

**LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN POLTEKKES (PUP)**



**BIOPASALGIRA SEBAGAI KANDIDAT MEDIA
PENUKAR ION UNTUK MENURUNKAN
KESADAHAN AIR**

Oleh:

**Dr. Choirul Amri, S.TP, M.Si
NIDN 4017077101**

**Hari Rudijanto Indro Wardono, ST, M.Kes
NIDN 4028047001**

**POLTEKKES KEMENKES YOGYAKARTA
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
TAHUN 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Biopasalgira sebagai kandidat media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air

Peneliti Utama
Nama Lengkap : Dr. Choirul Amri, S.TP, M.Si
NIP : 197107171991031003
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi / Jurusan : D3 Kesling / Jurusan Kesehatan Lingkungan
Nama Poltekkes : Poltekkes Kemenkes Yogyakarta
Nomor HP : 0815-7977-901
Alamat surel (e-mail) : choirul.amri@poltekkesjogja.ac.id
Anggota 1
Nama Lengkap : Hari Rudijanto Indro Wardono, ST, M.Kes
NIP : 197004281993031002
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi / Jurusan : D4 Kesling Jurusan Kesling Purwokerto
Nama Poltekkes : Poltekkes Kemenkes Semarang
Waktu Pelaksanaan : 1 (satu) tahun
Biaya Penelitian : Rp 40.000.000,00

Yogyakarta, September 2018
Ketua

Dr. Choirul Amri, S.TP, M.Si
NIP 197107171991031003

Mengetahui / Menyetujui Penilai Substansi:

Nama Lengkap	Instansi	Tanda Tangan
1. Prof. Dr. Lucky Herawati, SKM, M.Sc	Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
2. Dr. Ir. Bambang Guruh Irianto, AIM, MM.	Poltekkes Kemenkes Surabaya

Mengesahkan,
Direktur Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Joko Susilo, SKM, M.Kes
NIP. 196412241988031002

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah seraya terus memohon petunjuk kepada Yang Maha Kuasa Allah Subhanu wa Ta'ala dengan selesainya penyusunan Laporan Penelitian Unggulan Poltekkes (PUP) yang berjudul “Biopasalgira sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air”. Laporan penelitian ini disusun sebagai salah satu wujud pelaksanaan tugas Tridarma Perguruan Tinggi untuk berperan serta dalam meneliti masalah-masalah kesehatan, terutama terkait masalah kesehatan lingkungan.

Dengan selesainya penyusunan proposal PUP ini tidak lupa disampaikan terima kasih kepada:

1. Direktur Poltekkes Kemenkes Yogyakarta
2. Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta
3. Ka Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Poltekkes Kemenkes Yogyakarta
4. Segenap pihak yang berperan serta dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Meskipun telah diusahakan semaksimal mungkin dalam penyusunan laporan penelitian ini dengan waktu yang terbatas, tidak tertutup kemungkinan masih terdapatnya kekurangan. Berkaitan hal tersebut, saran dan koreksi perbaikan dari berbagai pihak senantiasa diharapkan.

Yogyakarta, September 2018

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
RINGKASAN	v
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Keutamaan Penelitian	3
I.5 Kontribusi terhadap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Kesadahan Air	4
II.2 Penukar Ion	4
II.3 Polimer Alginat dari Rumput Laut	5
BAB III METODE PENELITIAN	7
III.1 Jenis Penelitian	7
III.2 Tahapan Penelitian, Luaran, dan Indikator Capaian	7
III.3 Bagan Alir Penelitian	8
III.4 Objek dan Sampel Penelitian	8
III.5 Rancangan Penelitian	9
III.3.1 Alat dan Bahan	9
III.3.2 Prosedur dan pengumpulan data	9
III.3.2.1 Pembuatan pellet biopasalgira	9
III.3.2.2 Penentuan stabilitas pellet biopasalgira	10
III.3.2.3 Penentuan kapasitas pertukaran kation	10
III.3.2.4 Uji waktu kontak	10
III.3.2.5 Uji penurunan kesadahan	10
III.3.2.6 Uji regenerasi pellet biopasalgira	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
IV.1 Pembuatan Pellet Biopasalgira	12
IV.2 Stabilitas Pellet Biopasalgira	13
IV.3 Waktu Kontak Efektif	13
IV.4 Kapasitas Pertukaran Kation	14
IV.5 Penurunan Kesadahan Air	15
IV.6 Kualitas Air Hasil Treatment	18
IV.7 Regenerasi Pellet Biopasalgira	19
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
V.1 Kesimpulan	21
V.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22

RINGKASAN

Biopasalgira sebagai Kandidat Media Penukar Ion untuk Menurunkan Kesadahan Air

Oleh:
Choirul Amri
Hari Rudijanto Indro Wardono

Berbagai upaya untuk menurunkan kesadahan terus dilakukan dalam rangka penyediaan air yang memenuhi persyaratan. Salah satu upaya tersebut yaitu dengan proses pertukaran ion yang selama ini menggunakan zeolit atau resin. Dalam rangka pengembangan potensi sumber daya alam Indonesia perlu diupayakan pengembangan produk berbasis alam Indonesia, salah satu di antaranya yaitu rumput laut. Rumput laut mengandung polimer alginat dengan gugus karboksilatnya yang dalam keadaan asam tidak larut dalam air (biopasalgira = biopolimer asam alginat rumput laut) dan dapat mengikat ion kalsium (Ca), sehingga diharapkan dapat dipakai sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air.

Tujuan penelitian ini yaitu: (1) Membuat pellet biopasalgira dari alginat rumput laut, (2) Menentukan stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai variasi pH air, (3) Menentukan kapasitas pertukaran ion pellet biopasalgira sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air, (4) Mengkaji regenerasi pellet biopasalgira yang sudah jenuh Ca, dan (5) Melakukan uji penurunan kesadahan air menggunakan pellet biopasalgira dan zeolit sebagai pembanding.

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi untuk menggali potensi biopolimer alginat dari rumput laut sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air. Dalam penelitian ini dikaji mengenai pembuatan pellet biopasalgira, penentuan stabilitas pellet biopasalgira (biopolimer asam alginat rumput laut), penentuan kapasitas penukar kation, dan uji penurunan kesadahan air, serta regenerasi pellet polimer yang sudah jenuh Ca. Investigasi FTIR juga dilakukan dalam rangka mendukung kajian dalam penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alginat rumput laut dapat dibuat pellet untuk menurunkan kesadahan air. Alginat rumput laut dapat dibuat pellet biopasalgira sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan air. Pellet biopasalgira memiliki stabilitas yang baik pada pH <7. Pellet biopasalgira memiliki kapasitas pertukaran kation 15,72 mg Ca/gram atau 39,30 mg CaCO₃/g. Regenerasi pellet biopasalgira dapat dilakukan dengan perendaman dalam larutan HCl 1M selama 12 jam, dicuci dengan air dan dikeringkan. Pellet biopasalgira mampu menurunkan kesadahan air 166 mg CaCO₃/liter atau 39% (dari 426 mg CaCO₃/liter menjadi 261 mg CaCO₃/liter), tetapi masih lebih rendah dibandingkan media zeolit.

Kata Kunci: Kesadahan, alginat, penukar ion, stabilitas, kapasitas

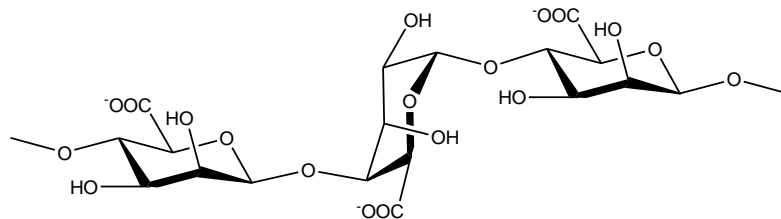
BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Berbagai keluhan masyarakat terkait dengan masalah kesadahan air masih terus bermunculan, mulai dari fisik air, timbulnya kerak, sampai terkait secara tidak langsung masalah dampak terhadap kesehatannya. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk dapat menurunkan kesadahan air, antara lain secara pemanasan, presipitasi, sedimentasi, dan yang paling umum untuk menurunkan kesadahan yaitu dengan cara pertukaran ion (*ion exchange*). Sebagai media penukar ion sering dipakai zeolit dan resin.

Indonesia kaya akan bahan alam selain zeolit yang perlu dikaji kaitannya untuk menurunkan kesadahan air ini. Salah satu di antaranya yaitu rumput laut. Rumput laut mengandung suatu alginat yang dapat dipisahkan dari struktur induknya. Alginat ini dikenal sebagai polisakarida larut air yang terdiri dari β -D-Manuronat dan α -L-Guluronat yang dihubungkan dengan ikatan (1-4). Struktur alginat disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Struktur alginat dengan tipe blok ikatan guluronat dan manuronat.

Pada masing-masing monomer alginat terdapat gugus karboksilat yang ketika dalam kondisi asam menyebabkan terbentuknya asam guluronat dan atau asam manuronat. Hal ini akan menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen intramolekuler, dan sebagai akibatnya membentuk formasi asam alginat yang tidak larut air (biopolimer asam alginat rumput laut/biopasalgira). Ion hidrogen yang terikat pada gugus karboksilat dari alginat ini dapat digantikan oleh ion-ion logam penyebab kesadahan terutama kalsium (Ca), sehingga diharapkan dapat menurunkan kesadahan air.

Sebagai media penukar ion, biopasalgira ini akan memiliki kapasitas maksimum, sehingga perlu diketahui kapasitas penukar kation dari pellet biopasalgira tersebut. Polimer alginat dalam kondisi asam tidak larut dalam air, sehingga perlu ditetapkan stabilitas biopasalgira dalam air pada pH air yang bervariasi. Untuk itu dalam penelitian ini akan dikaji mengenai hal tersebut. Demikian juga berkaitan dengan upaya regenerasi dari pellet biopasalgira tersebut sebagai penukar ion. Sebagai pembanding dalam menurunkan kesadahan, dalam penelitian ini dipakai zeolit.

I.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan-permasalahan penelitian sebagai berikut:

- a. Apakah alginat rumput laut dapat dibuat pellet biopasalgira?
- b. Bagaimana stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai variasi pH air?
- c. Bagaimana karakter pellet biopasalgira dalam hal kapasitasnya sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air?
- d. Bagaimana melakukan regenerasi pellet biopasalgira yang sudah jenuh Ca?
- e. Bagaimana kemampuan pellet biopasalgira dalam menurunkan kesadahan air jika dibandingkan dengan zeolit?

I.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Membuat pellet biopasalgira dari alginat rumput laut.
- b. Menentukan stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai variasi pH air.
- c. Menentukan kapasitas pertukaran ion pellet biopasalgira sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air.
- d. Mengkaji regenerasi pellet biopasalgira yang sudah jenuh Ca.
- e. Melakukan uji penurunan kesadahan air menggunakan pellet biopasalgira dan zeolit.

I.4 Keutamaan Penelitian

Keutamaan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Dapat mengembangkan potensi sumber daya alam rumput laut.
- b. Tersedianya media penukar ion baru yang dapat dipakai untuk menurunkan kesadahan air.
- c. Diketuainya karakter kapasitas media penukar ion dari polimer alginat untuk menurunkan kesadahan air. Demikian juga dengan stabilitasnya pada berbagai pH air dan upaya regenerasi dari pellet polimer alginat yang sudah jenuh Ca tersebut.

I.5 Kontribusi terhadap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Kontribusi penelitian ini terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi, yaitu:

- a. Penemuan bahan media penukar ion baru berbahan dasar alami.
- b. Berkontribusi terhadap teknologi kesehatan lingkungan, terutama teknologi penyehatan air dalam menurunkan kesadahan.
- c. Dapat dipakai sebagai acuan dalam pengembangannya berkaitan dengan kajian dalam penelitian ini dan juga pengembangannya untuk keperluan lainnya.
- d. Dengan diketuainya karakter kapasitas pertukaran ion dari biopolimer alginat dari rumput laut ini, dapat dipakai untuk memperkirakan kemampuannya dalam menurunkan kesadahan air, berapa volume air yang dapat di-*treatment*, dan kapan media diperkirakan jenuh, sehingga perlu diganti atau dicuci.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kesadahan Air

Kesadahan air merupakan ukuran tradisional dari kapasitas air untuk bereaksi dengan sabun. Air sadah membutuhkan sabun lebih banyak untuk menghasilkan busa. Hal ini disebabkan oleh kandungan ion-ion logam polivalen yang terlarut dalam air, terutama ion kalsium dan magnesium (WHO, 2003). Kesadahan dalam air ini sering dinyatakan dalam satuan mg/L sebagai CaCO_3 (Skipton et al, 2008). Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan dalam beberapa golongan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1 (Skipton et al, 2014).

Tabel 2.1 Tingkat kesadahan air

Kesadahan (mg/l CaCO_3)	Tingkat Kesadahan
0-17	Lunak (<i>soft</i>)
17-60	Kesadahan ringan (<i>slightly hard</i>)
60-120	Sedang (<i>moderately hard</i>)
120-180	Tinggi (<i>hard</i>)
>180	Tinggisekali (<i>very hard</i>)

Air sadah mengganggu semua jenis pencucian, menimbulkan kerak di peralatan dapur dan kamar mandi, fisik air terlihat lebih keruh. Bahkan untuk keperluan industri, air sadah ini sangat dihindari karena dapat menimbulkan berbagai kerugian, mulai dari menimbulkan kerak di alat-alat pemanasan sampai kerugian pemborosan energi karena penghambatan transfer panas. Kesadahan rendah dalam air sudah cukup berkontribusi dalam proses korosi jaringan perpipaan (Frank, 2003). Dengan demikian, kesadahan air yang tinggi perlu diturunkan dengan suatu proses yang sering dikenal sebagai pelunakan air.

II.2 Penukar Ion

Salah satu proses pelunakan air untuk menurunkan kesadahan yaitu pertukaran ion. Pertukaran ion dalam hal ini merupakan proses reaksi kimia yang reversibel⁵⁾. Ion-ion penyebab kesadahan, terutama kation logam Ca

dipertukarkan dengan ion Na^+ atau H^+ pada media penukar ion yang sesuai, sehingga konsentrasi Ca dalam air akan berkurang, demikian juga halnya dengan kesadahan.

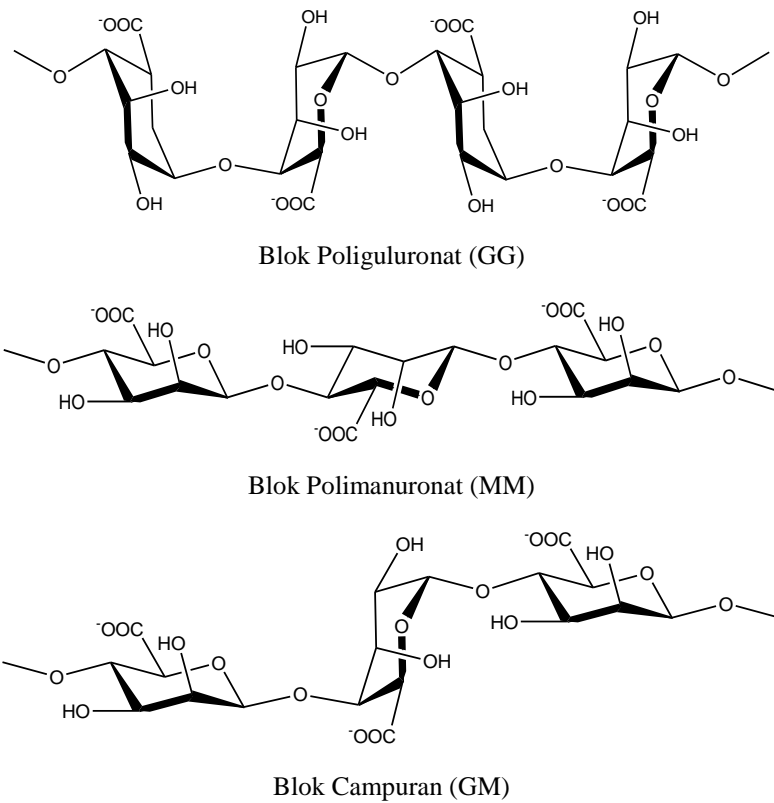
Karakter media penukar ion yang penting untuk ditentukan adalah kapasitas penukar ion (Moses et al, 2014). Dalam proses penurunan kesadahan menggunakan penukar ion ini terjadi proses pertukaran kation, sehingga perlu diketahui kapasitas penukar kation (KPK) dari media penukar kation yang digunakan.

II.3 Polimer Alginat dari Rumpuk Laut

Alginat merupakan salah satu polimer polisakarida alami yang sangat stabil, aman, tidak beracun, hidrofilik, dan dapat membentuk gel secara alami. Sebagai biopolimer alam, alginat juga memenuhi karakter kehandalan, ketahanan, ekonomis, biokompatibel, dan ramah lingkungan (biodegradabel), sehingga banyak peneliti tertarik untuk menggali potensi alginat untuk berbagai keperluan⁷⁾.

Menurut Kanakasabai (2005), alginat merupakan kopolimer yang tersusun atas dua unit monomer, yaitu asam guluronat dan asam manuronat yang dihubungkan dengan ikatan 1-4. Rantai guluronat dan manuronat memungkinkan membentuk blok ikatan yang bervariasi, yaitu: blok poliguluronat (GG), blok polimanuronat (MM), dan blok campurannya (GM). Gambar 2.1 mengilustrasikan tipe blok manuronat dan guluronat pada alginat.

Alginat bersifat hidrofilik, tetapi dalam bentuk asam alginat dapat membentuk gel yang tidak larut dalam air. Variasi blok ikatan rantai guluronat dan manuronat mempengaruhi kekuatan gel asam alginat ini. Kekuatan gel asam alginat meningkat berdasarkan urutan $\text{MG} < \text{MM} < \text{GG}$. Alginat yang lebih kaya blok GG memiliki kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibanding blok MG. Hal ini dimungkinkan karena dalam kondisi blok homopolimer dapat membentuk formasi kristal melalui ikatan hidrogen. Formasi asam alginat yang terbentuk memiliki karakteristik yang kuat apabila alginat kaya akan guluronat, sedangkan manuronat cenderung lebih berperan dalam hal fleksibilitasnya (Chan, 2009).



Gambar 2.1 Tipe blok ikatan guluronat dan manuronat pada alginat

Mengingat bahwa polimer alginat dari rumput laut yang memiliki karakter tidak larut dalam air dalam kondisi asam dan ion H^+ dari gugus karboksilatnya dapat dipertukarkan dengan ion Ca^{2+} , maka diharapkan polimer alginat ini dapat dipakai sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air.

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi untuk menggali potensi biopolimer alginat dari rumput laut sebagai media penukar ion untuk menurunkan kesadahan air. Dari penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang penelitian-penelitian lanjutan terkait dengan *water softening*. Oleh karenanya dalam penelitian ini dirancang untuk mengkaji hal-hal mendasar yang berkaitan dengan hal tersebut, antara lain: (1) Pembuatan pellet alginat dari rumput laut, (2) Stabilitas pellet biopasalgira dalam air, (3) Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) dari pellet biopasalgira, (4) Regenerasi pellet polimer biopasalgira, dan (5) Uji penurunan kesadahan air. Pada uji penurunan kesadahan air digunakan pula media zeolit sebagai pembanding.

III.2 Tahapan Penelitian, Luaran, dan Indikator Capaian

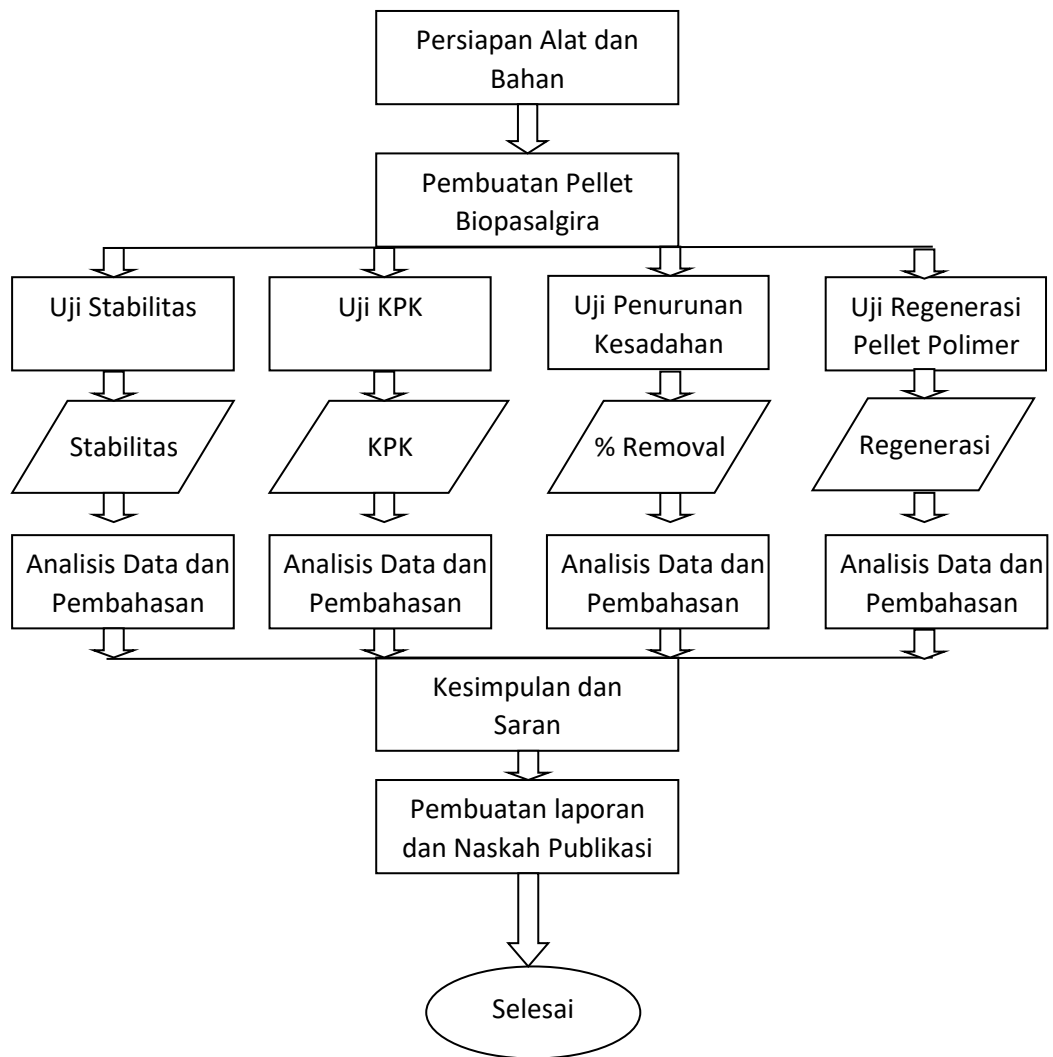
Tahapan penelitian, luaran, dan indikator capaian disajikan pada Tabel III.1.

Tabel 3.1 Tahapan penelitian, luaran, dan indikator capaian penelitian

Tahapan Penelitian	Luaran	Indikator Capaian
Membuat pellet biopasalgira	Pellet biopasalgira	Biopasalgira berbentuk pellet Investigasi FTIR
Menentukan stabilitas pellet biopasalgira	Data stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai variasi pH air	Ada data stabilitas (dalam satuan %) pellet biopasalgira pada pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10
Menentukan kapasitas penukar ion pellet biopasalgira	Data kapasitas penukar ion (KPK) pellet biopasalgira	Diketahuinya data KPK polimer penukar ion dalam satuan mg/g
Melakukan regenerasi pellet biopasalgira	Metode regenerasi	Investigasi FTIR
Melakukan uji penurunan kesadahan dengan pellet biopasalgira dan zeolit	Data kesadahan air pre dan pos perlakuan menggunakan pellet biopasalgira dan zeolit	Persentase penurunan kesadahan Hasil uji beda t-tes

III.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini sebagaimana disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

III.4 Objek dan Sampel Penelitian

Perhatian utama dalam penelitian ini ditujukan untuk mengkaji karakter biopolimer asam alginat rumput laut (biopasalgira) sebagai penukar ion untuk menurunkan kesadahan air. Alginat rumput laut sebagai sodium alginat diperoleh dari Bratacem. Dalam penelitian ini dibutuhkan sodium alginat sebanyak 5 kg.

Dari sodium alginat ini selanjutnya dipakai sebagai bahan utama untuk pembuatan pellet biopasalgira. Uji penurunan kesadahan menggunakan sampel air bersih dari air sumur gali milik Ibu Nur Endah, Dusun Benyo, Kelurahan Sendangsari, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta

III.5 Rancangan Penelitian

III.5.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini antara lain: alat pencetak pellet, FTIR (shimadzu), buret asam 50 ml, stirer magnetik, colorimeter, neraca analitik, model *water treathent* dan peralatan gelas laboratorium.

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini, antara lain: Sodium alginat (Bratachem), NaOH pa (Merck), HCl teknis, CaCl₂ (Merck), HCl pa (Merck), Titriplex III (Merck), NaOH pa (Merck), KNO₃ pa (Merck), murexide (Merck), reryochrom black-T /EBT (Merck), zeolit (Bratachem), dan akuades (Bratachem).

III.5.2 Prosedur dan pengumpulan data

Prosedur penelitian dilakukan sebagaimana tahapan penelitian, mulai dari pembuatan pellet biopasalgira (bipolimer asam alginat rumput laut), penentuan stabilitas pellet biopasalgira, penentuan kapasitas pertukaran kation (KPK) pellet biopasalgira, dan uji penurunan kesadahan air menggunakan pellet biopasalgira. Dalam uji penurunan kesadahan air ini, zeolit digunakan sebagai pembanding.

III.5.2.1 Pembuatan pellet biopasalgira

Bubuk sodium alginat dibuat dalam bentuk pellet menggunakan alat pencetak pellet. Pellet yang terbentuk dimaserasi dalam larutan HCl 1 M selama 24 jam. Pellet dicuci dengan air dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 jam (jam 09.00 sampai 16.00 WIB). Pellet selanjutnya diinvestigasi dengan menggunakan uji FTIR untuk mengetahui pembentukan biopolymer asam alginat rumput laut (biopasalgira). Bergesernya puncak spectra dari bilangan gelombang 1600-an cm⁻¹ menjadi 1700-an cm⁻¹ mengindikasikan bahwa biopasalgira sudah terbentuk.

III.5.2.2 Penentuan stabilitas pellet biopasalgira

Stabilitas pellet biopasalgira diuji menurut Amri dkk (2015), yaitu dengan jalan menimbang berat membran (W1), selanjutnya pellet direndam dalam air dengan pH yang bervariasi (pH 1,2,3, ...,10) selama 4 jam. Pellet dikeringkan pada almari pengering temperatur 40 °C selama 24 jam, didesikator selama 1 jam, kemudian ditimbang (W2). Dihitung stabilitas polimer (SP) pada masing-masing pH dengan Persamaan 3.1 (Amri et al, 2014).

$$SP = \left[1 - \frac{W_1 - W_2}{W_1} \right] \times 100 \quad (3.1)$$

III.5.2.3 Penentuan kapasitas pertukaran kation

Kapasitas pertukaran kation (KPK) polimer asam alginat ditentukan berdasarkan mg kation Ca^{2+} (sebagai $CaCO_3$) yang diserap oleh 1 g pellet polimer asam alginat.

III.5.2.4 Uji waktu kontak

Pellet polimer asam alginat direndam dalam air yang mengandung kesadahan 500 mg $CaCO_3$ /liter dan distirer dengan lama waktu bervariasi (10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit). Kadar Ca air ditentkan sebelum dan sesudah perendaman. Waktu kontak efektif ditentukan berdasarkan interpolasi perpotongan grafik penyerapan Ca mulai stabil/maksimum.

III.5.2.5 Uji penurunan kesadahan

Uji penurunan kesadahan menggunakan alat model water treatment. Salah satu tabung diisi media pellet biopasalgira, sedangkan tabung yang lain diisi media pembanding (zeolit). Treatment dilakukan menggunakan waktu kontak efektif sesuai hasil uji waktu kontak pada III.5.2.4. Kesadahan air ditentukan sebelum dan setelah treatment. Uji penurunan dilakukan ulangan sebanyak 17 kali. Hasil uji penurunan kesadahan dinyatakan dalam persentase (%), selanjutnya diuji beda rata-rata menggunakan t-tes.

III.5.2.6 Uji regenerasi pellet biopasalgira

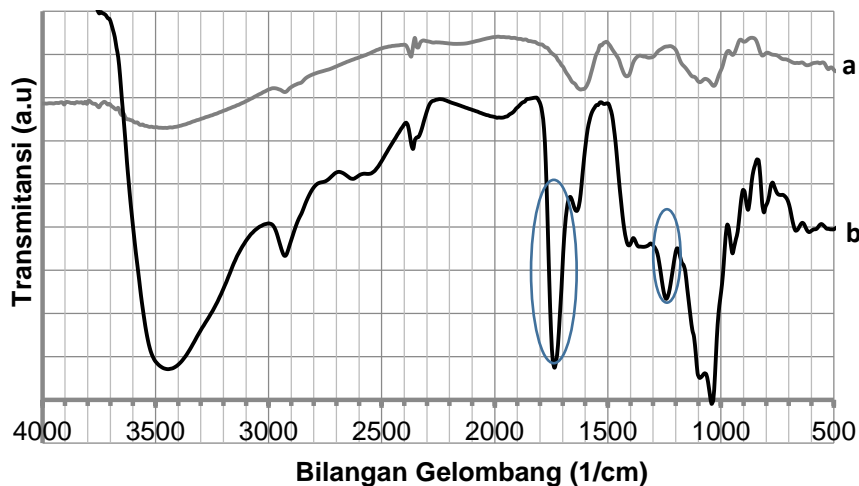
Pellet biopasalgira yang sudah jenuh Ca (dibuktikan dengan data FTIR) direndam dalam larutan HCl 1 M selama 24jam. Pellet dicuci dengan akuades,

selanjutnya dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 jam. Pellet diambil sekitar 1 gram, digerus selanjutnya diuji FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Keberhasilan regenerasi ditentukan berdasarkan luasan puncak spektra karboksilat pada Ca-biopasalgira dan puncak spektra karboksilat pada biopasalgira.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pembuatan Pellet Biopasalgira

Polimer bahan alam Indonesia terus dikembangkan penggunaannya. Dalam paper ini dikembangkan polimer alginat rumput laut sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan. Terkait dengan kemudahan penggunaannya, polimer alginat rumput laut dibuat dalam bentuk pellet sebagai asam alginat (biopasalgira). Untuk membuat pellet bioasalgira ini, alginat yang masih dalam bentuk sodium alginate ditambah air hingga membentuk pasta padat, selanjutnya dibentuk menjadi pellet menggunakan alat pencetak pellet. Pelet yang sudah tercetak direndam dalam larutan HCl 1 M selama 24 jam hingga pellet membentuk massa yang keras, selanjutnya dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Pembentukan pelet asam alginat diinvestigasi menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000-500 cm^{-1} . Pada Gambar 4.1 disajikan spektra infra merah (IR) sodium alginat dan pellet biopasalgira.



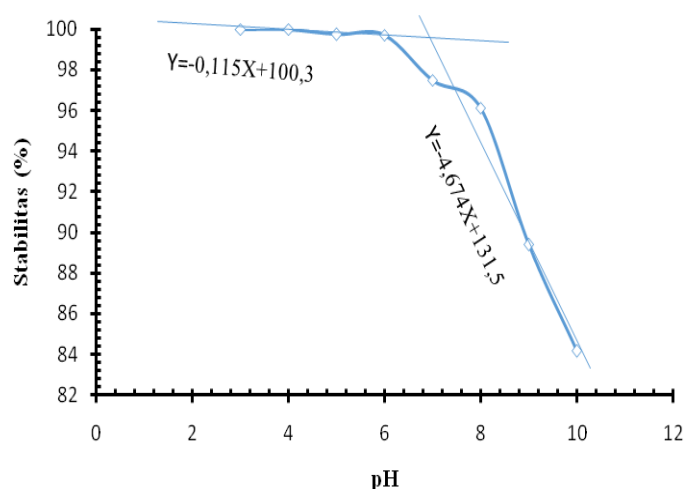
Gambar 4.1 Spektra IR: (a) sodium alginat, dan (b) pellet biopasalgira

Gugus karboksilat pada sodium alginat muncul pada bilangan gelombang 1620 cm^{-1} , sedangkan pada pelet asam alginat pada 1736 cm^{-1} . Pergeseran puncak

gugus karboksilat ini mengindikasikan pellet asam alginat sudah terbentuk. Mutasem et.al (2005) melaporkan indikasi terbentuknya asam alginat pada puncak 1752 cm^{-1} . Alginat dalam bentuk asam alginat (biopasalgira) ini dilaporkan tidak larut dalam air. Namun demikian, untuk penggunaan pellet biopasalgira sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan perlu ditetapkan stabilitasnya.

IV.2 Stabilitas Pellet Biopasalgira

Stabilitas pellet biopasalgira ini ditetapkan dalam rangka untuk memberikan informasi pada pH air berapa pellet biopasalgira tersebut dapat digunakan. Pada Gambar 4.2 disajikan stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai pH air. Berdasarkan pada data hasil uji stabilitas, pellet biopasalgira ini memiliki stabilitas yang baik pada pH air <7 , sehingga pellet biopasalgira ini dapat digunakan sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan air yang pH-nya kurang dari 7 atau diatur terlebih dahulu supaya pH air kurang dari 7.

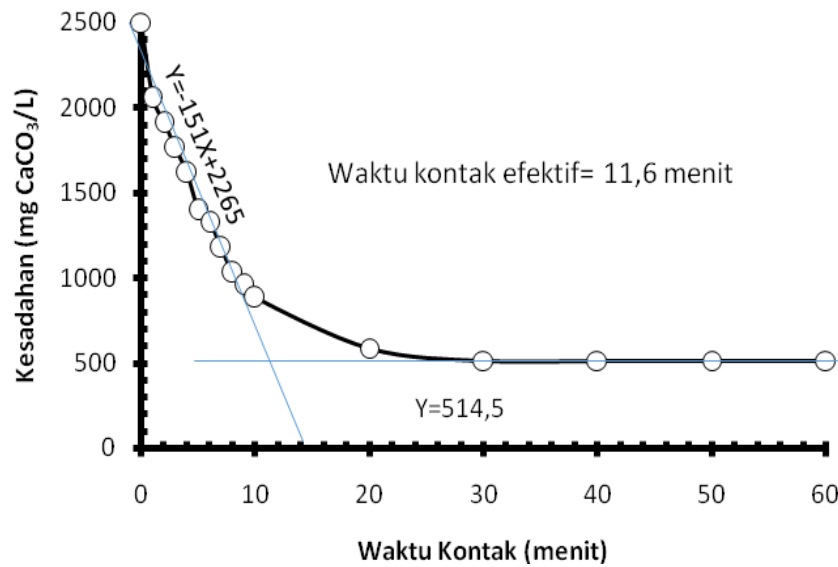


Gambar 4.2 Stabilitas pellet biopasalgira pada berbagai pH

IV.3 Waktu Kontak Efektif

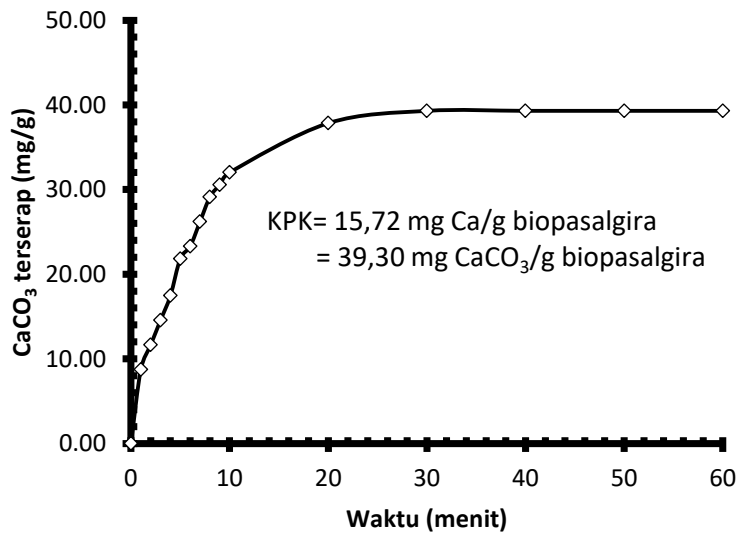
Waktu kontak efektif ini ditentukan untuk mengetahui seberapa lama waktu pellet biopasalgira dikontakkan dengan air yang akan diturunkan kesadahannya, sehingga waktu kontak ini ditentukan berdasarkan lama waktu kontak yang memberikan penyerapan optimum ion-ion penyebab kesadahan, yang dalam

penentuan ini diwakili ion kalsium (Ca^{2+}). Pada Gambar 4.3 disajikan waktu kontak efektif pellet biopasalgira dalam potensinya menurunkan kesadahan.



Gambar 4.3 Waktu kontak efektif pellet biopasalgira dalam menurunkan kesadahan

IV.4 Kapasitas Pertukaran Kation



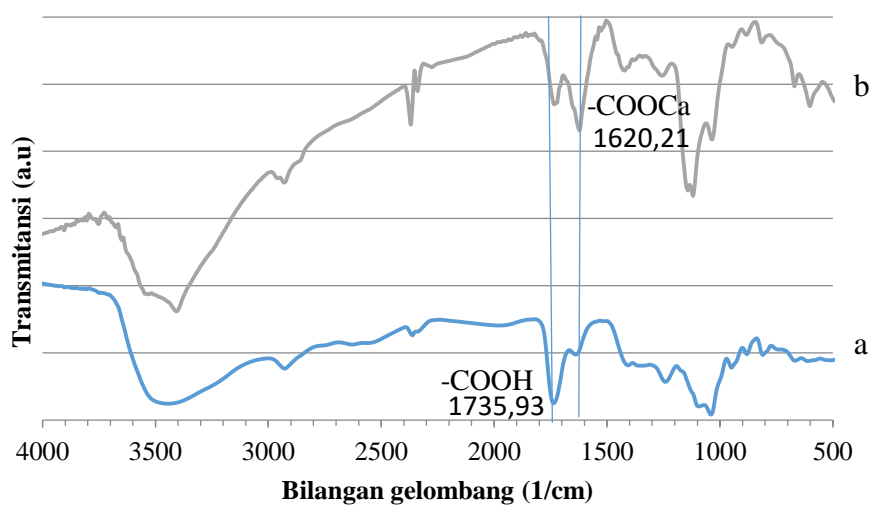
Gambar 4.4 KPK pellet biopasalgira

Kapasitas pertukaran kation (KPK) dari pellet biopasalgira perlu diketahui dalam rangka memberikan informasi kemampuan kation yang dapat dipertukarkan

persatuan berat atau volume pellet biopasalgira Pada penelitian ini, KPK pellet bioasalgira ditentukan untuk mengetahui kemampuan maksimum biopasalgira dalam menurunkan kesadahan yang dinyatakan dalam mg CaCO_3/g pellet biopasalgira.

Pada Gambar 4.4 disajikan hasil penentuan KPK dari pellet biopasalgira. KPK pellet biopasalgira yaitu sebesar 15,72 mg Ca/gram, atau 39,30 mg $\text{CaCO}_3/\text{gram}$. Setiap gram pellet biopasalgira mampu menurunkan kesadahan maksimum 39,30 mg CaCO_3 .

Berdasarkan hasil uji KPK tersebut di atas, membuktikan bahwa pellet biopasalgira mampu menyerap kation-kation penyebab kesadahan, terutama Ca. Pada Gambar 4.5 disajikan investigasi FTIR dalam penyerapan Ca tersebut. Spektra FTIR pada biopasalgira, puncak karboksilat berada pada $1735,93 \text{ cm}^{-1}$. Setelah berikatan dengan Ca penyebab kesadahan air, puncak karboksilat berada pada $1620,21 \text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4.5 Spektra FTIR: (a) biopasalgira, dan (b) Ca-biopasalgira

IV.5 Penurunan Kesadahan Air

Uji penurunan kesadahan air dilakukan menggunakan suatu model *water treatment* (Gambar 4.6). Alat ini dirancang khusus untuk uji penurunan kesadahan menggunakan dua media yang berbeda. Dalam hal ini digunakan media pellet biopasalgira dan zeolit. Zeolit dalam penelitian ini digunakan sebagai

pembandingan. Adapun air sampel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air sumur milik ibu Nur Endah yang beralamat di dusun Benyo Sendangsari Pajangan Bantul. Pada Tabel 4.1 disajikan hasil uji penurunan kesadahan air menggunakan media pellet biopasalgira dan zeolit.



Gambar 4.6 Model *water treatment* yang digunakan untuk uji penurunan kesadahan air

Uji penurunan kesadahan dilakukan 3 tahap dengan ulangan total sebanyak 17 kali. Waktu kontak digunakan sebagaimana waktu ontak efektif yang ditetapkan sebelumnya, yaitu 11,6 menit. Air sampel yang digunakan pada 3 tahap tersebut masing-masing mengandung kesadahan 397, 456, dan 426 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$, dengan rerata kesadahan pre perlakuan 426 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$.

Penggunaan pellet biopasalgira mampu menurunkan kesadahan air 166 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ atau 39% (dari 426 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ menjadi 261 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$). Penurunan kesadahan terendah yaitu 32 % (dari 456 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ menjadi 309 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$). Penurunan tertinggi yaitu 48% (dari 397 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ menjadi 206 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$).

Penggunaan zeolit sebagai pembandingan dalam penelitian ini dengan waktu kontak yang sama mampu menurunkan kesadahan air 179 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ atau 42% (dari 426 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ menjadi 247 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$). Penurunan

kesadahan terendah yaitu 177 mg CaCO₃/liter atau 32 % (dari 456 mg CaCO₃/liter menjadi 309 mg CaCO₃/liter). Penurunan tertinggi yaitu 191 mg CaCO₃/liter atau 48% (dari 397 mg CaCO₃/liter menjadi 206 mg CaCO₃/liter).

Tabel 4.1 Hasil uji penurunan kesadahan air (mg CaCO₃/liter) menggunakan media pellet biopasalgira dan zeolit

Ulangan	Biopasalgira				Zeolit			
	Pre	Pos	Selisih	%penurunan	Pre	Pos	selisih	%penurunan
1	397	250	147	37	397	237	160	40
2	397	206	191	48	397	206	191	48
3	397	228	169	43	397	221	176	44
4	397	235	162	41	397	235	162	41
5	397	250	147	37	397	234	163	41
6	456	290	166	36	456	279	177	39
7	456	265	191	42	456	265	191	42
8	456	309	147	32	456	272	184	40
9	456	257	199	44	456	257	199	44
10	456	294	162	36	456	265	191	42
11	426	247	179	42	426	243	183	43
12	426	275	151	35	426	250	176	41
13	426	265	161	38	426	250	176	41
14	426	272	154	36	426	250	176	41
15	426	256	170	40	426	244	182	43
16	426	250	176	41	426	243	183	43
17	426	282	144	34	426	248	178	42
Rerata	426	261	166	39	426	247	179	42

Uji beda rata-rata persentase penurunan kesadahan antara menggunakan pellet biopasalgira dan zeolit berdasarkan uji t-tes dengan program excel diperoleh hasil sebagaimana tercantum pada Tabel 4.2. Pada uji t-tes tersebut diperoleh hasil dengan P=0,0002169 (pada $\alpha=0,05$). Dengan demikian, secara statistik ada perbedaan yang signifikan penurunan kesadahan air menggunakan pellet biopasalgira dan zeolit, yang mana pellet biopasalgira memiliki kemampuan yang masih rendah jika dibandingkan dengan media zeolit.

Perbedaan kemampuan menurunkan kesadahan antara menggunakan media pellet biopasalgira dan zeolit dimungkinkan berkaitan dengan strukturnya, yang

mana zeolit lebih kaya oksigen daripada biopasalgira, sehingga kemampuan pengikatan logam juga berbeda.

Tabel 4.2 Hasil uji beda rata-rata persentase penurunan kesadahan menggunakan media pellet biopasalgira dan zeolit dengan uji t-tes pada $\alpha=0,05$

	<i>Biopasalgira</i>	<i>Zeolit</i>
Mean	38,9215284	42,09145
Variance	16,9520306	4,201557
Observations	17	17
Pearson Correlation	0,80491901	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	16	
t Stat	-4,7511713	
P(T<=t) one-tail	0,00010845	
t Critical one-tail	1,74588367	
P(T<=t) two-tail	0,0002169	
t Critical two-tail	2,11990529	

IV.6 Kualitas Air Hasil Treatment dengan Media Pellet Biopasalgira

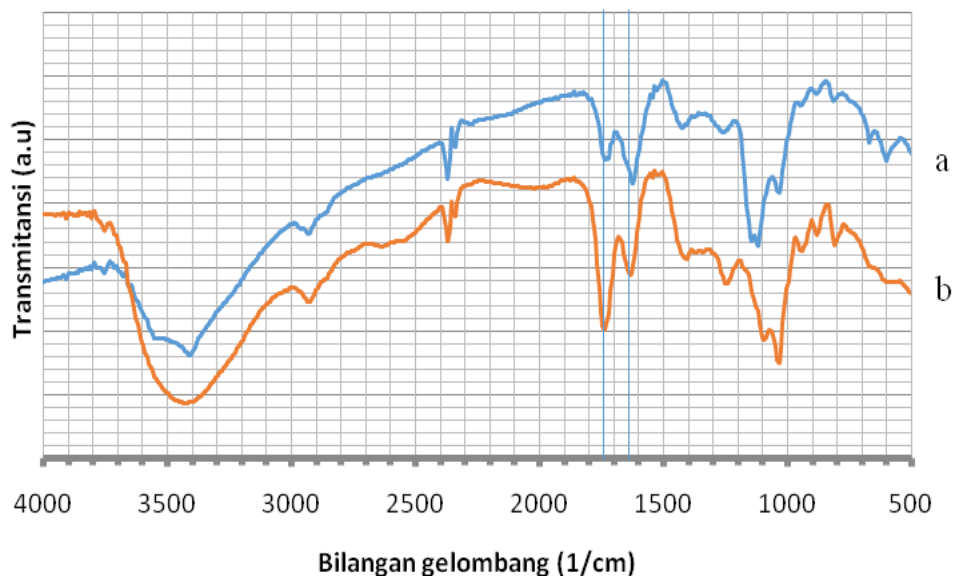
Kualitas air hasil treatment dengan media pellet biopasalgira sangat dipengaruhi karakter stabilitas pellet biopasalgira. Stabilitas pellet biopasalgira pada $\text{pH} < 7$ sebenarnya cukup stabil, tetapi berdasarkan hasil treatment diperoleh informasi beberapa parameter kualitas air mengalami penurunan, yaitu pH, zat padat terlarut ($\text{TDS} = \text{total dissolved solid}$), dan zat organik. Secara umum pH air setelah perlakuan dengan pellet biopasalgira mengalami penurunan berkaitan dengan mekanisme pertukaran ion yang terjadi sebagaimana dilustrasikan pada reaksi (1).



Sebelum perlakuan, air diatur pada pH 6,5. Setelah perlakuan, pH air menjadi 6. Hal ini mudah dimengerti bahwa berdasarkan ilustrasi pada reaksi (1) setiap pengikatan 1 mol ion logam (M^{2+}) akan disertai dengan pelepasan 2 mol H^+ ke dalam air, sehingga pH air akan mengalami penurunan.

TDS air sebelum perlakuan 186 mg/liter, setelah perlakuan menjadi 469 mg/liter. Zat organik sebelum perlakuan 2,4 mg/liter (sebagai KMnO_4), setelah perlakuan menjadi 5,3 mg/liter. Data ini memberikan gambaran bahwa ada sebagian komponen pellet biopasalgira terlarut ke dalam air. Hal ini terjadi dimungkinkan berkaitan dengan kemurnian alginat yang kurang. Alginat bahan dasar dari penelitian ini diperoleh dari pasaran, sehingga akan lebih baik alginat tersebut dimurnikan lagi sebelum dibuat pellet biopasalgira. Untuk meningkatkan stabilitas pellet biopasalgira dapat dilakukan taut silang menggunakan bahan yang sesuai.

IV.7 Regenerasi Pellet Biopasalgira



Gambar 4.7 Spektra FTIR biopasalgira: (a) sebelum regenerasi, dan (b) setelah regenerasi

Pellet biopasalgira yang telah mengikat logam-logam penyebab kesadahan lama kelamaan akan mengalami kejenuhan. Upaya regenerasi dilakukan dalam rangka mengembalikan fungsi pellet biopasalgira untuk mengikat ion-ion logam penyebab kesadahan. Berkaitan dengan karakter biopasalgira, peneliti menggunakan cara perendaman dalam larutan HCl 1 M selama 24 jam, selanjutnya dicuci dengan air dan dikeringkan. Untuk mengetahui hasil regenerasi

diinvestigasi melalui FTIR berdasarkan luas puncak serapan karboksilat dari Biopasalgira-M yang berubah ke puncak serapan karboksilat dari asam karboksilat. Pada Gambar 4.7 disajikan spektra FTIR pellet biopasalgira-M sebelum dan setelah regenerasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

- a. Alginat rumput laut dapat dibuat pellet biopasalgira sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan air.
- b. Pellet biopasalgira memiliki stabilitas yang baik pada $\text{pH} < 7$,
- c. Pellet biopasalgira memiliki kapasitas pertukaran kation 15,72 mg Ca/gram atau 39,30 mg CaCO_3/g .
- d. Regenerasi pellet biopasalgira dapat dilakukan dengan perendaman dalam larutan HCl 1M selama 12 jam, dicuci dengan air dan dikeringkan.
- e. Pellet biopasalgira mampu menurunkan kesadahan air 166 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ atau 39% (dari 426 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$ menjadi 261 mg $\text{CaCO}_3/\text{liter}$), tetapi masih lebih rendah dibandingkan media zeolit.

V.2 Saran

- a. Alginat rumput laut yang diperoleh dari pasaran akan lebih baik dimurnikan kembali untuk dapat dibuat pellet biopasalgira sebagai kandidat media untuk menurunkan kesadahan.
- b. Untuk meningkatkan stabilitas pellet biopasalgira agar tidak mudah terlarut dalam air dapat dilakukan taut silang dengan bahan yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, C., Mudasir, M., Siswanto, D., Roto, R., 2015, Characterization of butanediol-alginate ester as candidate of hemodialysis membrane, *Indones. J. Chem.*, Vol. 15, No. 2, July 2015, p. 146-154
- Chan, A.W., 2009, Controlled Synthesis of Stimuli-Responsive Network Alginate, *Thesis*, Department of Chemical Engineering Queen's University Kingston, Ontario, Canada
- Frank, R.S., 2003, Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Lewis Publishers, United States of America
- Kanakasabai, S., 2005, Alginate Strings and Their Applications in Spinal Cord Regeneration, *Thesis*, Drexel University College of Medicine, Drexel
- Kreer, M., Swami, K., Kumar, R., Kanwar, K., Kaur, P., Singh, P., Kaur, A., 2010, Applications of Novel Excipients in The Allopathic and Herbal Formulations, *J. Chem. Pharm. Res.*, 2010, 2(4), 851-860
- Moses Wazingwa Munthali, Ponyadira Kabwadza-Corner, Erni Johan, Naoto Matsue, 2014, Decrease in Cation Exchange Capacity of Zeolites at Neutral pH: Examples and Proposals of a Determination Method, *J. Mat. Sci. and Chem.Eng.*, 2014, 2, 1-5
- Nicholas, P.C., 2002, *Handbook of Water and Wastewater treatment technologies*, Butterworth-Heinemann, United States of America
- Skipton, S; Dvorak, B.; and Niemeyer, S., 2008, "*G08-1491 Drinking Water Treatment: Water Softening (Ion Exchange)*", University of Nebraska-Lincoln
- Skipton, S., and Dvorak, B., 2014, *Drinking Water treatment: water Softening (Ion Exchange)*, University of Nebraska-Lincoln
- WHO, 2003, *Guidelines for drinking-water quality*, Geneva