

Studi Perbandingan Komposisi Campuran Zeolit Dengan Resin Kation Terhadap Nilai Kesadahan, Konduktivitas, Dan pH Air Pada Pengolahan Air Lunak

Yusdianto¹, Siti Nurhalisa Thamrin², Hendi Lilih Wijayanto^{3*}, Setiarto Pratigto⁴, Rahmayanti⁵

¹Department of Minerals Process Engineering, Politeknik ATI Makassar, Makassar, Indonesia.

^{2,4,5}Department of Minerals Process Engineering, Politeknik Industri Logam Morowali, Morowali, Indonesia

³Department of Mechanical Maintenance Engineering, Politeknik Industri Logam Morowali, Morowali, Indonesia

*E-mail Correspondence: hendilw@gmail.com

(Received : 7 Mei 2024 ; Accepted: 31 Desember 2024; Published: 31 Desember 2024)

Abstrak

Morowali merupakan kawasan industri yang bergerak dalam bidang produksi logam. Produksi baja erat kaitannya dengan proses pendinginan, khususnya pendinginan peralatan. Dalam proses pendinginan, digunakan air sebagai media pendingin. Air yang digunakan dalam proses pendinginan harus bebas mineral terutama yang dapat merusak peralatan menara pendingin. Beberapa parameter uji analisa antara lain pH, daya hantar listrik, dan kesadahan. Untuk, memperoleh air pendingin yang sesuai standar, maka diperlukan proses pengolahan. Salah satu proses pengolahan yang digunakan adalah dengan metode pertukaran ion menggunakan media resin kation, tetapi terdapat penurunan masa pakai resin kation. Salah satu material alternatif yang dapat digunakan sebagai media pertukaran ion adalah zeolite. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan persen penyisihan (removal) kesadahan, konduktivitas, dan pH antara variasi campuran zeolit dan resin kation dalam proses pengolahan air lunak. Oleh karena itu, salah satu solusi yang dapat dicoba adalah dengan cara menggunakan campuran komposisi antara resin kation dengan zeolit sebagai media pertukaran ion. Penelitian dilakukan menggunakan alat simulator sederhana dengan variasi komposisi campuran zeolit dan resin kation dengan sampel awal dan laju alir air yang sama. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai persen penyisihan (removal) kesadahan untuk sampel R100, Z100, R75:Z25, R50:Z50, R25:Z75 dan R0:Z100 secara berturut-turut adalah 85.45%;50.91%;40.91%;14.54%;5.45%. Nilai pH berturut-turut adalah 7,37, 7,85, 7,80,7,79, 7,58, 7,43. Serta nilai konduktivitas secara berturut-turut 612 μ S/cm, 772 μ S/cm, 719 μ S/cm, 768 μ S/cm, 623 μ S/cm, 620 μ S/cm.

Kata kunci: Pertukaran ion, Resin kation, Zeolit, Kesadahan, pH, Konduktivitas.

Abstract

Morowali is an industrial area that produces metal. Steel production is closely related to the cooling process, especially equipment cooling. Water is used as a cooling medium in the cooling process. The water used in the cooling process must be free of minerals, especially those that can damage the cooling tower equipment. Some analytical test parameters include pH, electrical conductivity, and hardness. To obtain cooling water that meets the standards, a treatment process is required. One of the treatment processes used is the ion exchange method using cation resin media, but there is a decrease in the lifetime of cation resin. One alternative material that can be used as an ion exchange medium is zeolite. This study compares how different zeolite mixes and cation resins remove hardness, conductivity, and pH percentages in soft water treatment procedures. Therefore, one solution that can be tried is to use a mixture of composition between cation resin and zeolite as an ion exchange medium. The research was conducted using a simple simulator tool by varying the composition of the mixture of zeolite combined with cation resin with the same initial sample and water flow rate. From the test results that have been carried out, the percent value of hardness removal for samples R100:Z100; R75:Z25; R50:Z50; R25:Z75; and R0:Z100 are 85.45%;50.91%;40.91%;14.54%;5.45% respectively. The pH values were 7,37, 7,85, 7,80, 7,79, 7,58, 7,43 respectively. And the conductivity values are 612 μ S/cm, 772 μ S/cm, 719 μ S/cm, 768 μ S/cm, 623 μ S/cm, 620 μ S/cm respectively.

PENDAHULUAN

Air merupakan unsur yang penting dalam kehidupan manusia. Sumber utama air di muka bumi saat ini adalah laut dan semua air akan kembali ke laut yang bertindak sebagai penampung air atau “*reservoir*” (Zuraida et al., 2022). Air mengalami daur hidrologi. Selama mengalami daur hidrologi, air menyerap zat-zat pengotor selama prosesnya. Hal tersebut menyebabkan air menjadi tidak murni. Air dapat dikelompokkan menjadi air rumah tangga dan air industri menurut penggunaannya, dimana masing-masing memiliki persyaratan tertentu. Persyaratan tersebut meliputi persyaratan fisik, kimia, dan biologis (Nasution, 2021).

Air lunak adalah air dengan kadar mineral yang rendah. Mineral yang dimaksud adalah mineral-mineral penyebab kesadahan, Kesadahan umumnya disebabkan oleh adanya kation atau logam 2 variabel, seperti kalsium, magnesium, besi, mangan, dan barium. Namun demikian, magnesium dan kalsium merupakan kontributor utama untuk kesadahan (Lilih Wijayanto et al., 2024). (Kimia, n.d.)

Air pada dunia industri adalah bahan penting sebagai suatu tempat dilaksanakannya proses produksi maupun pengolahan bahan-bahan, memerlukan air untuk berbagai keperluan khusus, misalnya sebagai bahan baku proses, bahan pelarut, media pendingin, uap pemanas, uap pembangkit listrik, pencucian peralatan, pemadam kebakaran dan sebagainya (Tuhuloula, 2016). Suplai atas kebutuhan air untuk industri dapat dicukupi dengan cara mengolah air yang ada di alam misalnya air sumur, air sungai, dan air laut, dengan pengolahan yang sesuai bahan baku dan tujuan akhir penggunaannya di industri (Grönwall & Danert, 2020). Air yang didapat dari sumber air tanah, air hujan, dll. tidak dapat langsung digunakan untuk kebutuhan air pendingin, air boiler, dan air proses (Miskah et al., 2019).

Produksi baja erat kaitannya dengan proses pendinginan, khususnya pendinginan peralatan. Dalam proses pendinginan, digunakan air sebagai media pendingin (El-Dessouky & Ettouney, 2002). Mineral, terutama yang dapat membahayakan mesin menara pendingin, harus tidak ada dalam air yang digunakan dalam proses pendinginan. Parameter uji yang dinilai meliputi kesadahan, konduktivitas, dan pH. (Siswara Arlingga et al., 2021).

Air yang berasal dari rumah tangga dengan tingkat kesadahan yang berlebihan dapat mempengaruhi kesehatan dan meninggalkan endapan pada peralatan dapur (Talat, 2020).

Sedangkan untuk keperluan kebersihan dan pencucian akan mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak karena salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur kalsium atau magnesium (Abeliotis et al., 2015). Elemen kalsium dalam air industri dapat menyebabkan penumpukan kerak pada dinding peralatan, terutama peralatan penukar panas, yang dapat mengakibatkan panas berlebih atau penurunan kinerja penukar panas (Berce et al., 2021). Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan industri. Akibat adanya masalah tersebut, digunakanlah air lunak pada proses industri.

Standar kesadahan pada air lunak adalah kurang dari 2 mgCaCO₃/L. Untuk memperoleh air pendingin yang sesuai standar, maka diperlukan proses pengolahan. Salah satu proses pengolahan yang digunakan adalah dengan metode pertukaran ion menggunakan media resin kation (Cobzaru & Inglezakis, 2015; Sangeetha et al., 2020). Namun, akhir-akhir ini terdapat penurunan masa pakai resin kation. Salah satu material alternatif yang dapat digunakan sebagai media pertukaran ion adalah zeolit. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Marsidi (2001), zeolit dapat menurunkan kesadahan hingga 99,56%. Oleh karena itu, salah satu solusi yang dapat dicoba adalah dengan cara menggunakan campuran komposisi antara resin kation dengan zeolit sebagai media pertukaran ion.

METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimen dimana pertama-tama dilakukan studi literatur untuk mengetahui penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait topik yang diangkat menjadi tugas akhir. Selanjutnya dilakukan eksperimen yaitu percobaan dengan menggunakan alat simulator sederhana.

Variabel Penelitian

Penelitian ini memuat beberapa jenis variabel, di antaranya:

1. Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang tidak berubah dan tidak divariasikan. Dalam penelitian ini variabel tetapnya berupa media penukar ion, nilai kesadahan, pH, dan konduktivitas awal sampel air, serta laju alir air (Anjali et al., 2019; Bera et al., 2023; Safitri, 2015). Media penukar ion yang digunakan adalah resin kation asam kuat dengan

gugus asam sulfonat dan zeolit alam jenis klinoptilolit ukuran 1-2 mm.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang disebabkan karena perlakuan yang diberikan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya berupa kesadahan, pH, dan konduktivitas akhir sampel air (Bera et al., 2023; Diki Ahmad Sodik, 2012).

3. Variabel Bebas

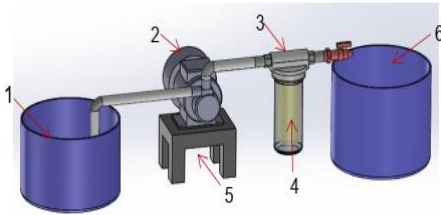
Variabel bebas adalah variabel yang berubah-ubah dan berpengaruh pada variabel lain. Data variabel ini dibuat bervariasi sesuai dengan desain penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebasnya berupa perbandingan komposisi campuran antara resin kation dan zeolit yaitu: 100%:0%; 75%:25%; 50%:50%; 25%:75%; dan 0%:100%.

Prosedur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Pembuatan alat simulator sederhana

Alat simulator dibuat sederhana dengan desain alat sebagai berikut



Gambar 1. Desain alat simulator sederhana

Keterangan:

- 1: Inlet
- 2: Pompa
- 3: Rumah filter
- 4: Media penukar ion
- 5: Dudukan pompa
- 6: Outlet

Terdapat tiga komponen utama yaitu pompa, rumah filter, dan pipa. Pompa berfungsi untuk memompa air menuju rumah filter, rumah filter berfungsi sebagai wadah media penukar ion, dan pipa berfungsi sebagai jalur air.

Pengambilan sampel awal

Sampel yang digunakan adalah air produksi. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan membilas wadah sampel terlebih dahulu agar terhindar dari kotoran-kotoran yang dapat mempengaruhi kualitas air. Proses pengambilan dilakukan langsung di pompa air produksi.

Pengukuran nilai kesadahan awal

Proses pengukuran nilai kesadahan dilakukan dengan titrasi menggunakan metode kompleksometri. Diambil 25 mL sampel air ke dalam labu erlenmeyer ukuran 250 mL, ditambahkan 5 mL larutan buffer amonia-amonium klorida, 2-4 tetes indikator krom hitam T, kemudian dititrasi dengan larutan standar EDTA 0,0107 mol/L sampai larutan berubah dari anggur merah ke biru solid. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan nilai kesadahan adalah sebagai berikut (Changzhou, 2005).

$$\text{Kesadahan (mgCaCO}_3\text{/L)} = \frac{1000}{V_{C.u.}} \times V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- $V_{C.u.}$: Volume contoh uji (ml)
 V_{EDTA} : Volume EDTA (ml)
 M_{EDTA} : Konsentrasi EDTA (mol/L)

Pengukuran pH awal

Proses pengukuran nilai pH awal dilakukan dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran dilakukan dengan mengaktifkan alat kemudian mencelupkan indikator pH ke dalam sampel, kemudian nilai pH akan otomatis terbaca pada alat.

Pengukuran konduktivitas awal

Proses pengukuran nilai konduktivitas dengan alat konduktometer. Pengukuran dilakukan dengan mengaktifkan alat kemudian mencelupkan indikator ke dalam sampel, kemudian nilai konduktivitas akan otomatis terbaca pada alat.

Pengoperasian alat

Pengoperasian alat sederhana hanya dengan menyalakan pompa. Namun, terlebih dahulu isi filter disesuaikan dengan variasi perbandingan campuran resin kation dan zeolit sesuai dengan variabel penelitian yang telah ditentukan. Resin kation dan zeolit dikombinasikan dengan susunan zeolit di bagian bawah dan resin kation di bagian atas.

Pengambilan sampel akhir

Sampel diambil setelah melewati alat simulator sederhana dengan interval waktu 15 menit di titik kran *outlet*. Wadah yang digunakan telah dibilas dahulu memakai sampel yang akan diukur agar tidak ada kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.

Pengukuran nilai kesadahan akhir

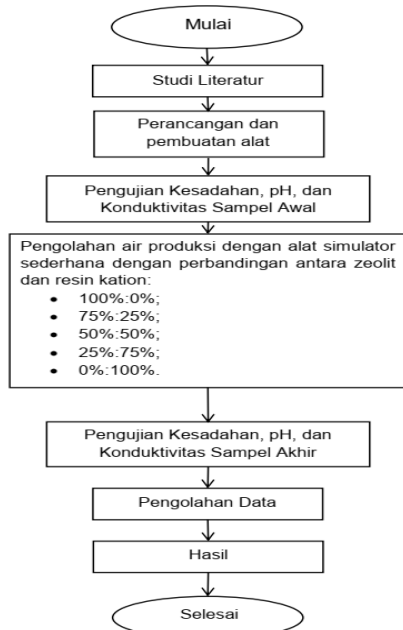
Sampel yang telah diambil dengan interval waktu 15 menit selanjutnya diukur nilai kesadahannya dengan prosedur seperti pada poin 3 (tiga).

Pengukuran nilai pH akhir

Sampel yang telah diambil dengan interval waktu 15 menit selanjutnya diukur nilai pHnya dengan menggunakan alat pH meter seperti pada poin 4 (empat).

Pengukuran nilai konduktivitas akhir

Sampel yang telah diambil dengan interval waktu 15 menit selanjutnya diukur nilai konduktivitasnya dengan menggunakan alat konduktometer seperti pada poin 5 (lima).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Simulator Sederhana

Alat simulator didesain sederhana sebagai media untuk melakukan percobaan. Fungsi utama dari alat ini adalah untuk mempertukarkan ion kation yang ada di dalam resin kation dan zeolit dengan ion-ion pengotor yang terkandung pada sampel air. Alat ini menggunakan prinsip pertukaran ion dengan menggunakan resin kation dan zeolit untuk menyerap ion-ion pengotor yang ada dalam sampel air yang diolah Tabel 1. Hasil pengumpulan data selama 13 minggu



Gambar 3. Alat simulator sederhana

Hasil Pengujian

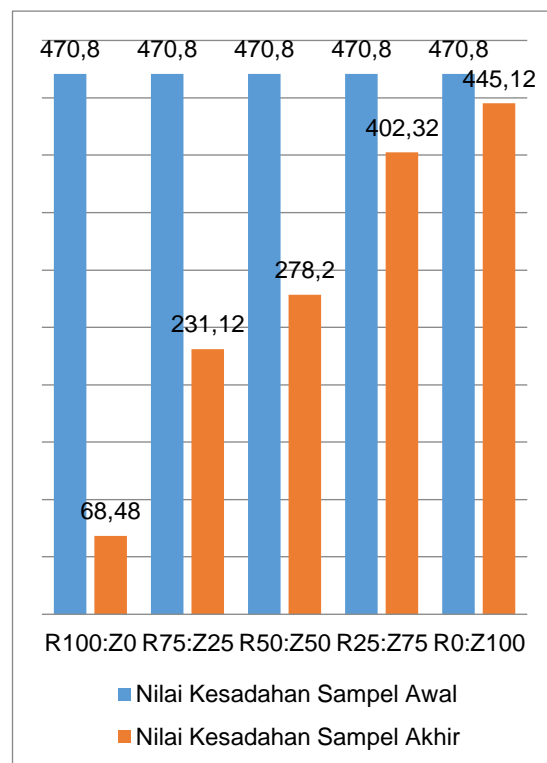
Table 1. Hasil Pengujian

Variasi	Kesadahan (mgCaCO ₃ /L)	pH	Konduktivitas (μS/cm)
Sampel awal	470,8	7,37	612
R100:Z0	68,48	7,85	772
R75:Z25	231,12	7,80	719
R50:Z50	278,2	7,79	768
R25:Z75	402,32	7,58	623
R0:Z100	445,12	7,43	620

Pembahasan

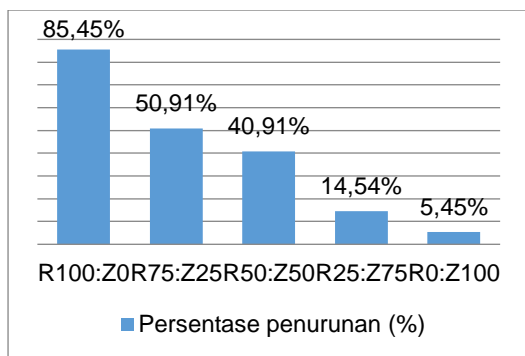
Pengaruh Variasi Campuran Resin Kation dan Zeolit Terhadap Nilai Kesadahan

Hasil yang diperoleh pada pengukuran nilai kesadahan setelah dilakukan pengoperasian alat selama 15 menit dapat dilihat pada Grafik berikut:



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi campuran resin kation dan zeolit terhadap nilai kesadahan

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai kesadahan pada masing-masing sampel dengan variasi komposisi campuran yang berbeda. Hal tersebut menandakan bahwa penukar ion bekerja. Adapun untuk persentase penurunannya dapat dilihat pada Gambar 5.

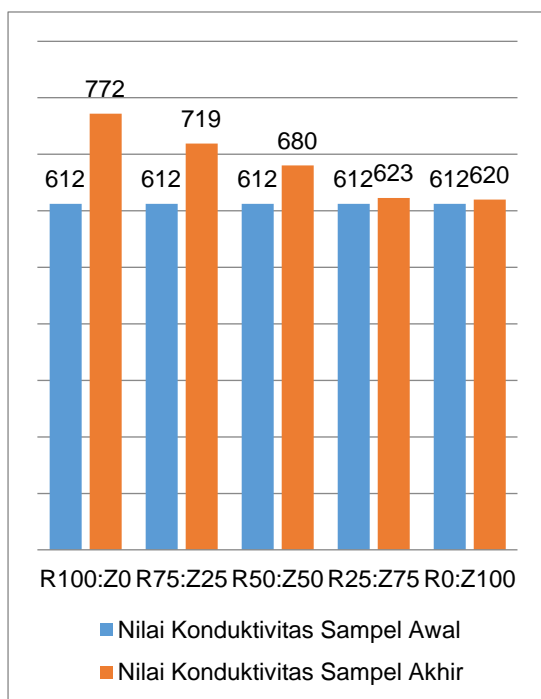


Gambar 5. Grafik persentase penurunan nilai kesadahan untuk tiap variasi campuran

Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa persentase penurunan kesadahan dengan menggunakan resin 100% (variasi R100:Z0) masih yang paling tinggi. Namun, jika diperhatikan untuk variasi campuran R50:Z50 terjadi penurunan kesadahan yang tidak terlalu berbeda dengan variasi R75:Z25. Jika dipertimbangkan dari segi harga, variasi R50:Z50 lebih efisien. Adapun persentase penurunan kesadahan yang rendah ketika menggunakan zeolit dikarenakan zeolit yang digunakan tidak diaktivasi terlebih dahulu sehingga luas permukaannya belum maksimal untuk melakukan pertukaran ion.

Pengaruh Variasi Campuran Resin Kation dan Zeolit Terhadap Nilai Konduktivitas

Hasil yang diperoleh pada pengukuran nilai konduktivitas setelah dilakukan pengoperasian alat selama 15 menit dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh variasi campuran terhadap nilai konduktivitas

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa air mengalami peningkatan nilai konduktivitas setelah melewati media penukar ion. Hal tersebut disebabkan karena pada saat melewati kolom resin penukar kation terjadi pertukaran kation pengotor air dengan ion Na^+ dari resin, sehingga ion Na^+ berikatan dengan anion dari zat pengotor membentuk garam yang merupakan larutan elektrolit yang mempunyai daya hantar lebih besar. Oleh karena itu, konduktivitas air keluaran kolom resin penukar kation mengalami kenaikan

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai persen penyisihan (removal) kesadahan untuk sampel R100:Z100, R75:Z25, R50:Z50, R25:Z75, dan R0:Z100 secara berturut-turut adalah 85.45%; 50.91%; 40.91%; 14.54%; 5.45%. Nilai pH berturut-turut adalah 7,37; 7,85; 7,80; 7,79; 7,58; 7,43. Serta nilai konduktivitas secara berturut-turut 612 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ", 772 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ", 719 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ", 768 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ", 623 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ", 620 " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ".

DAFTAR PUSTAKA

- Abeliotis, K., Candan, C., Amberg, C., Ferri, A., Osset, M., Owens, J., & Stamminger, R. (2015). Impact of water hardness on consumers' perception of laundry washing result in five European countries. *International Journal of Consumer Studies*, 39(1), 60–66. <https://doi.org/10.1111/IJCS.12149>
- Anjali, M. S., Shrihari, S., & Sunil, B. M. (2019). Experimental studies of slag filter for drinking water treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 15, 100418. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2019.100418>
- Bera, B., Saha Chowdhury, S., Sonawane, V. R., & De, S. (2023). High capacity aluminium substituted hydroxyapatite incorporated granular wood charcoal (Al-HApC) for fluoride removal from aqueous medium: Batch and column study. *Chemical Engineering Journal*, 466, 143264. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2023.143264>
- Berce, J., Zupančič, M., Može, M., & Golobič, I. (2021). A Review of Crystallization Fouling in Heat Exchangers. *Processes* 2021, Vol. 9, Page 1356, 9(8), 1356. <https://doi.org/10.3390/PR9081356>
- Cobzaru, C., & Inglezakis, V. (2015). Ion Exchange. *Progress in Filtration and Separation*, 425–498. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384746-1.00010-0>
- Diki Ahmad Sodiq, -. (2012). PENGARUH PERMAINAN ADU ANGKUT CEPAT MELALUI PENGGUNAAN PINSET TERHADAP PENINGKATAN KEMAMPUAN MENULIS PERMULAAN

- ANAK TUNAGRAHITA RINGAN.
<http://repository.upi.edu/>
- El-Dessouky, H. T., & Ettouney, H. M. (2002). Multi-Stage Flash Desalination. *Fundamentals of Salt Water Desalination*, 271–407. <https://doi.org/10.1016/B978-044450810-2/50008-7>
- Grönwall, J., & Danert, K. (2020). Regarding Groundwater and Drinking Water Access through A Human Rights Lens: Self-Supply as A Norm. *Water* 2020, Vol. 12, Page 419, 12(2), 419. <https://doi.org/10.3390/W12020419>
- Kimia, J. T. (n.d.). *Teknologi Pengolahan Air Sadah Frans Hot Dame Tua*.
- Lilih Wijayanto, H., Tegar Setiawan, A., & Tri Atmoko, N. (2024). Optimization of Waterblock Cooling Water Flow Rate in a Thermoelectric Generator Charcoal Furnace. *Engineering Proceedings 2024*, Vol. 63, Page 21, 63(1), 21. <https://doi.org/10.3390/ENGPROC2024063021>
- Miskah, S., Aprianti, T., Said, M., Saloma, S., & Santoso, B. (2019). PENGOLAHAN AIR SUMUR MENJADI AIR MINUM DENGAN ALAT BERTEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI UNTUK PENDUDUK DI DESA KERINJING KABUPATEN OGAN ILIR. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 727–731. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/avoer/article/view/1093>
- Nasution, J. A. (2021). *Pembuatan Filter Berbasis Karbon Aktif Biji Durian, Zeolit, dan Pasir Untuk Penjernihan Air*.
- Safitri, M. (2015). *Pengaruh Penambahan Sekam Padi (Oryza sativa) Terhadap Kesadahan Air Sumur di Daerah Siring Kecamatan Porong*.
- Sangeetha, J., Shettar, A. K., Thangadurai, D., Adetunji, C. O., Islam, S., & Said Al-Tawaha, A. R. M. (2020). Nanomaterials for decontamination of organophosphorus compounds in soil. *Nanomaterials for Soil Remediation*, 301–315. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822891-3.00015-3>
- Siswara Arlingga, A., Teknik Mesin, S., Mesin, T., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering. *SPROCKET JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, 3(1), 31–38. <https://doi.org/10.36655/SPROCKET.V3I1.565>
- Talat, N. (2020). Recent trends and research strategies for treatment of water and wastewater in India. *Water Conservation and Wastewater Treatment in BRICS Nations: Technologies, Challenges, Strategies and Policies*, 139–168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818339-7.00007-2>
- Tuhuloula, A. (2016). STUDI KASUS : PELUNAKKAN AIR MENGGUNAKAN PENUKAR KATION AMBERLITE IR – 120. *INFO-TEKNIK*, 7(2), 97–102. <https://doi.org/10.20527/INFOTEK.V7I2.1715>
- Zuraida, I., Rasidi, H., Teknik Sipil, J., Negeri Pontianak, P., & Ahmad Yani Pontianak, J. (2022). RANCANG BANGUN FILTER AIR CETAK UNTUK LAB HIDROLIKA. *Jurnal Poli-Teknologi*, 21(1), 19–26. <https://doi.org/10.32722/PT.V21I1.4299>