

## Method Validation on Functional Groups Analysis of Geopolymer with Polyvinyl Chloride (PVC) as Additive Using Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Martin Sulistyani<sup>1,✉</sup>, Ella Kusumastuti<sup>2</sup>, Nuril Huda<sup>1</sup>, Feri Mukhayani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang Gedung D8 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia.

<sup>2</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang Gedung D6 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia.

### Info Artikel

Diterima September 2021

Disetujui Oktober 2021

Dipublikasikan November 2021

#### Keywords:

FT-IR

Validasi metode

Geopolimer

PVC sebagai aditif

Analisis gugus fungsi

### Abstrak

Spektroskopi transmisi *fourier transform infrared* (FT-IR) merupakan metode analisis gugus fungsi pada suatu senyawa yang sederhana, ekonomis, dan non-destruktif. Geopolimer dengan bahan tambahan serat sintetik PVC dipandang mempunyai gugus fungsi yang lengkap mewakili senyawa organik dan anorganik. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan validasi terhadap metode analisis gugus fungsi pada geopolymer menggunakan FT-IR. Untuk menganalisis puncak khas dari spektra senyawa geopolimer tersebut, pellet KBr dipreparasi dengan 7 variasi sampel (0,25 mg; 0,50 mg; 0,75 mg; 1,00 mg; 1,25 mg; 1,50 mg; dan 1,75 mg) pada penambahan KBr sampai 16 mg secara *interday* dan *intraday* selama 3 hari berturut-turut. Metode spektroskopi FT-IR divalidasi dengan parameter linieritas, batas deteksi (LoD), batas kuantisasi (LoQ), akurasi, dan presisi. Metode analisis yang diterapkan linier dengan rentang konsentrasi sampel yang diukur. Absorbansi pada bilangan gelombang 986  $\text{cm}^{-1}$  sebagai puncak serapan Si-O-Si dipilih untuk dilakukan validasi metode. Dari hasil analisis, koefisien regresi ( $R^2$ ) 0,9938 untuk geopolimer dan 0,9923 untuk geopolimer dengan PVC sebagai aditif. Metode analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa spektroskopi FT-IR presisi dan akurat untuk pengukuran spektrum geopolimer dan geopolimer dengan aditif PVC.

### Abstract

Fourier transform infrared (FT-IR) transmission spectroscopy is a method of analyzing functional groups on a compound that is simple, economical, and non-destructive. Geopolymers with PVC synthetic fiber additives are considered to have complete functional groups representing organic and inorganic compounds. The purpose of this study was to validate the functional group analysis method on geopolymers using FT-IR. To analyze the typical peaks of the spectra of the geopolymer compound, KBr pellets were prepared with 7 sample variations (0.25 mg; 0.50 mg; 0.75 mg; 1.00 mg; 1.25 mg; 1.50 mg; and 1.75 mg) on the addition of KBr up to 16 mg interday and intraday for 3 consecutive days. The FT-IR spectroscopy method was validated with the parameters of linearity, detection limit (LoD), quantization limit (LoQ), accuracy, and precision. The analytical method applied is linear with the measured sample concentration range. The absorbance at wave number 986  $\text{cm}^{-1}$  as the Si-O-Si absorption peak was chosen for method validation. From the results of the analysis, the regression coefficient ( $R^2$ ) is 0.9938 for geopolymers and 0.9923 for geopolymers with PVC as an additive. The analytical method that has been carried out shows that FT-IR spectroscopy is precise and accurate for measuring the spectrum of geopolymers and geopolymers with PVC additives.

## Pendahuluan

Spektroskopi *fourier transform infrared* (FT-IR) sering digunakan untuk analisis gugus fungsi suatu senyawa di laboratorium. FT-IR dikenal sebagai metode analisis yang baik untuk senyawa organik maupun anorganik dengan rentang bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1} - 400\text{ cm}^{-1}$  (Nas, 2016). Spektroskopi FT-IR merupakan analisis yang cepat, non-destruktif, dan prosedur pengukurannya sangat mudah dilakukan (Ku *et al.*, 2017). Spektroskopi FT-IR tidak hanya cepat, tetapi analisis ini sangat memungkinkan untuk dilakukan perubahan parameter pengukuran sesuai yang dibutuhkan, misalnya dapat ditentukan rentang panjang gelombang pengukuran. Selain itu, FT-IR juga merupakan analisis spektroskopi yang akurat.

Secara khusus, analisis FT-IR dapat digunakan untuk menganalisis gugus fungsi organik maupun anorganik. Geopolimer sebagai polimer anorganik dengan aditif (bahan tambahan) berupa serat organik mewakili senyawa yang mempunyai gugus fungsi organik maupun anorganik. Spektroskopi FT-IR dipilih untuk analisis geopolimer karena metode analisis ini dikenal sangat cepat (sekitar sepuluh detik persampel), terkalibrasi, dan tervalidasi dengan sangat baik. Pada pengukuran geopolimer dan geopolimer dengan aditif berupa polivinil klorida (PVC), metode FT-IR yang digunakan adalah metode transmisi pelet KBr. Metode pelet KBr merupakan metode analisis FT-IR yang sering digunakan untuk sampel padat (Kotadiya & Khristi, 2017). Metode transmisi pelet KBr cocok untuk digunakan analisis dengan adanya variasi sampel geopolimer yang diterapkan. Pada pengukuran ini hanya dilakukan penggerusan sampel dan serbuk KBr untuk pembuatan pelet.

Geopolimer merupakan polimer anorganik aluminosilikat berfasa amorf yang disintesis dari lempung terkalsinasi, abu layang (*fly ash*), mineral alam, limbah industri, dan sumber-sumber silika lainnya (Ku *et al.*, 2017). Geopolimer diperoleh dengan mengaktivasi secara alkali serbuk yang mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 80\text{ wt}\%$  (Catauro *et al.*, 2015). Geopolimer dikenal sebagai material bangunan yang ramah lingkungan (Eiamwijit *et al.*, 2015). Geopolimer memiliki sifat-sifat yang mendukung untuk aplikasinya yaitu kuat tekan tinggi (Neupane, 2018), daya menyusut rendah (*low shrinkage*) (Alnkaa *et al.*, 2018), resistensi terhadap asam dan tahan api (Luhar *et al.*, 2021), konduktivitas termal rendah (Rüscher *et al.*, 2019), dan stabilitas termal yang tinggi (Pralat *et al.*, 2021). Pada geopolimer, terdapat gugus fungsi Si-O-Si, Si-O-Al, Si-OH, Al-O yang merupakan gugus-gugus fungsi senyawa anorganik. Penambahan serat organik berupa polivinil klorida (PVC) akan memberikan tambahan gugus-gugus fungsi senyawa organik yakni C-C, C-H, -CH<sub>2</sub>, dan C-Cl. Penambahan serat PVC pada geopolimer akan meningkatkan sifat-sifat mekanik geopolimer antara lain yang signifikan adalah sifat kuat tarik dan kuat tekan.

Pada penelitian ini, selain geopolimer, juga dilakukan analisis pada geopolimer dengan aditif berupa PVC. Dengan menganalisis titik-titik tertentu (puncak khas) dalam geopolimer dan geopolimer dengan zat aditif, maka kinerja instrumen diharapkan dapat diselidiki (Bui *et al.*, 2021). Selain itu, FT-IR juga mampu menentukan jumlah masing-masing komponen dalam sampel dilihat dari perbedaan intensitas yang dihasilkan (Dole *et al.*, 2011). Validasi metode ini dilakukan untuk menguji kesesuaiannya dalam menganalisis sampel. Linieritas, batas deteksi (LoD), batas kuantisasi (LoQ), akurasi, dan presisi adalah parameter yang diuji pada penelitian ini.

## Metode

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu spektrofotometer FT-IR merek *Perkin Elmer Spectrum 100 Series*, gelas arloji, lumpang dan alu porselen, neraca analitik, dan spatula. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel geopolimer (hasil sintesis) dari bahan dasar abu layang, geopolimer dengan aditif PVC (hasil sintesis), dan serbuk KBr *Merck*. Geopolimer disintesis dari bahan dasar abu layang yang diperoleh dari PLTU Rembang, Jawa Tengah. Sedangkan bahan aditif PVC yang ditambahkan merupakan PVC yang berasal dari sampah plastik PVC yang diperoleh dari Demak, Jawa Tengah.

### Variabel Penelitian

Pada penelitian ini, variabel bebas penelitian antara lain variasi massa sampel geopolimer (0,25 mg; 0,50 mg; 0,75 mg; 1,00 mg; 1,25 mg; 1,50 mg; dan 1,75 mg). Variabel terikat penelitian berupa data transmitansi dan absorbansi pengukuran FT-IR dari sampel geopolimer dan geopolimer dengan aditif PVC. Variabel terkontrol pada penelitian ini di antaranya *setting* pengukuran spektrum yaitu rentang bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1} - 400\text{ cm}^{-1}$ , resolusi pindai  $2\text{ cm}^{-1}$ , interval data  $0,25\text{ cm}^{-1}$ , dan akumulasi pindai sebanyak 4 kali.

#### Preparasi Bahan

Pada tahap ini, sampel geopolimer dan geopolimer dengan aditif berupa PVC dipersiapkan dengan cara dilakukan penggerusan untuk mendapatkan serbuk halus geopolimer.

#### Pengukuran dan Pengumpulan Data

Sampel geopolimer dan geopolimer dengan aditif berupa PVC dengan massa tertentu (variasi massa dilakukan 0,25-1,75 mg) ditambahkan serbuk KBr sampai massa 16 mg. Campuran kemudian dihomogenkan dan dipress membentuk pelet. Pelet kemudian diletakan pada *sampel holder* dan dilakukan pengukuran menggunakan metode transmisi. Data hasil pengukuran selanjutnya dilakukan proses *export file* data tabel bilangan gelombang terhadap absorbansi dan transmitansi. Pengukuran dilakukan selama tiga hari berturut-turut pada masing-masing variasi massa sampel.

#### Teknik Analisis Data

Pemilihan puncak serapan khas pada spektra geopolimer dan geopolimer dengan aditif PVC dilakukan untuk melakukan validasi metode transmisi FT-IR. Pemilihan puncak serapan khas selanjutnya diperoleh data absorbansi pada puncak spesifik sebagai data untuk analisis kuantitatif (penentuan linieritas, batas deteksi (LoD), batas kuantisasi (LoQ), akurasi, dan presisi). Uji *repeatability* dilakukan pada hari yang sama dengan tiga kali pengukuran pada setiap konsentrasi sampel geopolimer (*intraday*). Uji *reproducibility* dilakukan tiga hari berturut-turut pada setiap konsentrasi sampel geopolimer (*interday*) (Nerdy *et al.*, 2021) (Nas, 2016).

#### Uji Linieritas

Linieritas diperoleh dari hasil plotting kurva baku bilangan gelombang terhadap absorbansi puncak serapan khas geopolimer dan geopolimer dengan aditif PVC. Dari hasil interpretasi tersebut diperoleh linieritas yang dinyatakan dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ). Kurva baku *repeatability* dan *reproducibility* dipilih yang paling baik untuk penentuan LoD, LoQ, akurasi dan presisi (Pereira *et al.*, 2015).

#### Uji Limit Deteksi (LoD)

Limit deteksi ditentukan dari kurva baku terbaik pada uji *interday* dan *intraday* dengan persamaan 1.

$$LoD = 3.STDEV/Slope \quad (1)$$

Di mana STDEV merupakan standar deviasi dan *slope* merupakan kemiringan garis (Nas, 2016).

#### Uji Limit Kuantisasi (LoQ)

Limit kuantisasi ditentukan dari kurva baku terbaik pada uji *interday* dan *intraday* dengan persamaan 2.

$$LoQ = 10.STDEV/Slope \quad (2) \text{ (Nas, 2016)}$$

#### Uji Akurasi dan Presisi

Akurasi dan presisi ditentukan dari perhitungan persen *relative standard deviation* (%RSD) pada uji *interday* dan *intraday* (Pandey *et al.*, 2012).

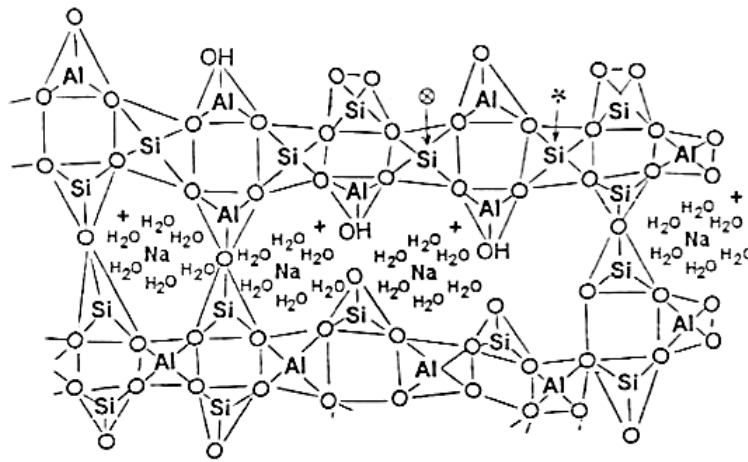
### Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Analisis Puncak Khas Geopolimer

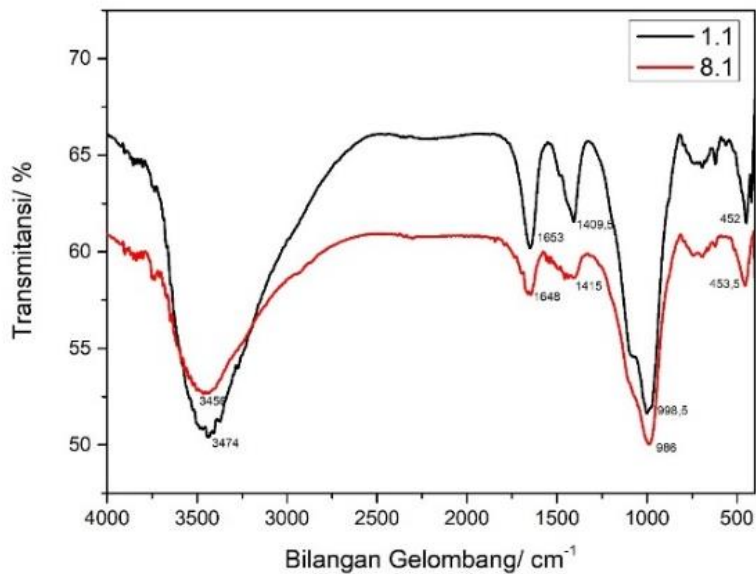
Geopolimer merupakan material anorganik yang tersusun dari senyawa  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$  sebagai oksida utama yang berperan penting dalam pembentukan rantai polimer Si-O-Al dengan struktur yang ditunjukkan oleh Gambar 1 (Alehyen *et al.*, 2017). Berdasarkan penelitian Eiamwjit *et al.* (2015), pada spektrum FT-IR geopolimer terdapat gugus fungsi khas yaitu puncak serapan Si-O-Si pada bilangan gelombang  $1150 \text{ cm}^{-1}$ .

Dari hasil analisis data yang dilakukan, spektra geopolimer dan geopolimer-PVC (Gambar 2) dapat ditunjukkan adanya puncak khas yang sama. Dari Gambar 2 tersebut dapat diamati pada spektrum geopolimer tanpa PVC sebagai aditif (pita berwarna hitam) Si-O-Si pada  $998,5 \text{ cm}^{-1}$ , Si-O pada  $452 \text{ cm}^{-1}$  (Eiamwjit *et al.* 2015) dan -OH (dari  $H_2O$ ) pada  $1653$  dan  $3456 \text{ cm}^{-1}$  (Alehyen *et al.*, 2017). Sedangkan pada spektrum geopolimer-PVC (pita berwarna merah) dapat ditunjukkan adanya Si-O-Si pada  $986 \text{ cm}^{-1}$ , Si-O pada  $453,5 \text{ cm}^{-1}$  dan -OH (dari  $H_2O$ ) pada  $1648$  dan  $3474 \text{ cm}^{-1}$  (Alehyen *et al.*, 2017). Dari puncak-puncak tersebut

diambil satu puncak khas untuk analisis metode kinerja FT-IR yaitu puncak serapan Si-O-Si pada bilangan gelombang 986  $\text{cm}^{-1}$  (Eiamwijit *et al.* 2015). Puncak khas ini digunakan untuk dasar analisis selanjutnya yaitu validasi metode (Aufa & Alauhdin, 2021).



**Gambar 1.** Struktur Geopolimer (Alehyen *et al.*, 2017)



**Gambar 2.** Spektra FT-IR Geopolimer (Pita Hitam) dan Geopolimer-PVC (Pita Merah)

#### Hasil Validasi Metode

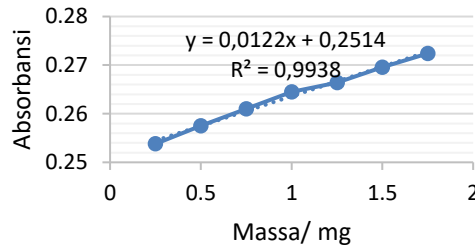
##### *Pembuatan Kurva Kalibrasi dan Linearitas*

Pembuatan kurva kalibrasi untuk melihat linearitasnya sangat berguna untuk menentukan validasi metode. Kurva kalibrasi geopolimer dan geopolimer-PVC yang ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 3 dan 4 menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan massa geopolimer dan geopolimer-PVC yang ditambahkan pada pembuatan sampel pengukuran FT-IR. Hal ini sesuai dengan penelitian Aufa & Alauhdin (2021) bahwa secara kuantitatif, semakin besar massa dalam preparasi sampel maka semakin besar pula absorbansinya.

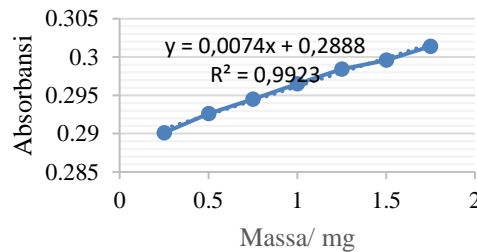
Linearitas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linearitas biasanya dinyatakan dalam istilah variansi sekitar arah garis regresi yang dihitung berdasarkan persamaan matematik data yang diperoleh dari hasil uji analit dalam sampel dengan berbagai konsentrasi analit. Perlakuan matematik dalam pengujian linearitas adalah melalui persamaan garis lurus dengan metode kuadrat terkecil antara hasil analisis terhadap konsentrasi analit (Harmita, 2004). Linearitas menyatakan terdapat hubungan korelasi atau tidak, digunakan koefisien korelasi ( $r$ ), dengan analisis regresi  $y = bx + a$

adalah nilai  $r \geq 0,99$  (Miller & Miller, 2005). Semakin linear persamaan garis lurus yang didapatkan pada kurva kalibrasi maka semakin valid kurva kalibrasinya, menunjukkan tingkat validasi yang tinggi juga.

Kurva kalibrasi pada percobaan ini ditentukan melalui plot absorbansi terhadap bilangan gelombang dari keenam variasi massa sampel geopolimer (0,25 mg; 0,50 mg; 0,75 mg; 1,00 mg; 1,25 mg; 1,50 mg; dan 1,75 mg) dengan total sampel 16 mg dengan KBr. Kurva kalibrasi menunjukkan nilai koefisien korelasi yang paling baik dengan nilai  $R^2$  untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC adalah 0,9938 (Gambar 3) dan 0,9923 (Gambar 4) secara berturut-turut. Angka  $r^2$  ini (mendekati 0,9999) menunjukkan bahwa kurva kalibrasi yang menyatakan hubungan antara variasi massa dan absorbansi pada pengukuran sampel dengan FT-IR termasuk valid. Nilai  $r^2$  ini menunjukkan respon instrumen terhadap sampel yang baik.



**Gambar 3.** Kurva kalibrasi pengukuran sampel geopolimer



**Gambar 4.** Kurva kalibrasi pengukuran sampel geopolimer-PVC

#### LoD dan LoQ

Hasil penentuan LoD dan LoQ untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa LoD pengukuran geopolimer dan geopolimer-PVC dengan FT-IR adalah 0,0287 dan 0,0712 mg, sedangkan LoQ pengukuran geopolimer dan geopolimer-PVC dengan FT-IR adalah 0,0958 dan 0,2373 mg.

*Limit of Detection (LoD)* adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko. Batas kuantitasi merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Batas deteksi dan kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis regresi linier dari kurva kalibrasi. Nilai pengukuran akan sama dengan nilai b pada persamaan garis linier  $y = a + bx$  (Harmita, 2004). Dari hasil penelitian ini, didapatkan LoD pada pengukuran geopolimer dan geopolimer-PVC dengan FT-IR adalah 0,0287 dan 0,0712 mg artinya jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko adalah berturut-turut 0,0287 dan 0,0712 mg.

*Limit of Quantitation (LoQ)* adalah parameter yang menunjukkan jumlah terkecil dari analit yang terkandung dalam sampel yang dapat dikuantifikasi (Hidayat, 2013). *LoQ* digunakan untuk pengujian kuantitatif analit dengan jumlah kecil yang terkandung dalam sampel. Dari hasil penelitian ini, didapatkan LoQ pada pengukuran geopolimer dan geopolimer-PVC dengan FT-IR adalah 0,0958 dan 0,2373 mg artinya jumlah terkecil dari analit yang terkandung dalam sampel yang dapat dikuantifikasi adalah berturut-turut 0,0958 dan 0,2373 mg.

**Tabel 1.** LoD dan LoQ untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC

Nama Sampel	LoD (mg)	LoQ (mg)
Geopolimer	0,0287	0,0958
Geopolimer-PVC	0,0712	0,2373

### Presisi

#### *Repeatability (Interday)*

Penentuan presisi pengukuran dihitung berdasarkan data *intraday* yang ditunjukkan oleh Tabel 2. *Precision* (presisi) adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran homogen. Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif.

Presisi dapat dinyatakan sebagai keterulangan (*repeatability*) atau ketertiruan (*reproducibility*). Keterulangan adalah keseksamaan metode jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi sama dan dalam interval waktu yang pendek. Keterulangan dinilai melalui pelaksanaan penetapan terpisah lengkap terhadap sampel yang terpisah dari *batch* yang sama, jadi memberikan ukuran keseksamaan pada kondisi yang normal (Harmita, 2004). Menentukan nilai presisi dapat menggunakan persamaan standar deviasi dan *relative standar deviation (%RSD)*. RSD menunjukkan ketelitian dari metode uji yaitu jika  $RSD \leq 1\%$  artinya sangat teliti, jika  $1\% < RSD \leq 2\%$  artinya teliti, jika  $2\% < RSD \leq 5\%$  artinya ketelitian sedang dan jika  $RSD > 5\%$  artinya tidak teliti (Riyanto, 2014).

Persen RSD (%RSD) untuk uji *repeatability* secara berturut-turut untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC yang diperoleh adalah 0,044 dan 0,023. Dari data tersebut dikatakan bahwa ketelitian untuk uji *repeatability* dari metode uji ini adalah sedang.

**Tabel 2.** Data perhitungan presisi *intraday* sampel geopolimer dan geopolimer PVC

Geopolimer		Geopolimer-PVC	
Massa (mg)	Absorbansi	Massa (mg)	Absorbansi
0,25	0,2538	0,25	0,2901
0,50	0,2575	0,50	0,2926
0,75	0,2610	0,75	0,2945
1,00	0,2645	1,00	0,2965
1,25	0,2664	1,25	0,2984
1,50	0,2696	1,50	0,2996
1,75	0,2724	1,75	0,3014
rerata	0,2639	rerata	0,2962
stdev	0,0117	stdev	0,0068
%rsd	0,044	%rsd	0,023

Keterangan: stdev = standar deviasi

#### *Reproducibility (Intraday)*

Penentuan presisi pengukuran dihitung berdasarkan data *interday* yang ditunjukkan oleh **Tabel 3**. Persen RSD (%RSD) untuk uji *reproducibility* secara berturut-turut untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC yang diperoleh adalah 0,138 dan 0,130. Dari data tersebut dikatakan bahwa ketelitian untuk uji *reproducibility* dari metode uji ini adalah baik (teliti).

Berdasarkan hasil analisis keterulangan (*repeatability*) atau ketertiruan (*reproducibility*) tersebut, nilai %RSD telah memenuhi standar presisi yakni dapat ditunjukkan nilai %RSD pengukuran sampel geopolimer dan geopolimer-PVC di bawah 5%. Dari data tersebut dikatakan bahwa ketelitian dari metode uji ini adalah sedang. Oleh karena itu metode spektroskopi transmisi yang dilakukan dapat dinyatakan presisi.

### Akurasi

Berdasarkan hasil analisis, nilai persen akurasi dari pengukuran sampel geopolimer dan geopolimer-PVC ditunjukkan oleh Tabel 4. Berdasarkan analisis tersebut dapat dinyatakan bahwa metode spektroskopi transmisi yang dilakukan dapat dinyatakan akurat. Ketelitian metode analisis dapat ditentukan dari nilai akurasi. Akurasi juga dapat dinyatakan sebagai kedekatan antara nilai yang diukur dengan nilai yang diterima baik nilai sebenarnya atau nilai rujukan. Penentuan akurasi ditentukan dengan metode adisi.

Berdasarkan hasil analisis akurasi, persentase keterulangan *interday* dan *intraday* dari ketujuh variasi konsentrasi sampel geopolimer yang didapatkan telah memenuhi kriteria, di mana persen akurasinya sebesar

80-110% dan presisinya kurang dari 15%. Dengan demikian, metode yang digunakan telah memenuhi kriteria yang ditetapkan.

**Tabel 3.** Data perhitungan presisi *interday* sampel geopolimer dan geopolimer PVC

Geopolimer-PVC				
Massa (mg)	Absorbansi Hari Ke-			%rsd
	1	2	3	
0,25	0,2899	0,2899	0,2899	0,131
0,50	0,2927	0,2927	0,2925	0,131
0,75	0,2943	0,2943	0,2944	0,130
1,00	0,2962	0,2962	0,2965	0,130
1,25	0,2980	0,298	0,2981	0,130
1,50	0,3010	0,2994	0,2995	0,129
1,75	0,3010	0,3010	0,3012	0,129
Rerata %rsd				0,130
Geopolimer				
Massa (mg)	Absorbansi Hari Ke-			%rsd
	1	2	3	
0,25	0,2538	0,2525	0,2532	0,140
0,50	0,2575	0,2548	0,2551	0,140
0,75	0,2610	0,2601	0,2602	0,139
1,00	0,2645	0,2635	0,2633	0,138
1,25	0,2664	0,2649	0,2655	0,137
1,50	0,2696	0,2690	0,2696	0,136
1,75	0,2724	0,2728	0,2720	0,135
Rerata %rsd				0,138

**Tabel 4.** Persen akurasi sampel geopolimer dan geopolimer-PVC

Nama Sampel	Akurasi (%)	
	<i>Intraday</i>	<i>Interday</i>
Geopolimer	95,6	86,2
Geopolimer-PVC	97,7	87

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode analisis yang digunakan telah sesuai dengan standar kriteria yang ditetapkan. Diperoleh batas deteksi (LoD) untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC berturut-turut sebesar 0,0287 dan 0,0712 mg, batas kuantisasi metode (LoQ) untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC berturut-turut sebesar 0,0958 dan 0,2373 mg, linieritas ( $r^2$ ) untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC berturut-turut sebesar 0,9938 dan 0,9923, persen akurasi untuk sampel geopolimer dan geopolimer-PVC telah memenuhi standar yakni di antara 80-110% dan nilai presisi kurang dari 15%.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan dana penelitian melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yakni Skim Penelitian Tenaga Penelitian yakni Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang, Nomor: SP DIPA-023.17.2.677507/2021, tanggal 23 November 2020.

### Daftar Referensi

- Alehyen, S., Achouri, M. E. L., & Taibi, M. 2017. 190-JMES-2930-Alehyen. 8(5): 1783–1796.
- Alnkaa, A., Yaprak, H., Memis, S., & Kaplan, G. 2018. Effect of Different Cure Conditions on the Shrinkage of Geopolymer Mortar Effect of Different Cure Conditions on the Shrinkage of Geopolymer Mortar. *International Journal Of Engineering Research And Development*, 14(10): 51–55.
- Auha, N. & Alauhdin, M. 2021. Development and Validation of Infrared Spectroscopy Methods for Rutin Compound Analysis. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(2): 102-107.

- Bui, V. T., Doan, C. S., Tong, T. T. V., & Le, D. C. 2021. Development and Validation of a Simple, Green Infrared Spectroscopic Method for Quantitation of Sildenafil Citrate in Siloflam Tablets of Unknown Manufacturing Formula. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6616728>
- Catauro, M., Papale, F., Lamanna, G., Bollino, F., & Engineering, I. 2015. Geopolymer / PEG Hybrid Materials Synthesis and Investigation of the Polymer Influence on Microstructure and Mechanical Behavior. 18(4): 698–705.
- Dole, M. N., Patel, P. A., Sawant, S. D., & Shedpure, P. S. 2011. Advance applications of fourier transform infrared spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 7(2): 159–166.
- Eiamwijit, M., Pachana, K., Kaewpirom, S., Rattanasak, U., & Chindaprasirt, P. 2015. Comparative study on morphology of ground sub-bituminous FBC fly ash geopolymeric material. *Advanced Powder Technology*, 26(4): 1053–1057. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2015.04.013>.
- Harmita. 2004. Review Artikel Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3): 117 - 135.
- Kotadiya, M., & Khristi, A. 2017. Research Article Quantitative Determination and Validation of Teneiglyptine Hydrobromide Hydrate using FT-IR Spectroscopy. 9(11): 109–114.
- Ku, D. S., Glamo, D. M., Trivunovi, S. J., & Jaji, I. M. 2017. Validation And Application Of Ft-Ir Spectroscopy. 323: 167–175.
- Luhar, S., Nicolaidis, D., & Luhar, I. 2021. Fire resistance behaviour of geopolymer concrete: An overview. *Buildings*, 11(3): 1–30. <https://doi.org/10.3390/buildings11030082>
- Nas, S. W. 2016. Validation of Analytical Methods for Determination of Methamphetamine Using Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy. 11(5): 51–59. <https://doi.org/10.9790/3008-1105035159>
- Nerdy, N., Putra, E. D. L., Zebua, N. F., Surbakti, C. I., & Safira, J. 2021. Development of Fourier transform infrared spectrophotometric method for identification and determination of marketed metamizole tablet preparation. *Jurnal Natural*, 21(1). <https://doi.org/10.24815/jn.v21i1.18318>
- Pandey, S., Pandey, P., Tiwari, G., Tiwari, R., & Rai, A. K. 2012. FT-IR Spectroscopy : A Tool for Quantitative Analysis of Ciprofloxacin in Tablets. February.
- Pereira, E., Gomide, R. G., & Pires, M. A. F. 2015. Analytical Method Development and Validation for Quantification of Uranium by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) for Routine Quality Control Analysis.
- Prałat, K., Ciemnicka, J., Koper, A., Buczkowska, K. E., & Łoś, P. 2021. Comparison of the thermal properties of geopolymer and modified gypsum. *Polymers*, 13(8): 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym13081220>
- Rüscher, C. H., Kamseu, E., Bignozzi, M. C., Leonelli, C., Riyap, H. I., Bewa, C. N., Banenzoué, C., & Tchakouté, H. K. 2019. Microstructure and mechanical , physical and structural properties of sustainable lightweight metakaolin-based geopolymer cements and mortars employing rice husk. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 7(2): 199-212 <https://doi.org/10.1080/21870764.2019.1606140>