi kekuatan tekan (kolom).
4. Metode yang digunakan adalah ANOVA (Analysis Of Variance).
5. Waktu pengeringan spesimen setelah pengecoran ditetapkan 28 hari.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi sehubungan nilai kapasitas tekan beton dengan perkuatan komposit hibrid laminat jute e-glass epoxy.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang penggunaan komposit hibrid laminat jute e-glass epoxy.
3. Sebagai bahan referensi pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan material komposit.

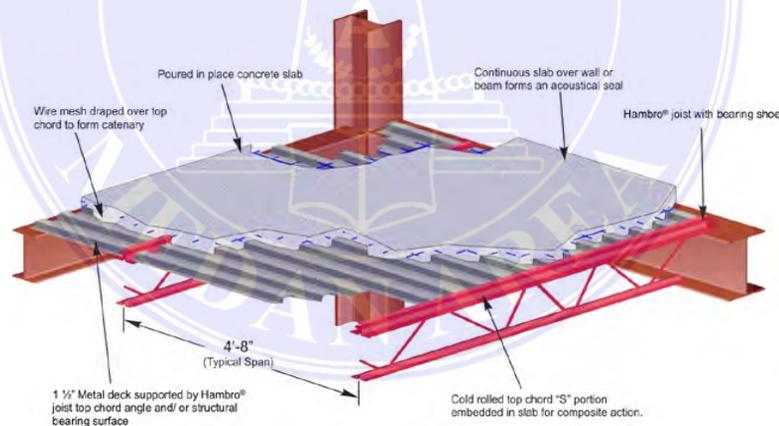


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Komposit.

Komposit adalah material yang tersusun atas dua campuran atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya [1]. Salah satu contoh paling mudah dari material komposit adalah beton cor yang tersusun atas campuran dari pasir, batu koral, semen, besi, serta air. Nampak bahwa material-material penyusun tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda, namun ketika dicampurkan dengan perbandingan serta teknik tertentu akan menghasilkan beton yang sangat kuat, keras, dan tahan terhadap berbagai cuaca. Susunan material komposit diperlihatkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Susunan material dan bahan komposit

Jika sistem resin dikombinasikan dengan serat penguat akan di peroleh sifat-sifat yang jauh lebih diterima kedalam setiap individu serat dan juga melindungi serat dari kerusakan karena abrasi dan benturan, sedangkan serat akan meningkatkan kekuatan dan kekakuan matriks. Penggunaan sistem resin

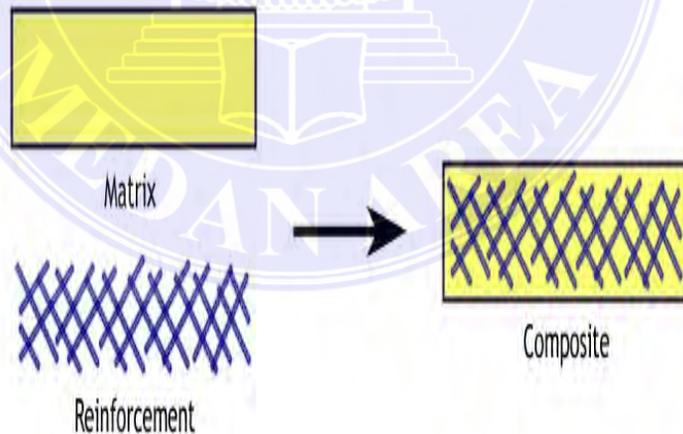
diperkuat serat memudahkan pencetakan bentuk-bentuk yang rumit, juga mempunyai ketahanan terhadap lingkungan korosif dengan berat jenis yang rendah, sehingga komposit diperkuat serat lebih unggul terhadap logam dalam banyak aplikasi teknik. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

2.1.1. Material penyusun komposit

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

- a. Penguat (*Reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang elastis tetapi lebih kaku serta lebih kuat dan berfungsi untuk menahan pembebanan
- b. Matriks, umumnya lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah dan berfungsi untuk menyokong dan melindungi serat serta mendistribusikan dan mentransmisikan beban ke semua serat-serat (penguat).

Material penyusun komposit diperlihatkan pada gambar 2.2.



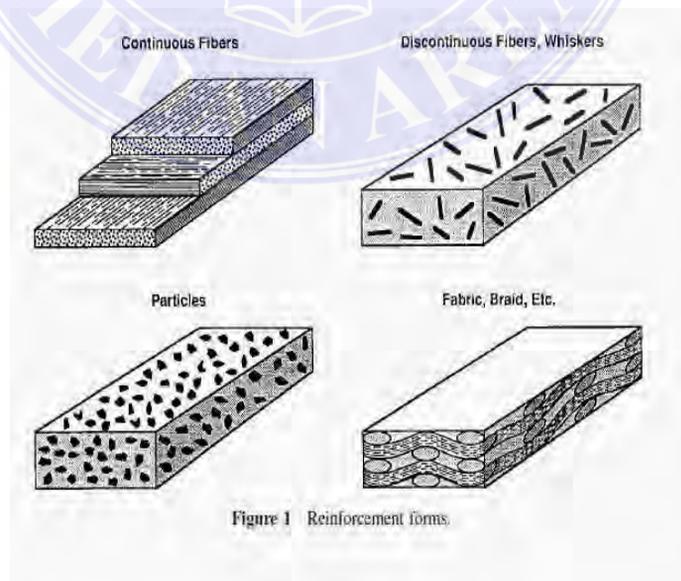
Gambar 2. 2. Material penyusun komposit

2.1.2. Klarifikasi komposit

Secara umum, terdapat 3 macam jenis komposit yaitu:

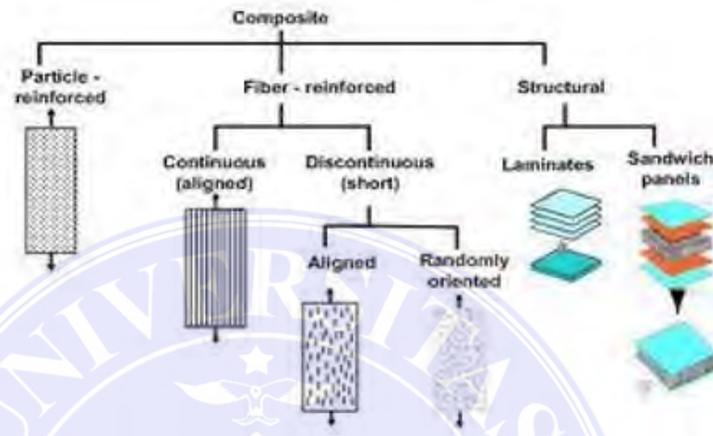
- a. Komposit serat (*fibrous composites*). Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fiber, carbon fibers, aramid fiber. Fiber ini bisa di susun secara acak (*chopped strand mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit.
- b. Komposit laminat (*laminated composites*). Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- c. Komposit partikel (*particulate composites*). merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Struktur material komposit diperlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Jenis-jenis struktur material komposit

Sesuai dengan definisinya, maka bahan material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun. Komponen ini dapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, serpihan, partikel dan lapisan. Klarifikasi bahan material komposit diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Klarifikasi dan bahan material komposit

2.1.3. Faktor yang mempengaruhi performa komposit

Penelitian yang menggabungkan antara matriks dan serat harus memperhatikan beberapa factor yang mempengaruhi performa *fiber matriks composite* antara lain:

a. Faktor serat

Serat adalah bahan yang digunakan yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b. Letak serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklarifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

- 1). *One Dimensional Reinforcement*, kekuatan pada arah axis serat.
- 2). *Two Dimensional Reinforcement (plapar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing masing arah orientasi serat.
- 3). *Three Dimensional Reinforcement*, mempunyai sipat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

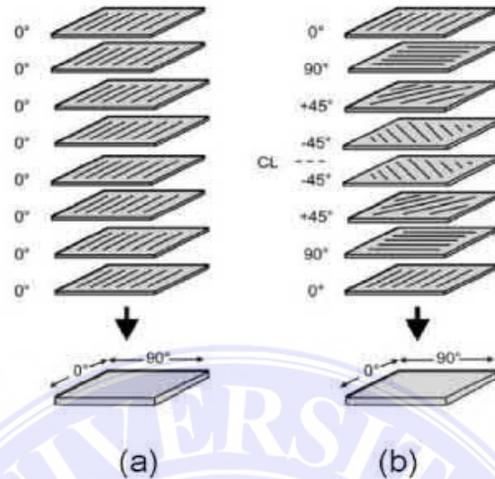
c. Panjang serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 tipe penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika di bandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi.

d. Jenis serat

Terdapat dua jenis lapisan komposit berapis berdasarkan arah serat lapisan yaitu *lamina* dan *laminata*. *Lamina* adalah suatu lembar komposit atau kumpulan beberapa serat dengan arah serat tertentu sedangkan *laminata* adalah

gabungan dari dua atau lebih *lamina* dengan arah serat bervariasi. Bentuk serat lamina diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Lamina dan laminate

2.2. Serat Jute

Serat kain jute berasal dari afrika dan telah digunakan sejak jaman mesir. Penanaman jute berkembang ke asia terutama ke India dan Pakistan. Serat jute berasal dari kulit batang tanaman *Corchoruscapsularis* dan *Corchorusolitorius* [2]. Ciri fisik dari serat jute adalah memiliki kekuatan serta berkilau sedangkan permukaannya terasa kasar. Jute dapat ditanam didaerah tropis maupun subtropis dengan kondisi cuaca yang hangat dan lembab kadang tumbuh baik dipinggiran sungai. Serat jute biasa digunakan untuk pelapis permadani dan pembuatan karung.

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu:

- a. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*interversial bonding*) sangat baik dan kuat. Sehingga tidak mdah lepas dari matriks (*debonding*)

- b. Kelangsingan (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serata dengan diameter serat cukup besar [3].

2.3. Resin Epoxy dan Katalis

Resin epoxy atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset. Resin thermoset adalah polimer cair yang di ubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk pormasi rantai polimer tiga dimensi [4].

Thermoset memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sipat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan dengan kuat sekali, tidak bisa mengalami pergeseran rantai. Bentuk resin epoksi sebelum pengerasan berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas.

Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian structural, resin ini juga di pakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat pengerasan [5].

Resin epoxy memiliki keuntungan yaitu:

1. Mempunyai sifat *adhesive* yang baik untuk *fiber* dan resin.
2. Memiliki tingkat penyusutan yang rendah dan kestabilan dimensi yang baik.
3. Tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap zat asam.
4. Fleksibilitas dan kekuatan tinggi.
5. Tahan terhadap korosi.

Resin *epoxy* membutuhkan penambahan zat pengawet saat proses *curing*, yang biasa disebut *hardener*. Mungkin jenis *Curing agent* adalah berbasis amina. tidak seperti resin poliester atau ester vinil dimana resin dikatalis dengan tambahan katalis kecil. Resin *epoxy* biasanya membutuhkan penambahan bahan pengawet pada rasio resin dan pengeras yang jauh lebih tinggi 1:1 atau 2:1

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tetapi tidak mengalami perubahan dan pengurangan jumlah. Laju reaksi katalis terjadi di permukaan luas pada fluida padat sehingga diterapkan pada material padat yang berpori. Dalam reaksi kimia, katalis tidak berperan sebagai pereaksi kimia maupun produk. Katalis yang umum digunakan ialah ion logam dengan metode impregnasi untuk menghasilkan valensi nol dan situs-situs asam selama proses reduksi. Peran katalis adalah meningkatkan unjuk kerja katalistik material padat. Bentuk resin dan katalis diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6. Resin dan katalis

2.4. Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang berbasis perekat semen, sedangkan agregatnya berupa pasir, batu atau kerikil. Beton pada umumnya banyak dipergunakan dalam bidang konstruksi pembangunan rumah, gedung, jembatan, konstruksi jalan dan lain lain [6].

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni dekoratif yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, misalnya dengan menampilkan agregatnya, yaitu agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya.

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahanbahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0 [7].

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi 6 dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu. Adapun tabel beton seperti dibawan ini;

Tabel 2.1. Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap kekuatan mutu agregat tekan	
I	B_0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B_1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
II	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	$K > 225$	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

Beton mempunyai beberapa keuntungan antara lain ;

1. Kekuatannya tinggi dan dapat di sesuaikan dengan kebutuhan.
2. Mudah di bentuk.
3. Tahan terhadap temperatur tinggi jadi aman jika terjadi kebakaran.
4. Lebih murah dibandingkan dengan baja.
5. Bahan bakunya mudah di dapat.
6. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
7. Umurnya tahan lama.

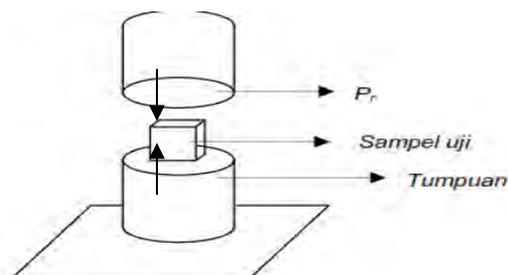
Selain beton memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan antara lain:

- a. Beton termasuk material yang mempunyai berat jenis 2400 kn/cm²
- b. Kuat tariknya kecil (9% - 15%) dari kuat tekan.

2.5. Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kekuatan tekan dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan dari data yang didapatkan dari mesin uji. Beberapa bahan akan patah pada batas tekan, beberapa mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan. Deformasi tertentu dapat dianggap sebagai batas kekuatan tekan, meski belum patah, terutama pada bahan yang tidak dapat kembali ke kondisi semula (irreversible). Pengetahuan mengenai kekuatan tekan merupakan kunci dalam mendesain sebuah struktur. Kekuatan tekan dapat diukur dengan mesin uji universal. Pengujian kekuatan tekan, dipengaruhi oleh kondisi pengujian (penyiapan spesimen, kondisi kelembaban dan temperatur ruang uji, dan sebagainya). [8]

Pengujian kuat tekan beton ini menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan/landasan. Lalu sampel uji di beri beban secara vertikal. Secara ilustrasi proses ini diperlihatkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Skematik uji tekan

Universal testing machine (UTM), yaitu mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui struktur suatu bahan atau material. Mesin UTM ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti, besi, logam, dan baja. Alat pengujian ini menggunakan metode kompresi/penekanan bahan yang akan di uji dengan cara, bahan yang akan di uji di ambil sampelnya lalu sampel tersebut dikompresi/ditekan sampai sampel tersebut retak. Maka dari penekanan ini akan diketahui berapa hasil kekuatan bahan yang di dapatkan. Rumus kekuatan tekan diperlihatkan pada persamaan 2.1.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

keterangan:

σ = Kekuatan Tekan (MPa)

F = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm²)

2.6. Kerusakan Beton

Kerusakan yang terjadi umumnya dapat dikelompokkan dalam tiga katagori yaitu:

2.6.1. Retak (*cracks*)

Retak (*racks*) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit, retak ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab: diantaranya : evaporasi air dalam campuran beton terjadi dengan cepat akibat cuaca yang panas, kering atau berangin. Retak akibat keadaan ini disebut *plastic cracking*, *Bleeding* yang berlebihan pada beton, biasanya akibat proses *curing* yang tidak

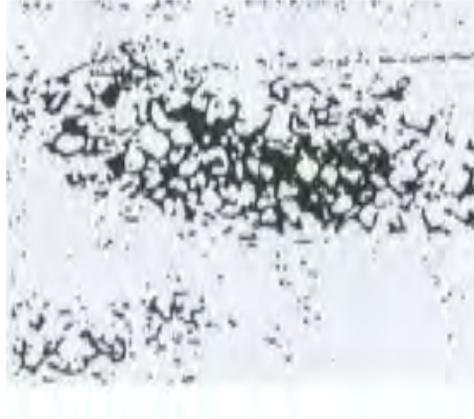
sempurna. Retakan bersifat dangkal dan saling berhubungan pada seluruh permukaan pada plat, retak jenis ini disebut *crazing*. Pergerakan struktur, sambungan yang tidak baik pada pertemuan kolom dengan balok atau plat, atau tanah yang tidak stabil. Retakan bersifat dalam atau lebar, retak jenis ini disebut *random cracks* Reaksi antara alkali dan agregat, retakan yang terbentuk sekitar 10 tahun atau lebih setelah pengecoran dan selanjutnya menjadi lebih dalam dan lebar. Adapun gambar retak (*cracks*) seperti gambar 2.8 dibawah ini;



Gambar 2. 8. Retak akibat reaksi alkali –agregat

2.6.2. Voids

Voids adalah lubang-lubang yang relatif dalam dan lebar pada beton. Void pada beton dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab: diantaranya :Pemadatan yang dilakukan dengan vibrator kurang baik, karena jarak antar bekisting dengan tulangan atau jarak antar tulangan terlalu sempit sehingga bagian mortar tidak dapat mengisi rongga antara agregat kasar dengan baik. Void yang terjadi berupa lubang-lubang tidak teratur yang disebut *honey combing*. Bocor pada bekisting yang menyebabkan air atau pasta semen keluar, akan lebih parah jika campuran banyak mengandung air, atau banyak pasta semen atau gradasi agregat yang kurang baik. Keadaan ini disebut *sand streaking*. Adapun gambar voids seperti pada gambar 2.9 di bawah ini;



Gambar 2. 9. *Void-Honey combing*

2.6.3. *Scalling/spalling/erosion*

Scalling/spalling/erosion adalah kelupasan dangkal pada permukaan, yang dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, diantaranya: Eksposisi yang berulang-ulang terhadap pembekuan dan pencairan sehingga permukaan terkelupas, keadaan ini disebut *scalling*. Melekatnya material pada permukaan bekisting sehingga permukaan beton terlepas dalam kepingan atau bongkah kecil, keadaan ini disebut *spalling*. Terlepasnya partikel-partikel sehalus debu yang dapat terdiri dari semen yang sangat halus atau agregat yang sangat halus, terlepas akibat abrasi misalnya saat lantai disapu, hal semacam ini disebut *dusting*. Adapun gambar *scalling* / *spalling* / *erosion* seperti pada gambar 2.10 di bawah ini;



Gambar 2. 10. *Scalling*

2.7. Analisis Statistik

2.7.1. Distribusi Data Uji

Dalam setiap percobaan ataupun pengujian suatu parameter tertentu, meskipun pengambilan data dilakukan pada objek dan prosedur yang sama, maka akan selalu ada perbedaan variasi data hasil yang diperoleh dari proses pengujian tersebut. Hal ini tidak bisa dihindari disebabkan oleh faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi hasil pengukuran sehingga variasi tersebut terjadi. Variasi data selalu ada dan berdasarkan variasi tersebut dibuat penilaian terhadap data-data hasil pengujian yang diperoleh [9].

Percobaan yang dapat menghasilkan hasil yang berbeda, meskipun diulang dengan cara yang sama setiap waktu, disebut percobaan acak (*random experiment*). Himpunan semua hasil yang mungkin dari suatu percobaan acak disebut ruang sampel (*sample space*) pada percobaan tersebut. Ruang sampel dilambangkan dengan S . Pada kenyataannya, ruang sampel sering ditentukan berdasarkan tujuan analisis.

Data hasil dari suatu pengujian/pengukuran selalu tersebar (terdistribusi) membentuk fungsi distribusi tertentu. Sekumpulan data dikatakan dapat mewakili populasinya apabila variasi data hasil pengujian/pengukuran tersebut terdistribusi dalam jangkauan yang cukup dekat dengan rata-ratanya. Distribusi data jenis ini disebut dengan **Distribusi normal** [10].

Probabilitas distribusi data dari variabel acak dapat ditentukan secara matematis dengan menggunakan suatu fungsi $f(x)$ yang disebut dengan fungsi kerapatan (*density function*). Fungsi kerapatan dapat digunakan dalam bidang

ilmu rekayasa untuk menjelaskan suatu sistim fisik. Rumus fungsi kerapatan pada suatu variabel acak X diperlihatkan pada persamaan 2.2.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana μ ialah rata-rata data uji, σ ialah standar deviasi, dan σ^2 ialah variasi.

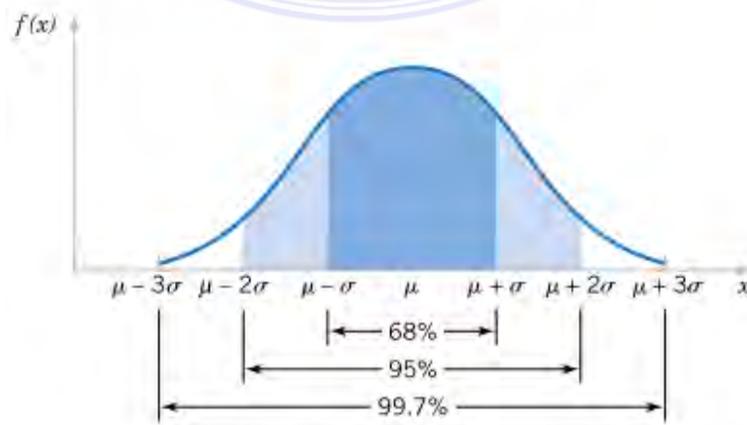
Nilai μ dan σ dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 secara berturut-turut.

$$\mu = \bar{X} = \frac{\sum X}{N} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana \bar{X} ialah nilai rata-rata data, X ialah nilai data uji, N ialah jumlah data uji, dan σ^2 ialah variasi data.

Sekumpulan data dikatakan terdistribusi normal apabila memiliki fungsi variasi V(X) yang pada jangkauan disekitar nilai rata-rata μ membentuk kurva seperti lonceng dan terpusat pada satu nilai μ . Ilustrasi ini diperlihatkan pada gambar 2.11. dibawah ini ;



Gambar 2. 11. Probabilitas yang berhubungan dengan distribusi normal

2.7.2. Analisis ANOVA (Analysis of Variance)

Uji ANOVA adalah bentuk khusus dari analisis statistik yang banyak digunakan dalam penelitian eksperimen. Metode analisis ini dikembangkan oleh *R.A Fisher* [11]. Uji ANOVA juga adalah bentuk uji hipotesis statistik dimana kesimpulan diambil berdasarkan data atau kelompok statistik inferentif. Hipotesis nol (H_0) dari uji anova adalah bahwa data adalah *simple random* dari populasi yang sama sehingga memiliki ekspektasi *mean* dan varians yang sama. Sebagai contoh penelitian perbedaan antara perlakuan terhadap sampel pasien yang sama. Hipotesis nolnya adalah semua perlakuan akan memiliki efek yang sama.

Seperti halnya uji T, dalam uji ANOVA harus dilakukan perhitungan uji statistik (dalam hal ini adalah F- rasio) untuk membuktikan pernyataan bahwa apakah kelompok yang dibandingkan memiliki kesamaan atau tidak. Bahasa statistik hipotesis uji ANOVA dapat dituliskan sebagai berikut: $H_0 : M_1 = M_2 = M_3 = 0$, biasanya dengan harapan bahwa anda akan dapat menolak H_0 untuk memberikan bukti bahwa hipotesis alternatif ($H_1 : \text{tidak } H_0$) [12].

Untuk menguji H_0 , sampel diambil secara acak pada kelompok peserta/sampel/responden dan mendapatkan ukuran-ukuran (variabel dependen). Kemudian melihat apakah ukuran-ukuran tersebut memiliki perbedaan yang berarti untuk berbagai kondisi. Jika berbeda maka H_0 akan ditolak, sebaliknya H_0 akan diterima [13]. Ketika mendapati uji statistik yang diukur melalui F- statistik yang melebihi dengan tingkat kepercayaan tertentu, maka perlu dianalisis lebih lanjut dengan melihat p-value (nilai probabilitas) yang lebih rendah dari 5%. Hal ini berarti menggunakan tingkat kepercayaan hingga 95%.

Prinsip uji ANOVA adalah membandingkan varians tiga kelompok sampel atau lebih [14]. Lebih dari sekedar membandingkan nilai mean (rata-rata), uji ANOVA juga mempertimbangkan keragaman data yang dimanifestasikan dalam nilai varians. Asumsi yang harus dipenuhi dalam uji ANOVA sebagai bentuk dari model linear ialah sebagai berikut:

- a. Independensi observasi, setiap observasi dalam analisis ANOVA harus bersifat independen.
- b. Normalitas, *residual* atau *error* harus mengikuti distribusi normal.
- c. Homogenitas varians, varians antara kelompok yang diandingkan harus homogen.

Dalam perhitungan Anova, beberapa variabel penting yang harus dihitung antara lain:

- a. Jumlah kuadrat perlakuan ($SS_{\text{treatment}}$) yang dihitung melalui persamaan 2.5.

$$SS_{\text{Treatment}} = n \sum_{i=1}^a (\bar{y}_L - \bar{y}_{..})^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana a ialah jumlah *treatment* (perlakuan) dan $(\bar{y}_L - \bar{y}_{..})^2$ ialah kuadrat selisih antara nilai rata-rata perlakuan dengan grand total rata-rata.

- b. Jumlah kuadrat error data (SS_E) yang dihitung menggunakan persamaan 2.6.

$$SS_E = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_L)^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

- c. Rasio jumlah kuadrat treatment ($MS_{\text{Treatment}}$) terhadap jumlah derajat kebebasannya. Demikian juga dengan rasio error (MS_E) terhadap jumlah derajat kebebasannya.

- d. Jumlah total dari jumlah kuadrat (SS_T) adalah penjumlahan antara $SS_{treatment}$ dengan SS_E .
- e. Menghitung nilai F-Distribusi dengan membandingkan antara $MS_{Treatment}$ dengan MS_E . Hasil perhitungan F-Distribusi tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai data pada tabel F-Distribusi dengan toleransi hingga 5 %. Hasil perbandingan tersebut menentukan dampak pengaruh pemberian selubung KLJ pada spesimen beton silinder.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data-data hasil eksperimental yang telah dikerjakan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tekan maksimum rata-rata diperoleh pada selubung hibrid KLJG variasi JGJ, yaitu 31,13 MPa atau mengalami peningkatan kekuatan tekan rata-rata hingga 100 % terhadap spesimen tanpa selubung. Kekuatan ini tidak jauh berbeda dengan kekuatan tekan rata-rata pada variasi lainnya, yaitu GGJ dan JJG yaitu berturut-turut 28,21 MPa dan 27,88 MPa. Dengan demikian, pemberian selubung hibrid KLJG dapat peningkatan kekuatan pada spesimen beton silinder.
2. Hasil analisis terhadap fungsi kerapatan variasi terhadap seluruh data uji menunjukkan bahwa data-data hasil eksperimental tersebut adalah terdistribusi secara normal pada interval populasi memenuhi $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma)$ seperti diperlihatkan pada gambar 4.1. Artinya ialah data-data tersebut berada pada populasi yang terbaik, dimana data-data hasil uji masih sangat dekat dengan nilai rata-rata keseluruhannya. Dengan kata lain, hasil pengujian tersebut dapat mewakili populasi kekuatan tekan spesimen beton diperkuat dengan selubung hibrid KLJG.
3. Berdasarkan hasil analisis Anova memperlihatkan bahwa nilai F_0 hasil eksperimental adalah 0,998 atau jauh lebih kecil jika dibanding dengan nilai F-Distribusi dengan toleransi $\alpha = 5 \%$, DoF *treatment* = 2, dan DoF error =

6, yaitu 5,14. Dengan demikian, pemberian selubung hibrid KLJG pada spesimen beton silinder terbukti secara signifikan mempengaruhi peningkatan kekuatannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut terhadap kekuatan tekan spesimen beton dengan variasi selubung hibrid KLJG yang lebih banyak lagi sehingga diperoleh kekuatan tekan yang optimum.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dalam penelitian ini, maka kepada peneliti selanjutnya disarankan untuk :

- 1 Kekuatan tekan yang di peroleh dari selubung hibrid KLJG sebaiknya harus normal agar peneliti selanjutnya dapat menghitung kedalam perhitungan Anova dan mendapatkan hasil yang terdistribusi dengan toleransi.
- 2 Sebaiknya peneliti selanjutnya mempelajari statistik dan melatih merumuskan hipotesis agar sesuai dengan tujuan penelitian ini mendapatkan hasil optimasi kekuatan tekan komposit laminat hibrid.
- 3 Perlu dilakukan juga pada peneliti berikutnya membuat slubung KLJG yang lebih banyak lagi sehingga di peroleh banyak kekuatan tekan yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Y. Shanyi, D. Litong, and C. Materials, *Composite Materials Engineering*, vol. 1. Beijing: Chemical Industry Press, 2018.
- [2] S. Dixit, R. Goel, A. Dubey, P. R. Shivhare, and T. Bhalavi, "Natural Fibre Reinforced Polymer Composite Materials - A Review," *Polym. from Renew. Resour.*, vol. 8, no. 2, pp. 71–78, 2017.
- [3] E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design*, 3rd Editio. New York: CRC Press, 2018.
- [4] H. Abramovich, *Introduction to composite materials*. Elsevier Ltd, 2017.
- [5] M. Y. Yuhazri, A. J. Zulfikar, and A. Ginting, "Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review," in *Materials Science and Engineering*, 2020, p. 13.
- [6] R. D. Woodson, *Concrete Portable Handbook*. .
- [7] M. Alexander and H. Beushausen, "Cement and Concrete Research Durability , service life prediction , and modelling for reinforced concrete structures – review and critique," *Cem. Concr. Res.*, vol. 122, no. February, pp. 17–29, 2019.
- [8] D.A. Catur, A. B. (2018). Pengaruh Sudut Dan Jarak Z-Pin Terhadap Kekuatan Tekan Dan Tarik Komposit Sandwich Dengan Inti Polyurethane Foam Yang Dibuat Dengan Metode Vari (Vacuum Assisted Resin Infusion). *Dinamika Teknik Mesin*, 2.
- [9] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

- [10] R. Peck, C. Olsen, and J. Devore, *Introduction to Statistics and Data Analysis*, 3rd ed. California: Thomson Higher Education, 2008.
- [11] R. Kumar, *RESEARCH METHODOLOGY*, 3rd ed. Los Angeles: SAGE Publications Ltd, 2011.
- [12] M. G. Larson, "Analysis of Variance," *Am. Hear. Assoc.*, vol. 117, no. 1, pp. 115–121, 2008.
- [13] R. A. Armstrong, S. V Slade, and F. Eperjesi, "An introduction to analysis of variance (ANOVA) with special reference to data from clinical experiments in optometry," *Ophthal. Physiol. Opt.*, vol. 20, no. 3, pp. 235–241, 2000.
- [14] A. B. Naik and A. C. Reddy, "Optimization of tensile strength in TIG welding using the Taguchi method and analysis of variance (ANOVA)," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 8, no. August, pp. 327–339, 2018.
- [15] A. T. Muzakir, *Analisis Kekuatan Tekan Bahan Komposit Hibrid Laminat Jute E-Glass Epoksi Sebagai Penguat Struktur Beton*, 1st ed. Medan: Universitas Medan Area, 2021.

LAMPIRAN
TABEL F-DISTRIBUSI DENGAN $\alpha = 0,05$

$v_2 \backslash v_1$	Degrees of freedom for the numerator (v_1)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	
7	5.39	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 20/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)20/6/22