

Kajian Sifat Mekanik Geopolimer dengan Penguat Serat Karbon untuk Aplikasi Pipa

Muh Thohirin^{(1)*} Wisnaningsih⁽²⁾

⁽¹⁾ Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai

⁽²⁾ Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai

*muhtohirin21@gmail.com

Abstrak.

Geopolimer merupakan material dari alam, contohnya adalah sekam padi dan *fly ash*. *Fly ash* adalah salah satu material yang sering diteliti sebagai material dasar, supaya bermanfaat untuk industri khususnya dan untuk masyarakat umumnya. Pemanfaatan *fly ash* juga dapat mengurangi limbah atau polusi udara. Beberapa penelitian pada geopolimer menunjukkan hasil yang cukup baik. Peningkatan nilai kekuatan lentur pada serat buatan lebih besar dibandingkan serat alam, sehingga memunculkan ketertarikan untuk mengkaji lebih lanjut terhadap geopolimer dengan serat buatan lainnya yaitu serat karbon.

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk memudahkan dalam menentukan campuran materialnya dan mudah dalam mengamati hasilnya. Penelitian ini menggunakan 5 faktor dengan desain campuran yaitu dengan 4 level 3 faktor dan 2 level 2 faktor, sehingga didapatkan 16 eksperimen yang akan di buat. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Kaolin, Serat karbon, Serbuk karbon, Sodium silikat (Na_2SiO_3), Sodium hidroksida (NaOH) dan Aquades (H_2O). Pengujian mekanik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat karbon tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik. Pengaruh serat terhadap sifat mekanik berada pada ranking ke 4 dari 5. Pengaruh tertinggi faktor serat karbon ada pada level 2 dengan panjang serat 5 mm. Faktor yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah faktor aktivator dengan nilai uji 8,52. Sedangkan faktor yang paling tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah faktor serbuk karbon.

Kata kunci : Geopolimer, serat karbon, *Fly ash*

Abstract.

Geopolymers are materials from nature, for example, rice husks and fly ash. Fly ash is one of the materials that is often researched as a basic material, so that it is useful for industry in particular and for society in general. Utilization of fly ash can also reduce waste or air pollution. Several studies on geopolymers have shown good results. The increase in the value of the flexural strength of synthetic fibers is greater than that of natural fibers, so that it raises interest in further study of geopolymers with other synthetic fibers, namely carbon fibers.

his study uses the Taguchi method to make it easier to determine the material mixture and to easily observe the results. This research uses 5 factors of mixed design, namely 4 levels 3 factors and 2 levels 2 factors, and obtained 16 experiments to be made. The materials used in this study were Kaolin, Carbon Fiber, Carbon Powder, Sodium Silicate (Na_2SiO_3), Sodium Hydroxide (NaOH) and Aquades (H_2O). Mechanical testing was carried out at the Engineering Materials Laboratory, Mechanical Engineering Department, University of Lampung.

The results showed that carbon fiber did not have a significant effect on mechanical properties. The effect of fiber on mechanical properties is ranked 4th out of 5. The highest effect of carbon fiber factor is at level 2 with a fiber length of 5 mm. The factor that most influences the mechanical properties is the activator factor with a test value of 8.52. While the factor that has the least effect on mechanical properties is the carbon powder factor.

Keywords: Geopolimer, carbon fibre, *Fly ash*.

I. PENDAHULUAN

Teknologi geopolimer pertama dikemukakan pada tahun 1978 oleh Prof. Davidovits. Putra dkk. (2014) meneliti suatu material limbah industri yang mengandung unsur utama Alumina (Al) dan Silica (Si) yang disebut geopolimer dengan bahan utama *fly ash* sebagai pengganti bahan bangunan *Ordinary Portland Cement* (OPC). Geopolimer terdiri dari bahan utama limbah industri *fly ash* yang kaya dengan unsur alumina (Al) dan silika (Si). Unsur-unsur ini dalam jumlah cukup akan bersenyawa menjadi komponen solid diantaranya menjadi Kristal Al_2SiO_3 , jika diaktivasi dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) dan NaOH.

Penelitian geopolimer yang menggunakan serat kaca yang berasal dari limbah produksi pisau turbin angin sebagai penguat dalam produksi polimer anorganik atau disebut juga geopolimer. Kandungan serat kaca dan panjang berpengaruh pada struktur mikro polimer anorganik, densitas, kekuatan tekan dan tarik. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan serat pendek dan didistribusikan acak meningkatkan kekuatan tekan geopolimer mencapai 162% dan kekuatan tarik mencapai 77%, ini menunjukkan bahwa sifat geopolimer yang rapuh dapat diperbaiki dengan kandungan serat kaca. Mozgawa dan Deja, (2009).

Zhanga dkk (2016) meneliti silinder beton dengan 1, 2 dan 3 lapisan serat karbon dan geopolimer digunakan sebagai perekat, diuji dalam kompresi aksial pada suhu ruang dan suhu tinggi mencapai $300^{\circ}C$, untuk menyelidiki efek penguatan serat karbon. Penelitian mereka menunjukkan bahwa perlakuan suhu $300^{\circ}C$ berpengaruh besar terhadap kekuatan tekan yang mencapai hingga 106,4%.

Suryanto, dkk (2017) melakukan penelitian sifat mekanik mortar

geopolimer dengan metakaolin sebagai bahan dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan spesimen berserat adalah 67,29 MPa pada 56 hari tanpa pengeringan uap.

Dertiny (2017) Menggunakan *fly ash* yang diaktivasi dengan natrium silika (Na_2SiO_3) dan natrium hidrosida (NaOH) dengan rasio 0,43. Rasio activator dengan *fly ash* sebesar 0,67 dan ditambahkan penguat berupa serat kaca 0%, 20% dan 30%. Penelitian tersebut mendapatkan nilai terbaik pada spesimen yang memiliki komposisi serat 30%. Kuat atau tidaknya spesimen tersebut dipengaruhi oleh serat dan daya ikat serat kaca pada material serta pendistribusian serat yang tidak merata.

Rohem, dkk (2016) Industri minyak banyak meneliti tentang material komposit supaya dapat digunakan sebagai perbaikan dan memperkuat struktur pipa yang rusak. sehingga akan menghemat waktu yang terbuang untuk perbaikan pipa dan mengurangi anggaran operasional. Beberapa penelitian pada geopolimer menunjukkan hasil yang cukup baik. Peningkatan nilai kekuatan lentur pada serat buatan lebih besar dibandingkan natural, sehingga memunculkan ketertarikan untuk mengkaji lebih lanjut terhadap geopolimer dengan serat buatan lainnya yaitu serat karbon.

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah untuk mengkaji sifat mekanik komposit geopolimer. Adapun Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan komposisi material yang baik pada komposit geopolimer.
2. Mengurangi limbah geopolimer sehingga mengurangi pencemaran lingkungan yang tidak sehat.

II. KAJIAN TEORI

Sistem Perpipa

Sistem perpipaan adalah sistem pendistribusian suatu fluida yang dapat berupa air, gas, minyak ataupun uap. Pada dasarnya sistem perpipaan dibagi menjadi 2 yaitu pipa dan tabung. **Tabel 1** standar sistem perpipaan oleh ASME yang menunjukkan kode dan standar pipa sesuai fungsinya (Stewart, 2016; Barker, 2018; dan Escoe, 2006).

Tabel 1. Kode dan standar perpipaan ASME (Nayyar, 2000)

Kode dan Standard	Kegunaan
ASME B31.1	<i>Power Piping</i>
ASME B31.2	<i>Fuel Gas Piping</i>
ASME B31.3	<i>Process Piping</i>
ASME B31.4	<i>Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohol</i>
ASME B31.5	<i>Refrigeration Piping</i>
ASME B31.8	<i>Gas Transmission and Distribution Piping Systems</i>
ASME B31.9	<i>Building Services Piping</i>
ASME B31.11	<i>Slurry Transportation Piping Systems</i>
ASME B31.12	<i>Hydrogen Piping and Pipelines</i>
ASME B31.E	<i>Seismic Design and Retrofit of Above Ground Piping System</i>

Pengertian Geopolimer

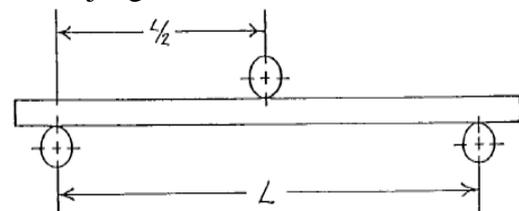
Pada tahun 1978, seorang ilmuwan dan insinyur berkebangsaan Perancis Prof. Joseph Davidovits pertama kali menggunakan geopolimer dengan mencampurkan alumina-silika bubuk dengan larutan alkali. Awalnya material ini dikembangkan sebagai material tahan api sebagai alternatif pengganti polimer termoset organik. Secara umum geopolimer didefinisikan sebagai bahan aluminosilikat padat dan stabil yang dibentuk oleh alkali hidroksida atau aktivasi alkali silikat dari prekursor yang

biasanya berbentuk bubuk padat (Provis, 2009). Geopolimer juga sering didefinisikan sebagai bentuk anorganik *alumina-silika* dari material yang dapat diperoleh dari alam atau limbah dari industri. Bahan yang dapat digunakan untuk membuat geopolimer dapat diperoleh dari abu terbang (*fly ash*), abu sekam dari tumbuhan dan abu dari alam. (Putra, 2014).

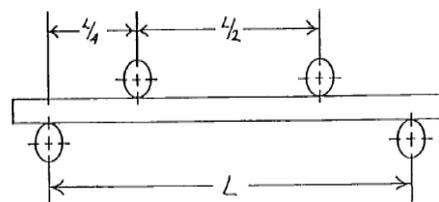
Pengujian pada Pipa Geopolimer

Uji Bending

Uji *bending* adalah pengujian kekuatan lentur pada suatu benda yang bertujuan untuk mendapatkan data kekuatan lentur dari benda, data yang diperoleh dari data terkecil hingga terbesar. Pengujian *bending* ada 2 pengujian yaitu uji *bending three-point* **Gambar 1** dan *bending four-point* **Gambar 2** uji *bending* biasanya dilakukan pada benda yang berbentuk manjang, balok, pipa, lembaran memanjang dan lain-lain



Gambar 1. *Three-point test*



Gambar 2. *Four-point test*

Proses pengujian *bending three-point* dan *four-point* menggunakan pada umumnya menggunakan tekanan dengan ujung yang berbentuk menonjol dan halus sehingga dapat mengenai pada titik yang ditentukan dari benda yang akan uji. Pada bagian penopang umumnya

berbentuk pipa bulat atau setengah lingkaran yang halus, besarnya tekanan yang diberikan dibagi oleh luas benda yang diuji. Saat melakukan uji pada spesimen, pada bagian atas akan mengalami tekanan dan pada bagian bawah akan mengalami penarikan. Besarnya tekanan yang diberikan mengalahkan besarnya tarikan sehingga spesimen akan mengalami melengkung atau patah.

Untuk mengetahui ketahanan lentur dan modulus pada spesimen dilakukan uji bending *three point*. Uji bending menggunakan standar ASTM C1161-13 dengan rumus : Kekuatan lentur

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2}$$

Dimana :

S = Tegangan lentur

P = Beban

L = Panjang spesimen

b = Lebar spesimen

d = Tebal spesimen

Sedangkan untuk mencari nilai *flexural modulus* digunakan rumus sebagai berikut:

$$MOE = (PL^3) / (4 \Delta bh^3)$$

Dimana:

MOE = Flexural modulus elastisitas (MPa)

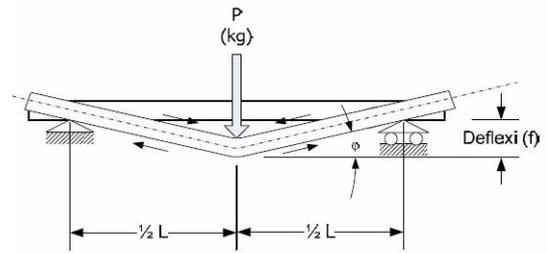
P = Beban (N)

L = Panjang spesimen pada titik *support* (mm)

Δ = Defleksi (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

h = Tebal spesimen (mm)



Gamabr 3. Spesimen saat diuji bending

Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line quality control* dilakukan dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (*to get right first time*). Pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan penyajian data dengan statistik analisis variansi, tes hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil percobaan. Interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan. Interpretasi yang dilakukan antara lain dengan menghitung persentase kontribusi dan perhitungan selang kepercayaan faktor untuk kondisi perlakuan saat percobaan.

Tabel 2. Variabel kontrol dan Variabel respon

BM	Panjang serat karbon	Aktivator	Berat serbuk karbon	Berat serat karbon	Flexural strength	flexural modulus
A(%)	B (mm)	C (%)	D (gram)	E (gram)		

Keterangan:

BM: Best Material (*Fly Ash* 48%+ *Kaolin* 48% + *CaO* 4%)

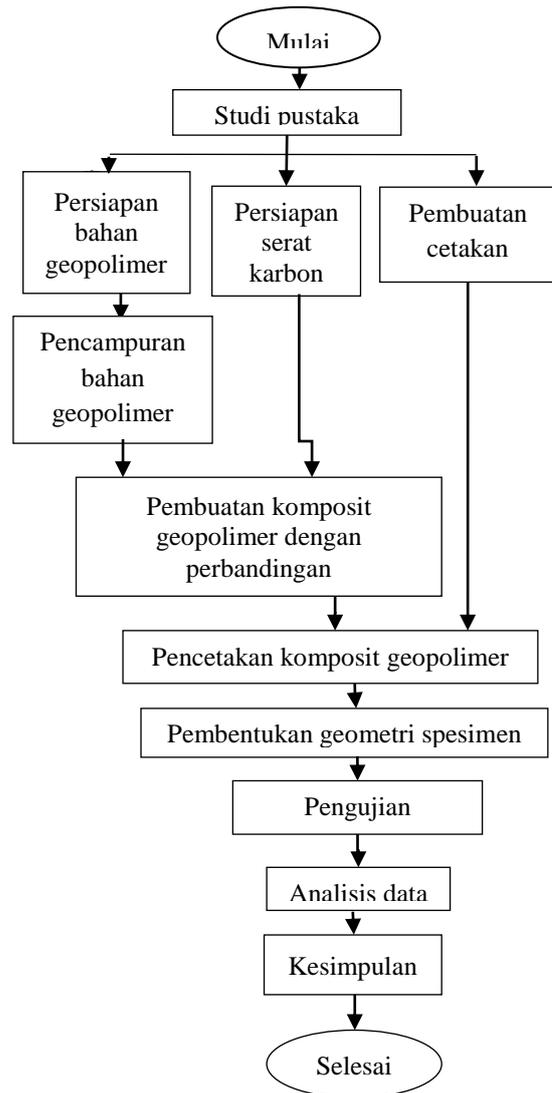
III. METODE PENELITIAN

Pengujian mekanik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk memudahkan dalam menentukan campuran materialnya dan mudah dalam mengamati hasilnya. Penelitian ini menggunakan 5 faktor dengan desain campuran yaitu dengan 4 level 3 faktor dan 2 level 2 faktor, sehingga didapatkan 16 eksperimen yang akan di buat. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Kaolin, Serat karbon, Serbuk karbon, Sodium silikat (Na_2SiO_3), Sodium hidroksida (NaOH) dan Aquades (H_2O).

Pada pelaksanaan penelitian, yang harus disiapkan yaitu menentukan variabel kontrol dan variabel respon. Untuk mengkontrol jumlah material dan material-material apa saja yang digunakan pada proses pembuatan spesimen dibutuhkan variabel kontrol. Adapun variabel kontrol dapat dilihat pada **Tabel 1**. Setiap spesimen yang memiliki komposisi material dengan jumlah berbeda maka akan menunjukkan hasil berbeda pula. Untuk mengetahui perbedaan hasil uji digunakan variabel respon seperti pada **Tabel 1**. Variabel kontrol dengan variabel respon akan menunjukkan komposisi dan spesimen yang terbaik dari penelitian ini.

Selanjutnya dilakukan persiapan pembuatan spesimen, mempersiapkan activator, material, cetakan specimen dan serat karbon, kemudian pencetakan specimen, serta melakukan uji bending pada specimen.

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah berdasarkan diagram alir berikut ini :



Gambar 4. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian mekanik dan sifat material dengan 5 faktor serta 3^4 dan 2^2 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan material BM 25 %, 50%, 75 %, dan 100 %, panjang serat karbon 2 mm, 5 mm, 8 mm, dan 11 mm, aktivator 70 %, 75 %, 80 %, dan 85 %, serta serbuk karbon 10 % dan 15 %, serat karbon 15 gram dan 20 gram, dengan 16 eksperimen setiap eksperimen dibuat

sebanyak 3 spesimen, perlakuan suhu semua spesimen sama, yaitu 30⁰ sampai

35⁰ dengan waktu selama 28 hari.

Tabel 3. Material dengan 5 faktor serta 3⁴ dan 2²

Kode	Faktor	Satuan	Level			
			1	2	3	4
A	BM	%	25	50	75	100
B	Panjang Serat Karbon	mm	2	5	8	11
C	Aktivator	%	70	75	80	85
D	Berat Serbuk Karbon	%	10	15	-	-
E	Berat Serat Karbon	gram	15	20	-	-

Hasil Pengujian

Adapun data hasil pengujian mekanik dianalisis menggunakan Metode Taguchi pada *software* MINITAB versi 14.

Tabel 4. Hasil rata-rata uji bending.

BM	Panjang serat karbon	Aktivator	Berat serbuk karbon	Berat serat karbon	Tekanan Rata-rata
25	2	70	10	15	65
25	5	75	10	15	115
25	8	80	15	20	124
25	11	85	15	20	119
50	2	75	15	20	77
50	5	70	15	20	35
50	8	85	10	15	73
50	11	80	10	15	28
75	2	80	10	20	139
75	5	85	10	20	91
75	8	70	15	15	32
75	11	75	15	15	84
100	2	85	15	15	45
100	5	80	15	15	108
100	8	75	10	20	117
100	11	70	10	20	38

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Tabel 4. Menunjukkan kekuatan rata-rata pada spesimen setelah dilakukan uji bending *three point*. Hasil tekan pada 16 eksperimen menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Untuk mencari faktor yang paling berpengaruh terhadap spesimen maka dilakukan analisis menggunakan ANOVA.

Faktor yang paling berpengaruh terhadap specimen

Nilai analisis menggunakan ANOVA dengan hasil pengaruh yang bervariasi. Dimana nilai P-Value pada BM sebesar 0.204, sedangkan nilai P-Value panjang serat karbon adalah 0.736. Untuk nilai P-Value aktivator sebesar 0.121, untuk nilai P-Value pada berat serbuk karbon 0.726 dan nilai P-Value berat serat karbon sebesar 0.164. Faktor BM memiliki nilai R sebesar 79.6, panjang serat karbon memiliki nilai R 26.4, aktivator memiliki nilai R 87.9, berat serbuk karbon memiliki nilai R sebesar 27.4 dan berat serat karbon memiliki nilai 83.6.

Nilai rata-rata pengaruh untuk semua faktor (R²). R² BM memiliki nilai 22.19 %. R² panjang serat karbon

memiliki nilai 7.36%. R^2 aktivator memiliki nilai sebesar 24.50%. R^2 berat serbuk karbon memiliki nilai sebesar 7.64% dan R^2 berat serat karbon memiliki nilai sebesar 23.31%. Hasil analisis menggunakan ANOVA dapat diketahui bahwa aktivator memiliki nilai paling berpengaruh diantara semua faktor

Analisis Taguchi Desain

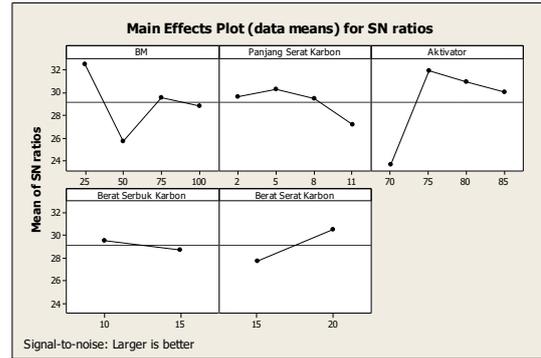
Respon *flexural strength*, nilai terbesar merupakan nilai yang optimal sehingga pada respon ini menggunakan *signal to noise ratio bigger is better*.

Tabel 5. *Signal to Noise Ratios Larger is better flexural strength*

Level	BM	Panjang serat C	Aktiva tor	Berat serbuk C	Berat serat C
1	32.49	29.60	23.68	29.51	27.76
2	25.69	30.24	31.93	28.74	30.49
3	29.49	29.45	30.88		
4	28.82	27.20	30.00		
Delta	6.80	3.05	8.25	0.77	2.74
Rank	2	3	1	5	4

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Dari hasil eksperimental **Tabel 5** yang paling mempengaruhi terhadap *flexural strength* diantara yang lainnya adalah aktivator dimana nilai aktivator sebesar 8.25, setelah itu yang mempengaruhi kedua adalah faktor BM dimana nilainya adalah 6.8, selanjutnya faktor yang mempengaruhi pada *flexural strength* adalah panjang serat karbon dimana nilainya sebesar 3.05, adapun faktor yang berpengaruh selanjutnya adalah faktor berat serat karbon dimana nilainya adalah 2.74, faktor berat karbon berada paling kecil dibandingkan dengan faktor-faktor yang lainnya.



Gambar 5. Grafik *Main effects plot (data means) for SN ratios flexural strength*

Gambar 5 menunjukkan grafik yang berbeda-beda pada setiap levelnya, dimana pada faktor BM, level satu memiliki pengaruh paling tinggi dengan nilai 25 %, sedangkan pada level dua dengan nilai 50 % memiliki pengaruh paling rendah, sementara level tiga dengan nilai 75 % memiliki pengaruh kedua, untuk level empat dengan nilai 100% memiliki pengaruh ke tiga. Faktor panjang serat karbon pada level satu dengan panjang 2 mm memiliki pengaruh kedua. Sedangkan level dua dengan panjang 5 mm memiliki pengaruh paling tinggi. Level 3 dengan panjang serat karbon 8 mm memiliki pengaruh ketiga dan untuk level 4 dengan panjang serat karbon 11 mm memiliki pengaruh paling rendah. Faktor aktivator level satu dengan jumlah sebanyak 70 % memiliki pengaruh paling rendah, sedangkan level dua dengan jumlah sebanyak 75 % memiliki pengaruh paling tinggi, level tiga dengan jumlah sebanyak 80 % memiliki pengaruh ke dua dan untuk level empat dengan jumlah sebanyak 85 % memiliki pengaruh ke tiga. Faktor berat serbuk karbon level satu dengan jumlah sebanyak 10 % memiliki pengaruh paling tinggi, level dua dengan jumlah sebanyak 15 % memiliki pengaruh paling rendah. Faktor berat serat karbon pada level satu dengan jumlah 15 % memiliki pengaruh paling rendah dan level dua dengan jumlah

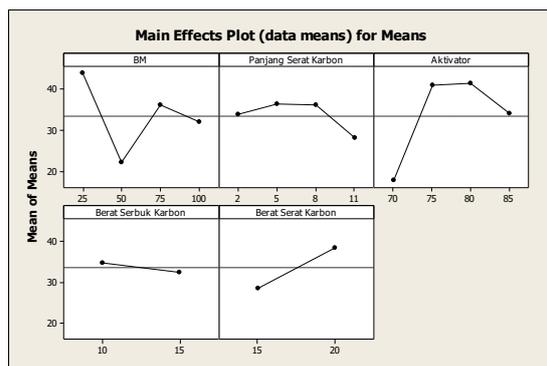
sebesar 20 % memiliki pengaruh paling tinggi.

Tabel 6. *Response Table for Means flexural strength*

Level	BM	Panjang serat C	Aktiva tor	Berat serbuk C	Berat serat C
1	44.03	33.86	17.67	34.64	28.59
2	22.05	36.29	40.94	32.47	38.51
3	36.04	36.04	41.49		
4	32.08	28.02	34.10		
Delta	21.98	8.27	23.82	2.17	9.91
Rank	2	4	1	5	3

Sumber : Hasil Analisis (2020)

Tabel 6. menunjukkan hasil yang berbeda dari **Tabel 5**, dimana yang paling berpengaruh terhadap *flexural strength* adalah faktor aktivator dengan nilai 23.82, yang berpengaruh kedua adalah faktor BM dengan nilai 21.98, sementara untuk yang ketiga adalah faktor berat serat karbon yaitu dengan nilai 9.91, sedangkan untuk yang ke empat adalah faktor panjang serat karbon yaitu dengan nilai 8.27, dan yang berpengaruh paling kecil adalah faktor berat serbuk karbon yaitu dengan nilai sebesar 2.17.



Gambar 6. Grafik *Main Effects Plot (data means) for Means flexural strength*

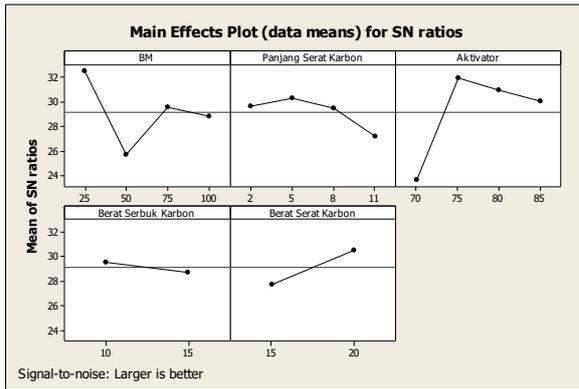
Gambar 6. menunjukkan grafik yang berbeda-beda dimana pada faktor BM level satu dengan jumlah 20 % memiliki pengaruh yang paling tinggi, sedangkan untuk level dua dengan jumlah 50 % memiliki nilai pengaruh paling

rendah. Level tiga dengan jumlah 75 % memiliki pengaruh kedua. Level empat dengan nilai 100% memiliki pengaruh ketiga. Faktor panjang serat level satu dengan panjang 2 mm memiliki pengaruh ketiga. Level dua dengan panjang 5 mm memiliki pengaruh paling tinggi. Level tiga dengan panjang 8 mm memiliki pengaruh kedua. Level empat dengan panjang 11 mm memiliki pengaruh terendah dari semua faktor panjang serat karbon. Faktor aktivator level satu dengan jumlah 70 % memiliki pengaruh paling rendah. Level dua dengan jumlah 75 % memiliki pengaruh kedua. Level tiga dengan jumlah 80% memiliki pengaruh paling tinggi dan level empat dengan jumlah 85 % memiliki pengaruh ketiga.

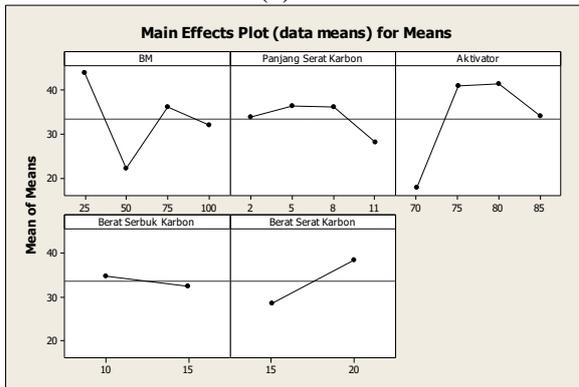
Pada faktor berat serbuk karbon level satu dengan jumlah 10 gram memiliki pengaruh paling besar dan level dua dengan jumlah 15 gram memiliki pengaruh paling kecil. Faktor berat serat karbon level satu dengan jumlah 15 gram memiliki pengaruh terendah. Level dua dengan jumlah 20 gram memiliki pengaruh tertinggi

Dari **Tabel 6.** dapat diketahui bahwa *means* yang paling berpengaruh pada uji *flexural strength* faktor adalah sebagai berikut :

1. Faktor BM pada level 1 dengan jumlah 25 %
2. Faktor panjang serat karbon pada level 2 dengan panjang 5 mm
3. Faktor aktivator pada level 3 dengan jumlah 80 %
4. Faktor berat serbuk karbon pada level 1 dengan berat 10 gram
5. Faktor berat serat karbon pada level 2 dengan berat 20 gram



(a)



(b)

Gambar 7. Grafik (a) SN ratios dan (b) means

Gambar 7. Menunjukkan perbedaan yang paling berpengaruh antara SN Ratios dengan Means terhadap uji *flexural strength* yaitu pada faktor aktivator, perbedaannya hanya pada levelnya. Pada means level yang paling berpengaruh adalah level 2 sedangkan pada SN ratios yang paling berpengaruh pada level 3 dimana jumlah aktivator 75 % untuk SN Ratios dengan 80 % untuk means.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat karbon tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik. Pengaruh serat terhadap sifat mekanik berada pada ranking ke 4 dari 5. Pengaruh tertinggi faktor serat karbon ada pada level 2 dengan panjang serat 5 mm. Faktor yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah faktor aktivator dengan nilai uji 8,52. Sedangkan faktor yang paling tidak

berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah faktor serbuk karbon.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Komposit geopolimer berpenguat serat karbon dapat disimpulkan bahwa yang paling tinggi pengaruhnya 5 mm
2. Sedangkan faktor yang paling berpengaruh terhadap eksperimen adalah faktor dari aktivator.
3. Komposisi terbaik pada uji mekanik adalah eksperimen nomor 9 dengan komposisi BM 75 %, panjang serat karbon 2 mm aktivator 80 %, 10 gram berat serbuk karbon dan 20 % berat serat karbon dengan nilai kekuatan *flexural strength* sebesar 57.8 MPa.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian yang mendalam tentang komposisi aktivator dan serat karbon dengan panjang maksimal 5 mm dikarenakan penelitian belum maksimal.
2. Pencetakan spesimen perlu dengan cara dipres menggunakan tekanan tertentu supaya spesimen tidak memiliki rongga-rongga
Pencetakan spesimen lebih presisi supaya tidak perlu lagi membentuk ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, Standard Test Method for, *Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature*.
- Barker, G., 2018, *The Engineer's Guide to Plant Layout and Piping Design for*

- the Oil and Gas Industries: Chapter 2 – Piping materials, process terms, and piping codes.* Gulf Professional Publishing, hal 9-71.
- Dertiny, B.T., 2017, *Uji Mekanik Hoop Tensile Strength pada Komposit Geopolimer Berpenguat Serat Kaca dengan Metode Split-Disk Test*, Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lampung.
- Escocoe, A.K., 2006, *Piping and Pipeline Assesment Guide: Chapter 2 An Introduction to Engineering Mechanics of Piping.* Gulf Professional Publishing.
- Li, C., Zhang, F., Meng, B., Liu, L., Rao, X., 2016, *Material removal mechanism and grinding force modelling of ultrasonic vibration assisted grinding for SiC ceramics*, Ceramics International. Hal 1-13.
- Mozgawa, W., dan Deja, J., 2009, *Spectroscopic studies of alkaline activated slag geopolymers*, Journal of Molecular Structure, University of Science and Technology, Al. Mickiewiczza, hal 435-441.
- Nayyar. M.L., 2000, *Piping Codes and Standards*, ASME.
- Provis, J.L., dan Van Deventer, J.S.J., 2009. *Geopolymers Structures, Processing, Properties and Industrial Applications*, Woodhead Publishing kimia FMIPA-ITS, hal 1-11.
- Putra, A.K., Steenie, E.W., dan Dapas. S.O., 2014. *Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash)*, Jurnal Sipil Statik, Universitas Sam Ratulangi Manado, hal 330-336.
- Rohem, N.R.F., Pacheco, L.J., Budhe, S., Banea, M.D., Sampaio, E.M., Barros, S.D., 2016. *Development and qualification of a new polymeric matrix laminated composite for pipe repair.* Composite Structures, Hal 736-745
- Stewart, M., 2016, *Surface Production operation: Chapter 3 Material requirements: Piping materials*, Gulf Professional Publishing, hal 159-192.
- Suryanto, B., Couckburn, B., Lei, H. A., Carter, W.J.M, 2017. *An Alternative Method for Determining Tensile Properties of Engineered Cementitious Composite.* Procedia Engineering, Diponegoro University, Semarang, hal 584-591.
- Torres, H., Varga, M., Ripoll, M.R., 2016, *High temperature hardness of steels and iron-based alloys*, *Materials Science & Engineering A*, hal 1-35.
- Zhanga, H., Hao, X dan Fan, W., 2016. *Experimental study on high temperature properties of carbon fiber sheets strengthened concrete cylinders using geopolymer as adhesive.* University of Technology, Guangzhou, hal 47-55.