



Efektivitas Metode *Aerasi Venturi* dalam Penurunan Kadar Besi (*Fe*), Warna dan Derajat Keasaman (*pH*) Pada Air Sumur Bor

The Effectiveness of the Venturi Aeration Method in Reducing Iron (Fe), Color, and pH Levels in Borehole Water

Antonius Badu^{1*}, Ikdham Nurul Khalik², Weli Zuandi³

^{1,2,3,4} Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat, Indonesia

*Antonius Badu, Jl. Parit Derabak, Sungai Raya, Kubu Raya, 78122, Indonesia.

antoniusbadu12@gmail.com¹

ikdham.n.khalik@gmail.com²

welfarizi@gmail.com³

Kata Kunci :

Efektivitas, Metode Aerasi Venturi,
Kadar Besi (*Fe*), Warna, Derajat
Keasaman (*pH*)

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada air sumur bor di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat dengan karakteristik air sumur tersebut berbau logam, keruh dan berwarna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode aerasi venturi dalam penurunan kadar besi (*Fe*), warna, dan derajat keasaman (*pH*) pada air sumur bor. Teknik sampling yang digunakan adalah sampling purposive yaitu teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada pertimbangan tertentu. Pengambilan sampel air sumur yaitu sebelum dan setelah perlakuan aerasi venturi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar besi awal yang sebesar 19,65 mg/L berhasil diturunkan menjadi 10,81 mg/L. Warna air yang awalnya 742 TCU berkurang menjadi 2 TCU, sedangkan *pH* menurun dari 4,51 menjadi 4,32. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode aerasi venturi sudah efektif dalam menurunkan kadar besi dan warna, sedangkan *pH* kurang efektif dengan metode aerasi venturi. Oleh karena itu, perlu ada optimasi pada parameter operasional aerasi, seperti waktu yang dibutuhkan agar proses pengolahan lebih efisien dan mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Keywords :

Effectiveness, venturi aeration
method, iron (*Fe*) content,
color, acidity (*pH*)

ABSTRACT

This study was conducted on well water at Nahdlatul Ulama University, West Kalimantan with the characteristics of the well water having a metallic odor, cloudy and colored. This study aims to determine the effectiveness of the venturi aeration method in reducing iron (*Fe*) levels, color, and acidity (*pH*) in well water. The sampling technique used was purposive sampling, a sampling technique based on certain considerations. Well water samples were taken before and after venturi aeration treatment. The results showed that the initial iron content of 19.65 mg/L was successfully reduced to 10.81 mg/L. The water color which was initially 742 TCU was reduced to 2 TCU, while the *pH* decreased from 4.51 to 4.32. This study shows that the venturi aeration method is effective in reducing iron and color

levels, while pH is less effective with the venturi aeration method. Therefore, there needs to be optimization of the operational parameters of aeration, such as the time required so that the processing process is more efficient and obtains more optimal results.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan penting yang sangat mendasar serta esensial untuk keberlangsungan hidup semua organisme di bumi. Seiringnya dengan jumlah penduduk yang bertambah yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan seperti air. Namun, jumlah sumber daya air tidak mengalami peningkatan, bahkan berpotensi menurun karena pengelolaan yang kurang efisien. Kerusakan lingkungan dan peningkatan pencemaran air telah menjadi masalah yang dihadapi secara global, sehingga diperlukan upaya yang lebih baik dalam pengelolaan sumber air (Rahadiani et al., 2014). Air sangat vital untuk kehidupan semua makhluk hidup di Bumi, karena dipakai untuk kepentingan manusia seperti minum, memasak, mandi, mencuci, dan lainnya (Ambarwati, 2014).

Sumber air yang terbatas, seperti air tanah, memiliki peran penting dalam kehidupan dan keberlanjutan lingkungan, karena merupakan salah satu sumber daya alam yang harus dikelola dengan bijaksana untuk memenuhi kebutuhan manusia dan menjaga ekosistem. Kerusakannya dapat sangat besar, dan pemulihannya seringkali sulit dan mahal. Dari itu, memahami jenis dan karakteristik air tanah yang akan dieksploitasi sangat penting sebelum mengeksploitasi cadangan air tanah (Darwis, 2018).

Sumber air yang akan dimanfaatkan untuk penanganan air bersih berasal dari sumur bor di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat (UNU Kalbar), tepatnya di Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya dengan kadar besi (Fe) yang mencapai 19,65 mg/L, warna 742 Pt.Co, dan pH 4,51 mg/L. Angka-angka ini masih melebihi batas standar kualitas air bersih yang ditetapkan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 tahun 2023, tingkat besi yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/L, dengan warna 10 TCU, dan pH yang wajib berada antara 6,5 hingga 8,5 mg/L.

Berdasarkan informasi dari sumur bor di UNU Kalbar, air yang diambil dari sumur tersebut tampak jernih dan tidak memiliki warna saat dilihat dengan mata telanjang. Namun, jika air tersebut dibiarkan di luar ruangan untuk waktu yang lama, warnanya akan berubah menjadi kuning keruh. Secara kimia, air sumur ini mengandung besi (Fe) yang menyebabkan munculnya bau, korosi, dan tingkat keasaman yang rendah. Air dari sumur ini memiliki konsentrasi zat besi (Fe) yang sangat tinggi, sehingga air ini berbau seperti besi dan berwarna, keruh, dan mengakibatkan bintik-bintik kuning kecoklatan pada wadahnya atau pada bak air pada pipa dan mesin pompa yang berwarna kecoklatan. Oleh karena itu, penting untuk menciptakan metode yang efektif demi memudahkan pengolahan air dari sumur bor, agar dapat digunakan dengan aman untuk aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan keperluan toilet.

Metode aerasi venturi merupakan jawaban yang ideal untuk permasalahan ini. Teknologi ini dipilih dalam pengolahan air dari sumur dikarenakan karakteristik air dari sumur bor yang akan diproses. Prinsip Bernoulli memungkinkan sistem aerasi venturi untuk bekerja; saat fluida mengalir melalui pipa dengan ketinggian hampir sama, laju fluida meningkat sesuai dengan persamaan kontinuitas (Ardra, 2001).

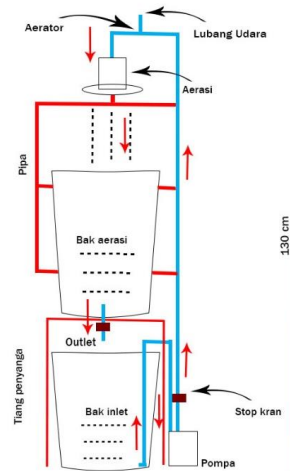
Menurut kajian Pradani et al. (2024), metode aerasi venturi merupakan cara yang sederhana untuk mengolah air bersih dan dapat menurunkan kadar besi (Fe) yang ada dalam air sumur bor hingga efisiensi 92%. Di sisi lain, penelitian Sendyvantino et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi antara Metode Cascade Aerator dan Filtrasi dapat mengurangi intensitas warna hingga 25% dan menurut penelitian Kasri et al. (2024), kombinasi Metode Aerasi-Filtrasi pH meningkat dari 5,6 menjadi 7,8 (Purnaini et al., 2024; Sutrisno et al., 2024). Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana metode aerasi venturi dapat efektif dalam menurunkan kadar besi, warna, dan derajat kesamaan (pH) dalam air sumur bor yang terdapat di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan barat. Dari itu, harapan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengelolaan air bersih, khususnya upaya peningkatan mutu air sumur bor agar lebih aman dan layak dipergunakan.

METODE PELAKSANAAN

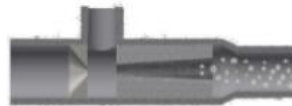
Penelitian ini dilaksanakan di sumur bor Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat, yang terletak di Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, dari bulan Januari sampai Mei 2025. Metode yang digunakan adalah teknik *sampling purposive*, di mana pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu, seperti kondisi air yang berbau logam, keruh, dan berwarna.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pompa air, ember berkapasitas 60 liter dan 50 liter, botol aqua berukuran 600 ml, stempel, pulpen, pipa PVC $\frac{1}{2}$ inch, sambungan pipa T $\frac{1}{2}$ inch, plastik ukuran 4 inci, sambungan pipa L $\frac{1}{2}$ inch, tutup pipa $\frac{1}{2}$ inch, piring plastik, lem, keran $\frac{1}{2}$ inch, dan tutup lem ruglue. Sedangkan bahan uji yang digunakan adalah air dari sumur bor yang diambil di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat. Untuk pengujian sampel dari penelitian ini, alat yang digunakan adalah spektrofotometer dan pH meter. Spektrofotometer untuk mengukur kadar besi dan warna, dan pH meter untuk mengukur tingkat keasaman air. Proses aerasi dilakukan dengan menyemprotkan air menggunakan metode venturi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut, yang diharapkan dapat menurunkan kadar besi dan memperbaiki kualitas air sumur.

Proses aerasi venturi ini menggunakan volume air sebanyak 20 liter, dengan durasi sirkulasi selama 30 menit yang menghasilkan 38 kali pengulangan. Setiap 1 kali pengulangan berlangsung selama 47 detik. Setelah proses aerasi, dilakukan pengendapan selama 6 jam untuk memperoleh hasil yang optimal. Proses aerasi venturi menggunakan pompa air jenis panasonic dengan kapasitas maksimum 30 liter/menit, daya hisap 9 meter, total head maksimum 30 meter, daya 125 watt, pipa hisap 1 inci (25 mm), pipa dorong 1 inci, ukuran (P x L x T) 206 x 152 x 212 mm, dan berat 5,4 kg. Berikut adalah ilustrasi desain yang menggunakan metode aerasi venturi, yang dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 di bawah ini:



Gambar. 1 Desain Gambar Metode Aerasi Venturi



Gambar. 2 Desain Aerator Venturi (Rofik, 2020)

Prosedur kerja metode aerasi venturi adalah sebagai berikut:

- Masukkan 20 liter air ke dalam bak penampungan awal
- Kontakkan udara pada air dengan menggunakan mesin pompa
- Lakukan proses sirkulasi selama 30 menit
- Selama 30 menit didapatkan 38 kali pengulangan
- Setelah sirkulasi selesai, kemudian diamkan selama 6 jam saat pengendapan.
- Setelah pengendapan sampel air di ambil pada bagian teratas.
- Tentukan kadar Fe, warna dan pH serta hitung besar penurunannya.

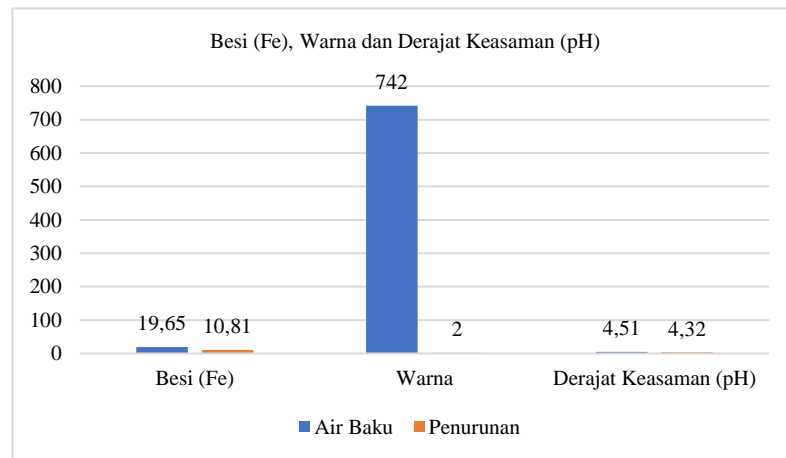
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah sampel air baku di uji dengan metode aerasi venturi, sampel uji sebelum aerasi dan sesudah aerasi di bawa ke laboratorium untuk di uji kadar besi, warna dan derajat keasamannya dengan hasil uji laboratorium dapat di lihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel. 1 Karakteristik Air Sumur Bor UNU Kalbar

No	Parameter	Sampel Sebelum Aerasi	Hasil Uji Aerasi	Satuan
1	Besi (Fe)	19,65	10,81	Mg/l
2	Warna Derajat	742	2	TCU
3	keasaman (pH)	4,51	4,32	Mg/l

Hasil uji karakteristik air sumur bor pada tabel di atas di ketahui bahwa kadar besi sebelum aerasi menunjukkan angka 19,65 mg/l setelah di aerasi mengalami penurunan menjadi 10,81 mg/l. Warna sebelum aerasi menunjukkan angka 742 TCU mengalami penurunan menjadi 2 TCU, sedangkan pH sebelum aerasi menunjukkan angka 4,51 mg/l mengalami penurun menjadi 4,32 mg/l. Dibawah ini gambar pengaruh aerasi venturi terhadap Besi (Fe), Warna dan Derajat Keasaman (pH) pada air sumur bor dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar. 3 Pengaruh Aerasi Venturi terhadap Besi (Fe), Warna dan Derajat Keasaman (pH) pada air sumur bor

Hasil uji kualitas air sumur bor selanjutnya akan di ketahui apakah metode aerasi venturi efektif atau tidak dengan memasukan data-data yang sudah didapatkan dalam uji laboratorium sebelum dan sesudah aerasi. Efektivitas dalam aerasi venturi merupakan penilaian sejauh mana metode ini berhasil meningkatkan kualitas air dengan cara mengurangi kadar kontaminan, seperti besi, warna dan pH pada air sumur bor di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat.

Berikut rumus efektivitas Metode Aerasi Venturi dalam menurunkan parameter Fe, warna, dan menaikkan pH dalam air sumur bor.

$$\Sigma P (\text{Fe}) (\%) = \frac{A - B}{A} \times 100 (\%) = \dots \dots \dots \%$$

Keterangan :

Σp = keefektifitasan pengolahan

A = kadar parameter sebelum pengolahan

B = kadar parameter sesudah pengolahan

1. Besi (Fe)

Efektivitas Fe dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

Diketahui :

A = mg/l

B = mg/l

$$\Sigma P (\text{Fe}) (\%) = \frac{19,65 - 10,81}{19,65} \times 100 (\%) = 44,99\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, efektivitas metode aerasi venturi dalam menurunkan konsentrasi Fe pada air sumur bor sebesar 44,99 % yang menunjukkan bahwa metode aerasi venturi ini sudah efektif dalam menurunkan Fe pada air sumur bor, namun nilai tersenut masih tinggi dan di atas standar yang di inginkan.

2. Warna

Efektivitas warna dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

Diketahui :

A = mg/l

B = mg/l

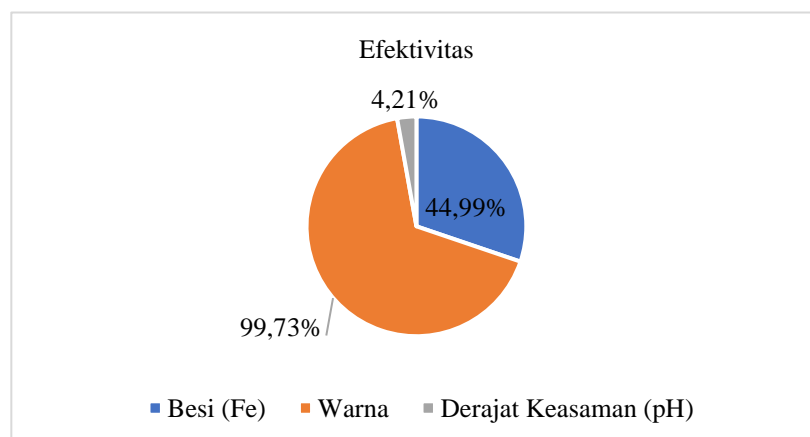
$$\Sigma P (\text{Fe}) (\%) = \frac{742 - 2}{742} \times 100 (\%) = 99,73\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, efektivitas metode aerasi venturi dalam menurunkan warna pada air sumur bor sebesar 99,73% yang menunjukkan bahwa metode aerasi venturi ini sangat efektif dalam penjernihan air. Nilai sebesar 99,73% yang bearti air sudah baik dan sudah jernih.

3. Derajat Keasaman (pH)

Efektivitas pH pada air sumur bor dengan angka sebelum aerasi sebesar 4,51 mg/l menurun menjadi 4,32 mg/l setelah aerasi yang menunjukkan bahwa metode aerasi venturi ini kurang efektif dalam menurunkan pH pada air sumur bor. Angka sesudah aerasi sebesar 4,32 yang menunjukkan bahwa air akan menjadi lebih asam dan berdampak pada lingkungan. Menurut Said (2005), aerasi dapat meningkatkan oksidasi senyawa organik dalam air. Proses ini sering menghasilkan asam organik, yang meningkatkan konsentrasi ion H^+ dan menurunkan pH. Air yang lebih banyak teroksidasi dapat mempengaruhi pH. Anonim (2013), menyebutkan bahwa jika air baku sudah memiliki pH rendah, proses aerasi saja mungkin tidak cukup untuk menetralkan keasaman, terutama jika tidak ada perlakuan tambahan.

Hasil perhitungan efektivitas metode aerasi venturi dapat di lihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar. 4 Diagram Efektivitas Metode Aerasi Venturi

Hasil uji karakteristik air sumur bor diketahui bahwa kadar besi (Fe) dan derajat keasaman (pH) masih menunjukkan angka yang masih belum memenuhi standar yang diinginkan. Nilai uji yang

masih tinggi akan mempengaruhi kualitas air sumur yang digunakan seperti air yang masih berbau besi dan memiliki pH rendah atau air bersifat asam. Sementara hasil uji pada warna menunjukkan hasil uji sudah memenuhi standar yang diinginkan airnya yang sudah berubah bersih atau jernih.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode aerasi venturi efektif dalam menurunkan kadar besi dan warna air sumur bor, tetapi masih perlu optimalkan parameter operasional aerasi untuk mengatasi penurunan pH dan kadar besi yang masih di atas standar aman. Berikut adalah beberapa implikasi utama dari hasil tersebut:

1. Penurunan kadar besi (Fe) yang awalnya tinggi 19,65 mg/L menjadi 10,81 mg/L merupakan langkah positif menuju pengurangan risiko kesehatan yang terkait dengan menggunakan air yang terkontaminasi.
2. Pengurangan nilai warna air dari 742 TCU menjadi 2 TCU menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan kejernihan air. Air yang lebih jernih tidak hanya lebih menarik secara visual, tetapi juga lebih dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.
3. Perubahan pH dari 4,51 menjadi 4,32 menunjukkan bahwa air menjadi lebih asam dan masih bermasalah bagi lingkungan. Ini menandakan perlu optimalkan parameter operasional aerasi untuk mencapai kualitas air yang aman dan layak untuk digunakan. Di Kalimantan, berbagai jenis batuan berkontribusi terhadap kondisi ini, yang berpotensi memperburuk keasaman air, salah satunya adalah batuan granit, batu granit adalah salah satu dari jenis batuan beku dalam yang terbentuk melalui pendinginan magma yang terjadi dalam bumi, batu granit memiliki tekstur yang kasar, batu granit rata-rata berwarna terang seperti abu-abu, coklat, atau kemerahan yang kaya silika dapat terurai dan menghasilkan ion H^+ , yang berkontribusi pada penurunan pH air, air yang mengalir melalui daerah berbatu granit menunjukkan keasaman yang lebih tinggi (Saksama, 2013).
4. Penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengolahan air dan teknologi yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air sumur bor.

Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa metode aerasi venturi dapat digunakan sebagai langkah awal dalam pengolahan air sumur bor. Namun, untuk mencapai mutu air yang diinginkan, disarankan untuk mengoptimalkan parameter operasional aerasi. Pada penelitian ini ada dua faktor yang mempengaruhi Keterbatasan saat penelitian antar lain sebagai berikut:

1. Keterbatasan Alat Penelitian

Salah satu keterbatasan atau kekurangan utama dalam penelitian ini merupakan penggunaan alat yang terbatas, yang mengakibatkan waktu pengambilan data yang lebih lama. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Tanjungpura dengan proses analisis yang memakan waktu lama membuat peneliti tidak dapat melakukan pengujian secara langsung. Hal ini berpotensi mengakibatkan kehilangan data penting terkait fluktuasi pH yang dapat terjadi dalam rentang waktu yang lebih pendek. Keterbatasan ini mengakibatkan data yang diperoleh tidak sepenuhnya representatif dari kondisi nyata, sehingga mempengaruhi validitas dan keandalan hasil penelitian. Untuk penelitian di masa depan, penting untuk memakai alat yang lebih canggih dan memadai agar pengambilan data dapat dilakukan lebih cepat dan efisien, serta meningkatkan akurasi hasil.

2. Waktu Aerasi yang Terbatas

Waktu aerasi yang kurang dapat mengakibatkan ketidakmampuan untuk mencapai keseimbangan antara gas yang terlarut dan cairan, sehingga hasil pengukuran menjadi tidak akurat. Pada penelitian ini waktu yang di perlukan hanya 30 menit sedangkan secara fisik air sumur bor terkontaminasi Fe yang sangat tinggi sehingga membutuhkan aerasi yang cukup lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode aerasi venturi memiliki efektivitas yang beragam dalam pengolahan air sumur bor di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat. Secara spesifik, metode ini mampu menurunkan kadar besi (Fe) dari 19,65 mg/L menjadi 10,81 mg/L dengan efektivitas 44,99%, meskipun hasil akhirnya masih berada di atas standar baku mutu yang aman. Keunggulan utama metode ini terlihat pada penurunan warna yang sangat signifikan, yaitu dari 742

TCU menjadi 2 TCU dengan efektivitas 99,73%, sehingga air secara fisik menjadi sangat jernih dan memenuhi standar. Namun, metode ini terbukti tidak efektif untuk memperbaiki parameter derajat keasaman (pH) karena justru terjadi penurunan nilai dari 4,51 menjadi 4,32, yang membuat sifat air menjadi semakin asam akibat pembentukan asam organik selama proses oksidasi. Oleh karena itu, meskipun aerasi venturi sangat unggul dalam menjernihkan warna air, metode ini belum cukup mumpuni jika digunakan sebagai pengolahan tunggal untuk menormalkan pH dan menurunkan kadar besi hingga batas aman konsumsi.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan optimasi pada parameter operasional, khususnya dengan memperpanjang waktu sirkulasi aerasi lebih dari 30 menit mengingat tingginya kontaminasi besi yang membutuhkan waktu kontak udara lebih lama untuk teroksidasi sempurna. Selain itu, penggunaan alat ukur yang lebih memadai dan metode pengujian langsung (on-site) sangat direkomendasikan untuk menghindari ketidakakuratan data atau fluktuasi pH akibat jeda waktu saat sampel dibawa ke laboratorium. Perlu juga dipertimbangkan kombinasi metode lain seperti filtrasi atau penambahan bahan penetral pH, mengingat aerasi saja terbukti tidak mampu menaikkan pH air baku yang sejak awal sudah bersifat asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Rahadiani, A. S., & dkk. (2014). Partisipasi Masyarakat Sekitar Danau Beratan Dalam Konservasi Sumber Daya Air. *Jurnal Spektran*, Vol. 2, No. 2.
- Ambarwati, R. D. (2014). Manfaat Air Bagi Kehidupan Manusia. *Artikel Lingkungan Hidup*, 4(2), 1-6.
- P Darwis. (2018). *Pengelolaan Air Tanah*. Makasar.
- Ardra. (2001). Hukum Bernoulli: Teori Torricelli, Venturimeter Tanpa Manometer, Pipa Pitot, Daya Angkat Sayap Pesawat, Pengertian Contoh Soal Rumus Perhitungan 10, (Online), <https://ardra.biz/topik/contoh-soal-hukumbernoulli-untuk-venturimeter-tanpa-manometer/>
- Pradani, B. K., Hidayah, E. N., & Cahyonugroho, O. H. (2024) Kinerja Aerasi Venturi Dalam Meningkatkan Kualitas Air. *Jurnal Serambi Engirneering*, 4, 10742 – 10747. Menggunakan Kombinasi Metode Cascade Aerator dan Filtrasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(3), 600-605.
- Sendyvantino, J., Sugeng, T. K., Ananta, B. V., & Purnaini, R. (2024). Pengolahan Air Sumur Gali Menggunakan Kombinasi Metode Cascade Aerator dan Filtrasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(3), 600-605.
- Kasri, K., Kadaria, U., & Sutrisno, H. (2024). Pengolahan Air Sumur Bor Menjadi Air Bersih Menggunakan Kombinasi Metode Aerasi-Filtrasi (Studi Kasus: Sumur Bor Parit Wa'gattak, Desa Pal Sembilan, Kecamatan Sungai Kakap). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(3), 681-689.
- Rofik, D. A. (2020). Perancangan Dan Analisis Alat Microbubble Generator (Mbg) Untuk Aerasi Kolam Ikan Tipe Nozzel Venturi. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(2), 24-30.
- Said, N.I. (2005). *Aplikasi Bio-ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans*. Jakarta: Direktorat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan BPPT.
- Anonim. 2013. *Riset kesehatan dasar riskesdas 2013*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2013. h. 147-54

Saksama, D.K., (2013). Geologi dan Potensi Granit Menumbing sebagai Sumber Uranium dan Thorium. PPGN Batan. Jakarta.