

**PERBANDINGAN EFEK PENAMBAHAN SELULOSA DAN
POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT MEKANIK
GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat

Guna Memperoleh Gelar Sarjana

Dalam Ilmu Kimia



Oleh:

NUGROHO ADIYANTO

1708036002

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nugroho Adiyanto

NIM : 1708036002

Jurusan : Kimia


Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

PERBANDINGAN EFEK PENAMBAHAN SELULOSA DAN POLIPROPILENA TERHADAP SIFAT MEKANIK GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya.

Semarang, 19 Januari 2022

Pembuat Pernyataan,



Nugroho Adiyanto

NIM. 1708036002

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Perbandingan Efek Penambahan Selulosa dan Polipropilena Terhadap Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash***

Penulis : Nugroho Adiyanto

NIM : 1708036002

Jurusan : Kimia

Telah diajukan dalam sidang munaqasyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu fisika.

Semarang, 21 Januari 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang



Wirda Udaibah, M.Si

NIP. 190851042009122003

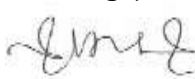
Sekretaris Sidang



Zidni Azizati, M.Sc

NIP.199011172018012001

Penguji I



**Dr.Eng. Anissa Adiwena
Putri, M.Sc**

NIP. 198504052011012015

Penguji II



Mulyatun, M.Si

NIP. 198305042011012008

Pembimbing I



Wirda Udaibah, M.Si

NIP. 190851042009122003

Pembimbing II



Zidni Azizati, M.Sc

NIP.199011172018012001



NOTA DINAS

Semarang, 18 Januari 2022

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

di Semarang

Assalamualaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Perbandingan Efek Penambahan Selulosa dan Polipropilena Terhadap Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash***

Nama : **Nugroho Adiyanto**

NIM : 1108036002

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I



Wirda Udaibah, M.Si

NIP. 19850104 200912 2 003

NOTA DINAS

Semarang, 19 Januari 2022

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

di Semarang

Assalamualaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Perbandingan Efek Penambahan Selulosa dan Polipropilena Terhadap Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash***

Nama : **Nugroho Adiyanto**

NIM : 1608036006

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 19901117 201801 2 001

ABSTRAK

Judul : **Perbandingan Efek Penambahan Selulosa dan Polipropilena Terhadap Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash***

Nama : **Nugroho Adiyanto**

NIM : **1608036006**

Geopolimer dengan aktivator alkali masih memiliki masalah dengan kerapuhan. Untuk mengatasi masalah kerapuhan pada geopolimer dibutuhkan material penguat. Material penguat yang digunakan adalah polipropilena dan selulosa. Selulosa diperoleh dari ampas tebu, adapun polipropilena diperoleh dari limbah gelas plastik air mineral. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekaniknya geopolimer selulosa dan geopolimer polipropilena dengan variasi penambahan selulosa dan polipropilena. Penambahan selulosa dan polipropilena terhadap geopolimer sebesar 0,2 , 0,4 , dan 0,6% dari total volume masing – masing. Karakteristik struktur geopolimer diuji dengan FTIR dan XRD. Hasil FTIR menunjukkan adanya vibrasi *stretching* asimetri dan simetri (Si-O-Si dan Si-O-Al) di panjang gelombang 1001 cm^{-1} dan 699 cm^{-1} . Uji XRD menunjukkan pembentukan natrium alumina silika hidrat (N-A-S-H) pada sudut 14° , 21° , 24° , 26° . Penambahan selulosa 0,6% menghasilkan ukuran partikel geopolimer sebesar 22,2341 nm sedangkan penambahan polipropilena menghasilkan ukuran partikel geopolimer sebesar 176720 nm. Penambahan material penguat terbaik diperoleh menggunakan selulosa 0,6% dengan kuat tekan sebesar 10,03 Pa.

Kata Kunci: Geopolimer, Polipropilena, Selulosa, Kuat Tekan

KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat serta para pengikutnya. Penyusunan skripsi dengan judul “Perbandingan Efek Penambahan Selulosa dan Polipropilena Terhadap Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash*” dimaksudkan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan nasihat, bimbingan, arahan, serta dukungan dan do'a. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. Ismail, M.Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Malikhatul Hidayah, ST, M.Pd, Kepala Jurusan Kimia Universitas Islam Walisongo Semarang.
4. Wirda Ubaidah, M.Si., Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran serta motivasi

kepada penulis dengan penuh pengertian dalam penyusunan skripsi.

5. Zidni Azizati, M. Sc., Dosen Pembimbing II yang memberikan banyak semangat, dan dedikasinya kepada penulis sehingga mampu untuk terus berkarya dalam proses penyusunan skripsi
6. Segenap Dosen, Pegawai dan Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan pemahaman.
7. Kedua Orang Tua, Ayahanda tercinta (Bapak Suwatno) dan ibunda tercinta (Ibu Mursidah) Kepada adik penulis (Fitri Madinah Azzahra) yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat dan kasih sayang kepada penulis sehingga menyelesaikan studi dengan baik dan lancar.
8. Keluarga besar kelas Kimia 2017, segenap keluarga asisten laboratorium kimia, keluarga keluarga KKN MIT DR-11 kelompok 8, yang telah turut membentuk pribadi penulis.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan semangat demi terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karenanya,penulis mengharapkan kritik dan saran agar penulis dapat memperbaiki tugas akhir ini. semoga naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 19 Januari 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nugroho Adiyanto', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

Nugroho Adiyanto

NIM.1708036002

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
PENGESAHAN	ii
NOTA DINAS	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II	8
LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	8
A. Abu Layang (<i>Fly Ash</i>).....	8
B. Ampas Tebu	10
C. Selulosa	13
D. Polipropilena.....	16
E. Geopolimer	18
F. Larutan Aktivator Alkali	23

G.	FTIR (Fourier Transform InfraRed).....	24
H.	XRD (X-ray Diffraction).....	26
I.	Kuat Tekan.....	27
J.	Kajian Pustaka.	29
BAB III		32
METODOLOGI PENELITIAN		32
A.	Alat dan Bahan.....	32
1.	Alat.....	32
2.	Bahan.....	32
B.	Prosedur Kerja.....	32
1.	Preparasi Polipropilena dan Selulosa	32
2.	Sintesis Geopolimer	34
3.	Karakterisasi Geopolimer	35
4.	Uji Sifat Mekanik Geopolimer	36
BAB IV		55
PEMBAHASAN		55
A.	Preparasi Polipropilena dan Selulosa	55
1.	Sintesis Selulosa.....	55
2.	Preparasi Polipropilena.....	58
B.	Sintesis Geopolimer	60
C.	Karakterisasi	63
1.	FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>).....	63
2.	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	66
D.	Sifat Mekanik.....	69

BAB V	74
PENUTUP	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	68
RIWAYAT HIDUP	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Fly ash PJB Tanjung Jati – Jepara.....	9
Tabel 2.2 Komposisi Penyusun Ampas Tebu	12
Tabel 2.3 Perbandingan <i>Specific Gravity</i> dari Berbagai Material Plastik.....	17
Tabel 2.4 Kebutuhan energi dan emisi CO ₂ untuk 1 ton semen portland dan semen geopolimer berbahan dasar batu	21
Tabel 4.1 Hasil Serapan Selulosa Sintesis dan Hasil Selulosa	57
Tabel 4.2 Hasil Serapan Polipropilena Ekstraksi dan Literatur Serapan	60
Tabel 4.3 Interpretasi Data FTIR G-CO, G-S06, dan G-PP04 ..	65
Tabel 4.4 Ukuran partikel G-CO, G-S06, dan G-PP04 dari Difraktogram <i>X-Ray Diffraction</i>	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ampas Tebu (Penulis).....	13
Gambar 2.2 Struktur Selulosa (Penulis)	13
Gambar 2.3 Struktur α -selulosa (Penulis).....	14
Gambar 2.4 Struktur β -selulosa (Penulis).....	15
Gambar 2.5 Struktur Polipropilena (Penulis).....	18
Gambar 2.6 Jenis struktur <i>Polysialate</i> (Davidovits, 1994)	20
Gambar 2.7 Proses Produksi Geopolimer (Mustofa, 2016) ...	23
Gambar 2.8 Cara Kerja FTIR (Prabaningtyas, 2017).....	25
Gambar 2.9 Instrumen XRD (Penulis)	26
Gambar 2.10 Skema kerja XRD (Kurniawan, 2019)	27
Gambar 2.11 Skema uji kuat tekan (Yuliawan, 2015).....	28
Gambar 4.1 Spektra FTIR Selulosa Ampas Tebu	56
Gambar 4.2. (a). Selulosa Ampas Tebu dan (b). Polipropilena Limbah Plastik	58
Gambar 4.3 Spektra FTIR Polipropilena Limbah Plastik.....	59
Gambar 4.4. (a). Geopolimer kontrol (G-CO), (b). Geopolimer Selulosa 0,2% (G-S02), (c). Geopolimer Selulosa 0,4% (G-S04), (d). Geopolimer Selulosa 0,6% (G-S06), (e). Geopolimer Polipropilena 0,2% (G-PP02), (f). Geopolimer Polipropilena 0,4% (G-PP04), dan (g). Geopolimer Polipropilena 0,6% (G- PP06).	62
Gambar 4.5 Reaksi Geopolimerisasi (Davidovits, 1979)	63

Gambar 4.6 Spektra FTIR Geopolimer kontrol, S06, dan PP04	64
Gambar 4.7 Difraktogram geopolimer kontrol, S06, dan PP04	67
Gambar 4.8 Hasil Uji Kuat Tekan.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Penelitian Geopolimer	68
Lampiran 2 Diagram Alir Sintesis Selulosa dari Ampas Tebu	69
Lampiran 3 Diagram Alir Ekstraksi Polipropilena dari Limbah Plastik	70
Lampiran 4 Diagram Alir Sintesis Geopolimer	71
Lampiran 5 Gambar Bubuk Ampas Tebu dan Potongan Limbah Plastik	72
Lampiran 6 Gambar Polipropilena dan Selulosa Hasil Ekstraksi	73
Lampiran 7 Gambar Binder Geopolimer	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan semen pada masa pembangunan sangat tinggi terutama semen Portland sebagai komponen utama pembuatan beton. Semen Portland ini yang paling umum digunakan karena mempunyai biaya rendah. Pembuatan semen Portland banyak ditentang oleh pengamat lingkungan, karena dalam pembuatannya menghasilkan gas emisi seperti gas CO₂ dan gas sulfida yang dihasilkan dari pemakaian suhu tinggi pada proses produksi semen dan proses kalsinasi kapur. Semen diproduksi sebanyak 1 ton menghasilkan gas CO₂ dan gas sulfida sebesar 1 ton (Amin, 2017). Semakin banyak pembuatan Semen Portland akan semakin banyak emisi gas yang terbang ke udara dan dapat menyebabkan efek rumah kaca hingga terjadi perubahan iklim (Ferdy, 2010). Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pembuatan Semen Portland dapat dikurangi dengan material lain yang dapat menggantikan fungsi semen dalam pembuatan beton.

Salah satu cara untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh pembuatan semen yaitu

dengan membuat geopolimer. Geopolimer tidak menggunakan semen konvensional yang menjadi perekat dalam pembuatan beton (Justin, 2018). Geopolimer adalah material polimer yang mengandung unsur Si dan Al yang bereaksi secara polimerisasi dengan activator (E. Rahmawati, 2018). Geopolimer mempunyai karakteristik asam, kuat tekan tinggi dan tahan terhadap panas. Pembuatan geopolimer membutuhkan energi rendah dan menghasilkan gas emisi yang rendah (Purbasari et al., 2018).

Sintesis geopolimer banyak menggunakan bahan yang mengandung aluminosilikat, seperti abu layang atau *fly ash*, kaolin dan abu sekam padi. Partikel *fly ash* berukuran kecil dan mudah terbawa angin sehingga mudah terhirup oleh manusia yang nantinya memberikan dampak negatif terhadap kesehatan bagi yang menghirupnya. Sehingga perlu adanya peningkatan penggunaan *fly ash* untuk membantu mengurangi pencemaran udara. Pemakaian *fly ash* sebagai bahan baku geopolimer lebih efektif dibanding kaolin, karena pemakaian *fly ash* mengolah limbah hasil pembakaran batu bara dan tidak mengambil dari hasil alam (Sari et al., 2018).

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 *Fly ash* termasuk limbah B3.

Pada penelitian ini *fly ash* digunakan sebagai bahan dasar (matriks) geopolimer karena banyak mengandung atom Si dan Al. Kandungan Si dan Al dalam geopolimer dapat mempengaruhi nilai kuat tekan geopolimer tersebut. Si-O-Al-O adalah struktur ikatan yang ada dalam geopolymer (Triwulan et al., 2007). Semakin tinggi kandungan Si dan Al dalam geopolimer dapat menyebabkan kuat tekan geopolimer semakin besar (Aditama et al., 2019).

Geopolimer adalah material polimer yang mengandung unsur Si dan Al yang bereaksi secara polimerisasi dengan aktivator (Rahmawati, 2018). Aktivator yang dipakai adalah aktivator alkali. Aktivator alkali digunakan karena silika merupakan asam kuat maka dari itu dibutuhkan basa kuat untuk mereaksikan silika tersebut (Adi S et al., 2018). Aktivator alkali yang dipakai pada penelitian ini adalah *Natrium hidroksida* dan *Natrium silikat*. Aktivator terbaik mempunyai perbandingan campuran Na_2SiO_3 : NaOH = 3:1 dengan konsentrasi NaOH 8 M menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 28 – 39 MPa (Kasyanto, 2012).

Geopolimer dengan aktivator alkali masih memiliki masalah dengan kerapuhan. Untuk mengatasi masalah kerapuhan pada geopolimer yang teraktivasi dibutuhkan material penguat dalam matriks geopolimer (Ye et al., 2018). Material penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah polipropilena dan selulosa. Polipropilena diambil dari hasil ekstraksi plastik dan selulosa disintesis dari ampas tebu.

Penggunaan polipropilena dalam geopolimer bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik (kuat tekan). Polipropilena dalam geopolimer dapat mengakibatkan kenaikan kinerja deformasi dan kontraksi dalam geopolimer. Penambahan polipropilena dalam geopolimer meningkatkan kekompakan mortar geopolimer. Geopolimer diperkuat 0,5% PPF dan 1,5% Ca(OH)_2 menghasilkan kuat tekan sebesar 4,63 MPa, hasil ini tertinggi setelah geopolimer diperkuat 1,0% Ca(OH)_2 dan 0% polipropilena dengan kuat tekan sebesar 4,08 MPa. Penguatan kandungan polipropilena dalam geopolimer dapat meningkatkan sifat mekanik beton terhadap susut dan keretakan sehingga, polipropilena dapat memberikan stabilitas struktural yang tinggi ke

mortar geopolimer (Baykara et al., 2020). Geopolimer diperkuat 1,0% polipropilena dengan rasio aktivator alkali 2, 2,5 dan 3 menghasilkan kuat lentur sebesar 9,0 MPa, 9,36 MPa, dan 9,87 MPa (Mohseni, 2018). Geopolimer diperkuat 1,0% polipropilena mengalami penurunan kuat tekan. Geopolimer diperkuat 0,5% dan 1,0% polipropilena dengan kandungan Ca(OH)_2 1,5 % menghasilkan kuat tekan sebesar 4,63 MPa dan 4,06 MPa (Baykara et al., 2020).

Selain polipropilena yang menjadi bahan penguat geopolimer, terdapat bahan penguat yang berasal dari alam yaitu selulosa. Selulosa adalah bahan atau material alami yang dihasilkan dari limbah biomassa. Penggunaan selulosa dalam geopolimer mengakibatkan struktur geopolimer lebih padat, pori-pori lebih sedikit dan kepadatan hampir tidak berubah, karena mekanisme penghubung dari serat yang menahan perambatan retak. Penambahan selulosa dalam geopolimer dapat memberikan ikatan yang kuat antara selulosa dengan matriks geopolimer, karena penambahan selulosa dalam geopolimer tidak menyebabkan degradasi yang luar biasa. Geopolimer yang diperkuat selulosa 5% menghasilkan kuat tekan sebesar $36,22 \pm 8,31$ MPa. Geopolimer tanpa selulosa

mempunyai kuat tekan sebesar $28,84 \pm 3,25$ MPa. (Ye et al., 2018). Penggunaan selulosa dalam pembuatan geopolimer memiliki keuntungan kelimpahan yang banyak, biaya rendah, kepadatan rendah, sifat mekanik yang sangat baik, dan tidak beracun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan *fly ash* sebagai prekursor geopolimer dan menyelidiki komposisi kimia material alami (selulosa), dengan material hibrida (polipropilena) pada sifat geopolimer (*X-Ray Diffraction* dan *Fourier Transform Infrared*) dan evaluasi komparatif diselidiki melalui kekuatan mekanik (kuat tekan). Hasil penelitian ini akan memfasilitasi peningkatan pemahaman tentang polipropilen dan selulosa dalam geopolimer yang berfungsi sebagai dasar untuk penelitian dan aplikasi lebih lanjut.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik struktur geopolimer hasil penambahan selulosa dan polipropilena?
2. Bagaimana pengaruh penambahan selulosa dan polipropilen terhadap sifat mekanik geopolimer?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakterisasi struktur geopolimer hasil penambahan polipropilena dan selulosa.
2. Untuk mengetahui penambahan polipropilen dan selulosa terhadap sifat mekanik geopolimer.

D. Manfaat Penelitian

1. Dapat berperan aktif dalam pengembangan ilmu kimia.
2. Bentuk aplikasi ilmu penulis yang didapatkan di bangku perkuliahan untuk mengaitkan ilmu kimia di kehidupan nyata.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan, ampas tebu, gelas air mineral dan limbah abu layang (*fly ash*) untuk dijadikan produk yang lebih bermanfaat.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

A. Abu Layang (*Fly Ash*)

Abu layang (*fly ash*) adalah produk samping dari pembakaran batubara yang digunakan PLTU. Abu layang (*fly ash*) ukuran partikelnya kecil dan berwarna keabu-abuan. Perbedaan *bottom ash* dengan *fly ash*, bahwa *bottom ash* adalah abu yang tertinggal pada saat dikeluarkan dari tungku, sedangkan *fly ash* adalah abu yang terbawa gas buang pada saat dikeluarkan dari tungku. Produksi *fly ash* dan abu dasar (*bottom ash*) semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan batubara pada PLTU (Sari et al., 2018).

Fly ash mengandung SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO dan SO_4 (Munir, 2008). Dalam Peraturan Pemerintah No.85 tahun 1999 *Fly ash* termasuk dalam limbah golongan B3. Pemanfaatan *fly ash* adalah salah satu upaya menanggulangi limbah (Setiati & Irawan, 2018). Komposisi kandungan *fly ash* bisa dilihat di tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Komposisi Fly ash PJB Tanjung Jati – Jepra

Parameter	Hasil Analisa %	Standar Berdasarkan					
		ASTM C 618			ACI Part 226 - 3R		
		N	F	C	N	F	C
Silikon Dioksida (SiO ₂)	76,87	70	70	50	-	70	50
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	76,87	70	70	50	-	70	50
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	76,87	70	70	50	-	70	50
Kalsium Oksida (CaO)	11,48	-	-	-	-	<10	>10
Sulfur Trioksida (SO ₃)	2,29	4	5	5	-	5	5
Kadar Air	0,33	3	3	3	-	3	3
Kerugian Karena Pengapian	1,66	10	6	6	-	6	6
Natrium Dioksida	1,12	-	1,5	1,5	-	1,5	1,5

(*Chemical Analysis* Varia Usaha Beton)

Spesifikasi *fly ash* sebagai bahan tambahan untuk campuran beton dibedakan menjadi 3 jenis yaitu tipe N,F dan C. Klasifikasi *fly ash* tergantung dengan kandungan silika, kalsium, aluminium dan besi. *Fly ash* tipe C dan F dihasilkan dari pembakaran sedangkan tipe N tidak dihasilkan dari pembakaran.

Tipe F dihasilkan dari pembakaran antrasit atau *bituminous*, sedangkan tipe C dihasilkan dari pembakaran lignit atau *subbituminous* (Ferdy, 2010).

Tujuan menggunakan *fly ash* adalah untuk meningkatkan nilai ekonomis serta dapat mengurangi dampak kerusakan lingkungan. *Fly ash* umumnya digunakan untuk menjadi bahan campuran beton, selain itu *fly ash* mempunyai memiliki beberapa kegunaan yang lain, antara lain: (Silvonen, 2001)

1. Penyusun beton.
2. Penimbun lahan bekas pertambangan.
3. *Recovery* magnetik, cenosphere dan karbon.
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori.
5. Bahan penggosok (*polisher*).
6. Filler aspal, plastik, dan kertas.
7. Pengganti dan bahan baku semen.
8. Aditif dalam pengolahan limbah.
9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben.

B. Ampas Tebu

Ampas tebu adalah limbah biomassa dari tebu. Ampas tebu didapatkan dari pasca panen pertanian/perkebunan. Penumpukan ampas tebu disebabkan pengolahan limbah yang kurang baik.

Ampas tebu berasal dari tebu yang memiliki klasifikasi seperti berikut :

Kingdom : *Plantae*
Sub Kingdom : *Tracheobionta*
Super Divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida* (monokotil)
Sub Kelas : *Commelinidae*
Ordo : *Poales*
Famili : *Gramineae* atau *Poaceae* (suku rumput-rumputan)
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum* Linn

(Suwanto et al, 2012)

Ampas tebu sebagian besar mengandung serat *ligno-cellulose*. Kandungan serat *ligno-cellulose* dalam ampas tebu sebesar 47,7%. Ampas tebu ini jika dipecah akan menghasilkan senyawa seperti selulosa, pentosa, lignin, dan lain-lain seperti tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Komposisi Penyusun Ampas Tebu

Nama Senyawa	Jumlah (%)
Selulosa	45
Pentosa	32
Lignin	18
dan lain-lain	5

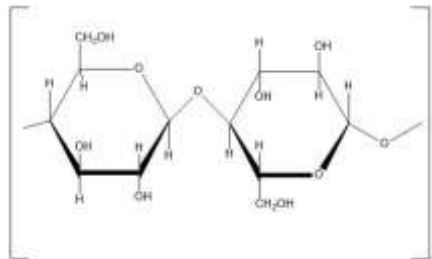
(Anshori, 2008)

Industri pengolahan tebu menghasilkan ampas tebu sebesar 90% di setiap pengolahan. Ampas tebu umumnya digunakan sebagai pupuk organik dan pakan ternak bersifat sementara (Yudo dan Jatmiko, 2007). Pada penelitian ini ampas tebu digunakan karena memiliki selulosa cukup tinggi yang nantinya diekstraksi untuk mendapatkan selulosa. Selulosa ini yang nantinya dijadikan bahan tambah dalam geopolimer. Selain memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, tujuan lainnya adalah untuk mengolah limbah menjadi barang yang berguna.



Gambar 2.1 Ampas Tebu (Penulis)

C. Selulosa

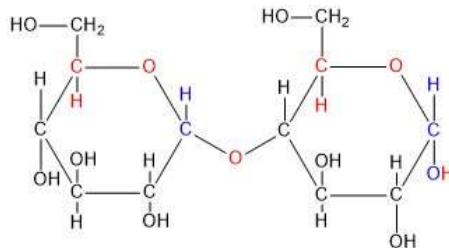


Gambar 2.2 Struktur Selulosa (Penulis)

Selulosa adalah polisakarida yang terdiri rantai linear dari beberapa ratus ikatan $\beta(1 - 4)$ unit D – glukosa. Selulosa adalah senyawa organik dengan rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$. Sejak 150 tahun lalu dengan temuan dari turunan selulosa pertama, selulosa digunakan sebagai bahan pakaian, serat, kertas, dan bahan bangunan (Ikhsanuddin M., 2017). Selulosa merupakan pembentuk struktur dari dinding sel yang ada di tumbuhan. Selulosa di alam tidak ditemukan secara alami, namun biasanya akan berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin,

hemiselulosa, dan xilan, sehingga perlu adanya pemecahan secara kimiawi atau mengambil komponen selulosa dalam bentuk padatan (Ikhsanuddin M., 2017).

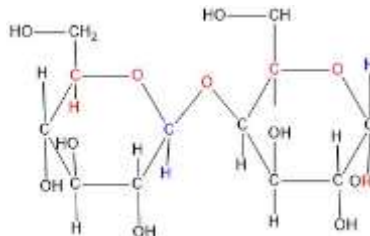
Selulosa menurut derajat polimerisasi dibagi menjadi tiga jenis, antara lain: α -selulosa, β -selulosa, dan γ -selulosa. α -selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam basa kuat. α -selulosa bentuk strukturnya dikenal dengan selulosa umum. α -selulosa adalah selulosa dengan konsentrasi yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis selulosa yang lainnya, sehingga α -selulosa dipakai sebagai penentu tingkat kemurnian selulosa. Mutu α -selulosa dilihat dari tinggi dan rendahnya konsentrasi. (Nosya, 2016).



Gambar 2.3 Struktur α -selulosa (Penulis)

β -selulosa merupakan jenis selulosa berantai pendek, dapat larut dalam basa kuat, dan dapat diendapkan dengan cara dinetralkan. β -selulosa larut

dalam NaOH 17,5% pada suhu 20°C dan akan mengendap pada suasana asam (Nosya, 2016).



Gambar 2.4 Struktur β -selulosa (Penulis)

γ -selulosa merupakan selulosa berantai pendek, larut dalam basa kuat dan kandungan utama dalam senyawa ini adalah hemiselulosa. Hemiselulosa mudah untuk dihidrolisis dengan asam. γ -selulosa adalah sama selulosa yang sama dengan β -selulosa, namun derajat polimerisasinya kurang dari 15. γ -selulosa dengan β -selulosa memiliki perbedaan dalam sifat kimia. γ -selulosa dalam suasana netral tidak dapat mengendap berbeda dengan β -selulosa dalam suasana netral akan mengendap (Nosya, 2016).

Penggunaan selulosa dalam geopolimer bertujuan untuk menjadi bahan pengisi atau filler. Selulosa dalam geopolimer menghasilkan ikatan yang baik antara selulosa dengan matriks geopolimer karena tidak ada degradasi selulosa yang luar biasa. Meningkatnya kandungan selulosa menghasilkan struktur yang lebih padat, pori-pori lebih sedikit,

kepadatan hampir tidak berubah, dan kegagalan ulet yang terlihat dari komposit berbasis geopolimer karena mekanisme penghubung dari serat yang menahan perambatan retak (Ye et al., 2018).

D. Polipropilena

Polipropilena adalah termoplastik dari monomer propilena. Polipropilena memiliki sifat kaku, tidak berbau, tahan terhadap pelarut asam dan basa (Ezzati et al., 2008). Polipropilena digunakan sebagai komponen otomotif, penguat suara, peralatan laboratorium, dan produk sehari-hari (Modesti et al., 2005). Polipropilena mampu menahan reaksi kimia walaupun dengan dipanaskan dengan suhu tinggi. (Ramos et al., 2020).

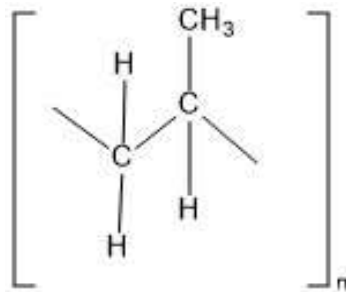
Polipropilena dengan polietilen banyak memiliki kemiripan dalam sifat listrik, mekanik dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Polipropilena adalah plastik dengan nilai *specific gravity* rendah, artinya jika polipropilena dicetak dengan cetakan yang sama dengan polietilen menghasilkan polipropilena lebih ringan dari polietilen, karena polietilen signifikan dalam mengisi ruang cetakan (Satya & Sreekanth, 2020). Nilai *specific gravity* polipropilena dapat dilihat di tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Perbandingan *Specific Gravity* dari Berbagai Material Plastik

Resin	<i>Specific Gravity</i>
Polipropilena	0,85 – 0,90
LDPE	0,91 – 0,93
HDPE	0,93 – 0,96
Polistirena	1,05 – 1,08
ABS	0,99 – 1,10
PVC	1,15 – 1,65
Asetil Selulosa	1,23 – 1,34
Nylon	1,09 – 1,14
Polikarbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

(Mujiarto, 2005)

Polipropilena menghasilkan volume pasca konsumsi yang besar, karena Polipropilena adalah polimer yang sering digunakan dalam sektor tekstil, otomotif, peralatan laboratorium dan wadah yang dapat digunakan kembali. Di sisi lain, Polipropilena memiliki karakteristik seperti stabilitas kimia tinggi, kekakuan, kekerasan, ketangguhan, tahan panas dan sifat mekanik masih tetap ada dalam Polipropilena bekas, menjadikannya limbah daur ulang yang menarik untuk digunakan sebagai bahan tambah geopolimer berkinerja tinggi (Ramos et al., 2020).



Gambar 2.5 Struktur Polipropilena (Penulis)
Polipropilena ditambahkan kedalam

geopolimer bertujuan untuk memperbaiki efek kuat tekan dan kuat tarik. Polipropilena berperilaku sebagai bahan hidrofobik untuk geopolimer yang berasal dari struktur kimia nonpolar dan kekasaran bergelombang nano. Oleh karena itu, polipropilena memiliki efek menolak air yang berarti tidak menyerap air. (Baykara et al., 2020).

E. Geopolimer

Geopolimer adalah material 3 dimensi yang terbentuk dari reaksi polimerisasi silika, aluminum dan oksigen dengan aktivator untuk menjadi struktur *amorphous* 3 dimensi. Geopolimer diproduksi pada suhu dibawah 100°C. Geopolimer adalah molekul mineral yang dihubungkan dengan ikatan kovalen. Geopolimer harus mendapat terminologi polimer

karena terbuat dari bahan alam anorganik melalui proses polimerisasi (Davidovits, 1991).

Geopolimer dihasilkan dari polikondensasi anorganik atau reaksi Geopolimerisasi. Reaksi Geopolimerisasi adalah reaksi yang menghasilkan kerangka tekto-aluminosilikat tiga dimensi. Rumus empiris sebagai berikut (Davidovits, 1979):



Keterangan:

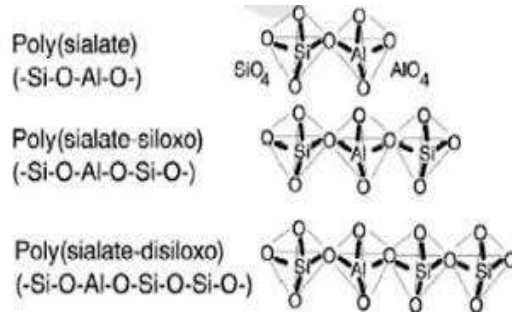
M : kation (K, Na, Ca)

n : sebagai derajat polikondensasi.

z : ada jumlah atau banyaknya H_2O .

Kuat tekan geopolimer dapat dipengaruhi oleh rasio unsur Si, Al, K dan kandungan air. Sifat mekanik, fisika atau kimia geopolimer dipengaruhi oleh reaksi polimerisasi (Davidovits, 2020).

Geopolimer memiliki tiga jenis struktur, antara lain: *Poly(sialate)* (-Si-O-Al-O), *Poly(sialate-siloxo)* (-Si-O-Al-O-Si-O-) dan *Poly(sialate-disiloxo)* (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-).



Gambar 2.6 Jenis struktur *Polysialate* (Davidovits, 1994)

Geopolimer berpotensi untuk menggantikan semen Portland dalam pembuatan beton. Geopolimer tidak menghasilkan emisi gas yang besar dan cenderung memerlukan energi rendah untuk memproduksinya (Davidovits & France, 2019).

Tabel 2.4 Kebutuhan energi dan emisi CO₂ untuk 1 ton semen portland dan semen geopolimer berbahan dasar batu

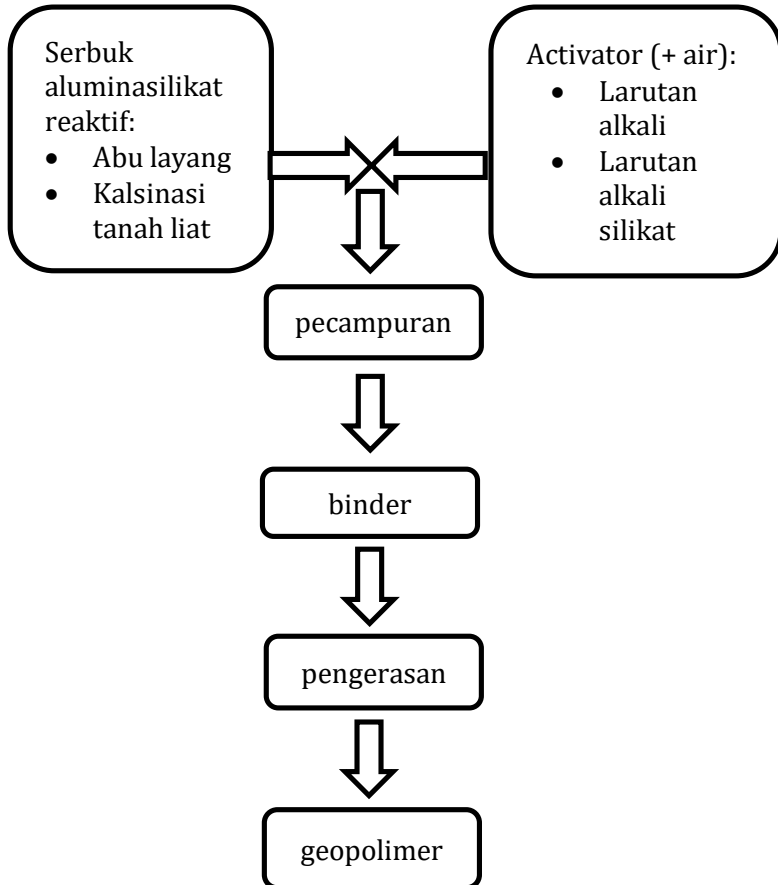
Kebutuhan energi (Mj/ton)	Kalsinasi	Penghancuran	Sol Silika	Total	Penurunan
Semen Portland GP	4270	430	0	4700	0%
Produk Sampung Terak GP-semen	1300	390	375	1965	59%
Pembuatan terak	1950	390	375	2715	43%
Emisi CO ₂ Semen Portland	1,000	0,020		1,020	0%
Emisi CO ₂ GP-semen	0,140	0,018	0,05	0,208	80%
Produk Sampung Terak					
Emisi CO ₂ Gp-semen	0,240	0,028	0,05	0,308	70%
Pembuatan Terak					

(Davidovits, 2013)

Geopolimer mempunyai kekuatan awal tinggi, penyusutan rendah, tahan terhadap korosi, tahan terhadap sulfat, tahan terhadap asam, dan menghasilkan reaksi yang tidak berbahaya (reaksi dengan aktivator alkali). Geopolimer dalam ketahanan

panas lebih stabil. Geopolimer dapat tahan terhadap panas hingga suhu 600°C selanjutnya akan mengalami penurunan kekuatan. Semen Portland akan mengalami penurunan tekanan ketika mencapai suhu 300°C.

Geopolimer material baru yang potensial sebagai semen Portland. Pada sintesis geopolimer membutuhkan material aluminasilikat dan larutan aktivator alkali. Sumber material harus kaya dengan kandungan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dapat berasal dari kaolin, *fly ash*, *silica fume*, ampas tebu dan ampas biji besi (*blast furnace slag*), sedangkan larutan alkali digunakan dalam mengaktivasi sumber material berupa *sodium hydroxide* (NaOH), *sodium silicate* Na_2SiO_3 , *potassium hydroxide* (KOH) dan *potassium silicate* (K_2SiO_3)(Reksodimejo, 2017).



Gambar 2.7 Proses Produksi Geopolimer (Mustofa, 2016)

F. Larutan Aktivator Alkali

Larutan Aktivator Alkali adalah larutan yang mereaksikan silika dengan alumina melalui reaksi polimerisasi. Larutan aktivator alkali umumnya berasal dari basa kuat seperti *sodium hydroxide* (NaOH) dan *potassium hydroxide* (KOH). Larutan

aktivator alkali akan mengaktifkan monomer (SiO_4) dan (AlO_4) (Hardjito & Rangan, 2005). Tujuan adanya larutan aktivator alkali untuk menambah ion Na^+ pada proses polimerisasi. Pada saat kondisi curing, monomer (SiO_4) dan (AlO_4) akan terkondensasi dan akan membentuk jaringan 3 dimensi yang berikatan silang (Davidovits, 1979)

Larutan aktivator alkali pada penelitian terdahulu umumnya akan dicampur dengan larutan silika. Terdapat tiga metode untuk pencampuran silika dengan larutan aktivator alkali. Pertama larutan silika standar dicampurkan dengan larutan aktivator alkali melalui rasio molar yang sama. Kedua mencampurkan asap silika dengan larutan aktivator alkali. Ketiga mencampurkan larutan silika yang memiliki rasio molar tinggi dengan larutan silika yang memiliki rasio molar rendah (Davidovits & France, 2019).

G. FTIR (Fourier Transform InfraRed)

FTIR adalah suatu alat yang mengidentifikasi suatu senyawa baik alami maupun buatan dilihat dari spektrum inframerah. Instrumen FTIR adalah sama dengan spektrofotometri IR (*Infra Red*), yang membedakan pada pengembangan sistem optiknya sebelum seberkas sinar infra merah melewati sampel.

Pada penelitian ini, FTIR digunakan untuk melihat gugus fungsi Si-O dan Al-O pada geopolimer.



Gambar 2.8 Cara Kerja FTIR (Prabaningtyas, 2017)

Prinsip kerja FTIR adalah penyinaran radiasi IR ke sampel dengan melewati celah. Celah memiliki fungsi untuk mengontrol jumlah energi yang diterima sampel. Ada dua jenis IR yang dihasilkan oleh celah, yang satu di terima oleh sampel dan yang satu lagi akan di transfer ke detektor dan akan dibaca oleh komputer. (Setiabudi et al., 2012).

Keuntungan FTIR dibanding dispersive IR antara lain: *Pertama*, kemampuan menghasilkan spektrum dengan rasio signal (S) dengan nois (N) meningkat relatif lebih cepat. *Kedua*, dapat mengukur infrared lebih cepat. *Ketiga*, memiliki akurasi Panjang gelombang yang dihasilkan lebih tinggi (Setiabudi et al., 2012).

H. XRD (X-ray Diffraction)

XRD (*X-Ray Diffraction*) adalah instrumen untuk karakterisasi kristal dari berbagai bahan dengan memanfaatkan hamburan sinar-X. Teknik analisis XRD menganalisa sinar-X yang dihamburkan oleh sampel yang dihasilkan dari tumbukan sampel dengan sampel tanpa adanya kehilangan energi (Setiabudi et al., 2012). Sinar-X keluar disebabkan oleh elektron bebas berenergi kinetik tinggi menumbuk logam (Rahman & Toifur, 2016).

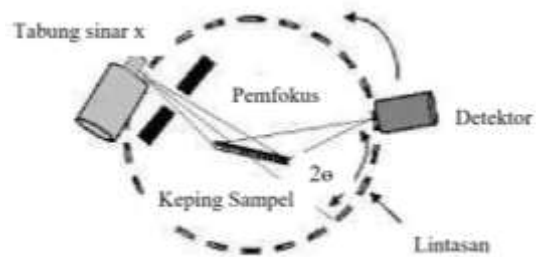


Gambar 2.9 Instrumen XRD (penulis)

XRD mempunyai tiga komponen utama, antara lain: tabung sinar-X, tempat sampel atau chamber, detektor sinar-X. Tabung sinar-X adalah penampung sinar-X yang nantinya dihamburkan atau dipancarkan ke sampel. Chamber adalah tempat objek yang berisi

sampel yang akan dianalisis. Sampelnya berupa padatan dan serbuk. Detektor adalah tempat yang berfungsi merekam dan mengolah sinar-X menjadi grafik (Setiabudi et al., 2012).

Prinsip kerja XRD adalah sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X berisi katoda. Katoda berfungsi untuk menghasilkan elektron dari filamen yang dipanaskannya. Percepatan elektron yang menembaki sampel atau objek dapat dipengaruhi oleh perbedaan tegangan. Ketika elektron menabrak objek dengan tingkat energi yang tinggi menghasilkan sinar-X. Kemudian sinar-X akan ditangkap oleh detektor yang nantinya akan diolah dan direkam menjadi grafik (Beiser, 1992).

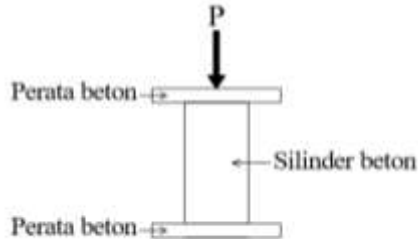


Gambar 2.10 Skema kerja XRD
(Kurniawan, 2019)

I. Kuat Tekan

Uji kuat tekan adalah besarnya gaya yang ditekankan pada material persatuan luas (Badan

Standarisasi Nasional, 2011). Gambar alat uji kuat tekan sebagai berikut.



Gambar 2.11 Skema uji kuat tekan (Yuliawan, 2015)

Kuat tekan ini adalah aspek utama yang dicari dalam penelitian ini. Kuat tekan dapat dipengaruhi oleh (Yuliawan, 2015):

- a. Usia geopolimer
- b. Temperatur curing
- c. Aktivator
- d. Kadar air dalam geopolimer.

Untuk menghitung kuat tekan pada geopolimer dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_{ci} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

P : Beban maksimum (kg)

A : Luas penampang uji (cm²)

f_{ci} : kuat tekan beton yang dihasilkan dalam pengujian (kg/cm^2)

J. Kajian Pustaka.

Pada penelitian Mohseni tahun 2018 menggunakan metakaolin sebagai bahan dasar (matriks), NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai aktivator alkali, dan Polipropilena sebagai bahan penguat (filler). Tujuan penelitian ini adalah mencari keefektifan rasio aktivator alkali dan konsentrasi polipropilena dalam geopolimer terhadap sifat mekanik. Penambahan rasio aktivator alkali menyebabkan nilai kuat tekan geopolimer semakin tinggi sedangkan penambahan polipropilena tidak banyak pengaruh dalam hasil kuat tekan. Hasil kuat tekan geopolimer terbaik pada rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ 3:1 dengan konsentrasi PP 0,3%, 0,5%, dan 1%, kuat tekan yang dihasilkan sebesar 52 – 56 MPa. Penambahan polipropilena dalam geopolimer menyebabkan hasil kuat lentur geopolimer mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan penambahan rasio aktivator alkali tidak memberikan efek yang besar terhadap kuat lentur yang dihasilkan. Hasil kuat lentur geopolimer terbaik terdapat pada konsentrasi polipropilena 1,0% di semua rasio

aktivator alkali, kuat lentur yang dihasilkan masing-masing 9,02%, 9,36%, dan 9,87% (Mohseni, 2018)

Pada penelitian Baykara dkk tahun 2020 zeolite sebagai bahan utama (matriks), NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai aktivator, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Polipropilena sebagai bahan penguat (filler). Polipropilena yang digunakan dalam komposisi geopolimer sebesar 0%, 0,5% dan 1,0%. Geopolimer diperkuat 0,5% polipropilena dan 1,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menghasilkan kuat tekan sebesar 4,63 MPa, hasil ini paling tertinggi setelah geopolimer diperkuat 1,0% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan 0% polipropilena dengan kuat tekan sebesar 4,08 MPa. Polipropilena memberikan stabilitas struktural yang tinggi terhadap geopolimer. Sampel tanpa serat mudah hancur, tetapi sampel dengan tulangan polipropilena kompak tanpa kehancuran (Baykara et al., 2020).

Pada penelitian Hangzhou dkk tahun 2018 menggunakan metakolin sebagai bahan utama (matriks), NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai aktivator, selulosa, lignin, dan hemiselulosa sebagai bahan penguat (filler) dengan berat 5%, 10%, dan 20%. Pada penelitian ini menghasilkan penambahan hemiselulosa dalam geopolimer menyebabkan

pelepasan CO₂ dan air yang disebabkan oleh degradasi basa dari hemiselulosa. Penambahan selulosa sebesar 5% menghasilkan kuat tekan terbaik dari ketiga filler dengan hasil kuat tekan diantara $36,22 \pm 8,31$ MPa. Penambahan selulosa dalam geopolimer tidak menyebabkan munculnya pori - pori dan selulosa dapat menghasilkan struktur geopolimer yang lebih padat karena selulosa mempunyai kandungan serat yang lebih tinggi. Meningkatnya kandungan serat selulosa menghasilkan struktur yang lebih padat, pori-pori lebih sedikit (Ye et al., 2018).

Berdasarkan penelitian - penelitian diatas, penelitian ini akan menggunakan selulosa hasil sintesis ampas tebu dan polipropilena dari ekstraksi gelas plastik air mineral. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah ampas tebu, gelas plastik air mineral dan limbah abu layang (*fly ash*). Kajian pustaka dari penelitian diatas penambahan selulosa dan polipropilena memberikan hasil yang positif dalam geopolimer, sehingga pada penelitian ini memiliki hipotesis bahwa penambahan selulosa dan polipropilena dapat meningkatkan sifat mekanik geopolimer.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah refluks, ayakan, timbangan analitik, batang pengaduk, oven, wadah, cetakan berbentuk silinder dengan ukuran 5 x 5 cm, gelas beaker, alat penumbuk atau mortar, spatula, magnetic stirrer, *Fourier Transform InfraRed* merk Shimadzu IR Prestige-21, *X-Ray Diffraction* merk D8 Advance, dan *Tensile Strength* (uji kuat tekan).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida, natrium silikat, pelarut xylene, asam klorida, methanol, H₂O₂, NaOCl, Aquades, *fly ash* (dari PLTU Tanjung Jati Desa Tubanan, Kec. Kembang – Kab. Jepara), Gelas plastik air mineral bekas, dan Ampas Tebu (dari penjual es Tebu di Desa Gemulak, Kec. Sayung – Kab. Demak)

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Polipropilena dan Selulosa

- a. Ekstraksi Polipropilena dari Gelas Plastik

Limbah plastik polipropilena dicuci hingga bersih. Limbah plastik dipotong kecil. Potongan limbah plastik dimasukkan kedalam tabung refluks. Pelarut xylene dimasukkan kedalam labu refluks. Alat refluks dihidupkan dengan suhu 130°C selama 2 jam. Larutan yang ada direfluks dikeluarkan. Metanol ditambahkan untuk proses pengendapan. Larutan disaring untuk mendapatkan endapan. Endapan dikeringkan, dihaluskan, dan diayak sehingga menjadi serbuk limbah plastik polipropilena dengan ukuran 80 mesh (Hidayani et al., 2015)

b. Sintesis Selulosa dari Ampas Tebu

Proses aktivasi diawali dengan ampas tebu dicuci dan dikeringkan. Ampas tebu dipotong kecil-kecil dengan ukuran $\pm 0,5$ cm. Potongan ampas tebu digiling hingga halus dan diayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh. 200 gram serat dipanaskan dalam oven selama 1 jam, ditambahkan dengan 800 mL NaOH 10% pada suhu 100°C dan dipanaskan menggunakan stirer selama 2 jam. Pulp dipisahkan dan dicuci dengan aquades hingga bersih. Pulp yang terbentuk diputihkan dengan

1 L H₂O₂ 2% dan 125 mL NaOCl 5% pada suhu 60°C selama 2 jam. Pulp yang terbentuk dicuci dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam menggunakan oven. Hasil dikarakterisasi dengan FTIR (Wahyusi et al., 2017).

2. Sintesis Geopolimer

Geopolimer dibuat sesuai dengan Tabel 3.1. Larutan aktivator alkali (NaOH), polipropilena dan selulosa dibuat sehari sebelum pencampuran. *Fly ash* ditaruh dalam wadah. Kemudian ditambahkan dengan larutan alkali yang sudah dibuat sehari sebelumnya secara perlahan sambil diaduk perlahan. Selanjutnya ditambahkan polipropilena atau selulosa sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan sambil diaduk. Adonan diaduk hingga rata. Setelah menjadi pasta geopolimer, dicetak dengan cetakan silinder 5 x 5 cm. Adonan dipadatkan agar cetakan terisi dengan sempurna dengan cara digetarkan.. Kemudian di oven dengan suhu 70°C selama 24 jam (Malik, 2016). Didinginkan dan dikeluarkan dari cetakan. Kemudian dibungkus dengan plastik dan disimpan selama 15 hari. Kemudian geopolimer dikarakterisasi dan diuji dengan instrumen.

Tabel 3.1 Komposisi Geopolimer

Kode	Fly Ash (gr)	Persen Aktivator	Polipropilena	Selulosa
G-CO	150	25%	-	-
G-PP02	150	25%	0,2%	-
G-PP04	150	25%	0,4%	-
G-PP06	150	25%	0,6%	-
G-S02	150	25%	-	0,2%
G-S04	150	25%	-	0,4%
G-S06	150	25%	-	0,6%

Catatan: persentase activator, polipropilena, dan selulosa diambil dari berat *fly ash* (w/w)

3. Karakterisasi Geopolimer

a. FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Sampel dikarakterisasi dengan FTIR (Fourier Transform Infrared) bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. Sampel dikarakterisasi untuk mencari gugus fungsi polipropilena dan selulosa. Data yang dihasilkan adalah intensitas serapan (%T) dan bilangan gelombang (cm^{-1}).

b. XRD (*X-Ray Diffraction*)

Sampel dikarakterisasi dengan XRD (X-Ray Diffraction) bertujuan untuk mengetahui hasil

polimerisasi geopolimer yang diinterpretasikan melalui kristalinitas hasil XRD. Analisis XRD digunakan untuk mengetahui senyawa yang terbentuk amorf atau kristalin. Karakterisasi XRD dapat diketahui di dalam sampel terbentuk senyawa baru atau tidak.

4. Uji Sifat Mekanik Geopolimer

Pada pengujian ini nantinya sampel akan diuji kuat tekan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efek penambahan dari selulosa dengan polipropilena. Setiap penambahan konsentrasi dari selulosa dan polipropilena.

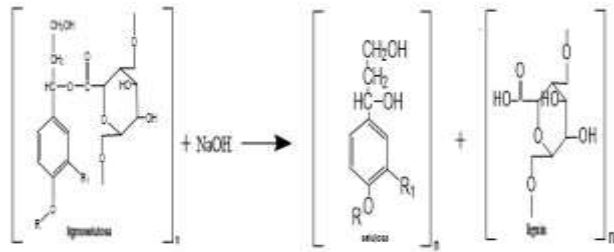
BAB IV

PEMBAHASAN

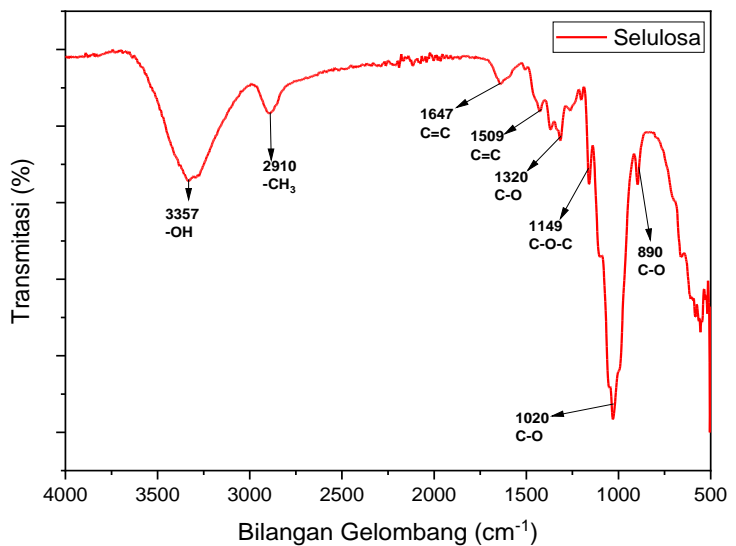
A. Preparasi Polipropilena dan Selulosa

1. Sintesis Selulosa

Ampas tebu memiliki kandungan selulosa lebih dari 40% (Hermiati et al., 2010). Sintesis selulosa dari ampas tebu menggunakan larutan NaOH 10%, NaOCl 5%, dan H₂O₂ 2%. NaOH 10% berfungsi untuk mengaktifkan gugus OH⁻ secara menyeluruh di selulosa dan untuk menghilangkan lignin yang ada di ampas tebu karena NaOH dapat merusak ikatan eter dari selulosa dengan lignin (Veptiyan et al., 2019). Reaksi pemecahan selulosa dengan lignin disajikan dalam Gambar 4.1. NaOCl 5% dan H₂O₂ 2% digunakan untuk memutihkan pulp (Wahyusi et al., 2017). Selulosa yang terbentuk dikarakterisasi dengan FTIR. Spektra selulosa disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Reaksi Pemecahan Selulosa dengan Lignin



Gambar 4.2 Spektra FTIR Selulosa Ampas Tebu

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan gugus hidroksi (-OH) pada puncak serapan 3357 cm^{-1} . Gugus ikatan C-O asetil terlihat pada bilangan gelombang 1020 cm^{-1} – 1320 cm^{-1} (Analda S. & Latupeirissa, 2018). Vibrasi C-H (sp^3) pada bilangan

gelombang 2910 cm^{-1} . Puncak serapan 1509 cm^{-1} dan 1647 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C=C (Lindu et al., 2010). Ikatan glikosida terlihat pada panjang gelombang 890 cm^{-1} (Analda S. & Latupeirissa, 2018). Data spektra FTIR menghasilkan gugus fungsi OH, C-O, C-H, dan C-O ikatan glikosida dari cincin selulosa sesuai dengan hasil selulosa yang disintesis dari ampas tebu oleh Andriyanti tahun 2012, sehingga dapat disimpulkan bahwa selulosa telah berhasil didapatkan. Selulosa hasil dari ekstraksi ampas tebu disajikan pada gambar 4.3.a.

Tabel 4.1 Hasil Serapan Selulosa Sintesis dan Hasil Selulosa

No	Serapan Selulosa Sintesis (cm^{-1})	Literatur Serapan Selulosa (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3357	3400	-OH
2	2910	2950	C-H
3	1149	1235	C-O

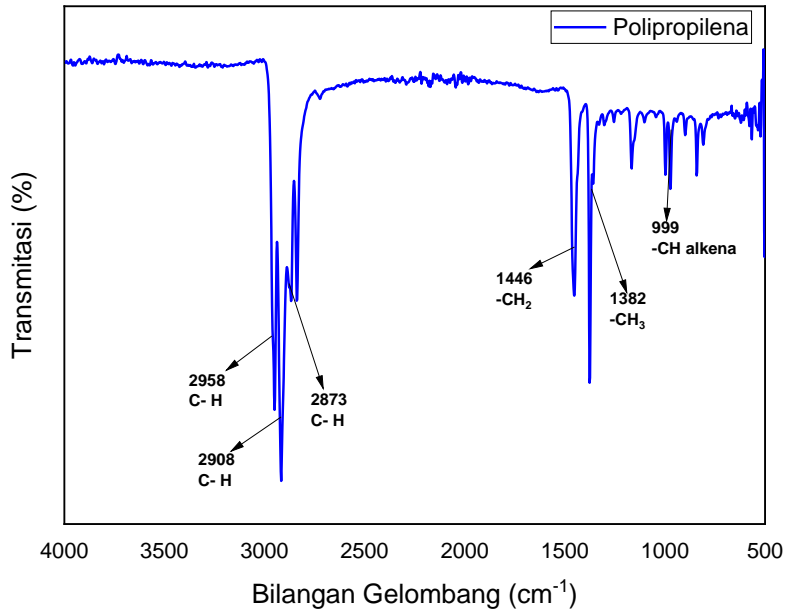
(Gaol et al., 2013)



Gambar 4.3. (a). Selulosa Ampas Tebu dan (b). Polipropilena Limbah Plastik

2. Preparasi Polipropilena

Polipropilena dihasilkan dari proses ekstraksi limbah plastik. Limbah plastik dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel di plastiknya. Limbah plastik di potong kecil untuk mempermudah pelarutan. Potongan plastik dimasukkan kedalam labu alas bulat dan ditambahkan dengan xylan (1:5) untuk melarutkan polipropilena. Refluks dengan suhu 130°C selama 2 jam hingga potongan plastik larut. Plastik yang telah direfluks ditambahkan metanol untuk mengendapkan polipropilena. Endapan dipisahkan dengan pelarutnya dan dikeringkan (Hidayani et al., 2015). Padatan yang terbentuk dihaluskan dan dikarakterisasi dengan FTIR.



Gambar 4.4 Spektra FTIR Polipropilena Limbah Plastik

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan gugus alkana (C-H) pada panjang gelombang 2873 cm⁻¹ – 2958 cm⁻¹. Gugus metilen (-CH₂) terlihat pada puncak serapan 1446 cm⁻¹. Puncak serapan 1382 cm⁻¹ menunjukkan karakteristik gugus metil (-CH₃). Ikatan -CH alkena terlihat pada puncak serapan 999 cm⁻¹. Spektra FTIR menghasilkan gugus fungsi alkana (C-H), metilen (-CH₂), dan gugus fungsi metal (-CH₃) hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nazif

tahun 2016. Hasil preparasi polipropilena dapat dilihat pada Gambar 4.3.b.

Tabel 4.2 Hasil Serapan Polipropilena Ekstraksi dan Literatur Serapan

No	Serapan Polipropilena Ekstraksi (cm^{-1})	Literatur Serapan Polipropilena (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	2873-2958	2974	C-H alkana
2	1446	1458	-CH ₂ metilen
3	1149	1369	CH ₃ metil

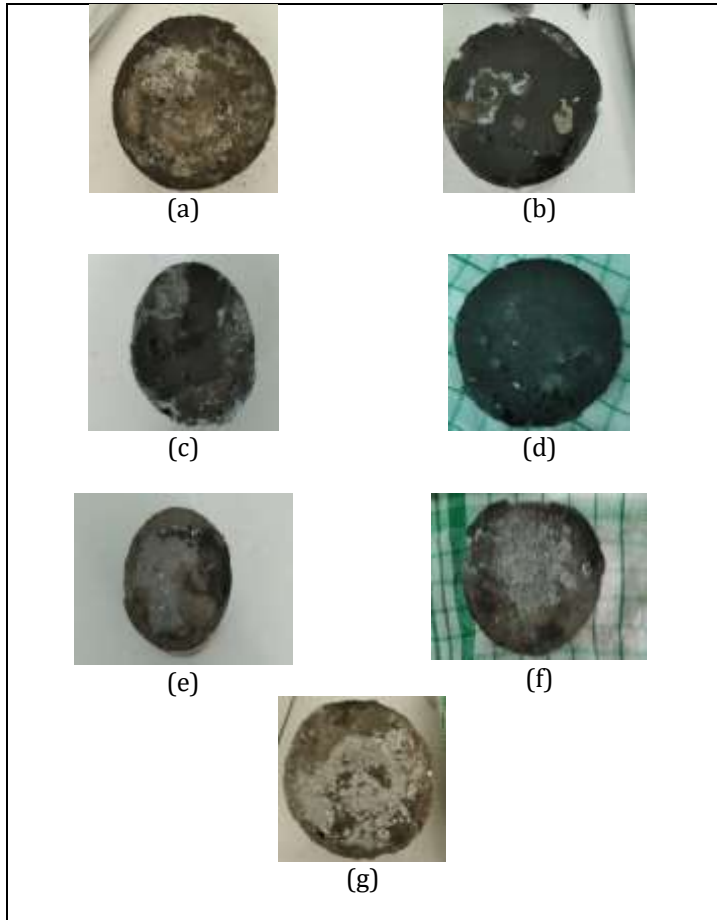
(Nazif et al., 2016)

B. Sintesis Geopolimer

Pada tahap ini melakukan pembuatan geopolimer. Geopolimer terbuat dari *fly ash* sebagai bahan utama, NaOH sebagai larutan aktivator, dan selulosa maupun polipropilena sebagai bahan tambah. Bahan tambah berfungsi sebagai material penguat untuk geopolimer. Terdapat 3 jenis geopolimer yang dibuat, antara lain: geopolimer kontrol (G-CO), geopolimer selulosa (G-S), dan geopolimer polipropilena (G-PP). Geopolimer kontrol tanpa penambahan selulosa maupun polipropilena. Geopolimer selulosa adalah geopolimer yang

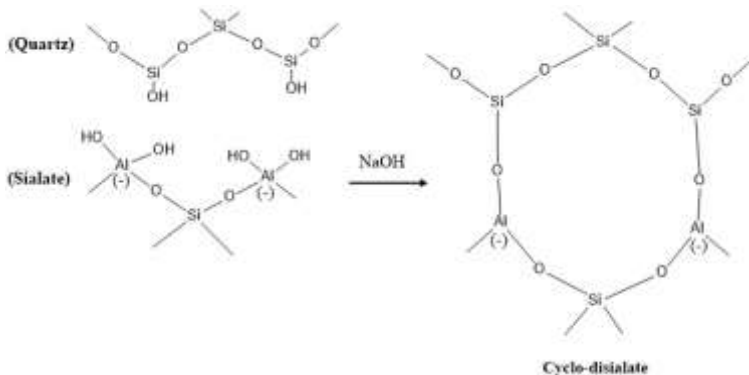
mengandung selulosa dan geopolimer polipropilena adalah geopolimer yang mengandung polipropilena.

Geopolimer dibuat dari *fly ash* yang dicampurkan terlebih dahulu dengan material penguat (selulosa maupun polipropilena) dengan variasi 0,2%, 0,4%, 0,6%. Tujuan variasi untuk mengetahui pengaruh konsentrasi polipropilena dan selulosa terhadap kuat tekan geopolimer. Aquades dan NaOH 8M ditambahkan ke dalam padatan. NaOH digunakan sebagai aktivator dalam reaksi geopolimerisasi (Davidovits, 1991). Pasta yang sudah jadi dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran 5 x 5 cm sambil digetarkan untuk memadatkan pasta dalam cetakan. Cetakan geopolimer di oven dalam suhu 70°C selama 24 jam. Gambar geopolimer disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. (a). Geopolimer kontrol (G-CO), (b). Geopolimer Selulosa 0,2% (G-S02), (c). Geopolimer Selulosa 0,4% (G-S04), (d). Geopolimer Selulosa 0,6% (G-S06), (e). Geopolimer Polipropilena 0,2% (G-PP02), (f). Geopolimer Polipropilena 0,4% (G-PP04), dan (g). Geopolimer Polipropilena 0,6% (G-PP06).

Penggunaan NaOH sebagai aktivator untuk menarik ion – ion aluminium dan silika pada padatan. Hal ini dapat membentuk pengikatan monomer Si-O dan Al-O yang terkandung dalam *fly ash* sehingga monomer – monomer pembentuk geopolimer dapat berikatan (Hardjito & Rangan, 2005). Persamaan reaksi yang terjadi sebagai berikut:

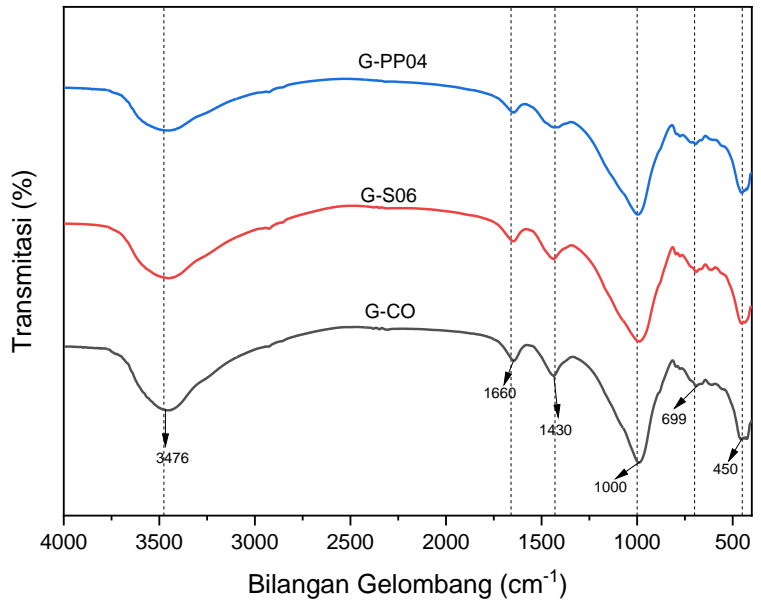


Gambar 4.6 Reaksi Geopolimerisasi (Davidovits, 1979)

C. Karakterisasi

1. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Geopolimer yang dikarakterisasi dengan FTIR (G-CO), (G-S06), dan (G-PP04). Hasil karakterisasi FTIR geopolimer disajikan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Spektra FTIR G-CO, G-S06, dan G-PP04
Analisa karakterisasi FTIR pada Gambar 4.7
dinyatakan dalam Tabel 4.3

Tabel 4.3 Interpretasi Data FTIR G-CO, G-S06, dan G-PP04

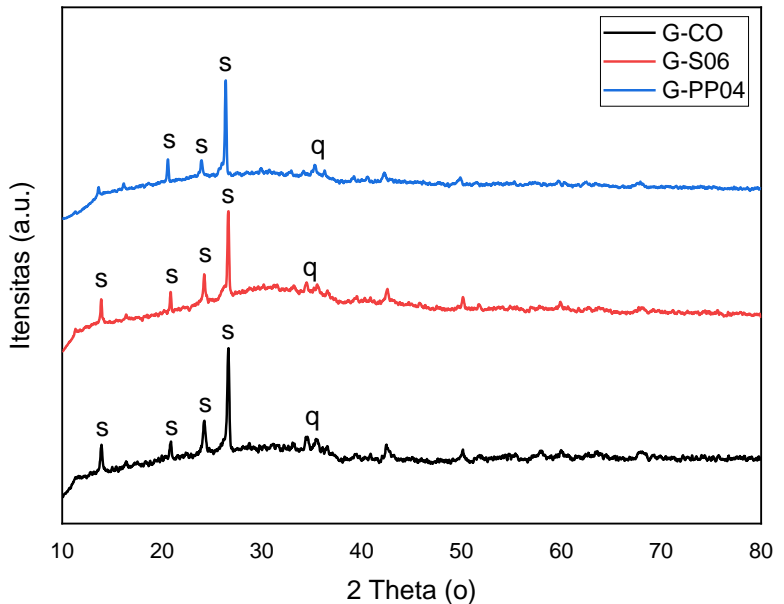
Interpretasi	Kontrol (cm^{-1})	S06 (cm^{-1})	PP04 (cm^{-1})
Vibrasi ulur OH	3476	3492	3483
Vibrasi Tekuk HOH	1660	1653	1636
Vibrasi ulur O- C-O	1430	1445	1415
<i>Stretching</i> Asimetri (Si-O- Si dan Si-O-Al)	1001	1005	992
<i>Stretching</i> Simetri (Si-O-Si dan Si-O-Al)	699	695	694
Bending Si-O-Si dan O-Si-O	450	462	451

Berdasarkan Gambar 4.7 terdapat 3 jenis geopolimer yang dikarakterisasi, yaitu G-CO berwarna hitam, G-S06 berwarna merah, dan G-PP04 berwarna biru. Puncak serapan pada panjang gelombang 3400 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur OH. Terdapat vibrasi tekuk HOH pada puncak serapan 1660 cm^{-1} . Terlihat vibrasi ulur O-C-O pada puncak serapan 1430 cm^{-1} (Gharzouni et al., 2016). Terdapat *stretching* asimetri dan simetri (Si-O-Si dan Si-O-Al) pada puncak serapan 1000 cm^{-1} dan 699 cm^{-1} . menandakan geopolimer yang dihasilkan memadat (Bakharev, 2005). Dari data spektra FTIR yang dihasilkan menunjukkan geopolimer yang disintesis

memiliki pola spektra yang sama. Dapat disimpulkan bahwa dari hasil spektra FTIR telah terbentuk struktur geopolimer yang baik. Namun puncak serapan karakteristik selulosa dan polipropilena tidak muncul karena konsentrasi selulosa dan polipropilena dalam geopolimer relatif kecil (Chen et al., 2018).

2. XRD (*X-Ray Diffraction*)

Pengujian geopolimer dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) bertujuan untuk mengetahui hasil reaksi geopolimerisasi yang diimplementasikan melalui kristalinitas hasil XRD. Karakterisasi XRD melihat senyawa yang terbentuk amorf atau kristal. Berikut ini hasil karakterisasi geopolimer menggunakan XRD dapat dilihat di Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Difraktogram geopolimer kontrol, S06, dan PP04

Berdasarkan difraktogram pada Gambar 4.8 Pada ketiga sampel menghasilkan difraktogram yang hampir sama. Terdapat fase kuarsa pada sudut $34,904^{\circ}$ untuk G-CO, $35,004^{\circ}$ untuk G-S06, dan $35,741^{\circ}$ untuk GPP04 (Wang et al., 2020). Menurut Purbasari tahun 2018 fase kuarsa berasal dari matrik geopolimer. Terdapat fase natrium alumina silika hidrat (N-A-S-H) pada sudut 14° , 21° , 24° , 26° (Mohseni, 2018). Menurut Elyamany tahun 2018 natrium alumina silika hidrat (N-A-S-H) menunjukkan terjadi reaksi antara aktivator dengan penyusun

geopolimer yaitu alumina (Al_2O_3) dan silika (SiO_2). N-A-S-H terbentuk dari konsentrasi aktivator yang tinggi sehingga NaOH berlebih dalam geopolimer. Hasil ini membuktikan bahwa proses geopolimerisasi berjalan dengan baik (Mohseni, 2018). Namun pada hasil karakterisasi XRD menunjukkan fase karakteristik selulosa maupun polipropilena tidak muncul. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi selulosa dan polipropilena dalam geopolimer relatif kecil (Chen et al., 2018).

Penambahan selulosa dan polipropilena menghasilkan perbedaan ukuran partikel geopolimerisasi. Ukuran partikel geopolimer disajikan pada Tabel 4.4. Penambahan selulosa maupun polipropilena menghasilkan ukuran partikel lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan selulosa maupun polipropilena. Ukuran partikel geopolimer penambahan selulosa sebesar 22,2341 nm, sedangkan penambahan polipropilena menghasilkan ukuran partikel geopolimer sebesar 17,6702 nm. Menurut Xiong tahun 2019 semakin besar partikel reaksi geopolimerisasi mengakibatkan kuat tekan geopolimernya semakin besar. Ukuran

partikel mencerminkan kandungan fase amorf mineral. (Xiong et al., 2019).

Tabel 4.4 Ukuran partikel G-CO, G-S06, dan G-PP04 dari Difraktogram *X-Ray Diffraction*

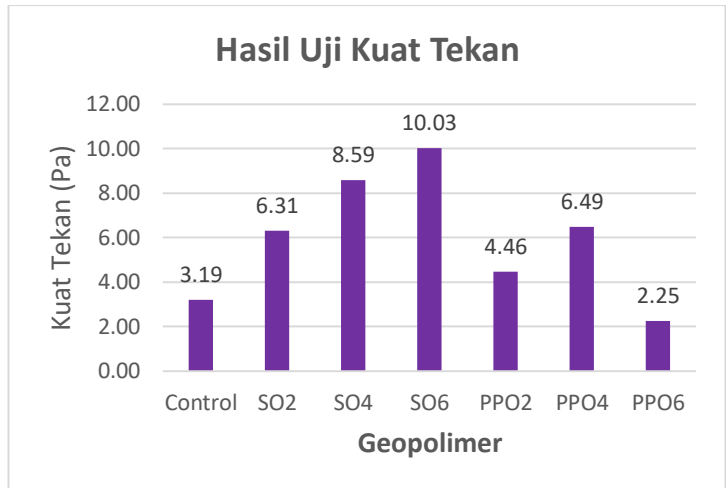
Geopolimer	Ukuran Rata-rata Partikel (nm)
G-CO	12,6333
G-S06	22,2341
G-PP04	17,6702

D. Sifat Mekanik

Salah satu sifat mekanik yang digunakan pengujian geopolimer adalah kuat tekan. Uji kuat tekan adalah besarnya gaya yang ditekan pada material persatuan luas (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Pengujian menggunakan mesin kuat tekan (*tensile strength*). Tujuan pengujian ini dalam penelitian adalah untuk mengetahui efek penambahan konsentrasi selulosa dan polipropilena terhadap kuat tekan geopolimernya. Menurut Rahmawati tahun 2021 penambahan selulosa menghasilkan pembentukan jaringan yang baik antara selulosa

dengan matrik geopolimer dan selulosa dapat menahan retakan sehingga kuat tekan geopolimer menjadi lebih baik.

Penambahan polipropilena dalam geopolimer bertujuan untuk menghasilkan kuat tekan yang lebih bagus. Penambahan polipropilena dalam geopolimer menghasilkan kenaikan kinerja deformasi dan kontraksi dalam geopolimer. Hal ini yang memberikan hasil kuat tekan geopolimer bertambah (Baykara et al., 2020). Perlu diingat bahwa penambahan polipropilena dalam geopolimer dengan konsentrasi tinggi juga tidak baik karena sifat polipropilena yang hidrofobik, sehingga mengganggu proses pengeringan pada geopolimer (Baykara et al., 2020). Hasil kuat tekan disajikan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Uji Kuat Tekan

Pengaruh penambahan polipropilena terhadap kuat tekan geopolimer dapat dilihat di Gambar 4.9. Kuat tekan maksimum pada penambahan polipropilena 0,4% kedalam geopolimer sebesar 6,49 Pa. Pada konsentrasi ini polipropilena memberikan stabilitas struktural lebih tinggi (Baykara et al., 2020). Kuat tekan geopolimer dengan polipropilena 0,6% mengalami penurunan kuat tekan disebabkan oleh polipropilena yang tidak homogen dengan matrik geopolimer. Semakin rendah kemampuan polipropilena berikatan dengan matriks geopolimer mengakibatkan turunnya kuat tekan geopolimernya (Baykara et al., 2020). Menurut Al-mashhadani tahun, 2018 penambahan polipropilena dengan konsentrasi

tinggi menghasilkan kepadatan rendah sehingga memiliki karakteristik yang lebih lemah. Hal ini yang mengakibatkan G-PP06 mengalami penurunan kuat tekan. Menurut Ranjbar tahun 2016 menurunnya kuat tekan G-PP06 disebabkan oleh densitas geopolimernya rendah. Selain itu polipropilena memiliki sifat hidrofobik dapat dilihat pada Gambar 4.2 bahwa hasil spektra FTIR polipropilena tidak memiliki gugus OH-. Sehingga polipropilena berpotensi menolak air yang berakibat menghasilkan ikatan yang lemah antara polipropilena dengan matriks geopolimernya. (Ranjbar et al., 2016).

Pengaruh selulosa terhadap kuat tekan geopolimer disajikan pada Gambar 4.9. Kuat tekan maksimum selulosa terdapat pada penambahan konsentrasi 0,6% ke dalam geopolimer sebesar 10,03 Pa. Semakin tinggi kandungan selulosa dalam geopolimer menghasilkan kuat tekan geopolimer semakin besar. Hal ini disebabkan karena selulosa mempunyai sifat menahan retakan dalam geopolimer. Menurut Ye tahun 2018 peningkatan kandungan selulosa menghasilkan struktur geopolimer yang lebih padat karena selulosa dapat menutupi pori - pori

geopolimer tanpa bahan tambah sehingga pori – pori geopolimer lebih sedikit.

Perbedaan hasil kuat tekan geopolimer selulosa dengan geopolimer polipropilena disebabkan oleh sifat material yang berbeda. Selulosa dalam geopolimer dapat menyebar ke semua permukaan geopolimer. Sehingga permukaan geopolimer semakin padat (C. Rahmawati et al., 2021). Pori – pori geopolimer dapat tertutup karena terisi oleh selulosa sehingga terjadi peningkatan kuat tekan yang signifikan (Ye et al., 2018). Perbedaan geopolimer selulosa dengan polipropilena dapat dilihat pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwa difraktogram G-PP04 menghasilkan fasa alumina silika hidrat (N-A-S-H) lebih sedikit dibandingkan dengan difraktogram G-S06. Hal ini yang mempengaruhi hasil kuat tekan geopolimernya (Mohseni, 2018). Selain itu G-S06 menghasilkan ukuran partikel geopolimer lebih besar dibandingkan ukuran partikel G-PP04. Ukuran partikel mencerminkan kandungan fase amorf mineral. Semakin besar ukuran partikel yang dihasilkan semakin besar fase amorf silika yang mengakibatkan kuat tekan G-S06 semakin besar (Xiong et al., 2019).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan dalam beberapa hal, antara lain :

1. Geopolimer yang disintesis dari *fly ash*, NaOH dan ditambah selulosa dan polipropilena menunjukkan karakteristik geopolimer berupa pita serapan pada puncak vibrasi *stretching* asimetri dan simetri (Si-O-Si dan Si-O-Al) di panjang gelombang 1001 cm^{-1} dan 699 cm^{-1} . Geopolimer yang disintesis menunjukkan pembentukan natrium alumina silika hidrat (N-A-S-H) pada sudut 14° , 21° , 24° , 26° . Ukuran partikel G-SO6 lebih besar dibandingkan G-PP04. Ukuran partikel G-SO6 sebesar $22,2341\text{ nm}$, sedangkan ukuran partikel G-PP04 sebesar $17,6702\text{ nm}$.
2. Penambahan serat selulosa dalam geopolimer dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Kuat tekan tertinggi pada konsentrasi selulosa 0,6% $10,03\text{ Pa}$. Sedangkan penambahan polipropilena dalam geopolimer memiliki kuat tekan tertinggi pada penambahan polipropilena 0,4% sebesar $6,49\text{ Pa}$ dan mengalami penurunan kuat tekan pada

konsentrasi 0,6% dengan nilai kuat tekan sebesar 2,25 Pa.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan tersebut, maka penelitian terkait dapat ditambahkan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan lebih lanjut untuk geopolimer selulosa dan polipropilena dengan variasi curing yang berbeda, variasi komposisi dan variasi lainnya.
2. Perlu dilakukan lebih lanjut studi geopolimer bahan tambah selain selulosa maupun polipropilena.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi S, D., Rahman N, F., Lie, H. A., & Purwanto. (2018). Studi Experimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator Pada Perilaku Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7, 89–98. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/viewFile/19368/18372>
- Aditama, A. T., Ekapatni, J. J., & Ahyudanari, E. (2019). Analysis of Aggregate Gradation to Improve The Characteristics of Geopolymer Based Asphalt Concrete. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 29(3), 86. <https://doi.org/10.12962/j20882033.v29i3.3690>
- Al-mashhadani, M. M., Canpolat, O., Aygörmez, Y., Uysal, M., & Erdem, S. (2018). Mechanical and microstructural characterization of fiber reinforced fly ash based geopolymer composites. *Construction and Building Materials*, 167, 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.061>
- Amin, M. (2017). Pembuatan semen geopolimer ramah lingkungan berbahan baku mineral basal guna menuju lampung sejahtera. In *Jurnal Inovasi Pembangunan: Vol. 05 No. 01* (pp. 35–36).
- Analda S., F., & Latupeirissa, J. (2018). Sintesis dan Karakteriasi Selulosa Asetat “Synthesis and

- Characterization of Cellulose Acetat (CA)." *J. Chem. Res*, 5(2), 470–474.
- Anshori, A. Z. (2008). *Pemanfaat Ampas Tebu dalam Pembuatan Silika Gel*. Univeristas Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*.
- Bakharev, T. (2005). Durability of geopolymer materials in sodium and magnesium sulfate solutions. *Cement and Concrete Research*, 35(6), 1233–1246.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.09.002>
- Baykara, H., Cornejo, M. H., Espinoza, A., García, E., & Ulloa, N. (2020). Preparation, characterization, and evaluation of compressive strength of polypropylene fiber reinforced geopolymer mortars. *Heliyon*, 6(4).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03755>
- Chen, X., Zhou, M., Shen, W., Zhu, G., & Ge, X. (2018). Mechanical properties and microstructure of metakaolin-based geopolymer compound-modified by polyacrylic emulsion and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials*, 190, 680–690.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.116>
- Davidovits, J. (1979). Geopolymers of the First Generation : *Society*, 1, 49–67.
- Davidovits, J. (1991). GEOPOLYMERS : Inorganic polymeric

- new materials. *Journal of Thermal Analysis*, 37, 1633–1656.
- Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes*, 131–149.
- Davidovits, J. (2013). Geopolymer Cement. *Institut Geopolymer*, 0, 1–11.
- Davidovits, J. (2020). *Geopolymer Chemistry and Applications Geopolymer Chemistry and Applications 5 th edition Joseph Davidovits* (Issue April).
- Davidovits, J., & France, S. (2019). Standardized Method in Testing Commercial Metakaolins for Geopolymer Standardized Method in Testing Commercial Metakaolins for Geopolymer Formulations . *Geopolymer Instute Library*, 26.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18109.10727/1>
- Ezzati, P., Ghasemi, I., Karrabi, M., & Azizi, H. (2008). *Rheological Behaviour of PP/EPDM Blend: The Effect of Compatibilization*. 17(9), 669–679.
- Ferdy. (2010). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Curing Terhadap Kuat Tekan Pasta Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang. *Program Studi Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia*, 71.
- Gaol, M. R. L. L., Sitorus, R., S, Y., Surya, I., & Manurung, R.

- (2013). Pembuatan Selulosa Asetat Dari α -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 33–39. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1447>
- Gharzouni, A., Vidal, L., Essaidi, N., Joussein, E., & Rossignol, S. (2016). Recycling of geopolymer waste: Influence on geopolymer formation and mechanical properties. *Materials and Design*, 94, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.01.043>
- Hardjito, D., & Rangan, B. V. (2005). Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete. *Research Report GC*, 94. http://www.geopolymer.org/fichiers_pdf/curtin-flyash-GP-concrete-report.pdf
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., Suparno, O., & Prasetya, B. (2010). Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 29(4), 121–130. <https://doi.org/10.21082/jp3.v29n4.2010.p121-130>
- Hidayani, T. R., Pelita, E., & Nirmala, D. (2015). Karakteristik plastik biodegradabel dari limbah plastik polipropilena dan pati biji durian. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 31(1), 9. <https://doi.org/10.20543/mkkip.v31i1.178>
- Ikhsanuddin M., D. M. (2017). *Penentuan Konsentrasi Optimum*

- Selulosa Ampas Tebu (Baggase) Dalam Pembuatan Film Bioplastik*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Justin, H. (2018). Studi Eksperimental Beton Geopolimer Slag dengan Variasi Kadar Silica Fume. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan*.
- Kasyanto, H. (2012). Tinjauan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dengan Aktivator Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat. *Industrial Research Workshop and National Seminar*.
- Kurniawan. (2019). Karakterisasi Nanosilika Berbasis Pasir Kuasa di Pantai Udung Kabupaten Majene Sulawesi Barat dengan Metode X-Ray Diffraction (XRD). In *Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*.
http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Lindu, M., Puspitasari, T., & Ismi, E. (2010). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dar Nata de Coco Sebagai Bahan Baku Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 17–23.

- Malik, Y. (2016). *Studi Pengaruh Temperatur Dan Waktu Curing Terhadap Sifat Fisik – Mekanik Semen Geopolimer Berbasis Slag Ferronickel*.
- Modesti, M., Lorenzetti, A., Bon, D., & Besco, S. (2005). Effect of processing conditions on morphology and mechanical properties of compatibilized polypropylene nanocomposites. *Polymer*, 46(23), 10237–10245. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2005.08.035>
- Mohseni, E. (2018). Assessment of Na₂SiO₃ to NaOH ratio impact on the performance of polypropylene fiber-reinforced geopolimer composites. *Construction and Building Materials*, 186, 904–911. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.032>
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*, 3(2), 65–74.
- Munir, M. (2008). Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan. *Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang*, 80.
- Mustofa. (2016). *Studi Pengaruh Rasio Si/Al Terhadap Sifat Fisik-Mekanik Semen Geopolimer Berbasis Terak Feronikel*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Nazif, R., Wicaksana, E., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2016). Pengaruh Suhu Pirolisis dan Jumlah Katalis

- Karbon Aktif Terhadap Yield dan Kualitas Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Jenis Polipropilena. *Tehnik Kimia Universitas Sumatera Utara*, 5(3), 49–55.
- Nosya, M. A. (2016). Pembuatan Mikrokrystal Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung*, 1–51.
- Prabaningtyas, R. A. M. S. (2017). Karakterisasi Hidroksiapatit dari Kalsit (PT. Dwi Selo Giri Mas Sidoarjo) Sebagai Bon Graft Sintesis Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Fourier Transform Infra Red (FTIR). *Digital Repostpry Universitas Jember*, 3(3), 96–104.
- Purbasari, A., Samadhi, T. W., & Bindar, Y. (2018). The effect of alkaline activator types on strength and microstructural properties of geopolymer from co-combustion residuals of bamboo and kaolin. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(3), 397–402. <https://doi.org/10.22146/ijc.26534>
- Rahman, S., & Toifur, M. (2016). Rancangan Eksperimen Analisis Struktur Mikro Sampel dengan Prinsip XRD Menggunakan Metode Kristal Berputar. *JRKPF Universitas Ahmad Dahlan*, 3(1), 5–9.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., & Aulia, T. B. (2021). Current development of geopolymer cement with nanosilica and cellulose nanocrystals Current

- development of geopolymer cement with nanosilica and cellulose nanocrystals. *Journal of Physic: Conference Series*, 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012056>
- Rahmawati, E. (2018). Pengaruh Water Binder Ratio (W/B) Terhadap Kuat Tekan Mortar Dry Geopolymer Berbasis Fly Ash Dengan Naoh 8 M. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2/REKAT/18).
- Ramos, V., Tommasini, F. J. H., Reis, R. H. M., Grafova, I., Grafov, A., & Monteiro, S. N. (2020). Eco-friendly recycled polypropylene matrix composites incorporated with geopolymer concrete waste particles. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 3084–3090. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.01.054>
- Ranjbar, N., Talebian, S., Mehrali, M., Kuenzel, C., Cornelis Metselaar, H. S., & Jumaat, M. Z. (2016). Mechanisms of interfacial bond in steel and polypropylene fiber reinforced geopolymer composites. *Composites Science and Technology*, 122, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2015.11.009>
- Reksodimejo, A. H. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Geopolimer Berbasis Abu Layang dengan Penambahan Pati. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang*.

- Sari, D. K., Setyaningsih, E. P., Fansuri, H., & Susanto, T. E. (2018). Kajian Karakteristik Kimia dan Fisika Abu Layang yang Menjadi Penentu Kekuatan Mekanik Perekat Geopolimer Berbahan Dasar Abu Layang. *Akta Kimia Indonesia*, 3(2), 222. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v3i2.4563>
- Satya, S. K., & Sreekanth, P. S. R. (2020). An experimental study on recycled polypropylene and high-density polyethylene and evaluation of their mechanical properties. *Materials Today: Proceedings*, 27(xxxx), 920–924. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.259>
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia. In *UPI Press*.
- Setiati, N. R., & Irawan, R. (2018). Geopolimer Terhadap Beton Semen Portland Untuk Kekuatan Struktur Balok (Comparison of the Properties and Characteristics of Geopolymer Concrete and Portland Cement Concrete for Structural Beam Strength). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 35, 125–138.
- Triwulan, Ekaputri, J. J., & Adiningtyas, T. (2007). Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering sebagai Pengisi. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil*, 33(3), 33–45.

- Veptiyan, E. D., Apriani, M., & Mayangsari, N. E. (2019). Pengaruh Waktu Delignifikasi terhadap Karakteristik Selulosa dari Daun Nanas dan Jerami. *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology, 2623*, 59–63.
- Wahyusi, K. N., Siswanto, & Utami, L. I. (2017). Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu Study of Acetylation Process on Acetyl Content of Cellulose Acetate From Bagasse. *Jurnal Teknik Kimia, 12*(1), 35–39.
- Wang, Y., Zheng, T., Zheng, X., Liu, Y., Darkwa, J., & Zhou, G. (2020). Thermo-mechanical and moisture absorption properties of fly ash-based lightweight geopolymer concrete reinforced by polypropylene fibers. *Construction and Building Materials, 251*, 118960. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118960>
- Xiong, L., Wan, Z., Zhang, Y., Wang, F., & Wang, J. (2019). Fly Ash Particle Size Effect on Pore Structure and Strength of Fly Ash Foamed Geopolymer. *Hindawi Advances in Polymer Tehnology, 2019*, 1–10.
- Ye, H., Zhang, Y., Yu, Z., & Mu, J. (2018). Effects of cellulose, hemicellulose, and lignin on the morphology and mechanical properties of metakaolin-based geopolymer. *Construction and Building Materials, 173*, 10–16.

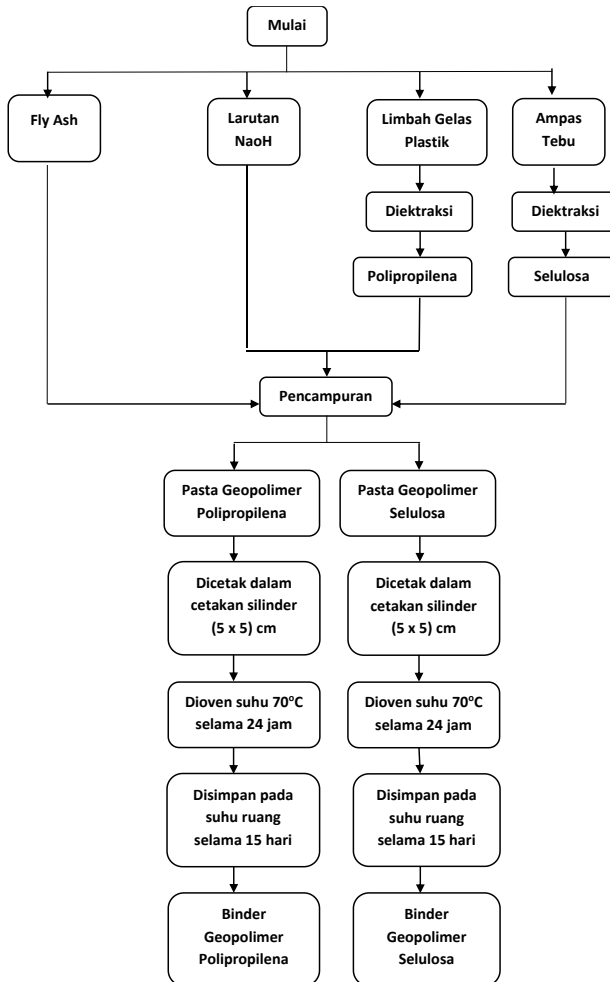
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.028>

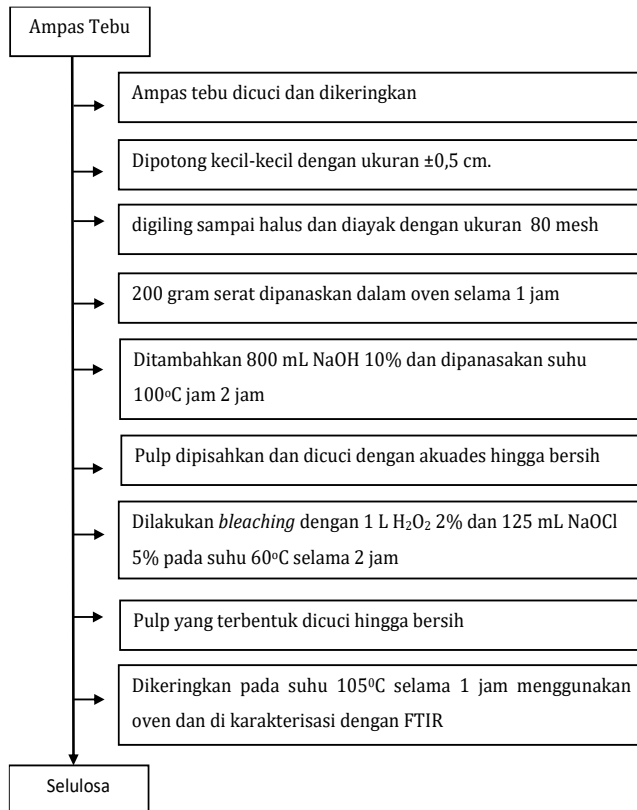
Yuliawan, B. (2015). Perbandingan Kekuatan Balok Beton Menggunakan Begel Model Rangka dengan Balok Beton Menggunakan Begel Biasa. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2015.

<http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>

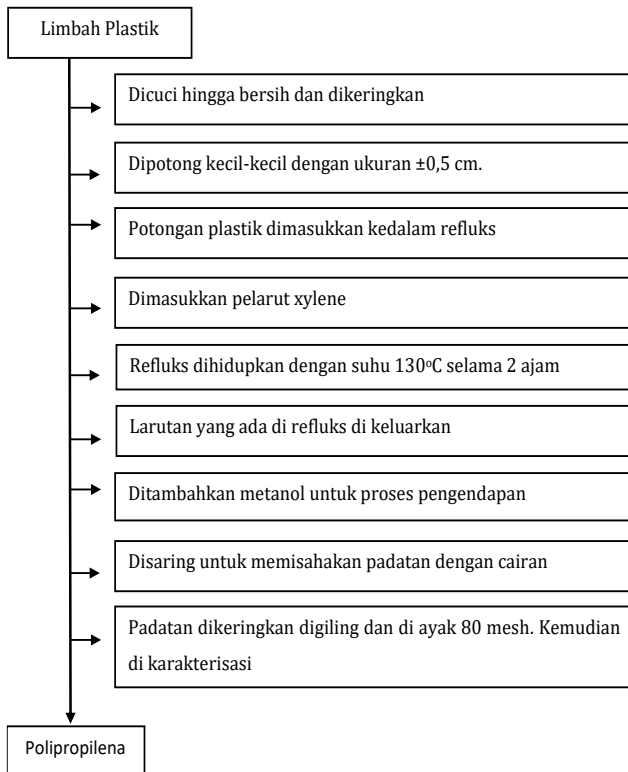
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Penelitian Geopolimer

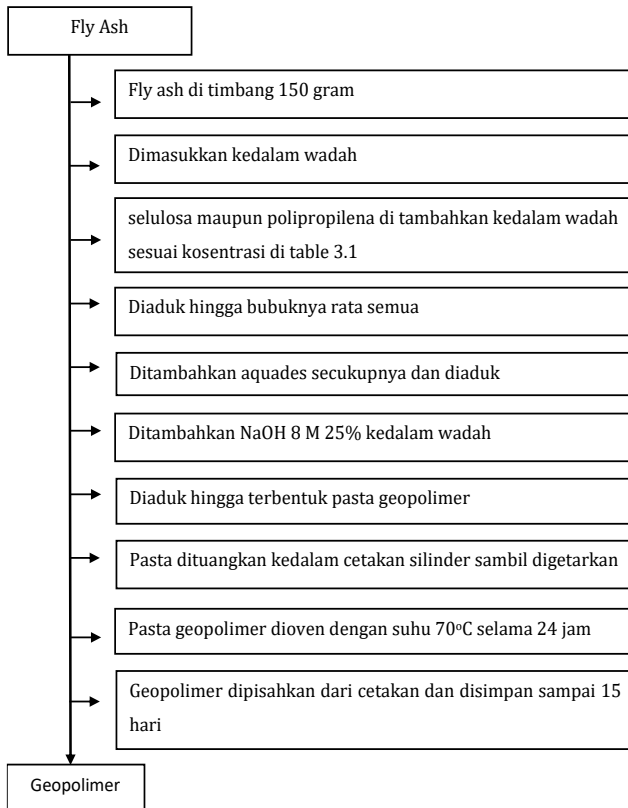


Lampiran 2 Diagram Alir Sintesis Selulosa dari Ampas Tebu

Lampiran 3 Diagram Alir Ekstraksi Polirpropilena dari Limbah Plastik



Lampiran 4 Diagram Alir Sintesis Geopolimer



Lampiran 5 Gambar Bubuk Ampas Tebu dan Potongan Limbah Plastik



Bubuk Ampas Tebu



Potongan Limbah Plastik

Lampiran 6 Gambar Polipropilena dan Selulosa Hasil Ekstraksi



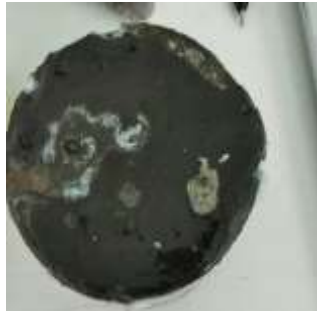
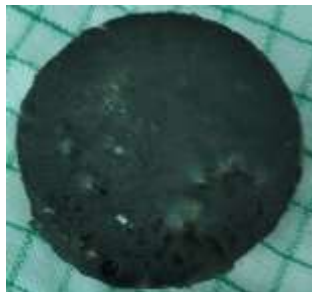
Polipropilena



Selulosa

Lampiran 7 Gambar Binder Geopolimer

Control

Geopolimer
selulosa) 0,2%Geopolimer selulosa
0,4%Geopolimer selulosa
0,6%



Geopolimer
Polipropilena 0,2%



Geopolimer
Polipropilena 0,4%



Geopolimer
Polipropilena 0,2%

RIWAYAT HIDUP

Identitas Diri

Nama Lengkap : Nugroho Adiyanto
Tempat,Tgl Lahir : Demak, 10 April 1999
NIM : 1708036002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa UIN Walisongo Semarang
Alamat : Dusun Karangmalang, Desa Gemulak,
Kec. Sayung – Kab. Demak
Telepon : 089665314937
Email : nugrohoadiyanto100499@gmail.com

Daftar Pendidikan Formal

1. SDN Daleman 1
2. SMPN 2 Sayung
3. SMAN 1 Sayung
4. UIN Walisongo Semarang