

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSIT LAMINAT JUTE
PADA KEKUATAN TEKAN BETON
DENGAN METODE ANOVA**

SKRIPSI

OLEH :

**DIKO ALAMSYAH
168130025**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/6/22

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)15/6/22

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSIT LAMINAT JUTE
PADA KEKUATAN TEKAN BETON
DENGAN METODE ANOVA**

SKRIPSI

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

OLEH :

**DIKO ALAMSYAH
168130025**

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

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul proposal : ANALISIS PENGARUH KOMPOSIT LAMINAT
JUTE PADA KEKUATAN TEKAN BETON
DENGAN METODE ANOVA
Nama Mahasiswa : DIKO ALAMSYAH
NPM : 168130025
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Zulfikar, ST., MT.,)
NIDN : 007127307

(M. Yusuf R. Siahaan, ST, MT.)
NIDN : 0122078003

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Mesin

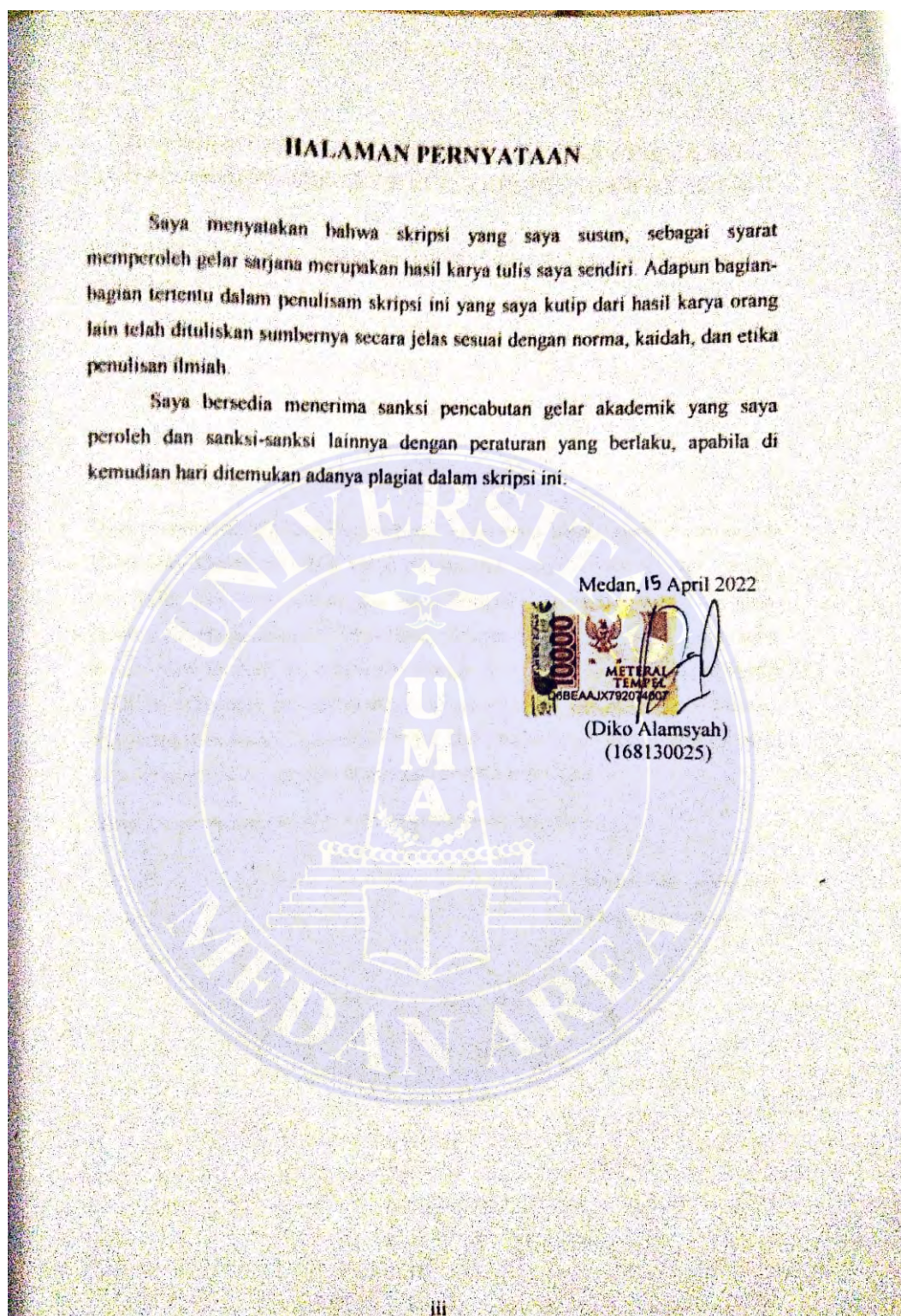


(Rahmat Syah, S.Kom, M.Kom.)
NIDN : 0105058804



(Othman Idris, ST, MT.)
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 29 maret 2022



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Diko Alamsyah
NPM : 168130025
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Nin-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis pengaruh komposit *laminat jute* pada kekuatan tekan beton dengan metode Anova. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih medikan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 15 April 2022

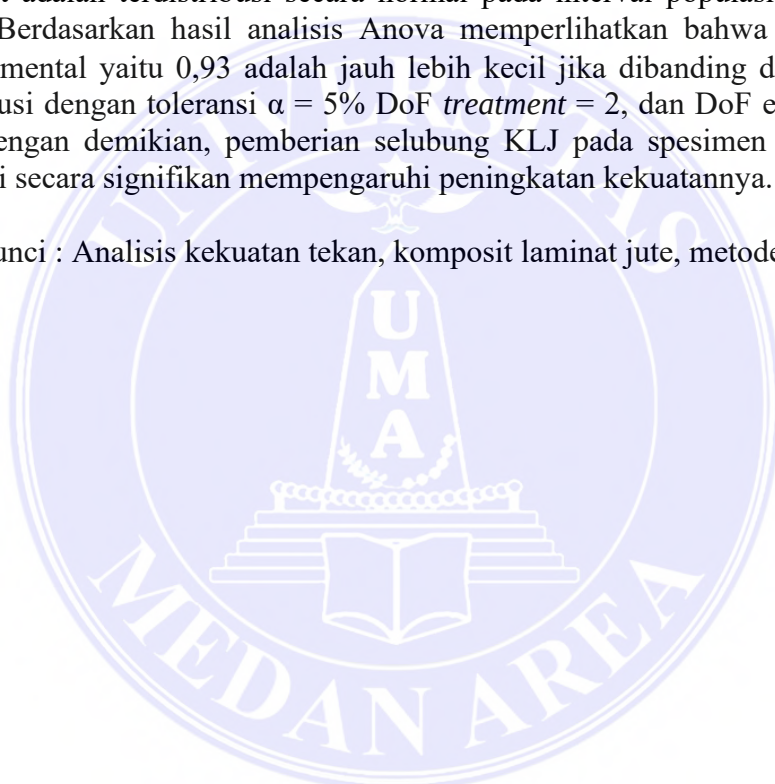
Yang menyatakan


(Diko Alamsyah)
(168130033)

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini ialah analisis kekuatan tekan spesimen beton silinder yang diperkuat dengan selubung KLJ, analisis distribusi data yang dihasilkan dari eksperimental yang telah dilakukan dengan menggunakan metode fungsi kerapatan variasi data dan analisis kekuatan komposit laminat jute epoksi sebagai penguat struktur beton akibat beban statik tekan. Metode yang digunakan ialah maksimum rata-rata diperoleh pada jumlah selubung KLJ sebanyak 3 lapis, yaitu 23.84 Mpa atau mengalami peningkatan kekuatan tekan rata-rata hingga 40% 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 $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma)$. Berdasarkan hasil analisis Anova memperlihatkan bahwa nilai F_o hasil eksperimental yaitu 0,93 adalah 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 KLJ pada spesimen beton silinder terbukti secara signifikan mempengaruhi peningkatan kekuatannya.

Kata kunci : Analisis kekuatan tekan, komposit laminat jute, metode anova.



ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the pressure strength of cylindrical concrete specimens reinforced with KLJ Sheath, analysis of the distribution of data generated from experiments that have been carried out using the data variation density function method and analysis of the optimization of the strength of the composite jute-epoxy laminate as a reinforcement for concrete structures due to static compressive loads. The method used is the Analysis of Variance (Anova) method. The results of this research are the average maximum compressive strength obtained at the number of KLJ sheaths as much as 3 layers that is 23.84 Mpa or an increase in the average compressive strength of up to 40% 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 analysis population intervals $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma)$. Based on the results of the Anova analysis, it shows that the F_0 value of the experimental results that is 0.93, is much smaller than the F -Distribution with tolerance $\alpha = 5\%$ DoF treatment = 2 and DoF error = 6, is 5.14. Therefore, the application of KLJ sheath on cylindrical concrete specimens was proven to significantly affect the increase in strength.

Keywords: Optimization compressive strength, laminat jute composite, Anova Method.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Diko Alamsyah dilahirkan di Medan pada tanggal 10 November 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan Rahman, dan Nurhayati. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Percobaan Medan Kecamatan Medan dan Tamat pada tahun 2009. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Darussalam Medan dan Tamat pada Tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK RAKSANA 1 Medan. Jurusan Teknik Kendaraan Roda Dua (TKRD) dan Tamat pada tahun 2015. 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 Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemampuan kepada Penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Tugas ini merupakan tugas akhir yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan perkuliahan di Universitas Medan Area untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST).

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, dan bimbingan dari banyak pihak. Dalam kesempatan ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Seketaris Program Studi Teknik mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Zulfikar, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membantu penulis dalam memberikan arahan dan dukungan sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
5. Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT., selaku Pembimbing II yang telah membantu penulis dalam memberikan arahan dan dukungan sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan staff Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
7. Teristimewakan Ayahanda Rahman dan Ibunda tercinta Nurhayati sebagai orang tua saya yang, selalu mendukung dan mensekolahkan saya hingga menjadi seorang sarjana. Kepada saudara-saudariku yang tercinta yaitu, Andini, Dicky Surya Amanda, dan Yassar Sanjaya yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
8. Terima Kasih kepada, Himpunan Mahasiswa Mesin Universitas Medan Area yang selalu memberikan banyak pelajaran saat saya menjadi mahasiswa.
9. Terima kasih kepada, Himpunan Mahasiswa Islam yang telah banyak memberikan suatu ilmu yang bermanfaat dan dapat berguna untuk ummat dan bangsa.
10. Terima kasih kepada teman-teman jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area Stambuk 2016.

Peneliti berharap semoga karya tulis ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan kedepan.

Medan, 15 April 2022
Penulis

(Diko Alamsyah)
(168130025)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Batasan masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Material Komposit	4
2.2. Serat Jute	7
2.2.1. Serat Tumbuhan	8
2.3. Resin <i>Epoxy</i> dan Hardener	9
2.4. Beton	10
2.5. Kuat Tekan	13
2.6. Kerusakan Beton	14
2.7. Analisis Statistik	18
2.7.1. Distribusi Data Uji	18
2.7.2. Analisis ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>)	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Waktu dan Tempat	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.2.1. Alat	23
3.2.2. Bahan	25
3.3. Metode Penelitian	26
3.3.1. Perhitungan kekuatan tekan	26
3.3.2. Perhitungan distribusi data	27
3.3.3. Perhitungan Anova	27
3.4. Diagram alir penelitian	29

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 30

4.1. Analisis data hasil pengujian tekan 30

4.2. Analisis distribusi data 32

4.3. Analisis optimasi Anova 33

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN 37

5.1. Kesimpulan 37

5.2. Saran 38

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN 41

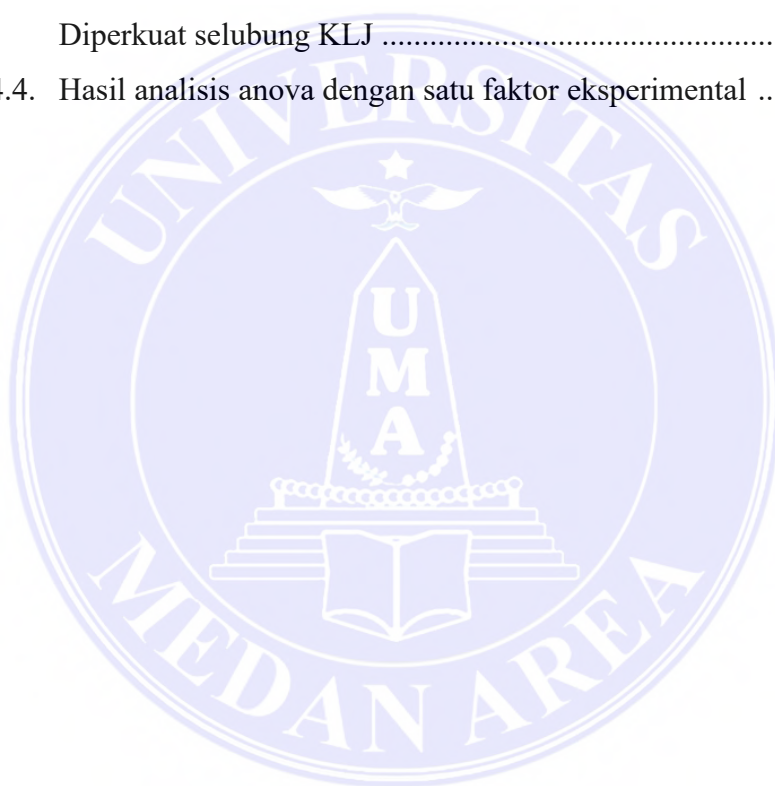


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Klasifikasi komposit berdasarkan bentuk dan matriks	5
Gambar 2.2. Serat Jute	7
Gambar 2.3. Resin dan Hardener	10
Gambar 2.4. Skematik uji tekan	13
Gambar 2.5. Retak akibat reaksi alkali - agregat	15
Gambar 2.6. Voids-honey combing	16
Gambar 2.7. scalling	16
Gambar 2.8. Probabilitas yang berhubungan dengan distribusi normal	19
Gambar 3.1. Laptop dan spesifikasinya	24
Gambar 3.2. Bentuk tampilan Sheet software Ms.excel	25
Gambar 3.5. Diagram alir penelitian	29
Gambar 4.1. Pola kerusakan akibat uji tekan: (a) J1, (b) J2, dan (c) J3	32
Gambar 4.2. Grafik fungsi kerapatan data terdistribusi normal	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian	23
Tabel 3.2. Data-data hasil uji kekuatan tekan spesimen beton silinder diperkuat selubung KLJ	26
Tabel 4.1. Data kekuatan tekan rata-rata pada selubung KLJ	30
Tabel 4.2. Nilai fungsi kerapatan data uji	33
Tabel 4.3. Data total dan rata-rata pengujian kekuatan tekan spesimen beton Diperkuat selubung KLJ	34
Tabel 4.4. Hasil analisis anova dengan satu faktor eksperimental	36



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Indonesia mempunyai pulau terbanyak di dunia membentang dari sabang hingga marauke sehingga pemerintahan ingin membangun ruas jalan tol yang menghubungkan antara pulau ke pulau lainnya. Pembangunan jalan tol yang saya lihat selalu menggunakan struktur beton untuk pembuatan jalan tol tersebut, tidak sedikit banyak kecelakaan kerja yang terjadi pada proses pengerjaan jalan tol dan menimbulkan kerugian yang sangat besar dalam proses pengerjaanya.

Beton dari segi ekonomis relatif murah dikarenakan menggunakan bahan-bahan lokal. Melihat kondisi tersebut saya ingin menguji beton tersebut dengan melapisi laminat jute pada kerusakan beton tersebut, dikarenakan beton mempunyai kekuatan tarik yang rendah dan mudah retak.

Sedangkan laminat jute (kain jut) memiliki tekstur yang kasar bahan kain burlap ini terbuat dari serat yang kuat serat jute, dimana serat jute merupakan serat yang banyak digunakan nomor dua setelah kapas.

Asal mula serat jute ini diperoleh dari kulit batang pohon tanaman jute. Tanaman jute hampir banyak ditemukan di seluruh dunia, yang memiliki alam trofis dan sub trofis namun pusat keberagaman tanaman ini terdapat di benua afrika.

Kain jute yang terbuat dari tanaman jute di tenun menggunakan bahan dasar serat yang tebal sehingga tidak mudah putus, kain jute termasuk kain yang ramah lingkungan karena terbuat dari serat tanaman yang bersifat bio degradabel.

Para pengguna kain ini menunjang para pelaku untuk menciptakan go green terbuat dari 100% persen tumbuhan dengan proses memintal yang menggunakan bahan-bahan lami juga, tentu limbahnnya dapat di degradasi dengan baik dan tentu ramah lingkungan.

Oleh karena itu saya akan menguji kekuatan tekan struktur beton yang telah diperkuat komposit laminat jute (kain jute), dengan menggunakan metode ANOVA (*Analysis of variance*). Metode ANOVA ialah metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisis data dari suatu percobaan yang terancang adalah teknik analisis ragam atau sering disebut dengan ANOVA.

Analisis ragam adalah sebuah metode untuk memeriksa hubungan antara dua atau lebih set data. Dengan kata lain ada hubungan antara set data dengan melakukan analisis varians. Analisis varian kadang- kadang disebut sebagai F-test. Suatu ciri analisis ragam adalah model ini terparameterisasikan secara berlebih, artinya model ini mengandung lebih banyak parameter dari pada yang dibutuhkan untuk mempresentasikan pengaruh-pengaruh yang diinginkan. Salah satu tipe dari analisis ragam adalah analisis varians satu jalur atau juga dikenal dengan istilah one-way ANOVA.

1.2. Batasan Masalah.

Permasalahan dalam perencanaan penelitian hanya menguji beban tekan, sehingga penulis membatasi permasalahan pada:

1. Analisis kekuatan struktur beton dilapisi dengan laminat jute (kain jute) dengan menggunakan metode ANOVA, mengabaikan pengujian dengan uji tekan spesimen.
2. Mengabaikan pengujian pada waktu pengeringan benda kerja.

3.1. Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui distribusi data kekuatan tekan beton kolom silinder diperkuat komposit laminat jute (KLJ)
2. Analisis distribusi data kekuatan tekan kolom silinder diperkuat KLJ dengan menggunakan metode *Probability Mass Function* (PMF).
3. Analisis pengaruh pemberian KLJ sebagai penguat struktur beton kolom silinder terhadap kekuatan tekan dengan menggunakan metode ANOVA.

4.1. Manfaat Penelitian.

Adapun manfaat dari analisis kekuatan komposit laminat jute epoksi sebagai penguat struktur beton terhadap beban statik tekan dan lentur ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa kuat struktur beton ketika dilapisi dengan laminat jute.
2. Untuk mengetahui kegagalan struktur beton dalam proses pengujian beban statik tekan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Komposit.

Komposit adalah suatu material yang berbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dimana sifat mekanik dari material pembentukannya berbeda-beda dimana satu material sebagai fasa pengisi (*matrix*) dan yang lain sebagai fasa penguat (*reinforcement*).

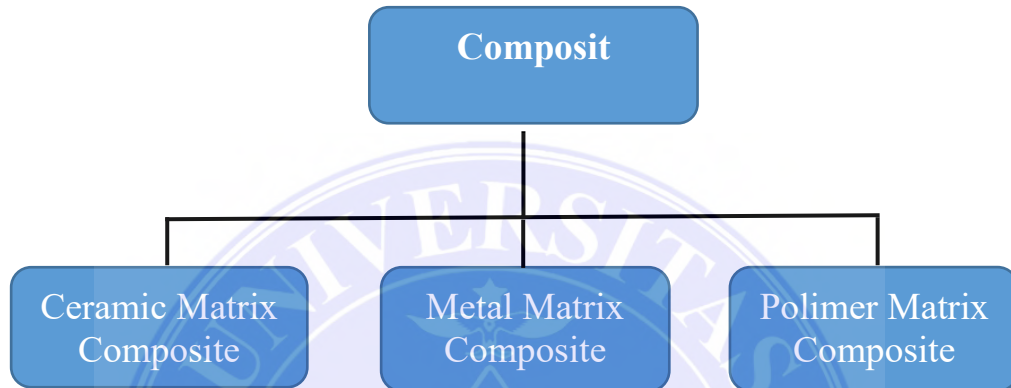
Komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat sebagai pengisi (*filler*) dan bahan pengikat serat yang disebut matrik. Material komposit memiliki kegunaan pada berbagai bidang rekayasa dan industri serta tuntutan penggunaan material yang murah, ringan, sifat mekanik yang baik dan tidak korosif, sehingga dapat menjadi beban alternatif selain logam.[1]

Komposit di golongankan menjadi 3 macam, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1, diantara lain :

1. Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite / MMC*), yaitu mempunyai matriks dari logam (aluminium, magnesium, besi, kobalt, tembaga) dan keramik tersebar (oksida, karbida).
2. Komposit matriks polimer (*Polimer Matrix Composite / PMC*), yaitu jenis komposit dengan matrik dari bahan polimer, termoplastik (PVC, nylon, polyesterene) dan kaca tertanam, karbon, baja atau serat kevlar.
3. Komposit matriks keramik (*Ceramics Matrix Composite / CMC*), yaitu komposit dengan matriks dari bahan keramik. MMC berasal dari gabungan material berbahan dasar logam dan keramik. MMC bisa disebut juga material

yang terdiri dari matrik berupa logam dan panduannya yang diperkuat oleh bahan penguat dalam bentuk *continus fibre*, *Whiskers* atau *particulate*.

Pembuatan metal *matrix-composite* dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain, powder metallurgy, diffusion banding, liquid phase sintering, squeeze infiltration dan stir casting.



Gambar 2.1 Klasifikasi komposit berdasarkan bentuk dari matriks.

1. 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.

b. 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 *laminat* adalah gabungan dari dua atau lebih *lamina* dengan arah serat bervariasi.

2.2 Serat Jute.

Dalam dekade terakhir ini, penggunaan serat alami pada material komposit saat ini sangat menguntungkan karena: memiliki sifat mekanik yang baik, bahan baku dengan mudah di daur ulang, dan ramah terhadap lingkungan karena mempunyai kemampuan untuk ter-biodegradasi (*biodegradability*).

Berbagai keuntungan tersebut telah menumbuhkan minat akan penggunaan material alami pada berbagai aplikasi. Hal ini menjadi kabar yang sangat menggembirakan bagi dunia industri manufaktur. Material alami tidak akan di khawatirkan habis karena dapat diperbaharui dengan pengembang biakan sesuai dengan keadaan alam Indonesia. Tanaman jute merupakan tanaman tahunan yang tumbuh baik di tanah "*alluvial*" dengan iklim tropik yang lembab seperti Indonesia. Apabila di kaji, tanaman *jute* memiliki kandungan serat yang tinggi.

Namun untuk saat ini pemanfaatan serat *jute* di Indonesia sebatas sebagai bahan dasar pembuatan karung dan pelapis permadani. Tentunya akan mempunyai nilai lebih, jika serat tersebut dapat di gunakan sebagai serat pengisi dalam material komposit *laminat*.^[2]

Bentuk serat jute dapat diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Serat Jute.

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan, yaitu diantara lain :

2.2.1. Serat Tumbuhan.

Unsur utama yang terkandung dalam serat tumbuhan adalah *lelulosa*, komponen struktural utama pada dinding sel pelindung tumbuhan. Serat dari tumbuhan dipilih dengan persyaratan yaitu, kuat dan tahan lama.

Serat dari tumbuhan diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu:

a. Serat dari biji

Contoh biji tumbuhan yang telah memenuhi persyaratan sebagai bahan serat alam adalah kapuk dan kapas. Kapuk masih cukup eksis dimanfaatkan sebagai bahan isi kasur, bantal, guling, bahkan kursi. Sementara itu, pemanfaatan kapas masih banyak digunakan sebagai produk kosmetik maupun bahan tekstil.

b. Serat dari batang.

Contoh serat batang yang bermanfaat sebagai bahan serat alami yaitu, serat *flax* (dari tanaman *linum usitatissium*), serat rami, serat jute (dari tanaman *corchorus capsularis*) dan serat dari batang tanaman beringin serta serat dari batan melinjo.

c. Serat dari daun.

Contoh bahan serat dari daun yaitu, serat daun mendorong, daun nanas, daun pandan berduri dan daun eceng gondok serta daun pisang abaka. Bahan-bahan tersebut hampir semuanya bisa dimanfaatkan sebagai produk kerajinan.

2.3. Resin *Epoxy* dan Hardener.

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 [3].

Thermoset memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sifat 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 [4].

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 2.3.



Gambar 2.3. Resin dan Hardener.

2.4. Beton.

Beton merupakan batu buatan yang memiliki kuat tekan cukup tinggi, dibuat dari campuran semen, pasir, kerikil dan air. Perbaikan kualitas serta sifat beton dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, dengan mengganti

maupun menambah material pokok semen dan agregat, sehingga dihasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik seperti beton ringan, beton berat, beton tahan, bahan kimia tertentu dan sebagainya.

Beton serat (*fibre reinorced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambahkan serat pada adukannya. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain dan bambu [5].

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 [6].

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:

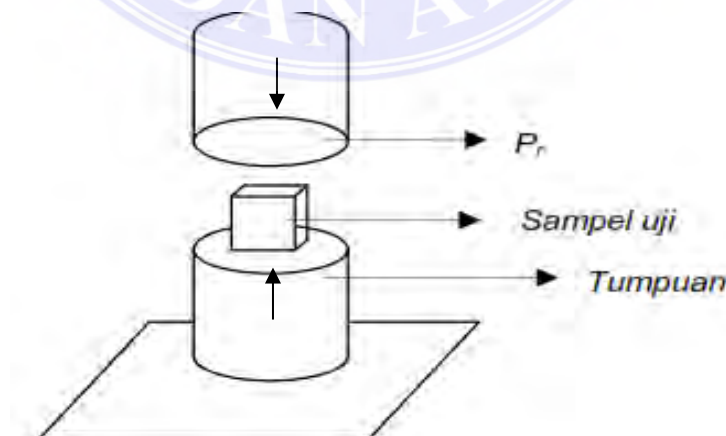
- a. Beton termasuk material yang mempunyai berat jenis 2400 kn/cm²
- b. Kuat tariknya kecil (9% - 15%) dari kuat tekan.

2.5. Kuat Tekan.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin tekan [7]. Jadi dalam proses pengujiannya, benda yang berasal dari beton dengan ukuran silinder diameter 50 mm dan tinggi 150 mm akan di tekan menggunakan mesin uji tekan untuk melihat seberapa besarkah kekuatan tekannya.

Pada dasarnya, kuat tekan beton menjadi sifat yang paling penting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat lainnya. Hal ini karena banyak sifat-sifat fisik utama beton bisa ditentukan dari berbagai kuat tekan beton seperti kuat geser beton, modulus elastisitas beton, kuat tarik belah beton, syarat kedap air, syarat keawetan beton dan lain sebagainya.

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 2.4.



Gambar 2. 4. 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)

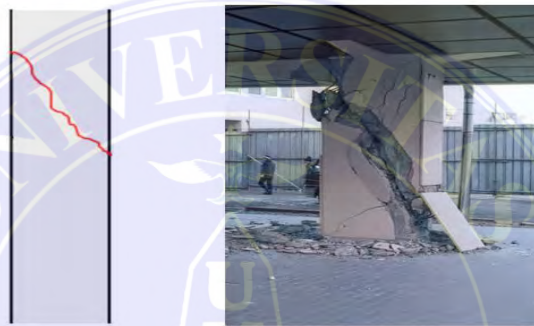
2.6. Kerusakan Beton.

Kerusakan yang terjadi umumnya dapat dikelompokkan dalam enam katagori yaitu:

1. Retak (*cracks*).

Retak (*cracks*) 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 di bawah ini;

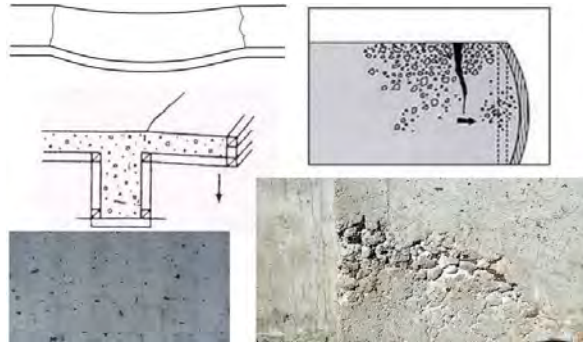


Gambar 2. 5. Retak akibat reaksi alkali –agregat.

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 di bawah ini;



Gambar 2. 6. *Voids-Honey combing*.

3. Kelupasan dangkal pada permukaan (*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 di bawah ini;



Gambar 2. 7. *Scalling*.

4. Letakan baja beton.

Inilah kerusakan jenis lain yang umum terjadi pada kerusakan beton bertulang. Kerusakan ini sering terjadi pada komponen struktur penunjang bangunan sipil, perlu diketahui bahwa letakan dipengaruhi oleh tingkat kekasaran sebuah permukaan baja dan kualitas beton di sekitar bagian tulangan.

Jika kelekatan gagal terjadi atau kurang sempurna, maka akan membuat menurunnya daya dukung pada struktur. Hal ini bisa menyebabkan deformasi, yang lebih parah bisa menyebabkan runtuhnya struktur konstruksi. Penyebab lain dari kegagalan kelekatan ialah adanya korosi pada tulangan, terjadinya kebakaran, atau bisa jadi karena terlalu tipisnya selimut beton.

5. Adanya serangan kimia.

Beberapa bahan kimia digunakan dalam proses konstruksi beton tulangan, baik *steel structure* maupun baja. Seperti penggunaan *fly ash* pada campuran beton yang berpotensi bisa memberi pengaruh pada beton terutama pada lingkungan bersulat.

Selain itu, adanya tegangan internal bisa juga terjadi akibat dari mengembangkannya unsur kimia tertentu pada beton, seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan unsur kimia penyerang.

6. Penurunan pondasi.

Pada sebagian konstruksi, kondisi tanah kurang mendukung untuk bangunan yang kokoh dan berkualitas. Beberapa kasus yang terjadi ialah daya dukung tanah tidak seragam pada sebagian lingkungan bangunan. Hal inilah yang menjadikan perbedaan dan penurunan pondasi, sedangkan komponen yang sering rusak ialah pada dinding pengisi.

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 [8].

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** [9].

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.

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

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

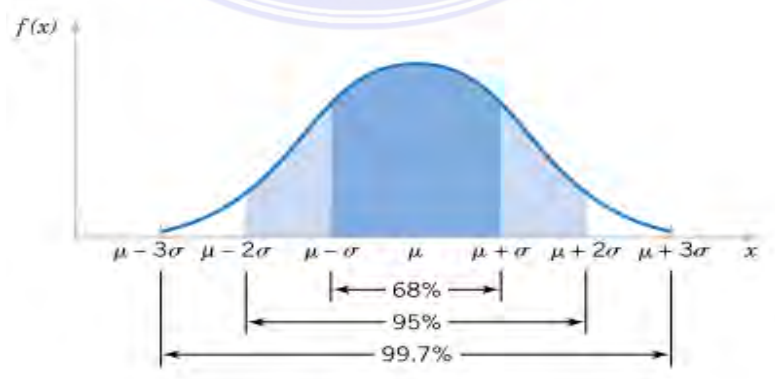
Nilai μ dan σ dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 secara berturut-turut.

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

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

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 2.8.



Gambar 2. 8. 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 : 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 [10]. 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 [11]. 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

- Jumlah total dari jumlah kuadrat (SS_T) adalah penjumlahan antara $SS_{\text{treatment}}$ dengan SS_E .

- Menghitung nilai F-Distribusi dengan membandingkan antara $MS_{\text{Treatment}}$ 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 III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat.

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area dengan waktu pelaksanaan selama 6 bulan. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (seminggu)					
		I	II	III	VI	V	VI
1	Persiapan alat dan bahan						
2	Pembuatan spesimen uji						
3	Pengujian spesimen						
4	Analisis data hasil pengujian						
5	Pembuatan laporan penelitian						
6	Seminar hasil						

3.2. Alat dan Bahan.

3.2.1 Alat.

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Laptop.

Laptop berfungsi sebagai mesin untuk menjalankan aplikasi-aplikasi yang diperlukan untuk analisis data hasil pengujian. Bentuk dan spesifikasi laptop yang dipergunakan diperlihatkan pada gambar 3.1.



Fitur	Spesifikasi Teknis
Prosesor	7th Gen Intel® Core i7-7500U
Sistem Operasi	Windows 10 Home
Grafis	NVIDIA MX 110
Tampilan	14" HD (1366 x 768)
Memori	500 GB SATA HDD
Baterai	Hingga 6 jam
Dimensi (P x L x T)	338.3 mm x 249.9 mm x 22.7 mm

Gambar 3. 1. Laptop dan spesifikasinya.

b. Software Ms. Excel.

Software Ms. Excel adalah perangkat lunak komputer yang berbentuk spread sheet yang dalam penelitian ini digunakan untuk perhitungan-perhitungan data statistik seperti perhitungan fungsi kerapatan variasi, distribusi normal, dan Anova, sehingga diperoleh hasil yang lebih cepat dan efisien. Bentuk tampilan software ini diperlihatkan pada gambar 3.2.

Jlh Selubung (Treatment)	Pengujian (Replicates)			Total (MPa)	Rata-rata (MPa)
	1	2	3		
J1	11.78	10.50	10.89	33.17	11.06
J2	23.21	24.05	24.20	71.46	23.82
J3	24.79	22.55	24.19	71.52	23.84
Grand Total				176.15	58.72

Treatment	Observations
1	y_{11} y_{12} ... y_{1n}
2	y_{21} y_{22} ... y_{2n}
...	...
$\bar{a}$	y_{a1} y_{a2} ... y_{an}

	R.yi. - R.yi.	SS error	yij - R.yi.
J1	2271		1
J2	1218		2
J3	1216		3
total	4706		total

Gambar 3. 2. Bentuk tampilan *sheet* software Ms. Excel.

3.2.2. Bahan.

Bahan dalam penelitian ini ialah berupa data-data hasil uji kekuatan tekan spesimen beton silinder diperkuat dengan selubung KLJ diperoleh dari hasil penelitian yang telah dikerjakan oleh Doni Alfiah Siregar (2021) [15]. Data-data hasil uji yang diperoleh dari hasil pengujian ialah luas penampang pembebanan dan beban tekan pada masing-masing spesimen uji. Luas penampang pembebanan diperoleh berdasarkan diameter luar spesimen uji. Sementara beban tekan diperoleh berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan langsung oleh mesin uji tekan UTM (Universal Testing Machine) jenis jenis *Hydraulic* UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN yang disimpan dalam memori data Akusisi-nya. Data hasil uji tersebut diperlihatkan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Data-data hasil uji kekuatan tekan spesimen beton silinder diperkuat selubung KLJ

No.	Kode Spesimen	Diameter Luar Spesimen (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Tekan (N)
1	S0.1	55	2376	23623
2	S0.2	55	2376	39865
3	S0.3	55	2376	36012
4	J1.1	58	2642	31126
5	J1.2	57	2552	26789
6	J1.3	58	2642	28775
7	J2.1	63	3117	72356
8	J2.2	64	3217	77375
9	J2.3	63	3117	75422
10	J3.1	68	3632	90011
11	J3.2	69	3739	84319
12	J3.3	68	3632	87842

Keterangan:

- S0 ialah spesimen beton silinder yang tidak dilapisi oleh KLJ.
- J1 ialah spesimen beton silinder yang diselubungi dengan 1 (satu) lapis KLJ.
- J2 ialah spesimen beton silinder yang diselubungi dengan 2 (dua) lapis KLJ.
- J3 ialah spesimen beton silinder yang diselubungi dengan 3 (tiga) lapis KLJ.

3.3. Metode Penelitian.

3.3.1. Perhitungan Kekuatan Tekan.

Berikut ini adalah prosedur perhitungan untuk analisis kekuatan tekan spesimen beton silinder yang diberi penguat dari selubung KLJ, sebagai berikut:

Input data-data hasil pengujian ke dalam spread sheet Ms. Excel. Input data uji berdasarkan perlakuan dan jumlah pengulangan pada tiap perlakuannya. Data-data tersebut antara lain: kode spesimen, diameter luar (mm), dan beban tekan (N) yang dihasilkan pada proses pengujian. Hitung luas penampang pembebanan dengan menggunakan rumus luas lingkaran. Hitung tegangan tekan yang diperoleh berdasarkan persamaan 2.1. Hitung nilai kekuatan tekan rata-rata pada masing-masing perlakuan.

Analisis data-data hasil perhitungan tersebut untuk mendapatkan nilai kekuatan maksimumnya.

3.3.2. Perhitungan Distribusi Data.

Berikut ini adalah prosedur perhitungan fungsi kerapatan variasi data untuk menentukan distribusi data analisis kekuatan tekan spesimen beton silinder yang diberi penguat dari selubung KLJ, sebagai berikut:

Mengurutkan data-data hasil uji dari nilai terendah hingga ke nilai tertinggi.

Menghitung nilai rata-rata keseluruhan data dengan menggunakan persamaan 2.3.

Menghitung nilai standar deviasi keseluruhan data dengan menggunakan persamaan 2.4. Menghitung fungsi kerapatan variasi data pada masing-masing data uji dengan menggunakan persamaan 2.2. Menggambarkan grafik fungsi kerapatan tersebut menggunakan software Ms. Excel sehingga diperoleh kondisi distribusi variasi data apakah terdistribusi secara normal atau tidak.

3.3.3. Perhitungan Anova.

Berikut ini adalah prosedur perhitungan Anova berdasarkan data-data uji kekuatan tekan spesimen beton silinder yang diberi penguat dari selubung KLJ, sebagai berikut:

Menyusun data-data kekuatan tekan berdasarkan jumlah level (*treatment*) dengan jumlah perulangan (*replicates*).

Menghitung nilai total dan rata-rata data uji berdasarkan treatment-nya.

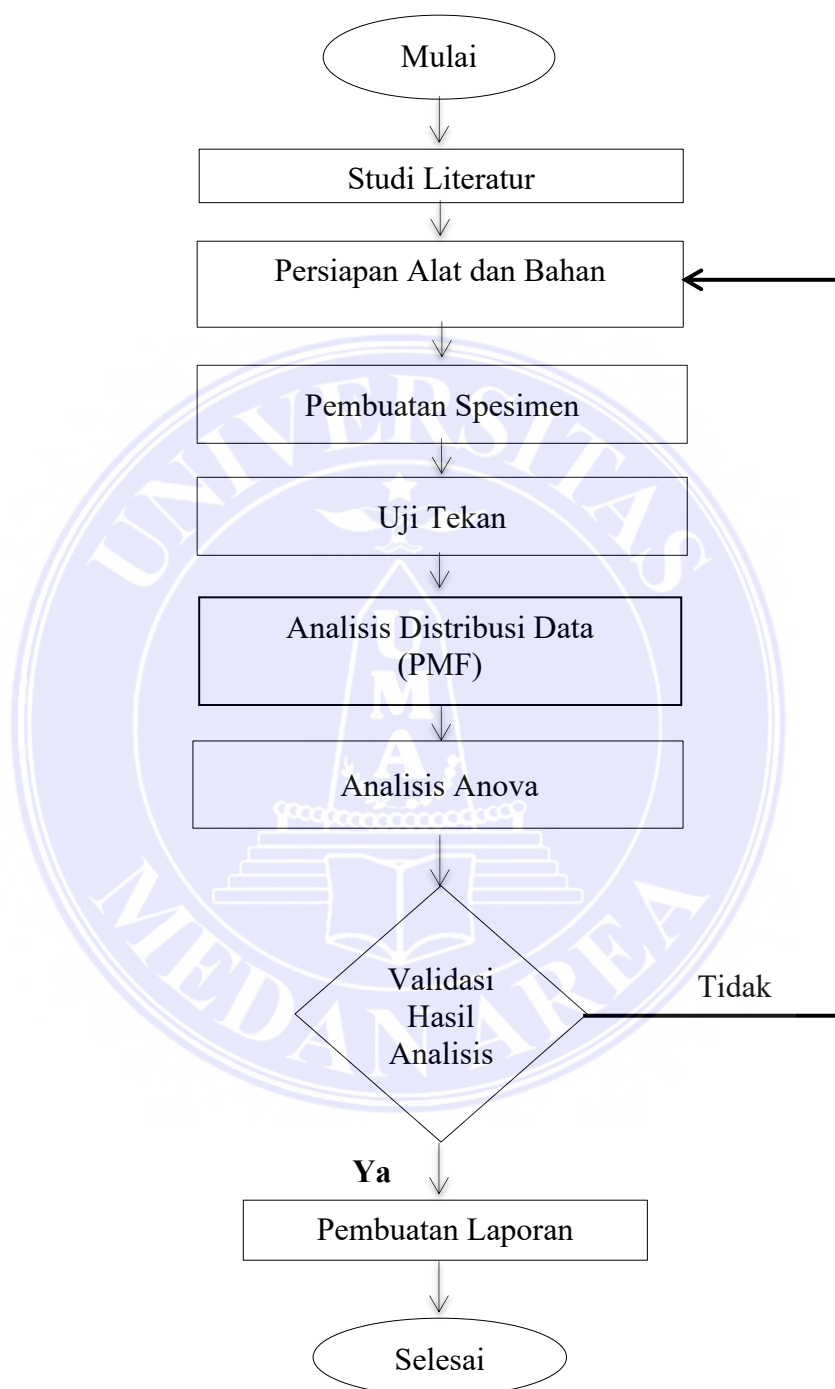
Menghitung nilai grand total dari nilai total dan rata-rata data uji. Menghitung jumlah kuadrat dari data treatment ($SS_{\text{Treatment}}$) dengan menggunakan persamaan 2.5 dan derajat kebebasannya ($DoF_{\text{Treatment}}$). Menghitung jumlah kuadrat dari error (SS_E) pada masing-masing data dengan menggunakan persamaan 2.6 dan derajat kebebasannya (DoF_E).

Menghitung jumlah kuadrat keseluruhan (SS_T) dengan menjumlahkan $SS_{Treatment}$ dengan SS_E . Menghitung rasio data treatment ($MS_{Treatment}$) dengan membagikan $SS_{Treatment}$ dengan $DoF_{Treatment}$. Menghitung rasio data error (MS_E) dengan membagikan SS_E dengan DoF_E . Menghitung nilai F-Distribusi eksperimental (F_0) dengan membagikan antara $MS_{Treatment}$ dengan MS_E . Membandingkan nilai F-Distribusi antara F_0 dengan tabel F-Distribusi dengan toleransi hingga 5 % dan menentukan keputusan signifikansi atau tidak pengaruh Treatment yang diberikan pada peningkatan kekuatan tekan spesimen beton silinder.



3.4. Diagram Alir Penelitian.

Diagram alir penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian.

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 jumlah selubung KLJ sebanyak 3 lapis, yaitu 23.84 MPa atau mengalami peningkatan kekuatan tekan rata-rata hingga 40 % terhadap spesimen tanpa selubung. Kekuatan ini tidak jauh berbeda dengan kekuatan tekan rata-rata pada jumlah selubung KLJ sebanyak 2 lapis, yaitu 23.82 MPa. Sementara pada spesimen tanpa selubung dan jumlah selubung KLJ sebanyak 1 lapis memiliki kekuatan tekan rata-rata yang hampir sama, yaitu berturut-turut 13 MPa dan 11 MPa. Dengan demikian, selubung KLJ baru bisa memberikan peningkatan kekuatan yang signifikan pada jumlah selubung lebih dari 1 lapis.
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 $11 - 25$ MPa atau $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma)$ dengan rata-rata data 18,17 MPa. 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 KLJ.

3. Berdasarkan hasil analisis Anova memperlihatkan bahwa nilai F_0 hasil eksperimental yaitu 0,93 adalah 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 KLJ pada spesimen beton silinder terbukti secara signifikan mempengaruhi peningkatan kekuatannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut terhadap kekuatan tekan spesimen beton akibat peningkatan jumlah selubung KLJ sehingga diperoleh kekuatan tekan yang optimum.

5.2. Saran.

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

1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk mendapatkan kekuatan optimum yang dihasilkan melalui pemberian selubung KLJ pada spesimen beton silinder.
2. Menambahkan lapisan KLJ pada spesimen beton silinder, dan melihat apakah dengan penambahan KLJ masi berpengaruh atau tidak peningkatan kekuatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astika, I. M. (2013, october). Sifat mekanis komposit polyester dengan penguat serat sabut kelapa, 6(2).
- [2] Parno Djiwo, F.H (2010), Penggunaan serat juta (chorcorus capsularis) sebagai bahan penguat komposit matrik polyester, Jurnal flywheel,3(1),2.
- [3] Firmansyah dan astuti. 2013, Sintesis dan karateristik sifat mekanik bahan Nano komposit Epoxy- Titanium Diaksoda. Jurnal Fisika UNAND (2:2301-8491).
- [4] H. Abramovich, *Introduction to composite materials*. Elsevier Ltd, 2017.
- [5] M. Suhardirman (2011), Kajian Pengaruh Penambahan Serat Ori Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton, vol. 1.
- [6] R. D. Woodson, *Concrete Portable Handbook*. .
- [7] R. Manuahe, Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah (2014), Kuat Tekan Beton GEOPOLYMER Berbahan Dasar Abu Terbang (FLY ASH), vol. 2 no.6 (277-282).
- [8] J. Esmaili and N. Ahooghalandary, "Introducing an easy-install precast concrete beam-to-column connection strengthened by steel box and peripheral plates," *Eng. Struct.*, vol. 205, no. July 2019, p. 110006, 2020.
- [9] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers Third Edition Yuliarmn*, 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] D. A. Siregar, A. J. Zulfikar, and M. Y. R. Siahaan, *ANALISIS KEKUATAN TEKAN BAHAN KOMPOSIT LAMINAT JUTE EPOKSI SEBAGAI PENGUAT STRUKTUR BETON*, 1st ed. Medan: Universitas Medan Area, 2021.



LAMPIRAN 1
TABEL F-DISTRIBUSI DENGAN $\alpha = 0,05$

$v_1 \backslash v_2$	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	99.5	15.7	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	5.59	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	