

## PEMBUATAN SILIKA GEL DARI ABU SEKAM PADI DENGAN PEREAKSI ASAM KUAT DAN ASAM LEMAH DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI JUMLAH ABU SILIKAT

Muhammad Riza<sup>\*1</sup>, Fachraniah<sup>2</sup>, Syafruddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe,  
24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

\*e-mail: tmuhammadrizaa11@gmail.com

### Abstract

*The Research has been carried out on the making of silica gel from rice husk ash with strong and weak acid reagents using variations in the amount of silicate ash as much as 50, 100, 200 and 300 grams by using hydrochloric acid, nitric acid, acetic acid and citric acid as solvents. This study aims to obtain the effect of the type acid and variations in the amount silicate on the characteristics of silica gel products and as a method of applying adsorption to H<sub>2</sub>O. The silica gel test resulted from the yield test, water content, ash content, I<sub>2</sub> adsorption power, application of adsorption power to H<sub>2</sub>O and the best product test using FTIR. The more amount of silicate used will affect the quality of silica gel obtained from the results of testing and calculations, optimal result silica gel obtained with amount of silicate ash is 50 grams. The higher amount of silicate ash used, the results obtained will increase. Optimal results obtained from silica gel in hydrochloric acid with the amount of silicate ash 50 grams, where the yield is 17.86%, water content is 4%, ash content is 11% and I<sub>2</sub> adsorption power is 1218.24 mg/g. The application of H<sub>2</sub>O adsorption power is obtained the more amount of silicate used, the higher H<sub>2</sub>O absorption results. Optimal results obtained from silica gel in hydrochloric acid with the amount of silicate ash 50 grams, where the adsorption power of H<sub>2</sub>O is 9.6 mL/g. And finally, the best product test using FTIR is hydrochloric acid and nitric acid.*

**Keywords:** Adsorption power, rice husk ash, silica, strong acid, weak acid

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara produsen padi terbesar ketiga didunia sehingga menghasilkan limbah agrikultural yang melimpah. Sekitar 20% limbah agrikultural yang diperoleh dalam proses penggilingan padi adalah sekam padi yang potensinya belum dimanfaatkan secara maksimal. Sekam padi umumnya dimanfaatkan orang menjadi pupuk organik dan masih banyak lagi diantaranya dibakar atau terbuang sia-sia. Namun sekam padi juga merupakan limbah yang bisa dimanfaatkan menjadi bahan standar pada pembuatan silika.

Dengan komposisi silika yang tinggi dalam sekam padi bisa dijadikan sebagai bahan primer pada pembuatan material berbasis silika gel. Sintesis natrium silika yang dimiliki abu sekam padi dibuat menjadi silika gel yang dapat dimanfaatkan menjadi media absorben.

Kebutuhan silika gel baik pada laboratorium juga pada industri relatif besar, sementara silika gel yang diperjualbelikan pada pasaran harganya relatif mahal. Pembuatan silika gel dengan cara memanfaatkan bahan standar yang murah dan mudah didapat misalnya limbah sekam padi, dapat menjadi solusi untuk menekan biaya operasional

laboratorium atau industri yang menggunakan bahan silika gel [1,2].

Sintesis silika gel dengan bahan baku abu sekam padi terdiri 2 tahapan, yaitu tahap pengabuan dan pembuatan silika gel. Tahapan pembuatan silika gel mencakup empat tahap, yaitu pembentukan natrium silikat berdasarkan output reaksi silika didalam abu sekam padi, peleburan dalam temperatur tinggi (pada atas titik lebur *soluble base* yang dipakai), reaksi pembentukan hidrosol output reaksi natrium silikat menggunakan asam, reaksi pembentukan silika hidrogel dan pemanasan silika hidrogel sebagai *sol gel* (silika gel kering).

Kualitas silika ditentukan oleh penggunaan konsentrasi berdasarkan pengasaman. Berdasarkan jumlah limbah sekam padi yang banyak dijumpai maka diperlukan suatu inovasi untuk membuat sebuah penelitian mengenai pemanfaatan abu sekam padi sebagai alternatif bahan pembuatan silika gel dengan bervariasi jumlah abu silikat dan jenis asam sehingga diharapkan bisa menghasilkan silika gel dengan kualitas yang baik atau mendekati standar yang ada saat ini [3,4].

Sol natrium silika bisa didehidrasi melalui proses yang bisa berubah sebagai padatan maupun butiran. Sifat ini bisa dimanfaatkan menjadi zat penyerap, pengering, dan penopang berdasarkan katalis. Sehingga membentuk silika gel yang ramah lingkungan apabila dipakai sebagai adsorben untuk menjaga kelembaban makanan, obat-obatan, dan lain-lain.

Beberapa penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan, menunjukkan penggunaan asam klorida berpengaruh terhadap silika gel yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi asam klorida hasilnya semakin meningkat. Hasil optimal silika gel yang diperoleh dengan menggunakan larutan asam klorida 5 N sebanyak 8,2610% [5]. Nilai silika gel tertinggi sebesar 82,02%, pH 7-8 dan nilai

densitas terendah merupakan 2,03 g/mL sedangkan densitas tertinggi adalah 2,27 g/mL [6]. Semakin banyak kandungan silika dan kadar air, semakin besar penyerapannya yang diperoleh [7].

Penyerapan silika gel sebagai adsorben ion logam berat Pb(II) diberikan oleh mekanisme adanya gugus aktif yang berperan pada proses hubungan antara ion Pb (II) dan adsorben Si-sekam dan Si-tebu yang merupakan gugus silanol bebas -OH. Kapasitas adsorpsi maksimum Pb (II) dalam Si-sekam merupakan 126 mg/g dalam 0,6 g massa adsorben sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum Pb (II) dalam Si-tebu merupakan 109,69 mg/g dalam 0,8 g adsorben [8].

Penelitian ini melakukan kajian pemanfaatan limbah sekam padi menjadi silika gel yang aman dan ramah lingkungan dengan memvariasikan jumlah abu silikat dan jenis asam.

## METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi yang berasal dari kilang padi Rayeuk Kareung, Lhokseumawe. Bahan tambahan lain berupa aquadest, asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO<sub>3</sub>), asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH), asam sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), NaOH, larutan natrium tiosulfat (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), larutan Iodium (I<sub>2</sub>) dan larutan kanji. Metode pengujian diantaranya berupa rendemen, kadar air, kadar abu, daya adsorpsi I<sub>2</sub>, penerapan daya adsorpsi terhadap H<sub>2</sub>O dan gugus fungsi menggunakan alat FTIR

## Prosedur Penelitian dan Pengujian

### *Ekstraksi Silika Abu Silikat Sekam Padi*

Prosedur ekstraksi silika dilakukan dengan pemanasan abu sekam padi pada suhu 600°C selama 1 jam. Kemudian dilakukan penimbangan abu silikat

sebanyak 50, 100, 200, dan 300 g. Setelah itu dilakukan pengadukan dan pemanasan NaOH 0,1 N pada suhu 100°C selama 1 jam. Kemudian dilakukan pemisahan awal dengan menggunakan kertas saring hingga diperoleh larutan dan padatan.

Pada pemisahan awal di ambil larutan dan ditambahkan larutan asam klorida, asam nitrat, asam asetat dan asam sitrat ke dalam larutan serta dilakukan pengendapan pada suhu 28°C selama 24 jam. Setelah sehari dilakukan pemisahan akhir dengan menggunakan kertas saring, kemudian diperoleh larutan dan endapan. Namun pada pemisahan akhir di ambil padatan serta dilakukan pencucian dan pengeringan dengan menggunakan akuades pada suhu 100°C hingga diperoleh produk berupa serbuk silika gel.

#### Uji Rendemen

Padatan hasil pemisahan akhir dipanaskan dan dilakukan pencucian dan pengeringan pada suhu 100°C. Kemudian dilakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan analitik untuk mendapatkan berat serbuk silika yang dihasilkan

#### Uji Kadar Air

Prosedur uji kadar air dilakukan dengan menimbang 1 g silika kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator serta ditimbang berat awalnya. Setelah itu dipanaskan kembali menggunakan oven selama 30 menit serta didinginkan dalam desikator dan ditimbang berat akhirnya. Perlakuan ini dilakukan sampai memperoleh berat konstan. Kadar air sampel diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Berat awal}-\text{Berat akhir (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

#### Uji Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menimbang 1 gram sampel dan dibakar dalam *furnace* pada suhu 600°C

selama 2 jam kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah itu dipanaskan kembali menggunakan oven selama 30 menit serta didinginkan kembali dalam desikator dan ditimbang berat abu yang diperoleh. Perlakuan ini dilakukan sampai memperoleh berat konstan. Kadar abu sampel diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \quad (2)$$

#### Uji Daya Adsorpsi I<sub>2</sub>

Pengujian daya adsorpsi dilakukan dengan menimbang 0,25 g silika sekam padi kemudian dicampurkan dalam larutan I<sub>2</sub> sebanyak 10 mL, setelah itu diaduk dengan *magnetic stirer* selama 15 menit. Larutan tersebut di saring menggunakan kertas saring dan di ambil 5 mL larutan sampel serta dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, lalu di titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna coklat kemerahan pada larutan mulai samar, tambahkan larutan kanji 1% sebagai indikator. Kemudian titrasi kembali untuk memperoleh warna bening dari silika gel. Daya adsorpsi I<sub>2</sub> diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\frac{\left( A - \frac{B \times N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{N(\text{I}_2)} \right) \times \text{BE Iodium} \times \text{fp}}{S} \quad (3)$$

#### Uji Daya Adsorpsi H<sub>2</sub>O

Pengujian daya adsorpsi dilakukan dengan menimbang 0,25 g silika sekam padi, diinteraksikan dengan H<sub>2</sub>O sebanyak 10 mL kemudian di aduk dengan *magnetic stirer* selama 30 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring. Kemudian dilakukan pemisahan antara silika gel berbentuk endapan dengan filtrat. Larutan filtrat yang diperoleh diukur volume akhir untuk mendapatkan nilai volume H<sub>2</sub>O setelah proses adsorpsi. Daya adsorpsi H<sub>2</sub>O diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$D = \frac{C_0 - C_1}{m} \quad (4)$$

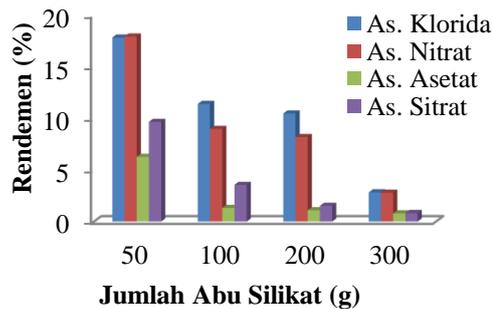
### Analisa FTIR

Analisa FTIR bertujuan untuk mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik untuk mengetahui gugus fungsi natrium silikat. Analisa FTIR dilakukan pada densitas natrium silikat  $2.3 \text{ g/cm}^3$ . Beberapa sampel terbaik diuji spektrum FTIR untuk mengetahui gugus fungsi natrium silikat yang ada dalam produk yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen

Rendemen adalah suatu perbandingan berat endapan yang diperoleh dari jumlah abu silikat yang digunakan. Dimana nilai rendemen yang dihasilkan akan saling berkaitan dengan banyaknya kandungan bioaktif yang terkandung didalamnya. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka akan semakin tinggi pula kandungan zat yang tertarik pada suatu bahan baku tersebut. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap rendemen silika diperlihatkan pada Gambar 1.



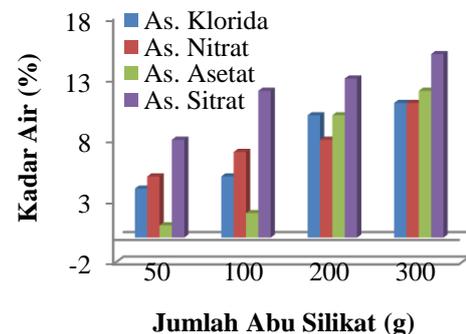
Gambar 1. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap rendemen

Dari Gambar 1 didapatkan bahwa semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai rendemen silika gel yang diperoleh akan semakin menurun. Dimana dengan menggunakan jenis asam kuat rendemen yang terbesar diperoleh pada asam nitrat dengan jumlah abu silikat

50 gram yaitu sebesar 17,96%. Sedangkan dengan menggunakan jenis asam lemah rendemen yang besar diperoleh pada asam sitrat dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 9,68%. Penurunan rendemen ini di akibatkan jumlah pelarut yang digunakan, dimana semakin banyak jumlah abu silikat dan pelarut dengan rasio yang sama maka rendemen yang diperoleh akan semakin menurun. Sehingga hasil akhir yang diperoleh tidak dapat berjalan optimal dan pelarut mengalami kejenuhan yang tidak dapat dihindari.

### Kadar Air

Kadar air adalah perbedaan antara berat bahan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan dari suatu bahan yang dapat menunjukkan dimana banyaknya air yang terkandung di dalam suatu bahan. Adapun penentuan kadar air silika gel dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang dilepaskan oleh silika gel selama pemanasan pada temperature  $100^\circ\text{C}$ . Pemanasan silika gel pada temperature tersebut bertujuan untuk menguapkan air yang terikat secara fisik pada permukaan silika gel. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap kadar air ditunjukkan pada Gambar 2.



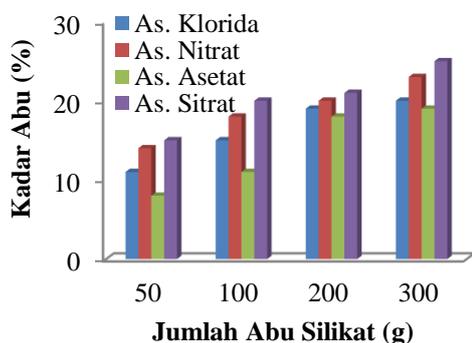
Gambar 2. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap kadar air

Dari Gambar 2 didapatkan bahwa semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai kadar air yang diperoleh akan semakin meningkat.

Dengan menggunakan jenis asam kuat kadar air yang diperoleh pada asam klorida dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 4%. Sedangkan dengan menggunakan jenis asam lemah kadar air yang diperoleh pada asam sitrat dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 8%. Hasil kadar air dalam silika gel dari seluruh kondisi proses masih memenuhi persyaratan SNI 06-2477-1991 yang dimana nilai maksimal kadar air itu 15% sedangkan hasil penelitian yang diperoleh paling tinggi adalah 15% yaitu pada asam sitrat sehingga masih memenuhi standar SNI [9].

### **Kadar Abu**

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan mineral yang terdapat dalam silika gel. Penentuan kadar abu juga berhubungan erat dengan kandungan mineral yang terdapat dalam suatu bahan, kemurnian serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan. Prinsip dari pengabuan dengan mengoksidasi semua zat organik pada suhu tinggi 600°C dan kemudian melakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pembakaran tersebut. Hasil penelitian kadar abu diperlihatkan pada Gambar 3.



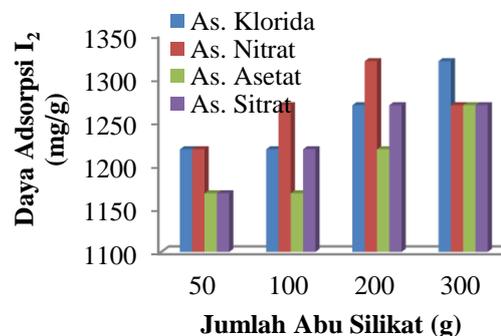
Gambar 3. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap kadar abu

Dari Gambar 3 didapatkan bahwa semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai kadar abu yang diperoleh akan semakin meningkat.

Dimana dengan menggunakan jenis asam kuat kadar abu yang diperoleh pada asam klorida dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 11%. Sedangkan dengan menggunakan jenis asam lemah kadar abu yang diperoleh pada asam sitrat dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 15%. Dengan menggunakan jenis asam kuat maka akan menghasilkan nilai kadar abu semakin tinggi, hal ini dikarenakan pelarut asam kuat lebih cenderung dapat menyerap silika dengan baik dibandingkan asam lemah. Hasil kadar abu dalam silika gel dari seluruh kondisi proses masih memenuhi persyaratan SNI06-2477-1991 yang dimana nilai maksimal kadar Abu itu 25% sedangkan hasil penelitian yang diperoleh paling tinggi ialah 15% pada asam sitrat sehingga masih memenuhi standar SNI [9].

### **Daya Adsorpsi I<sub>2</sub>**

Salah satu parameter yang diuji dan menjadi acuan kualitas adsorben ialah daya serap iodium, semakin tinggi daya serap iod, maka semakin tinggi kualitas atau mutu adsorben yang dimiliki. Dimana pada penggunaan adsorben umumnya sebagai bahan penyerap (absorpsi). Semakin besar angka iodium maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben [10]. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap daya adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap daya adsorpsi I<sub>2</sub>

Dari Gambar 4 dapat di simpulkan bahwa semakin tinggi jumlah abu silikat

yang digunakan maka akan semakin tinggi daya serap yang diperoleh. Dimana dengan menggunakan jenis asam kuat daya adsorpsi I<sub>2</sub> yang diperoleh pada asam klorida dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 1.218,24 mg/g. Sedangkan dengan menggunakan jenis asam lemah daya adsorpsi I<sub>2</sub> yang diperoleh pada asam asetat dan asam sitrat dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 1.167,48 mg/g. Akan tetapi pada jenis asam nitrat mengalami penurunan pada jumlah bahan 300 gram, hal ini disebabkan oleh faktor pelarut yang mengalami kejenuhan sehingga dapat mempengaruhi hasil akhir yang diinginkan. Namun dari hasil penelitian yang diperoleh daya serap iodium sudah memenuhi standar kualitas adsorben berdasarkan persyaratan SNI 06-3730-1995 minimum 750 mg/g, sedangkan daya serap iodium yang dihasilkan dari hasil penelitian ialah paling rendah itu sebesar 1.167,48 mg/g dan tertinggi itu sebesar 1.319,76 mg/g. Oleh karena itu silika sekam padi ini layak untuk diaplikasikan sebagai media adsorben [9].

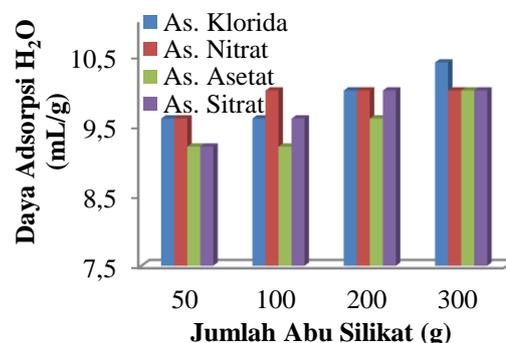
### Daya Adsorpsi H<sub>2</sub>O

Salah satu penerapan daya adsorpsi silika gel yang diuji untuk mengetahui kualitas adsorben ialah daya serap terhadap H<sub>2</sub>O, semakin tinggi daya serap H<sub>2</sub>O, maka semakin tinggi kualitas atau mutu adsorben yang dimiliki. Karena penggunaan adsorben umumnya sebagai bahan penyerap (absorpsi). Semakin besar angka H<sub>2</sub>O maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben yang diperoleh. Hubungan antara Jumlah Abu Silikat terhadap Daya Adsorpsi H<sub>2</sub>O ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka akan semakin tinggi daya serap yang diperoleh. Dimana dengan menggunakan jenis asam kuat daya adsorpsi H<sub>2</sub>O yang diperoleh pada asam klorida dengan jumlah abu silikat 50

gram yaitu sebesar 9,6 mL/g. Sedangkan dengan menggunakan jenis asam lemah daya adsorpsi H<sub>2</sub>O yang diperoleh pada asam asetat dan asam sitrat dengan jumlah abu silikat 50 gram yaitu sebesar 9,2 mL/g. Sehingga penerapan daya serap terhadap H<sub>2</sub>O yang didapat pada penelitian ini sudah memenuhi standar kualitas adsorben minimum 7,5 mL/g, sedangkan daya serap H<sub>2</sub>O yang dihasilkan dari hasil penelitian ialah paling rendah itu sebesar 9,20 mL/g dan tertinggi itu sebesar 10,4 mL/g.

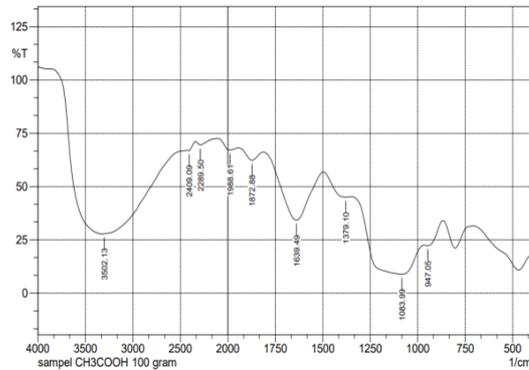
Oleh karena itu silika sekam padi ini layak untuk diterapkan pada media H<sub>2</sub>O yang digunakan sebagai salah satu media adsorben. Adapun persamaan antara daya serap iodium dengan daya serap H<sub>2</sub>O ialah dimana semakin tinggi daya serap yang diperoleh maka akan semakin bagus daya adsorpsi dari suatu adsorben yang diperoleh. Sedangkan perbedaan dari keduanya terletak pada jenis asam nitrat yang dimana pada daya serap iodium mengalami penurunan pada jumlah bahan 300 gram sedangkan pada daya serap H<sub>2</sub>O tetap stabil dan tidak mengalami penurunan seperti yang terjadi pada daya serap iodium. Hal ini disebabkan oleh faktor pelarut yang mengalami sedikit kejenuhan pada saat diinteraksi dengan serbuk silika sehingga mempengaruhi hasil akhir dari produk silika gel dengan menggunakan pelarut asam nitrat



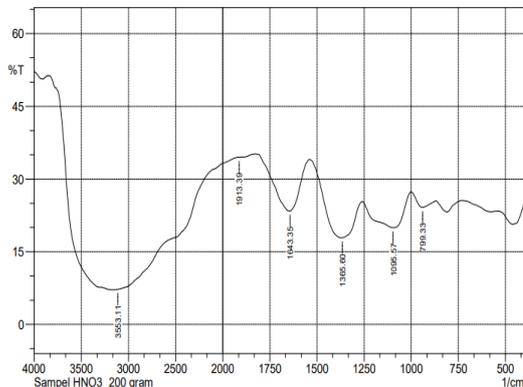
Gambar 5. Hubungan antara jumlah abu silikat terhadap daya adsorpsi H<sub>2</sub>O

### Analisa FTIR

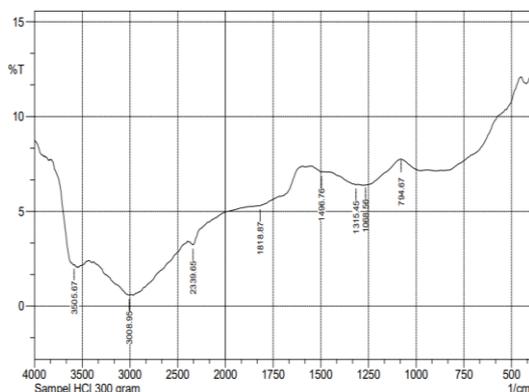
Analisa ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis ikatan gugus fungsi yang dimiliki Silika. Sampel yang diuji yaitu pada jenis asam asetat dengan jumlah abu silikat 100 g, asam nitrat dengan jumlah abu silikat 200 g dan asam klorida dengan jumlah abu silikat 300 g.



Gambar 6. Hasil karakteristik uji FTIR pada produk pelarut asam asetat



Gambar 7. Hasil karakteristik uji FTIR pada produk pelarut asam nitrat



Gambar 8. Hasil karakteristik uji FTIR pada produk pelarut asam klorida

Dari ketiga gambar diatas masing-masing terdeteksi gugus -OH, Si-O dan Si-O-Si, dimana pada gugus -OH berkisar diantara  $3.200 - 3.600 \text{ cm}^{-1}$ , gugus Si-O berkisar diantara  $1.000 - 1.400 \text{ cm}^{-1}$ , dan gugus Si-O-Si berkisar diantara  $450 - 900 \text{ cm}^{-1}$  yang dimana dari ketiga sampel diatas masih berada pada range yang telah ditetapkan pada standar SNI No.06-2477-1991 [9,11].

### KESIMPULAN

Semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai rendemen silika gel yang diperoleh akan semakin menurun. Semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai kadar air silika gel yang diperoleh akan semakin meningkat. semakin tinggi jumlah abu silikat yang digunakan maka nilai kadar abu yang diperoleh akan semakin meningkat.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil optimal silika gel diperoleh pada asam klorida dengan jumlah abu silikat 50 gram. Dengan rendemen 17,86%, kadar air 4%, kadar abu 11 % dan daya adsorpsi  $I_2$  1.218,24 mg/g.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sy, M. R. H., & Mardina, P., 2013. *Ekstraksi silika dari abu sekam padi dengan pelarut KOH*. Konversi, Vol. 2, No. 1, pp. 28-31.
- [2] Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P., 2014. *Pemanfaatan limbah sekam padi menjadi silika gel*. Jurnal bahan alam terbarukan, Vol. 3, No. 2, pp. 55-59.
- [3] Melinda, 2015. *Pembuatan silika gel dari campuran abu cangkang kelapa sawit dan serabut kelapa sawit dengan pengaruh komposisi bahan baku*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

- [4] Rahmadhani, N. R. N., 2019. *Sintesis silika gel dari abu jerami padi (oryza sativa) untuk mereduksi ion logam krom heksavalen ( $Cr^{6+}$ )* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [5] Sholikha, I., Friyatmoko, W. K., & Utami, E. D. S., 2010. *Sintesis dan karakterisasi silika gel dari limbah abu sekam padi (oryza sativa) dengan variasi konsentrasi pengasaman*. Pelita-Jurnal penelitian mahasiswa UNY, Vol. 2.
- [6] Meriatna, L. M., 2015. *Pengaruh temperatur pengeringan dan konsentrasi asam sitrat pada pembuatan silika gel dari sekam padi*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, Vol. 4, No. 1, pp. 78-88.
- [7] Hendriwan Fahmi, A. L., 2016. *Analisa daya serap silika gel berbahan dasar abu sekam padi*. Teknologi Industri Institut Teknologi Padang, 6.
- [8] Hanandayu Widwiastuti, S. M., 2018. *Komparasi daya adsorpsi silika abu sekam padi dan silika ampas tebu dalam adsorpsi ion Pb(II)*. Malang: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Politeknik Kesehatan Malang.
- [9] Mitarlis, M. I., 2016. *Karakteristik silika dari limbah padat hasil sintesis furfural berbahan dasar sekam padi*. UNESA Journal of Chemistry Vol.5, No.2, pp. 108-115.
- [10] Rahmayani, F., & Siswarni, M. Z., 2013. *Pemanfaatan limbah batang jagung sebagai adsorben alternatif pada pengurangan kadar klorin dalam air olahan (treated water)*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 2, pp. 1-5.
- [11] Suheri., 2020. *Peningkatan daya adsorpsi bentonit menggunakan bahan pengisi silika sekam padi untuk memurnikan metilen blue*. Lhokseumawe: Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe.