



Studi Karakteristik Zeolit di Yogyakarta Serta Pemanfaatannya Sebagai Builder Agent Untuk Memproduksi Deterjen Ramah Lingkungan

Study Characteristics of Zeolite in Yogyakarta and its Utilization as a Builder Agent to Produce Environmentally Friendly Detergent

Mutiara Selvina¹, Aldian Fahrialam¹, Leonardo Anthony Wijaya², Aulia Rahmah Karunianti³,
 I Wayan Warmada¹

¹ Program Studi Sarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

² Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

³ Program Studi Sarjana Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

[email: mutiaraselvina@mail.ugm.ac.id](mailto:mutiaraselvina@mail.ugm.ac.id)

Naskah diterima : 16 September 2021, Revisi terakhir : 18 Oktober 2021 Disetujui : 18 Oktober 2021, Online : 01 November 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.22.4.189-196p>

Abstrak-Zeolit adalah sekelompok mineral aluminosilikat yang memiliki beberapa jenis mineral sebagai anggotanya. Karakteristik khusus zeolit membuat mineral ini memiliki kemampuan adsorpsi dan presipitasi permukaan yang dapat digunakan untuk membuat deterjen ramah lingkungan. Zeolit dapat berperan dalam mengganti senyawa fosfat yang biasanya digunakan sebagai agen buffer pada deterjen. Karakteristik zeolit di Tegalrejo, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta ditentukan oleh beberapa analisis, termasuk analisis X-Ray Difraksi (XRD) X-Ray Fluoresensi (XRF), dan kapasitas pertukaran kation (CEC). Hasil identifikasinya termasuk mineral zeolit yang menyusun sampel, yaitu klinoptilolit dan mordenit; senyawa oksida utama adalah SiO₂ dan Al₂O₃; dan memiliki kapasitas pertukaran kation yang bervariasi antara 26,50 cmol(+)/kg hingga 50,17 cmol(+)/kg. Deterjen yang dibuat dengan campuran zeolit kemudian dianalisis kualitas dan tingkat ramah lingkungannya dengan uji toksisitas, organoleptik, dan stabilitas busa. Hasil pengujian menemukan bahwa semakin tinggi konsentrasi zeolit dalam deterjen, kelangsungan hidup ikan meningkat sebesar 297,29 %. Penambahan zeolit juga mempengaruhi stabilitas busa deterjen dan bentuk fisik deterjen yang dihasilkan. Dengan demikian, dengan penambahan zeolit, deterjen yang dihasilkan menjadi lebih ramah lingkungan dan memiliki kualitas pembersihan yang lebih baik.

Abstract-A zeolite is a group of aluminosilicate minerals that have several types of minerals as its members. The special characteristics of zeolites make these minerals have the ability of adsorption and surface precipitation that can be used to make environmentally friendly detergents. Zeolite can play a role in replacing phosphate compounds which are commonly used as buffer agents in detergents. Zeolite characteristics in Tegalrejo, Gedangsari District, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region were determined by several analyzes, including X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Cation Exchange Capacity (CEC) analysis. The results include the zeolite minerals that compose the sample, namely clinoptilolite and mordenite; the main oxide compounds are SiO₂ and Al₂O₃; and has a cation exchange capacity that varies between 26.50 cmol(+)/kg to 50.17 cmol(+)/kg. The detergent made with a mixture of zeolite is then analyzed for quality and environmental friendliness by analyzing the toxicity, organoleptic, and foam stability. The test results found that the higher the concentration of zeolite in the detergent, the fish survival increased by 297.29 %. The addition of zeolite also affects the stability of the detergent foam and the physical form of the detergent produced. Thus, with the addition of zeolite, the detergent produced becomes more environmentally friendly and has a better cleaning quality.

Keywords: Builder agent, detergent, Gedangsari, zeolite.

Katakunci: Builder agent, deterjen, Gedangsari, zeolit.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik dalam dekade terakhir penduduk Indonesia meningkat sebanyak 32,6 juta jiwa. Seiring dengan meningkatnya aktivitas rumah tangga, maka semakin banyak pula limbah yang dapat mencemari lingkungan terutama lingkungan perairan. Aktivitas rumah tangga seperti mencuci pada umumnya menggunakan deterjen. Deterjen tersusun atas beberapa komponen seperti surfaktan, *builder agent*, *dispersing polymers*, *bleaching agent*, *solvents* dan bahan-bahan zat aditif lainnya seperti pemutih, pewangi, pewarna, dan sebagainya (Koohsaryan dkk., 2020).

Builder agent pada deterjen di Indonesia umumnya mengandung senyawa fosfat yang berfungsi sebagai daya jerap agar dapat melarutkan kandungan kapur dalam air keras dan mengurangi penggunaan surfaktan yang berlebihan. Namun, limbah dari *builder agent* jenis fosfat tersebut memiliki dampak yang buruk terhadap lingkungan, dimana senyawa fosfat yang berlebihan dalam air akan mengakibatkan penyuburan unsur hara perairan (eutrofikasi). Kondisi ini memicu terjadinya fenomena *blooming algae*, yaitu ledakan populasi fitoplankton pada perairan yang dapat menimbulkan masalah rasa dan bau sehingga menyebabkan kualitas air menurun. Selain itu, semakin tinggi akumulasi deterjen maka semakin rendah suplai oksigen yang terlarut di dalam air. Hal ini dapat mengakibatkan terganggunya proses respirasi pada ikan sehingga populasi ikan dapat menurun.

Dari fenomena tersebut, maka peneliti berusaha untuk mencari solusi guna mengurangi dampak pencemaran tersebut, yaitu dengan cara mengganti komposisi *builder agent* pada deterjen dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan. Salah satu bahan yang dapat menggantikan peran fosfat sebagai *builder agent* adalah mineral zeolit.

Zeolit merupakan material yang terbentuk dengan komponen utama susunan tetrahedra kation Si dan oksida Al yang terhubung dengan ion oksigen menjadi unit sekunder dua dimensi dan tiga dimensi (Margeta & Anamarija, 2020). Zeolit memiliki kemampuan untuk menghilangkan senyawa anorganik, organik, organometallic, serta berbagai gas, logam, dan radionuklida dari zat cair dengan adsorpsi dan presipitasi permukaan (Moshoeshoe dkk., 2017). Bentuk kristal zeolit yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah, menyebabkan luas permukaan zeolit sangat

besar sehingga sangat baik digunakan sebagai agen penukar kation, adsorpsi dan katalisator. Oleh karena itu, zeolit sangat cocok dijadikan sebagai *builder agent* sebagai daya jerap pada deterjen.

Penelitian mengenai zeolit sintetis untuk menggantikan peran fosfat sebagai *builder agent* pada deterjen telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti luar negeri. Penelitian tersebut sudah membuktikan keunggulan zeolit sintetis sebagai *builder agent*, diharapkan keunggulan-keunggulan tersebut juga ditemukan pada zeolit alam yang terdapat di sekitar kita.

Secara geologi, Indonesia memiliki potensi penghasil mineral zeolit yang besar terutama di daerah sekitar Yogyakarta dan beberapa daerah lain seperti Lampung, Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan menggunakan mineral zeolit alam sebagai bahan *builder agent* pada deterjen dengan memanfaatkan sumber daya yang melimpah di daerah sekitar Yogyakarta.

HASIL PENELITIAN

Karakterisasi Zeolit Alam

Hasil analisis kimia unsur utama (dalam % berat) pada sampel batuan Z1, Z2 dan Z3 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut, senyawa oksida dominan yang menyusun ketiga sampel adalah senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Perbandingan unsur Al/Si dalam suatu zeolit dapat digunakan untuk menentukan kerapatan muatan dalam kristalnya, jika zeolit memiliki nilai Al/Si yang besar maka struktur kerapatan muatan akan tinggi sehingga kemampuan tukar kationnya lebih besar, hal ini disebabkan oleh molekul bersifat polar dan kemampuan mengikat molekul besar bertambah (Atikah, 2017).

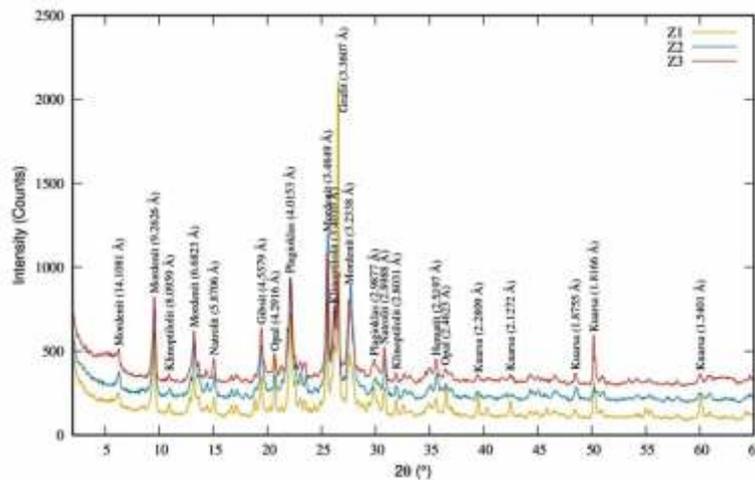
Tabel 1. Hasil analisis kimia unsur utama dari ketiga sampel zeolit

Oksida/ Unsur	Komposisi (% berat)		
	Z1	Z2	Z3
SiO_2	61,92	84,08	79,41
Al_2O_3	8,41	12,70	14,42
CaO	4,71	3,44	3,33
Fe_2O_3	3,01	1,21	3,10
K_2O	1,07	0,71	1,45
Na_2O	0,99	1,59	1,40
MgO	0,60	0,52	1,08
P_2O_5	0,05	0,02	0,05
Cl	0,008	0,002	0,003
SO_3	0,008	0,01	<0,001

Perbandingan Al/Si pada sampel Z1 bernilai 0,136, pada sampel Z2 sebesar 0,151, serta pada sampel Z3 bernilai 0,182. Dari data ini dapat diinterpretasi bahwa sampel yang memiliki struktur kerapatan muatan tertinggi yaitu sampel Z3 dan terendah pada sampel Z1. Hal ini akan dibandingkan dengan hasil KTK yang diperoleh dari penelitian laboratorium selanjutnya.

Berdasarkan hasil analisis X-Ray Difraksi (XRD) pada sampel batuan dengan kode Z1, Z2 dan Z3 menunjukkan kehadiran mineral zeolit berupa klinoptilolit dan mordenit, dengan tambahan mineral lain berupa ortoklas, plagioklas, opal dan mineral lainnya (Gambar 1). Sampel Z1 mengandung mineral klinoptilolit yang paling melimpah daripada sampel lainnya sebesar 40,46 %, sedangkan sampel Z3 mengandung mineral zeolit klinoptilolit yang paling sedikit sebesar 33,34 %. Mineral mordenit pada sampel Z2 dan Z3 memiliki komposisi yang lebih banyak masing-masing 14,29 % dan 14,27 % daripada pada sampel Z1 hanya 11,46 % (Tabel 2).

Klinoptilolit merupakan anggota grup zeolit banyak dijumpai di alam. Klinoptilolit memiliki kristal monoklin, serta memiliki resistensi panas yang tinggi. Mordenit juga merupakan salah satu anggota grup zeolit yang penyebarannya di alam cukup banyak. Mordenit termasuk kelompok zeolit mikropori dengan struktur kristal orthorombik dengan kanal-kanal atau saluran-saluran terbuka yang memungkinkan air dan ion-ion berukuran besar keluar dan masuk saluran-saluran tersebut. Ukuran saluran-saluran tersebut beragam sehingga mordenit dapat berfungsi sebagai penyaring molekular dan adsorben (Muzwar, 2018). Kemampuan zeolit alam dari berbagai titik amat di Gunungkidul berdasarkan hasil pengukuran KTK di laboratorium dengan metode destilasi. Kapasitas tukar kation adalah banyaknya kation yang dapat ditukarkan dalam satuan berat ekivalen tiap satuan berat mineral dari bahan galian alam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai KTK tertinggi dimiliki oleh sampel Z2 (50,17 cmol(+)/kg) dan nilai KTK terendah pada sampel Z3 (26,50 cmol(+)/kg). Ini dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Hasil analisis XRD pada sampel batuan Z1, Z2 dan Z3 memperlihatkan kandungan mordenit, klinoptilolit, ortoklas, plagioklas dan lainnya.

Tabel 2. Persentase kandungan mineral pada sampel batuan Z1, Z2 dan Z3 dalam % berat, dihitung dengan perangkat lunak RockJock (Eberl, 2003)

Sampel	Z1	Z2	Z3
Klinoptilolit	40,46	37,35	33,23
Mordenit	11,46	14,29	14,27
Ortoklas	13,79	11,01	16,77
Plagioklas	6,66	15,20	10,95
Opal	5,29	11,53	13,48
Grafit	6,74	4,31	2,98
Natrolit	3,23	3,20	3,57
Kuarsa	8,95		
Hematit	1,74	1,60	2,50
Gibsit	1,68	1,51	2,25
Total	100,00	100,00	100,00

Tabel 3. Hasil pengukuran KTK dari ketiga sampel (dalam cmol(+)/kg)

Parameter Uji	Z1	Z2	Z3
KTK	36,93	50,17	26,50

Hasil Uji Deterjen

Hasil uji toksisitas deterjen dengan variasi jenis zeolit dan konsentrasi yang dilakukan di tempat tinggal salah satu anggota tim di Yogyakarta dengan mematuhi protokol kesehatan. Berdasarkan hasil pada Gambar 2, deterjen yang dibuat termasuk dalam kategori toksisitas letal. Semakin tinggi konsentrasi zeolit yang digunakan pada deterjen, semakin rendah pula kemungkinan kematian makhluk hidup. Hal ini dikarenakan kadar fosfat yang berkurang pada deterjen yang digantikan oleh zeolit alami dengan fungsi yang sama sebagai *builder agent*, sehingga makhluk hidup dalam perairan memiliki masa hidup yang lebih lama.

Dengan menggunakan perbandingan jumlah kematian ikan pada larutan deterjen dengan zeolit dan tanpa zeolit, didapatkan penambahan zeolit Z1 262,5 % lebih ramah lingkungan, penambahan zeolit Z2 320 % lebih ramah lingkungan, dan penambahan zeolit Z3 309,38 % lebih ramah lingkungan dari tanpa penambahan zeolit. Sehingga, penambahan zeolit alami akan lebih ramah lingkungan daripada tanpa zeolit alami dengan rata-rata 297,29 %.

Uji toksisitas memiliki beberapa penyimpangan, yaitu sebagian besar ikan mati hanya dalam waktu 60 menit berbeda dengan ikan di sungai yang terkontaminasi deterjen akan hidup lebih lama dan perbedaan jangka waktu kematian tiap ikan. Hal ini terjadi karena:

1. Konsentrasi deterjen terlalu tinggi. Berbeda dengan sungai yang pelarutnya dapat diasumsikan tak terhingga, dalam ember jumlah pelarut hanya 10 liter sehingga untuk konsentrasi yang sama ikan untuk uji lebih cepat mati,
2. Ember uji tidak dilengkapi aerasi. Ember untuk uji tidak dilengkapi aerasi karena jumlah aerator yang dimiliki terbatas dan tidak cukup untuk seluruh ember, ini berdampak kepada kurangnya oksigen pada ikan di ember,
3. Daya tahan ikan tidak identik satu sama lain. Hal ini mengakibatkan beberapa ikan mudah mati dan lainnya dapat bertahan hidup lebih lama.

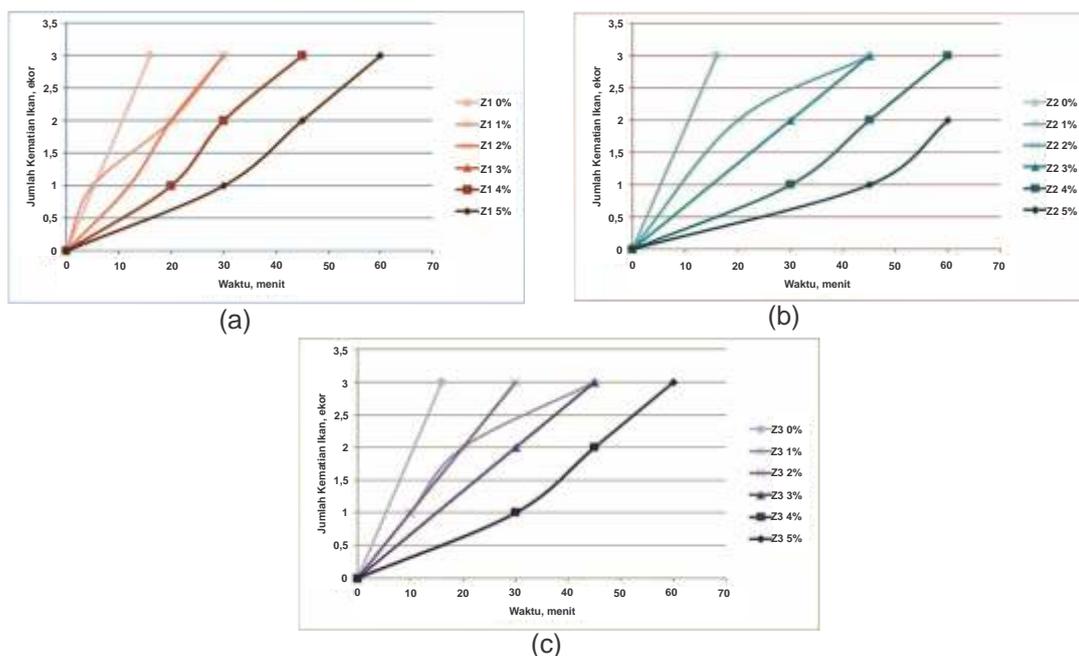
Hasil uji organoleptik dari kedua jenis deterjen yang

dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan pengujian organoleptik deterjen, didapatkan warna deterjen cair normal biru pucat karena penambahan pewarna. Warna deterjen cair dengan zeolit Z1 merah muda, Z2 biru muda, Z3 ungu karena penambahan pewarna. Semua deterjen cair berbau *rose blossom* yang berasal dari penambahan parfum. Untuk deterjen bubuk normal berwarna putih yang berasal dari bahan baku, deterjen bubuk dengan Z1 berwarna hijau, Z2 berwarna coklat, Z3 berwarna coklat akibat penambahan dari masing-masing zeolit. Semua deterjen bubuk berbau sabun yang berasal dari sabun basis untuk deterjen. Bila tidak ditambah pewarna, penambahan zeolit berpengaruh kepada warna deterjen yang dibuat mengikuti warna zeolit yang digunakan, tetapi tidak mempengaruhi bau dan bentuk dari deterjen yang dibuat. Uji stabilitas busa digunakan untuk mengetahui seberapa lama busa yang dihasilkan dapat stabil. Stabilitas busa berbanding lurus dengan kemampuan deterjen untuk menurunkan tegangan permukaan air, semakin banyak surfaktan yang ditambahkan maka busa semakin stabil. Busa dikatakan stabil apabila memiliki nilai stabilitas sekitar 60-70 % dari ketinggian awal setelah 5 menit busa terbentuk. Hasil pengujian stabilitas busa dari kedua jenis deterjen yang dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengujian, deterjen cair memiliki stabilitas busa yang stabil dengan nilai awal 60,87 % untuk deterjen cair normal dan nilai tertinggi 91,67 % untuk deterjen cair dengan konsentrasi zeolit Z3 5 %. Pada Gambar 4a, dapat terlihat bahwa penambahan zeolit meningkatkan stabilitas busa deterjen cair dengan rata-rata peningkatan stabilitas sekitar 6 % setiap penambahan 1 % konsentrasi zeolit, yang berarti penambahan zeolit meningkatkan kemampuan deterjen untuk membersihkan kotoran. Untuk hasil uji pada deterjen bubuk, busa kurang stabil dan berada di kisaran 50 %. Penambahan zeolit tidak terlalu berpengaruh terhadap stabilitas busa untuk deterjen bubuk.

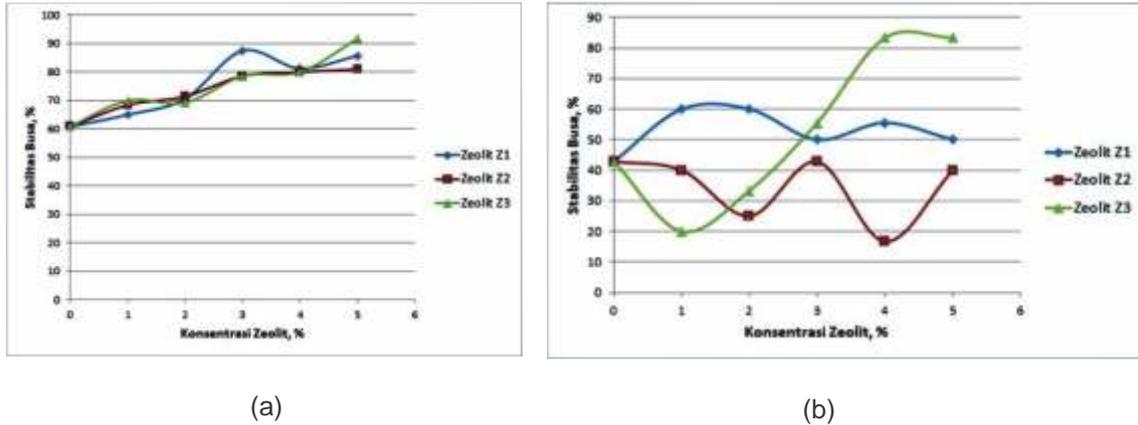
Rata-rata stabilitas busa dari jenis sampel deterjen zeolit cair adalah 78,01 %. Untuk deterjen bubuk yaitu 55,11 %. Urutan jenis sampel zeolit hasil dari yang paling stabil adalah Z1, Z3, dan Z2. Hal ini berhubungan dengan kandungan mordenit tiap sampel. Sampel Z2 memiliki kandungan mordenit yang paling sedikit sehingga terdapat sedikit kanal untuk aliran air dan ion-ion keluar-masuk dan busa lebih sulit pecah. Pada urutan terakhir yaitu Z2, memiliki kandungan mordenit paling banyak sehingga transfer air dan ion yang lebih banyak membuat busa lebih mudah pecah.



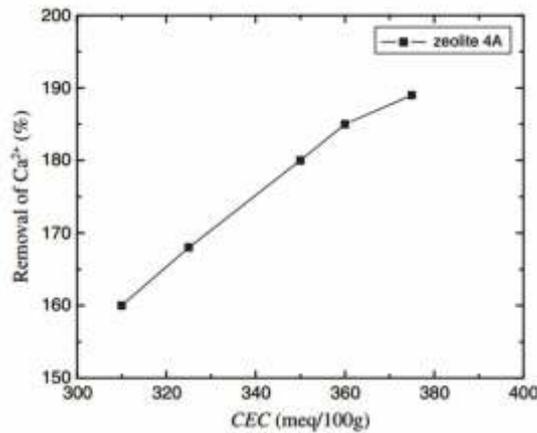
Gambar 2. Grafik hubungan kematian ikan dengan waktu untuk berbagai konsentrasi penambahan zeolit pada sampel (a) Z1, (b) Z2, dan (c) Z3.

Tabel 4. Hasil uji organoleptik sampel deterjen cair dan bubuk

No	Sampel	Warna	Bentuk	Aroma	Keterangan
1	Cair Normal	Biru pucat	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	Warna biru pucat berasal dari pewarna; bau berasal dari penambahan parfum
2	Cair Z1 1%	Merah muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	Warna merah muda berasal dari pewarna; bau berasal dari penambahan parfum
3	Cair Z1 2%	Merah muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
4	Cair Z1 3%	Merah muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
5	Cair Z1 4%	Merah muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
6	Cair Z1 5%	Merah muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
7	Cair Z2 1%	Biru muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	Warna biru muda berasal dari pewarna; bau berasal dari penambahan parfum
8	Cair Z2 2%	Biru muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
9	Cair Z2 3%	Biru muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
10	Cair Z2 4%	Biru muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
11	Cair Z2 5%	Biru muda	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
12	Cair Z3 1%	Ungu	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	Warna ungu berasal dari pewarna; bau berasal dari penambahan parfum
13	Cair Z3 2%	Ungu	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
14	Cair Z3 3%	Ungu	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
15	Cair Z3 4%	Ungu	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
16	Cair Z3 5%	Ungu	Cair	Parfum <i>rose blossom</i>	
17	Bubuk Normal	Putih	Serbuk	Sabun	Warna putih berasal dari natrium sulfat, soda abu, dan STPP
18	Bubuk Z1 1%	Putih	Serbuk	Sabun	Warna putih berasal dari natrium sulfat, soda abu, dan STPP
19	Bubuk Z1 2%	Hijau pucat	Serbuk	Sabun	Warna hijau berasal dari zeolit Z1
20	Bubuk Z1 3%	Hijau muda	Serbuk	Sabun	
21	Bubuk Z1 4%	Hijau muda	Serbuk	Sabun	
22	Bubuk Z1 5%	Hijau muda	Serbuk	Sabun	
23	Bubuk Z2 1%	Putih	Serbuk	Sabun	Warna putih berasal dari natrium sulfat, soda abu, dan STPP
24	Bubuk Z2 2%	Putih	Serbuk	Sabun	Warna putih berasal dari natrium sulfat, soda abu, dan STPP
25	Bubuk Z2 3%	Coklat pucat	Serbuk	Sabun	Warna coklat berasal dari zeolit Z2
26	Bubuk Z2 4%	Coklat muda	Serbuk	Sabun	
27	Bubuk Z2 5%	Coklat muda	Serbuk	Sabun	
28	Bubuk Z3 1%	Putih	Serbuk	Sabun	Warna putih berasal dari natrium sulfat, soda abu, dan STPP
29	Bubuk Z3 2%	Coklat pucat	Serbuk	Sabun	Warna coklat berasal dari zeolit Z3
30	Bubuk Z3 3%	Coklat muda	Serbuk	Sabun	
31	Bubuk Z3 4%	Coklat muda	Serbuk	Sabun	
32	Bubuk Z3 5%	Coklat muda	Serbuk	Sabun	



Gambar 3. Grafik hubungan konsentrasi zeolit dengan stabilitas busa untuk berbagai konsentrasi zeolit pada (a) deterjen cair dan (b) deterjen bubuk.



Gambar 4. Efisiensi penggantian ion kalsium dari air selama pencucian dengan deterjen zeolit 4A (Hui & Chao, 2006 dalam Jha & Singh, 2016)..

DISKUSI

Zeolit merupakan kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah berbentuk kerangka tiga dimensi, bersifat asam dan mempunyai pori yang berukuran molekul. Rumus molekul empiris zeolit adalah $M_x/n[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].mH_2O$, dimana M= kation alkali tanah atau alkali, n = valensi logam alkali, m = jumlah molekul air per unit dan x,y = jumlah tetrahedron per unit sel. (Pálinkó dkk., 2013). Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu kation, kerangka alumina silikat dan air. Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu.

Bentuk kristal zeolit yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah, menyebabkan zeolit memiliki kapasitas adsorpsi yang

tinggi, sehingga zeolit alam dapat dimanfaatkan sebagai agen adsorpsi logam (Emelda dkk., 2013) adsorben pewarna tekstil (Atikah, 2017) campuran pupuk urea dan campuran makanan serta pengolahan limbah ternak (Marfuatun, 2011) dan sebagainya. Sedangkan zeolit sintesis dapat dimanfaatkan sebagai detergent builder, adsorpsi logam berat, agen pemisah gas, dan pengolahan limbah radioaktif (Jha & Singh, 2016)

Zeolit merupakan grup mineral yang beranggotakan mineral mordenit, klinoptilolit, heulandit, chabazit, analsim dan sebagainya (Deer dkk., 2013). Mineral mordenit memiliki sistem kristal ortorombik yang berbentuk morfologi tongkat atau jarum, sedangkan klinoptilolit dan heulandit memiliki sistem kristal monoklin berbentuk tabular. Perbedaan keduanya terletak pada struktur penyusunnya dimana klinoptilolit memiliki perbandingan Si:Al 4, sedangkan heulandit memiliki perbandingan Si:Al <4.

Berdasarkan penelitian Muzwar dkk. (2018), mineral zeolit di Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari didominasi oleh mineral mordenit, klinoptilolit dan heulandit yang terbentuk sebagai hasil alterasi air tanah dan proses diagenesis. Namun, pada hasil analisis XRD penelitian ini (Tabel 2) tidak ditemukan kehadiran mineral heulandit. Banyak sedikitnya kandungan mineral zeolit (klinoptilolit dan mordenit) pada sampel Z1, Z2 dan Z3 yang diteliti akan berpengaruh terhadap kualitas zeolit tersebut sebagai *builder agent* pada deterjen. Semakin tinggi kandungan mineral zeolit pada batuan, maka deterjen yang dihasilkan akan semakin berkualitas, dalam hal ini deterjen dari sampel Z1 dan Z2 memiliki kualitas tertinggi.

Menurut hasil analisis XRF, sampel zeolit dominan tersusun oleh SiO_2 dan Al_2O_3 dengan perbandingan Al/Si pada ketiga sampel berturut-turut bernilai 0,136; 0,151; 0,182. (Tabel 1). Nilai perbandingan Al/Si dari Sidomulyo, Gunungkidul masih berada dalam rentang tersebut yaitu 0,175 (Atikah, 2017). Semakin besar nilai Al/Si menjadi salah satu penyebab meningkatnya kemampuan zeolit sebagai penukar kation, sehingga sampel Z3 memiliki kemampuan penukar kation tertinggi berdasarkan komposisi senyawa silika dan alumina.

Kandungan senyawa toksik fosfat dan klorin pada sampel Z2 memiliki konsentrasi yang paling kecil di antara ketiga sampel. Hal ini berbanding lurus dengan hasil uji toksisitas, dimana organisme uji/ikan memiliki umur hidup yang lebih panjang rata-rata sebesar 297,29 % pada larutan deterjen dengan perbandingan zeolit dan fosfat (STPP) 5:1 daripada larutan deterjen dengan perbandingan zeolit-fosfat 0:6. Dari ketiga sampel zeolit, sampel Z2 memiliki hasil uji toksisitas terbaik sebesar 320 %, dibandingkan sampel Z1 dan Z2 yang hanya 262,5 % dan 309,38 %. Berdasarkan hal tersebut terbukti bahwa zeolit alam dapat menggantikan senyawa fosfat pada deterjen, dimana senyawa fosfat tersebut yang menyebabkan limbah deterjen menjadi tidak ramah lingkungan

Menurut Jha & Singh (2016), mengganti kandungan STTP pada deterjen dengan campuran zeolit sintesis (sodium zeolit A) efektif menjadikannya sebagai water softener agent. Hal ini terjadi karena terjadi pertukaran kation Na^+ pada zeolit dengan kation Ca^{2+}

dan Mg^{2+} sehingga dapat menurunkan tingkat kesadahan air sungai. Penelitian sebelumnya oleh Hui & Chao (2006, dalam Jha & Singh, 2016) menjelaskan bahwa kehadiran zeolit sintesis 4A dari fly ash batubara pada deterjen dapat melarutkan logam berat (Sb, As, Se dan Ti) pada limbah, selain itu penelitian ini juga menjelaskan hubungan antara nilai KTK zeolit dengan kemampuannya menghilangkan kation Ca^{2+} yang berbanding lurus (Gambar 4).

Nilai KTK pada masing-masing zeolit berpengaruh besar terhadap kualitas deterjen yang dihasilkan. Tinggi rendahnya nilai tersebut berpengaruh terhadap kemampuan daya jerap dan pertukaran kation pada zeolit, semakin tinggi nilainya maka kemampuan zeolit dalam menyerap dan menukarkan kation akan semakin baik, sehingga deterjen zeolit dengan sampel Z2 (nilai KTK = 50,17 cmol(+)/kg) (Tabel 3) memiliki kualitas terbaik sebagai campuran pada deterjen. Nilai tersebut juga lebih tinggi daripada hasil penelitian sampel zeolit oleh Wiyantoko & Rahmah (2017) yang bernilai 41,30 cmol(+)/kg.

KESIMPULAN

Dari hasil karakterisasi zeolit serta pemanfaatannya sebagai *builder agent* pada deterjen dapat disimpulkan: Karakteristik ketiga sampel batuan tersusun atas mineral zeolit berupa klinoptilolit dan mordenit, dengan senyawa oksida dominan, yaitu SiO_2 dan Al_2O_3 serta nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada sampel Z1, Z2, dan Z3 berturut-turut yaitu 36,93; 50,17; 26,50 cmol(+)/kg. Zeolit dapat menggantikan peran fosfat sebagai *builder agent* pada deterjen ramah lingkungan. Deterjen dengan sampel Z2 memiliki kemampuan daya jerap dan pertukaran kation terbaik, serta paling ramah lingkungan. Semakin tinggi konsentrasi zeolit dalam deterjen, kelangsungan hidup ikan meningkat sebesar 297,29 %. Penambahan zeolit berpengaruh kepada warna dari deterjen dan tingkat stabilitas busa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Belmawa-Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2021 serta Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan dan fasilitas penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

ACUAN

Agustina, S., Wuryanto dan Suratmono, 2005. Biodegradasi dan Toksisitas Deterjen. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 27(2): 1-7.

- Atikah, W.S., 2017. Potensi Zeolit Alam Gunungkidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil*, 32(1): 17–24.
- Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., 2013. *An Introduction to the Rock Forming Minerals, 3rd Edition*. The Mineralogical Society, London.
- Eberl, D.D., 2003. User's Guide to Rockjock – A Program for Determining Quantitative Mineralogy from Powder X-Ray Diffraction Data. U.S. Geological Survey Open-File Report 03-78, 47h.
- Emelda, L., Putri, S.M. dan Ginting, S., 2013. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr^{3+}). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9(4): 166–172.
- Jha, B. and Singh, D.N., 2016. Applications of Fly Ash Zeolites: Case Studies. *Advanced Structured Materials*, 78: 191-202.
- Koohsaryan, E., Anbia, M. and Maghsoodlu, M., 2020. Application of Zeolites as Non-phosphate Detergent Builders: A Review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(1): 1–27.
- Margeta, K. and Anamarija F., 2020. *Zeolites - New Challenges*. Intech Open. London, United Kingdom.
- Marfuatun, 2011. Manfaat Zeolit dalam Bidang Pertanian dan Peternakan. Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Moshoeshoe, M., Tabbiruka, M.S. and Obuseng, V., 2017. A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites. *American Journal of Materials Science*, 7(5): 196–221.
- Muzwar, K., Hidajat, W., dan Winarno, T., 2018. Genesis dan Karakteristik Endapan Zeolit Desa Hargomulyo dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(1):19–24
- Pálinkó, I., Kónya, Z., Kukovecz, Á., and Kiricsi, I., 2013. Zeolite. Dalam Vajtai, R. (Ed), *Springer Handbook of Nanomaterials*. Berlin, Heidelberg.
- Suryani, I. 2014. Kapasitas Tukar Kation (KTK) Berbagai Kedalaman Tanah pada Areal Konversi Lahan Hutan. *Jurnal Agrisistem*, 10(2): 99–106.
- Wiyantoko, B., and Rahmah, N., 2017. Measurement of Cation Exchange Capacity (CEC) on Natural Zeolite by Percolation Method. *Proceedings AIP Conference*, 1911.
-