



**PENGABDIAN MASYARAKAT DENGAN PROGRAM INOVATIF FILTER AIR ZEOLIT
TERMODIFIKASI DAN PENGEMBANGAN DI BERBAGAI SEKTOR DI DESA
GIRIMUKTI, SANGULING, BANDUNG BARAT**

**COMMUNITY SERVICE WITH INNOVATIVE MODIFIED ZEOLITE WATER FILTER
PROGRAM AND DEVELOPMENT IN VARIOUS SECTORS IN GIRIMUKTI VILLAGE,
SANGULING, WEST BANDUNG**

Thoriq^{1*}, Muhammad Alfajri Hikmattullah², Rizky Sri Rahayu³, Kahirunissa Nasywa Mufidah⁴,
Zidhan Firdaus Ramdhani⁵, Putri Adelia⁶

¹⁻⁶ Kimia, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*10520026@mahasiswa.itb.ac.id

Abstrak: Masyarakat Desa Girimukti memiliki masalah terkait ketersediaan air bersih, terutama di musim hujan. Menindak lanjuti permasalahan tersebut, Himpunan Mahasiswa Kimia 'AMISCA' ITB melakukan pengabdian berbasis kimia yang diberi nama ALIKUOT. Kegiatan pengabdian yang dilakukan berfokus pada pembuatan zeolit termodifikasi sebagai filter air dan pengembangan berbagai sektor seperti pendidikan dan ekonomi melalui penyuluhan di Desa Girimukti, Sanguling, Bandung Barat. Pembuatan zeolit termodifikasi menggunakan campuran NaCl, karbon aktif, dan Ca(ClO)₂, diharapkan dapat menjernihkan air terutama di musim hujan, menyaring berbagai logam berat, serta menghilangkan bau air yang digunakan masyarakat sehari-hari. Pada sektor pendidikan dilakukan edukasi terkait ilmu kimia dan demonstrasi percobaan kimia sederhana. Pada sektor ekonomi dilakukan pengolahan limbah, pembuatan sabun, dan lilin aroma terapi. Metode pengabdian meliputi studi literatur, penentuan masalah, penentuan desa, *social mapping*, penyusunan program, dan *live in* di Desa Girimukti. Hasil dari pengabdian ini adalah terciptanya filter air bersih dan masyarakat mendapat pemahaman terkait pengolahan limbah, pembuatan lilin aroma terapi dan sabun. Harapannya melalui pengabdian yang dilakukan dapat membuat air yang digunakan masyarakat menjadi jernih dan layak digunakan serta masyarakat mendapatkan wawasan terkait implementasi ilmu kimia di kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci: Zeolit, AMISCA, NaCl, Ca(ClO)₂, *Live in*

Abstract: *The village community of Girimukti faces challenges concerning the availability of clean water, especially during the rainy season. In response to this issue, the Chemistry Student Association 'AMISCA' of ITB initiated a chemistry-based community service project named ALIKUOT. The activities focused on producing modified zeolite as a water filter and enhancing various sectors such as education and economy through workshops in Girimukti Village, Sanguling, West Bandung. The production of modified zeolite involved a mixture of NaCl, activated carbon, and Ca(ClO)₂, aiming to clarify water, especially during the rainy season, filter out various heavy metals, and eliminate the odor from water used by the community daily. In the education sector, chemistry-related education and simple chemical experiment demonstrations were conducted. In the economic sector, waste processing, soap making, and aromatherapy candle production were carried out. The methods of community service included literature review, problem identification, village selection, social mapping, program development, and living in Girimukti Village. The outcomes of this service project include the creation of clean water filters and the community's understanding of waste processing, aromatherapy candle, and soap making. The hope is that through these initiatives, the community's water can become clear and safe for use, while also enhancing their understanding of the implementation of chemistry in daily life.*

Keywords: Zeolit, AMISCA, NaCl, Ca(ClO)₂, *Live in*

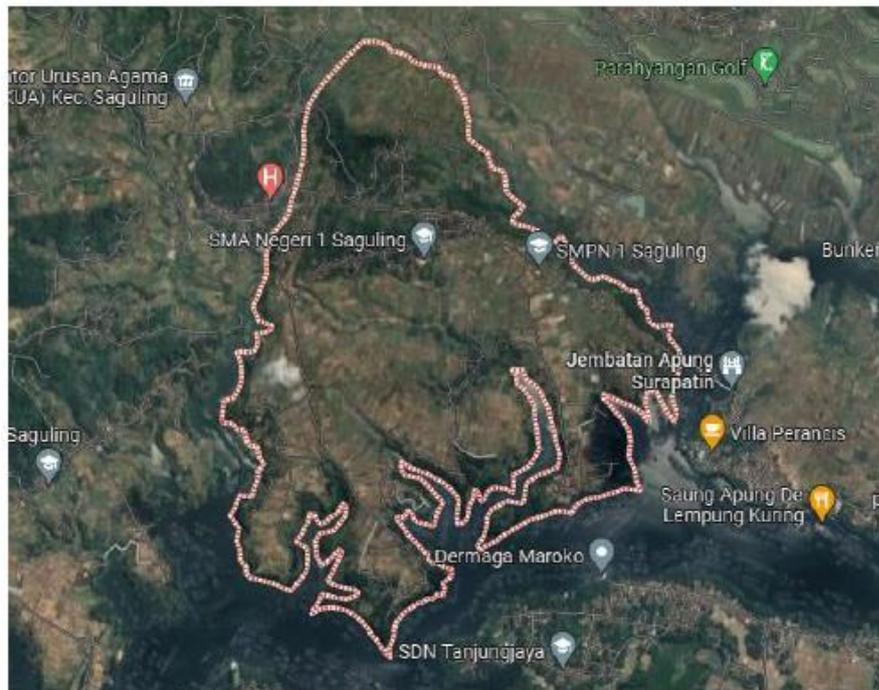
Received	Revised	Published
17 Januari 2024	10 Maret 2024	15 Maret 2024

Pendahuluan

Air bersih merupakan sumber daya fundamental dalam keberlangsungan hidup manusia. Air bersih merupakan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan harian dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air sesuai SNI dan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Kemenkes RI, 2002). Tanpa adanya air bersih, proses biologis maupun aktivitas domestik sehari – hari tidak bisa berlangsung dengan baik. Setiap tahunnya, lebih dari satu juta kematian di dunia disebabkan oleh penggunaan air yang tidak layak (Ritchie dkk., 2019). Kebutuhan air bersih ini akan bergantung kepada populasi masyarakat di suatu tempat, terutama di Negara Indonesia yang memiliki penduduk cukup banyak dan bertambah setiap waktunya. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan akses air bersih sangat penting bagi masyarakat Indonesia.

Penyediaan air bersih di Indonesia merupakan kewajiban pemerintah daerah yang penyelenggaraannya dibagi antara pemerintah pusat, provinsi, dan kabupaten/kota (Purwanto, 2020). Dalam segi pendanaan, dalam periode 2014-2019, anggaran pemerintah untuk sektro air bersih memiliki nilai sekitar Rp. 3,5 sampai 6,5 triliun, dengan rata – rata Rp. 4,5 triliun pertahunnya (Bappenas, 2019). Dari data tahun 2018, didapatkan bahwa akses air layak minum nasional sudah mencapai angka 87,75% dari total populasi Indonesia dan ditargetkan mencapai angka 100% pada akhir tahun 2024 (Bappenas, 2020).

Salah satu bukti kurangnya akses air minum ini kami dapati pada Kampung Cipait yang bertempat di Desa Girimukti, Kecamatan Sanguling, Kabupaten Bandung Barat. Berdasarkan survey konsidi umum yang kami lakukan pada tanggal 10 September 2023 dan diskusi bersama warga serta perangkat Kampung Cipait, kami mendapatkan bahwa masalah utama yang dirasakan oleh warga Kampung Cipait adalah kualitas air yang buruk pada saat musim hujan dan distribusi air yang kurang merata akibat kondisi lingkungan yang sulit diakses dari satu tempat ke tempat lain. Menindak lanjuti kondisi ini, Himpunan Mahasiswa Kimia 'AMISCA' ITB melakukan pengabdian berbasis kimia yang diberi nama ALIKUOT yang berfokus pada pembuatan zeolit termodifikasi sebagai filter air.



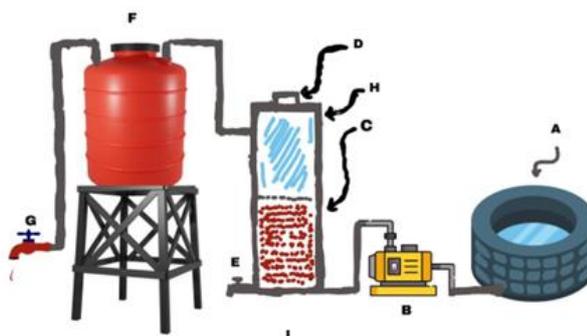
Gambar 1 Kondisi Geografis Desa Girimukti

Jika dilihat dari kondisi geografis (**Gambar 1**), Kampung Cipait, Desa Girimukti memiliki kondisi pemukiman berpola menyebar dengan jarak antar rumah yang cukup jauh dengan total dihuni oleh kurang lebih 63 keluarga yang terdiri dari empat Rukun Tetangga (RT) dan satu Rukun Warga (RW). Kampung Cipait belum memiliki sarana prasarana yang baik, seperti jarak yang harus ditempuh untuk menuju sekolah cukup jauh, akses jalan yang sulit dijangkau akibat lokasinya yang berada di perbukitan, kualitas sumber daya air yang belum memadai untuk digunakan sepanjang tahun, serta kurangnya fasilitas umum untuk kegiatan warga. Selain itu, dari aspek ekonomi, mayoritas masyarakatnya berada dalam kelas menengah ke bawah. Padahal Kampung Cipait memiliki potensi ekonomi yang cukup baik khususnya pada penjualan hasil tani seperti padi dan jagung. Oleh karena itu, kami merancang empat program yang bertujuan untuk pengembangan sarana prasarana, kualitas pendidikan, dan pengembangan ekonomi warga Kampung Cipait, yaitu: Pembuatan Filter Air Bersih dengan Memanfaatkan Teknologi Zeolit Termodifikasi, Peningkatan Minat Generasi Muda terhadap Sains, Pengembangan Potensi Ekonomi Masyarakat melalui Metode Pelatihan Pemasaran, dan Pelatihan Pembuatan Produk dari Pengolahan Limbah Berbasis Sains (*Hand Sanitizer*, Sabun, Lilin Aroma terapi dan pengelolaan limbah).

Metode

Pengabdian masyarakat yang dilakukan dalam menyelesaikan suatu permasalahan di masyarakat dengan berbasiskan ilmu kimia pada program yang bernama "ALIKUOT" dilaksanakan pada 11-12 November 2023 dan 18-19 November 2023 di Kampung Cipait, Desa Girimukti, Kecamatan Sanguling, Kabupaten Bandung Barat. Aspek utama yang menjadi fokus dalam pengabdian ini adalah mengenai kondisi air pada Desa Girimukti yang keruh pada musim hujan. Metode dalam menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan membangun filter air berbasis kimia menggunakan zeolit sebagai absorben yang termodifikasi dengan perlakuan tertentu.

Proses pembuatan filter air yang digunakan meliputi beberapa tahap yaitu pembelian alat dan bahan yang digunakan, melakukan perlakuan khusus secara kimia dalam meningkatkan kemampuan zeolit sebagai absorben, dan pemasangan filter air bersama masyarakat. Adapun alat dan bahan yang digunakan di antaranya tandon air besar sebanyak dua buah, pipa *polivynil chloride*, keran air, pompa air, batu bata, dan semen. Sedangkan dalam pembuatan filter airnya digunakan alat dan bahan seperti kolom filter besar, zeolit, karbon aktif, dan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Berikut merupakan skema pembangunan filter air yang dilakukan.



Gambar 2 Skema teknologi filter air

(Keterangan: A) Sumber air; B) pompa air; C) zeolit termodifikasi; D) backwash; E) keran sisa kotoran; F) tandon; G) keran air; H) air; I) kolom filter)

Berdasarkan skema pada **Gambar 2** tersebut kolom filter dibuat menggunakan zeolit yang dimodifikasi dengan pengaktifan zeolit di laboratorium kimia ITB menggunakan larutan NaCl 1 M selama 5 jam, kemudian ditambahkan beberapa lapisan karbon aktif, serta $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ atau kalsium hipoklorit.

Selain aspek penjernihan air, dilakukan juga penyuluhan dalam upaya peningkatan kualitas ekonomi dan pendidikan masyarakat Desa Girimukti. Sebelum dilakukan penyuluhan, dilakukan beberapa tahapan yang dimulai dari survei lokasi, diskusi bersama *stakeholder*, dan eksekusi program dengan diadakannya *workshop* bersama warga tentang pemanfaatan ilmu kimia menjadi barang yang berguna dan demonstrasi langsung percobaan kimia sederhana di sekolah.

Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan studi literatur serta melakukan survei langsung di Desa Girimukti, memang kondisi air pada desa tersebut cenderung keruh dan pendistribusiannya hanya terpusat di beberapa rumah tertentu. Masyarakat diharuskan berjalan kaki untuk mengambil air dari sumber air ke rumahnya masing-masing. Selanjutnya, dilakukan diskusi bersama *stakeholder* terkait program yang akan dilaksanakan. Sehingga, diperoleh suatu lokasi tempat pembangunan filter air yang merupakan tanah wakaf dari salah satu warga.

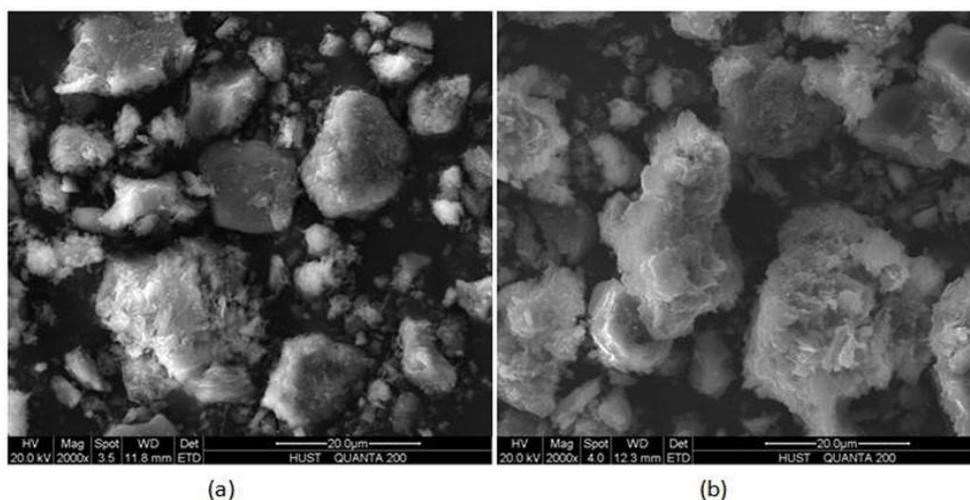
Pembangunan filter air dilakukan menggunakan absorben berupa zeolit. Zeolit merupakan suatu material dalam bentuk kristal hidrat aluminium silikat dengan luas permukaan tertentu sehingga sangat berpotensi menjadi sebuah absorben. Zeolit umumnya memiliki struktur tertrahedral dari penyusunnya seperti $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga tercipta struktur kerangka tiga dimensi terbuka yang

mengandung rongga, di dalamnya dapat terisi oleh ion-ion logam yang biasanya merupakan logam alkali atau alkali tanah, sedangkan air dapat bergerak bebas di dalamnya (Lestari, 2010).

Pada pembuatan filter air digunakan zeolit alam yang terbentuk dengan adanya proses kimia dan fisika yang kompleks, terjadi secara alami pada berbagai batuan yang mengalami perubahan di alam. Zeolit biasanya terdiri dari tiga komponen yaitu kation, kerangka alumina silikat, dan air. Struktur tiga dimensi zeolit terdiri dari bagian netral dan bagian bermuatan. Ion-ion pada permukaan zeolit dapat tersubstitusi tanpa mengubah struktur isomorfisnya sehingga dapat menimbulkan gradien muatan listrik dalam kanal ruangan pada zeolit. Dengan adanya gradien muatan tersebut menyebabkan adsorbat berupa ion-ion logam dapat berinteraksi dan masuk ke pori zeolit (Mockovčiaková dkk., 2008).

Aktivasi zeolit dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Aktivasi secara fisika dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi, pengayakan, atau metode lain yang dapat mengubah ukuran kristal zeolit. Sedangkan aktivasi secara kimia dapat dilakukan melalui pengasaman yang menyebabkan terjadinya pertukaran ion H^+ . Selain itu zeolit juga dapat dimodifikasi dengan cara melalui substitusi isomorfis, dealuminasi, dan pertukaran ion dengan penuansaan zeolit pada garam dengan salinitas tertentu (Mirzaei dkk., 2018).

Pada pembuatan filter air, zeolit yang digunakan dimodifikasi menggunakan NaCl dengan salinitas tertentu selama satu hari kemudian dikeringkan selama 5 jam. Berikut merupakan hasil karakterisasi zeolit alam dan zeolit termodifikasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

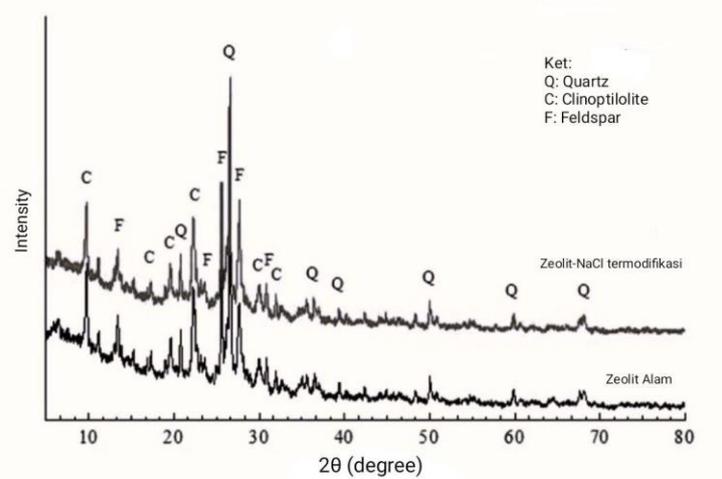


Gambar 3 Karakterisasi Zeolit dengan SEM
Keterangan: (a) Zeolit alam, (b) Zeolit-NaCl (Cheng dkk., 2017)

Berdasarkan hasil karakterisasi yang terlihat pada **Gambar 3**, zeolit alam sebelum dimodifikasi memiliki ukuran pori yang sangat kecil. Setelah dimodifikasi menggunakan NaCl, struktur zeolit memiliki pori yang lebih terbuka dibanding zeolit alam. Terdapat perubahan dari ukuran, bentuk, dan struktur porinya setelah dimodifikasi NaCl yang meningkatkan kapasitas absorpsinya.

Sedangkan untuk penyusun mineral penyusun zeolit sebelum dan sesudah modifikasi tidak mengalami perubahan. Hal tersebut dapat dianalisis menggunakan XRD. Berikut

merupakan hasil karakterisasi XRD zeolit alam dan zeolit termodifikasi.



Gambar 4 Hasil XRD Zeolit Alam dan Zeolit-NaCl Termodifikasi (Razzak & Las, 2013)

Berdasarkan Gambar 4, dapat ditentukan bahwa mineral penyusun zeolit yaitu Quartz, Clinoptilolite dan Feldspar tidak mengalami degradasi struktural sebelum dan sesudah di modifikasi. Zeolit mengandung kation seperti Na^+ , K^+ , dan Ca^{2+} dalam zeolit menentukan kemampuan pertukaran dan absorpsi ion logam pada air yang di filtrasi. Semakin banyak konsentrasi ion-ion tersebut pada suatu mineral zeolit, kemampuan pertukaran ionnya juga semakin kuat. Sedangkan rasio Si dan Al pada zeolit berpengaruh terhadap stabilitas termal dan stabilitas fisiknya.

Modifikasi zeolit alam yang dilakukan menggunakan NaCl 1 M selama satu malam dengan perbandingan rasio 1:50 (1 g zeolit: 50 mL). Kemudian dikeringkan selama lebih kurang 5 jam. Selanjutnya dimasukkan ke kolom filter. Selain itu karbon aktif dan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ juga dimasukkan. Kolom filter dihubungkan ke tandon penampungan air. Di sisi lainnya, juga dihubungkan dengan pompa air yang mengalirkan air langsung dari sumur menggunakan PVC. Fungsi dari zeolit adalah untuk memfilter kandungan logam yang terdapat pada air. Sedangkan karbon aktif berfungsi untuk menyerap bau pada air. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ berfungsi sebagai senyawa yang dapat membunuh berbagai bakteri.

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang diperlakukan khusus untuk mendapat daya absorpsi tinggi. Karbon aktif dapat menyerap senyawa kimia tertentu tergantung volume pori dan luas permukaannya. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-1000% (Hendra dkk., 2008). Selain dapat menyerap beberapa senyawa kimia tertentu, karbon aktif juga dapat menyerap logam seperti Fe^{2+} dan Ce^{2+} . Dengan tinggi karbon aktif pada kolom sebesar 27 cm, konsentrasi Fe^{2+} yang dapat terserap yaitu 2 g/L (Masriatini & Fatimura, 2018). Pada pembuatan filter air, tinggi karbon aktif dalam kolom yang digunakan hanya 4,5 mL yang fokus penyerapannya hanya untuk memfilter bau pada air.

Selain itu digunakan juga $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ atau sering dikenal dengan kaporit dapat digunakan sebagai bahan aktif desinfektan yang dapat membunuh bakteri. Hal tersebut karena pada kalsium hipoklorit atau kaporit mengandung klor aktif. Klor aktif dapat digunakan sebagai bahan

desinfeksi dengan konsentrasi minimal 50 ppm (Depkes RI, 2003). Pada pembuatan filter air yang dilakukan, klor aktif yang terkandung dalam kaporit tersebut dimasukkan ke dalam kolom khusus untuk mencegah kontaminasi dari absorben lain.

Berikut merupakan hasil pengamatan sederhana terkait air yang difilter menggunakan zeolit termodifikasi.

Tabel 1 Hasil pengujian sederhana terkait air sumur sebelum dan setelah filtrasi

Jenis pengujian	Sebelum Filtrasi	Setelah Filtrasi
Bentuk	Keruh	Jernih
Aroma	Berbau Logam	Tidak berbau
Rasa	rasa agak asam	Tidak berasa
pH	6,5	6,8

Berdasarkan **Tabel 1** tersebut, secara kualitatif dapat diketahui bahwa air sumur yang biasa digunakan oleh warga dalam berkegiatan sehari-hari mengandung kadar logam. Namun, untuk pengujian lebih lanjut, dapat ditentukan kadar logam pada air tersebut dengan instrumen seperti AAS dan ICP. Selain itu, di laboratorium juga dapat dilakukan pengujian menggunakan titrasi redoks dan kompleksometri untuk menentukan kadar logam seperti Al dan Ca. Setelah dilakukan filtrasi menggunakan filter air yang dibuat dan dipasang sebelum air memasuki penampungan di tandon, air yang dihasilkan terlihat jernih, tidak berbau, dan tidak berasa dengan pH 6,8. Berikut (**Gambar 5**) merupakan pembangunan filter air yang dilakukan oleh Himpunan Mahasiswa Kimia “AMISCA” ITB bersama masyarakat di Desa Girimukti, Kabupaten Bandung Barat.



Gambar 5 Pembangunan Filter Air oleh Mahasiswa bersama Masyarakat

Selain itu, dalam rangka peningkatan kualitas pendidikan siswa di Desa Girimukti, dilakukan juga pengajaran, pengenalan dan demonstrasi ilmu kimia sederhana yang salah satunya melibatkan reaksi penguraian senyawa H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 yang dikenal dengan percobaan odol gajah. Siswa dan masyarakat yang mengikuti kegiatan tersebut terlihat sangat senang dan antusias mempelajari eksperimen kimia yang menakjubkan.



Gambar 6 (a) Demonstrasi percobaan kimia sederhana, (b) foto bersama warga setelah *workshop* pengolahan limbah, pembuatan lilin aroma terapi, sabun, dan *handsanitizer*

Selain dilakukan upaya peningkatan pendidikan, dilakukan juga pengembangan disektor ekonomi mandiri dengan pembuatan pengenalan cara memilah limbah organik, anorganik, dan B3, pelatihan pembuatan sabun dari bahan sederhana yang mudah ditemukan, pembuatan lilin aroma terapi, dan pembuatan handsanitizer.

Lilin aroma terapi dibuat menggunakan parafin yang dilelehkan dan dicetak dalam suatu cetakan serta ditambahkan beberapa ekstrak senyawa kimia yang terkandung dari tumbuhan yang banyak dijumpai seperti asam sitrat dari ekstrak jeruk, Citronellal, Citronellol, dan Geraniol yang terdapat pada sereh, dan beberapa senyawa flavanoid lainnya (Halim & Fitri, 2020). *Hand sanitizer* dibuat menggunakan etanol 96%, hidrogen peroksida 3%, gliserol, dan aquades. Lilin aroma terapi yang mengandung beberapa senyawa kimia aktif tersebut dapat memberi aroma yang wangi dan dapat menjadi anti nyamuk (Melviani dkk., 2021). Sedangkan *hand sanitizer* dapat menjadi desinfektan yang dapat membunuh berbagai jenis bakteri (Asngad dkk., 2018). Berdasarkan **Gambar 6** terlihat bahwa siswa dan masyarakat sangat antusias mengikuti berbagai kegiatan yang dilaksanakan.

Dengan adanya pengabdian yang dilakukan oleh Himpunan Mahasiswa Kimia 'AMISCA' ITB di Desa Girimukti dalam program Alikuot 2023, diharapkan masyarakat di desa tersebut dapat menggunakan air bersih dalam beraktivitas. Selain itu, melalui beberapa pelatihan yang dilakukan, diharapkan dapat meningkatkan kualitas pendidikan dan ekonomi masyarakat, serta menjadikan Desa Girimukti menjadi Desa yang mandiri. Dengan terlaksananya pengabdian masyarakat dalam program Alikuot 2023, salah satu bentuk pengamalan tri dharma perguruan tinggi yang dilakukan oleh HMK 'AMISCA' ITB, dapat meningkatkan kesejahteraan, peningkatan kualitas, serta kemampuan setiap sumber daya manusia di Desa Girimukti.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian di Desa Girimukti dalam pembangunan filter air menggunakan zeolit termodifikasi dapat terlaksana dengan baik dan diperoleh air yang jernih dan layak digunakan masyarakat. Selain itu, kegiatan peningkatan diberbagai sektor telah terlaksana melalui pelatihan dengan harapan dapat meningkatkan kualitas pendidikan dan ekonomi masyarakat Girimukti.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Kemahasiswaan ITB yang mendanai kegiatan ini. Terima kasih kepada Bapak Dr. Grandprix Thomryes Marth Kadja, M.Si. sebagai dosen pembimbing dalam sintesis zeolit termodifikasi yang digunakan. Terima kasih kepada Departemen Keilmuan dan Karya HMK 'AMISCA' ITB 2023/2024 sebagai konseptor program Alikuot 2023 dan terima kasih kepada semua massa 'AMISCA' yang berpartisipasi demi suksesnya pengabdian yang dilakukan.

Referensi

- Asngad, A., R, A. B., & Nopitasari, N. (2018). Kualitas Gel Pembersih Tangan (*Handsanitizer*) dari Ekstrak Batang Pisang dengan Penambahan Alkohol, Triklosan dan Gliserin yang Berbeda Dosisnya. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(2), 61–70. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i2.6888>
- Bappenas. (2019). Bahan Rapat Program 10 Juta Sambungan Air Minum. Rakor Kantor Wakil Presiden, 8 April 2019.
- Bappenas. (2020). Baseline dan Target RPJMN 2020-2024 Sektor Perumahan, Air Minum, dan Sanitasi (Artikel web). Diakses di <https://www.nawasis.org/portal/digilib/read/baseline-dan-target-rpjm-2020-2024-sektor-perumahan-air-minum-dan-sanitasi/51688>.
- Cheng, Q., Li, H., Xu, Y., Chen, S., Liao, Y., Deng, F., & Li, J. (2017). Study on the adsorption of nitrogen and phosphorus from biogas slurry by NaCl-modified zeolite. *PLoS ONE*, 12(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176109>.
- Depkes RI. (2003). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1098 tentang Persyaratan Hygiene Sanitasi Rumah Makan dan Restoran Jakarta.
- Halim, Rd., & Fitri, A. (2020). Aktivitas Minyak Sereh Wangi Sebagai Anti Nyamuk. *Jurnal Kesmas Jambi*, 4(1), 28–34. <https://doi.org/10.22437/jkmj.v4i1.8940>
- Hendra, D., & Saptadi, D. (2007). Sifat Arang Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 25(4), 291-302.
- Kemendes RI. (2002). Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.
- Lestari, D. Y. (2010). Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*.
- Masriatini, R., & Fatimura, M. (2018). PEMANFAATAN KARBON AKTIF SEBAGAI PENYERAP ION BESI. *Jurnal Redoks*, 3(2), 51–54. <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i2.3335>
- Melviani, M., Nastiti, K., & Noval, N. (2021). PEMBUATAN LILIN AROMATERAPI UNTUK MENINGKATKAN KREATIVITAS KOMUNITAS PECINTA ALAM DI KABUPATEN BATOLA. *RESWARA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 300–306. <https://doi.org/10.46576/rjpkm.v2i2.1112>.

- Mockovčiaková, A., Matik, M., Orolínová, Z., Hudec, P., & Kmecová, E. (2008). Structural characteristics of modified natural zeolite. *Journal of Porous Materials*, 15(5), 559–564. <https://doi.org/10.1007/s10934-007-9133-3>
- Mirzaei, N., Mahvi, A. H., & Hossini, H. (2018). Equilibrium and kinetics studies of Direct blue 71 adsorption from aqueous solutions using modified zeolite. *Adsorption Science and Technology*, 36(1–2), 80–94. <https://doi.org/10.1177/0263617416684836>
- Purwanto, E. W. (2020). Pembangunan Akses Air Bersih Pasca Krisisi Covid-19. *The Indonesian Journal of Development Planning*, 4 (2), 207 – 214. Diakses di <https://journal.bappenas.go.id/index.php/jpp/article/download/111/86/>.
- Razzak, M. T., & Las, T. (2013). The Characterization of Indonesian's Natural Zeolite For Water Filtration System. *Valensi*, 3(2), 129-137.
- Ritchie, H., Spooner, F., & Roser, M. (2019). Clean Water (artikel web). Diakses di <https://ourworldindata.org/clean-water>.