

Efektivitas Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Kekeruhan pada Air Tanah dengan Penambahan Media Kulit Ubi Kayu (*Manihot esculenta crantz*)

Hendra Wijaya Sumakul^{1*}, Andi Susilawaty², Habibi³

Abstract

Since water is second most essential element in life after oxygen, the need of clean water never ceases. Clean water must meet certain criteria such as the chemical, physical and biological requirements. The iron content (Fe) in the water is one of the most crucial factors that determines whether the water is safe for use. Most of the residents of Lembo Sub district in Tallo District of Makassar City own wells from which they take the water for their daily use. Apparently, the water contains high level of iron (Fe) and turbidity. Some studies suggest that cassava peels (*Manihot esculenta crantz*) contain natural substances that can reduce the iron (Fe) content and turbidity of well water. For that reason, this research aims to examine the efficacy of cassava peels (*Manihot esculenta crantz*) in reducing the iron (Fe) content and turbidity of well water. In investigating the issue, this research used quasi experimental design with Completely Randomised Design (CRD) as the method. The results of statistical analysis suggest that cassava peels can significantly reduce the iron (Fe) content and turbidity of well water, as indicated by significance value of $0.022 < 0.05$ and $0.015 < 0.05$ respectively. The findings show the following statistics. The iron content in the well water before treatment is 5.59 mg/l. After a 15 cm cassava peel treatment, the iron content decreases to 0.03 mg/l on average (99.5%). After a 30 cm cassava treatment, the iron content decreases to 0.046 mg/l on average (99.2%), After a 60 cm cassava peel treatment, the iron content decreases to 0.28 mg/l on average (92%). As for the water turbidity, a 15 cm cassava peel treatment reduces the turbidity level by 1.18 NTU (97.4%), a 30 cm cassava peel treatment reduces the turbidity level by 3.6 NTU (92%), and a 60 cm cassava peel treatment reduces the turbidity level by 1.79 NTU (96.1%). Therefore, this research concludes that cassava peels significantly reduces the iron (Fe) content and turbidity of well water.

Keywords: cassava peels, Iron content, turbidity, groundwater

Pendahuluan

Air sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan, baik itu kehidupan manusia maupun kehidupan binatang dan tumbuh-tumbuhan. Air

merupakan bahan yang sangat vital bagi kehidupan dan juga merupakan sumber dasar untuk kelangsungan kehidupan di atas bumi. Selain itu air merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan, juga manusia selama hidupnya selalu memerlukan air. Tubuh manusia sebagian besar terdiri atas air. Pada tubuh orang dewasa, sekitar 55-60% berat badan

*Korespondensi : hendrasumakul09@gmail.com

^{1,2,3} Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Alauddin Makassar

terdiri dari air, anak-anak sekitar 65% dan untuk bayi sekitar 80% (Rahma, 2013).

Data yang diperoleh dari WHO menunjukkan bahwa 663 juta penduduk masih sangat sulit dalam memperoleh air bersih. Berkaitan dengan krisis air bersih, di prediksi bahwa pada tahun 2025 hampir dua pertiga penduduk di dunia akan sulit memperoleh akses terhadap air bersih (Utami, 2017).

Pada tahun 2012 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) menjelaskan bahwa Indonesia menduduki peringkat yang paling buruk dalam pelayanan terhadap penyediaan air bersih dan layak untuk dikonsumsi di kawasan Asia Tenggara. Indonesia Juga diprediksi bahwa sekitar 321 juta penduduk akan kesulitan dalam mengakses air bersih yang disebabkan permintaan terhadap air bersih naik sebesar 1,33 kali (Utami, 2017)

Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa saat ini Indonesia sudah mengalami peningkatan yang cukup signifikan terkait dengan persentase rumah tangga dengan sumber air bersih yang layak. Namun, jika di bandingkan dengan tujuan yang tertera dalam Sustainable Development Goal's (SDGs) saat ini Indonesia masih belum mencapai target dalam hal penyediaan air bersih (Utami, 2017).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nardy Noerman Najib menunjukkan bahwa produksi air bersih pada tahun 2016 sebesar 92.025.315 m³/tahun, yang didistribusikan ke 1.658.503 jiwa penduduk kota makassar. Akan tetapi, NRW (Non Revenue Water) 42% sehingga total air yang tersuplai ke masyarakat hanya 53.374.683 m³/tahun. Tahun 2017 jumlah penduduk Kota Makassar sebesar 1.769.920 jiwa dan produksi PDAM sebesar 90.909.098 m³/tahun dengan nilai NRW 47,97% hanya mampu mendistribusikan air sebanyak 47.299.278 m³/tahun. Konsekuensi tidak terpenuhinya kebutuhan air bersih di kota makassar, masyarakat memanfaatkan air tanah dengan membuat sumur bor atau sumur timba (Najib, 2018).

Sementara riset yang dilakukan oleh Wahana Lingkungan Hidup (Walhi) Sulawesi Selatan menyebutkan bahwa pada tahun 2016 Kota Ma-

kassar mengalami penurunan jumlah dan kualitas air tanah. Hanya terdapat 3 Kecamatan yang masih dalam tahap baik pada jumlah maupun kualitas air tanahnya di antaranya yaitu Kecamatan Tallo, Kecamatan Biringkanaya dan Kecamatan Manggala.

Ditinjau dari aspek ilmu kesehatan masyarakat penyediaan air bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat karena Penyediaan Air Bersih yang terbatas memudahkan timbulnya penyakit di masyarakat. Dari data WHO (World Health Organisation) menunjukkan angka kematian sekitar 10 juta penduduk setiap tahun di karenakan penyakit yang berkaitan dengan pencemaran air (Susilawaty, 2015).

Kadar besi (Fe) dalam air yang berlebihan dapat membahayakan manusia apabila sampai dikonsumsi. Efek dari mengonsumsi zat besi secara berlebihan disebut dengan hemokromatosis yang dapat menimbulkan gangguan pada organ hati, jantung dan pankreas. Saat ini belum ditemukan data yang menunjukkan secara spesifik mengenai gangguan hemokromatosis.

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan satu sumur gali yang berada di Kampung Sapiria Kecamatan Tallo kadar besi pada sampel air sumur gali tersebut sangat melewati baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 tahun 2017 yaitu untuk standar baku mutu yang ditetapkan untuk besi (Fe) yaitu 1 mg/l dan hasil yang didapatkan yaitu 5,59 mg/l.

Singkong ditanam secara komersial di wilayah Indonesia (waktu itu Hindia Belanda) pada sekitar tahun 1810, setelah sebelumnya diperkenalkan orang Portugis pada abad ke-16 dari Brasil. Peningkatan penanaman singkong sejalan dengan pertumbuhan penduduk Pulau Jawa yang pesat. Ditambah lagi produksi padi tertinggal dibelakang pertumbuhan penduduk. Ubi singkong termasuk kulitnya sebagian besar terdiri dari selulosa nonreduktif yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksi, karbonil dan sedikit sianida yang efektif sebagai ligand untuk mengikat logam berat (Jusmaniah, 2011).

Berdasarkan latar belakang di atas maka

peneliti berkeinginan untuk melakukan penelitian mengenai “Gambaran Pemanfaatan Pelayanan Kesehatan di Wilayah Kerja Puskesmas Tamangapa oleh Pemulung di TPA Tamangapa Antang Tahun 2016”.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif kuasi eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian rancangan acak lengkap adalah penelitian dengan menggunakan perlakuan ditambah 1 kontrol pada setiap 3 perlakuan dengan 3 kali pengulangan percobaan. Lokasi pengambilan sampel air yaitu pada salah satu sumur gali masyarakat Kelurahan Lembo Kecamatan Tallo dengan menggunakan teknik Pengambilan sampel secara purposive sampling. Lokasi pengukuran kadar besi (Fe) adalah dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) - PPM Kelas I Makassar.

Hasil

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Besi

No.	Perlakuan	Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali			Rata-rata (mg/l)	Persentase Penurunan Kadar Fe (%) Setelah Perlakuan
		Pengulangan				
		1	2	3		
1	Kontrol (Tanpa Penyaringan)	5,59	5,59	5,59	5,59	-
2	Ketebalan 15 Cm	0,03	0,03	0,03	0,03	99,5%
3	Ketebalan 30 Cm	0,03	0,04	0,07	0,046	99,2%
4	Ketebalan 60 Cm	0,06	0,1	0,7	0,28	95%

bersih karena dibawah baku mutu). Sedangkan pada saringan media kulit ubi kayu ketebalan 30 Cm persentase penurunan nilai kekeruhannya sebesar 92% dengan nilai kekeruhan sebesar 3,6 NTU dan saringan media kulit ubi kayu ketebalan 60 Cm persen-

Analisis Univariat

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa ketebalan media kulit ubi kayu yang paling tinggi persentase penurunannya dalam menurunkan kadar besi adalah saringan yang menggunakan media kulit ubi kayu dengan ketebalan 15 Cm yaitu sebesar 99,5% dengan kadar besi menjadi 0,03 mg/l (dibawah nilai baku mutu). Sedangkan pada saringan media kulit ubi kayu ketebalan 30 Cm penurunan kadar besi yaitu sebesar 99,2% dengan kadar besi menjadi 0,046 mg/l dan saringan media kulit ubi kayu ketebalan 60 Cm penurunan kadar besi yaitu sebesar 95% dengan kadar besi menjadi 0,28 mg/l sehingga telah memenuhi syarat air bersih menurut Permenkes No. 32 tahun 2017 (Data Primer, 2019).

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa ketebalan media kulit ubi kayu yang paling tinggi persentase penurunannya dalam menurunkan nilai kekeruhan adalah saringan media kulit ubi kayu ketebalan 15 Cm yaitu sebesar 97,4% dengan nilai kekeruhan menjadi 1,18 NTU (Memenuhi syarat air

tase penurunan nilai kekeruhannya sebesar 95,1% dengan nilai kekeruhan sebesar 1,33 NTU sehingga telah memenuhi syarat baku mutu sesuai dengan Permenkes No. 32 tahun 2017 (Data Primer, 2019).

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Kekeruhan

No.	Perlakuan	Nilai Kekeruhan Air (NTU) Sumur Gali			Rata-rata (NTU)	Persentase Penurunan Kekeruhan (%) Setelah Perlakuan
		Pengulangan				
		1	2	3		
1	Kontrol (Tanpa Penyaringan)	45	45	45	45	-
2	Ketebalan 15 Cm	1,79	0,7	1,07	1,18	97,4%
3	Ketebalan 30 Cm	1,46	2,34	7,02	3,6	92%
4	Ketebalan 60 Cm	1,66	2,39	1,33	1,79	96,1%

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Regresi Linear Pengaruh Kulit Ubi Kayu Terhadap Kadar Besi

Variabel	R	R2	Persamaan Garis	P Value
Kadar Besi (Fe)	0,651	0,424	Kadar besi=3,318-0,07 Ketebalan Ubi Kayu	0,022

Analisis Bivariat

Berdasarkan tabel 3 penurunan kadar besi setelah dilakukan perlakuan dengan penambahan kulit ubi kayu. Nilai koefisien determinasi 0,424 artinya persamaan garis yang diperoleh cukup baik untuk menjelaskan variabel penurunan kadar Besi (Fe). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan ketebalan media kulit ubi kayu terhadap penurunan kadar Besi (Fe) pada air sumur gali ($p=0,022$). Berdasarkan hasil model persamaan regresinya yaitu :

$$Y = 3,318 - 0,07X \text{ atau}$$

$$\text{Kadar Besi} = 3,318 - 0,07 \text{ Ketebalan Kulit Ubi Kayu}$$

Dari model persamaan regresi menunjukkan bahwa ketebalan media kulit ubi kayu memiliki hubungan dalam menurunkan kadar Besi (Fe) pada air sumur gali.

Berdasarkan tabel 4 hubungan ketebalan media kulit ubi kayu dengan penurunan kekeruhan menunjukkan hubungan sedang dan berpola

negative dikarenakan terdapat variasi penurunan nilai kekeruhan pada air sumur yang telah dilakukan perlakuan dengan penambahan media kulit ubi kayu. Nilai koefisien determinasi 0,461 artinya persamaan garis regresi yang diperoleh dapat menerangkan 46,1% variasi penurunan kekeruhan atau persamaan garis yang cukup baik untuk menjelaskan variabel penurunan kekeruhan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh ketebalan media kulit ubi kayu yang signifikan terhadap penurunan kekeruhan pada air sumur gali ($p=0,015$). Berdasarkan hasil model persamaan regresinya yaitu:

$$Y = 27,837 - 0,569X \text{ atau}$$

$$\text{Kekeruhan} = 27,837 - 0,569 \text{ Ketebalan Kulit Ubi Kayu}$$

Dari model persamaan regresi menunjukkan ketebalan media kulit ubi kayu memiliki hubungan dalam menurunkan nilai kekeruhan pada air sumur.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik Regresi Linear Pengaruh Kulit Ubi Terhadap Kekeruhan

Variabel	r	R2	Persamaan Garis	P Value
Kekeruhan	0,679	0,461	Kekeruhan=27,837-0,569 Ketebalan Ubi Kayu	0,015

Pembahasan**Penurunan Nilai Kekeruhan**

Dalam penelitian Yuliastri (2010), menjelaskan bahwa kekeruhan air permukaan dapat disebabkan oleh partikel-partikel koloid dari serpihan batu, lumpur, tanah atau dari hasil oksidasi logam yang berasal dari tanah yang ukurannya bisa berkisar antara 10,01-10 mm. Partikel tersebut bisa berasal dari proses erosi, mikroorganisme atau dari tumbuhan. Apabila bahan pembuangan padat menimbulkan pelarutan maka kepekatan atau berat jenis air akan naik. Biasanya pelarutan ini diikuti pula dengan perubahan pada warna air. Air yang

mengandung larutan pekat dan berwarna gelap akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Pembentukan koloidal terjadi apabila buangan tersebut berbentuk halus sehingga sebagian ada yang larut dan sebagian lagi ada yang melayang-layang sehingga air menjadi keruh (Yuliastri, 2010)

Kekeruhan sangat berhubungan dengan nilai estetika. Bagi sebagian masyarakat, air yang keruh tidak dapat digunakan lagikarena warna airnya yang tidak sedap dipandang mata. Akan tetapi, sebagian masyarakat lainnya tetap menggunakan air yang keruh kerana mereka tidak mempunyai sumber air lainnya untuk dipergunakan untuk

keperluan sehari-hari. Diantara mereka ada yang mengolah air tersebut sampai menjadi jernih dan layak digunakan, baik melalui pengolahan dengan penambahan zat kimia maupun dengan cara tradisional. Dewasa ini bagi masyarakat perkotaan yang dekat dengan perkembangan teknologi, air yang keruh dapat digunakan dengan menggunakan water treatment, baik secara komunal (seperti di perumahan real estate) maupun secara sendiri atau tingkat rumah tangga.

Penelitian ini berbeda dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang memanfaatkan limbah kulit ubi kayu sebagai media adsorben dengan menggunakan metode adsorpsi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Saputro (2018) yang memanfaatkan kulit ubi kayu sebagai bahan bioadsorben dengan melakukan aktivasi secara fisika dan kimia.

Penurunan Kadar Besi (Fe)

Dari hasil penelitian ini juga terlihat bahwa persentase penurunan kadar besi dan nilai kekeruhan memiliki hasil yang bervariasi. Dalam pengolahan air bersih, untuk mencapai hasil filtrasi yang optimal maka diperlukan pengaturan semua kondisi yang saling berkaitan dan hal mempengaruhi proses tersebut. Kondisi-kondisi yang mempengaruhi diantaranya misalnya debit air, pH, suhu dan waktu perendaman.

Pada waktu perendaman dan ketebalan media yang kurang ataupun berlebihan akan menyebabkan air menjadi keruh kembali. Hal ini disebabkan karena tidak berinteraksinya ion besi dan koloid yang berbeda muatan dengan media filter dalam hal ini kulit ubi kayu.

Air sumur merupakan salah satu jalan yang ditempuh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air bersih, namun tingginya kadar ion Fe (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) mengakibatkan harus dilakukan pengelolaan terlebih dahulu sebelum digunakan karena telah melebihi standar yang telah ditetapkan oleh departemen kesehatan didalam Permenkes Nomor 32 tahun 2107 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan

Permandian Umum yang menetapkan bahwa untuk kadar logam besi pada air bersih yaitu sebesar 1,0 mg/l. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar besi (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) dalam air adalah dengan cara proses penyaringan menggunakan media alternatif seperti kulit ubi kayu.

Besi dalam air berbentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}) dan bervalensi tiga (Fe^{3+}). Dalam bentuk ikatan dapat berupa Fe_2O_3 , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ atau $FeSO_4$ tergantung dari unsur lain yang mengikatnya. Dinyatakan pula bahwa besi dalam air adalah bersumber dari dalam tanah sendiri disamping dapat pula berasal dari sumber lain diantaranya dari larutnya pipa besi, reservoir air dari besi atau endapan-endapan buangan industri (Febriana, 2017).

Pengaruh Besi (Fe) Terhadap Kesehatan

Zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak mampu mengekskresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena terakumulasi dengan Fe.

Air yang mengandung besi pada mata dan cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering terjadi karena kerusakan dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1,0 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi mata dan kulit.

Hal yang mempengaruhi kelarutan besi dalam air salah satunya yaitu pH. pH air yang terpengaruh terhadap kesadahan kadar Fe dalam air, apabila pH air yang rendah akan berakibat terjadinya proses korosif sehingga menyebabkan larutnya besi dan logam lainnya dalam air, pH yang rendah kurang dari 7 dapat melarutkan logam. Dalam keadaan pH rendah, besi yang ada dalam air berbentuk ferro dan ferri, dimana bentuk ferri akan mengendap dan tidak larut dalam air serta tidak dapat dilihat dengan mata sehingga mengakibatkan air menjadi berwarna, berbau serta memiliki rasa (Krupińska, 2019).

Selain pH, suhu atau temperatur juga

mempengaruhi kelarutan besi pada air. Temperatur yang tinggi menyebabkan penurunan kadar O₂ dalam air, kenaikan temperatur air juga dapat mengguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan Fe pada air tinggi. Peningkatan O₂ pada air disebut dengan proses aerasi. Ion Fe selalu dijumpai pada air alami dengan kadar besi yang rendah, seperti pada air tanah dan pada daerah danau, yang tanpa udara. Keberadaan ferri larutan dapat terbentuk dengan adanya pabrik tenun, kertas dan proses industry. Fe dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan proses oksidasi menjadi Fe(OH)₃ yang tidak larut dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan. Proses ini berlangsung dengan cara memasukkan atau mengontakkan oksigen terhadap air.

Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk. Pada hemokromatosis primer, besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan didalam tubuh. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes.

Setelah air sumur kadar ion logam besi yang awalnya adalah 5,59 mg/l mendapatkan perlakuan yaitu dilakukan penyaringan menggunakan media kulit ubi kayu ketebalan media 15 Cm, 30 Cm dan 60 Cm dengan lama waktu perendaman 60 menit didapatkan hasil bahwa ketebalan media mampu menurunkan kadar logam besi. Namun menurut hasil laboratorium menunjukkan bahwa media kulit ubi kayu dengan ketebalan 15 Cm yang paling efektif dalam menurunkan kadar logam besi pada air.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan kulit ubi kayu sebagai media alternatif dalam proses penyaringan yaitu dalam proses pengeringan dan dalam perendaman larutan NaClO. Apabila proses pengeringan dilakukan dengan tidak sempurna maka media kulit ubi kayu akan kekurangan oksigen sehingga akan kurang

efektif dalam mengikat logam pada air. Selain pengeringan, proses perendaman NaClO juga harus diperhatikan karena fungsi dari larutan tersebut yaitu untuk menghilangkan zat warna pada kulit ubi kayu karena jika proses perendaman tidak dilakukan secara sempurna maka air yang dihasilkan dari proses penjernihan hasilnya tidak akan begitu maksimal dikarenakan kulit ubi kayu memiliki zat warna dan kandungan bahan organik lainnya seperti protein sehingga dapat mengakibatkan air menjadi keruh kembali dan berbau.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : 1) adanya pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar Fe dengan nilai signifikan untuk pengaruh media kulit ubi terhadap penurunan kadar Fe sebesar $0,022 < 0,05$ 2) adanya pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kekeruhan dengan nilai signifikan untuk pengaruh media kulit ubi kayu terhadap penurunan nilai kekeruhan nilai signifikannya sebesar $0,015 < 0,05$.

Berdasarkan penelitian ini disarankan: 1) Kepada masyarakat agar memperhatikan sarana air bersih yang mereka gunakan. Sebaiknya melakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menurunkan kekeruhan maupun kadar besinya. Salah satu alternatifnya adalah dengan membuat media kulit ubi kayu yang dapat digunakan sebagai media alami dalam proses penyaringan air atau filtrasi . 2) Kepada penelitian lain, disarankan untuk meneliti efektivitas kulit ubi kayu dengan mengkombinasikan media yang lainnya. 3) Kepada masyarakat atau peneliti lain (praktisi), disarankan untuk meneliti dan menemukan teknologi pemanfaatan dengan media limbah kulit ubi kayu , agar dapat langsung digunakan atau diaplikasikan masyarakat

Daftar Pustaka

Febriana, L. (2017). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keram. Jurnal FT U MJ,7(1), 35-44

- Jumiati, J., Susilawaty, A., & Rusmin, M. (2016). Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Berdasarkan Parameter Besi (Fe) dengan Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(1), 60-66.
- Jusmanizah. (2011). Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Air Sumur Gali Di Desa Amplas Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Tahun 2011, Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Medan : Universitas Sumatera Utara
- Krupińska, I. (2019). Removal of Iron and Organic Substances From Groundwater in an Alkaline Medium. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 27(1), 12–21
- Najib, N. (2018). Kontribusi Dan Strategi Pengelolaan Jasa Lingkungan Air Tanah Di Kota Makassar, Skripsi. Sekolah Pascasarjana. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Rahma. (2013). Pengaruh ketebalan arang tempurung kelapa terhadap tingkat kesadahan air di wilayah kerja puskesmas sudu kabupaten enrekang tahun 2013. Fakultas Ilmu Kesehatan. Makassar: UIN Alauddin
- Susilawaty, A. (2015). Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Berdasarkan Parameter Besi (Fe) dengan Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok di Dusun Alekanrung Desa Kanrung Kabupaten Sinjai. *Al-Sihah : Public Health Science Journal*, 7, 166–174.
- Utami, S. (2017). Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan Smart City. Banten: Universitas Terbuka
- Widowati. (2008). Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Yuliastri, I. (2010). Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah, Skripsi. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah