



Rancangan Teknologi Tepat Guna Penyaringan Air Sederhana Skala Rumah Tangga

Taufiq Aji^{1,*}, Win Indra Gunawan², Sutriyono²

¹Prodi Teknik Industri; ²Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Indonesia

Email: taufiq.aji@uin-suka.ac.id*

Abstrak. Akses terhadap air bersih merupakan hak dasar bagi setiap manusia. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dunia, kebutuhan akan air bersih akan semakin meningkat sementara polusi dari berbagai sumber mengurangi jumlah persediaan air. Untuk itu, diperlukan solusi praktis yang mampu mendukung kebutuhan air bersih dalam berbagai keadaan. Salah satu pendekatan yang dapat ditempuh adalah merancang teknologi penjernihan air yang tepat guna. Penelitian ini merancang teknologi penjernihan air yang sederhana dan terjangkau bagi masyarakat dalam skala rumah tangga. Desain yang dikembangkan memenuhi kriteria sebagai teknologi tepat guna dalam situasi darurat dengan biaya yang terjangkau.

Kata Kunci: pemurnian air; desain; biaya terjangkau.

Abstract. Access to clean water is a basic right for every human being. As the global population increases, the need for clean water will increase while pollution from various sources reduces the amount of water supply. For this reason, practical solutions are needed that are able to support the need for clean water in various circumstances. One approach that can be taken is to design an appropriate technology for purifying water. This research designs a water purification technology that is simple and affordable for people on a household scale. The design developed meets the criteria as appropriate technology in emergency scenarios at an affordable cost.

Keywords: water purification; design; affordable cost.

1. Pendahuluan

Air bersih saat ini merupakan kebutuhan pokok bagi manusia untuk menjaga kesehatannya. Seiring dengan bertambahnya populasi global, permintaan akan air bersih meningkat, sehingga membebani sumber air yang ada. Selain itu, kontaminasi dari limbah industri, limpasan pertanian, dan pengelolaan limbah yang tidak memadai berkontribusi terhadap penurunan kualitas air. Akibatnya, penyakit yang ditularkan melalui air menimbulkan ancaman besar terhadap kesehatan masyarakat, terutama di wilayah dimana akses terhadap air bersih masih menjadi impian belaka. Keterjangkauan merupakan kata kunci penting dalam penerapan solusi pemurnian air secara luas (Yashwanth et al, 2021) (Kedar, 2022) (Anvekar, 2022). Penerapan teknologi pemurnian air yang terjangkau menjadi penting tidak hanya untuk kelestarian lingkungan tetapi juga untuk memastikan akses yang adil terhadap sumber daya penting ini.

Cemaran dalam air minum rumah tangga mengacu pada keberadaan zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi. Air minum yang tercemar dapat mengandung berbagai jenis polutan, termasuk bakteri, virus, logam berat, bahan kimia beracun, dan zat-zat lain yang dapat merugikan kesehatan. Menjaga kualitas air minum rumah tangga, dapat melibatkan penggunaan sistem penyaringan air, pembersihan sumur atau sumber air, dan penerapan praktik-praktik sanitasi yang baik. Upaya ini tidak hanya penting untuk melindungi kesehatan keluarga, tetapi juga merupakan bagian dari tanggung jawab bersama untuk menjaga sumber daya air yang terbatas agar tetap bersih dan aman untuk dikonsumsi.

Badan PBB mencatat bahwa 2 dari 8 milyar penduduk dunia menghadapi krisis air bersih. Laporan UNICEF dalam pengujian air rumah tangga di Indonesia, menyatakan bahwa hampir 70 persen dari 20.000 sumber air minum rumah tangga, tercemar limbah tinja dan turut menyebabkan penyebaran penyakit diare, yang merupakan penyebab utama kematian balita (UNICEF, 2022). Sementara itu, Badan Pusat Statistik (BPS)

mencatat bahwa dari 83.794 desa dan kelurahan di Indonesia, 10.683 (12,7%) diantaranya mengalami dampak pencemaran air sepanjang tahun 2021. Mayoritas penyebabnya adalah limbah rumah tangga (6.160 desa/kelurahan) dan sisanya disebabkan oleh limbah pabrik (4.496 desa/ kelurahan) serta sumber-sumber lainnya (27 desa/ kelurahan) (Cleanipedia, 2023).

Penelitian ini merancang suatu alat pemurni (filter, penyaring) air yang terjangkau, bagi skala penggunaan konsumsi rumah tangga. Perspektif teknologi penyaringan yang digunakan adalah teknologi tepat guna. Filter air diharapkan mudah diperoleh bahannya, mudah dirakit, dapat dibongkar, mudah dibersihkan, dan mampu ditiru; namun memiliki kinerja sesuai standard penyaringan air konsumsi.

2. Pemurnian Air

Pemurnian air adalah proses penghilangan kontaminan bahan kimia dan biologis yang tidak diinginkan dari air baku. Tujuannya adalah untuk menghasilkan air yang sesuai untuk tujuan tertentu seperti konsumsi air minum. Pemurnian air juga dapat dirancang untuk berbagai tujuan lain, termasuk memenuhi persyaratan medis, farmakologi, kimia dan aplikasi industri (Gertsen & Sonderby, 2009). Secara umum proses pemurnian air adalah melewati air pada substrat atau mekanisme tertentu, melalui beberapa tahap berikut:

- Penyaringan: penghilangan kotoran berupa partikel, guna mencegah bahan-bahan ini memasuki proses pengolahan selanjutnya. Air dilewatkan melalui bahan granular seperti pasir, atau kerikil untuk menghilangkan sisa partikel, kotoran, dan mikroorganisme.
- Pengendapan: air dibiarkan agar partikel berat dapat mengendap di dasar, membantu menghilangkan padatan tersuspensi dan beberapa kotoran.
- Koagulasi dan Flokulasi: pemberian bahan koagulan (ex: tawas) ke dalam air untuk menghasilkan partikel bermuatan positif (Diarso, 2017). Partikel-partikel ini kemudian menetralkan dan menarik partikel bermuatan negatif di dalam air sehingga membentuk gumpalan yang lebih besar yang disebut flok.
- Disinfeksi: langkah untuk membunuh atau menonaktifkan mikroorganisme berbahaya seperti bakteri, virus, dan parasit. Metode disinfeksi yang umum meliputi klorinasi (menggunakan klorin), penyinaran ultraviolet (UV), dan ozonasi.
- Penyesuaian pH: diperlukan untuk mengoptimalkan efektivitas disinfeksi dan meningkatkan rasa air. Bahan kimia seperti kapur atau soda abu dapat ditambahkan untuk mengatur tingkat pH.
- Desalinasi (jika diperlukan): jika sumber air memiliki tingkat salinitas tinggi, proses desalinasi seperti osmosis balik atau distilasi dapat dilakukan untuk menghilangkan garam dan menjadikan air layak untuk dikonsumsi.
- Adsorpsi karbon aktif: karbon aktif digunakan untuk menyerap senyawa organik, bau, dan sisa disinfektan, sehingga meningkatkan rasa dan kualitas air.
- Distribusi: proses pendistribusian dari proses pemurnian air ke penggunaan.

Setiap individu membutuhkan minuman setidaknya 2.5 L/hari, belum kebutuhan air bersih lainnya. Badan UNESCO pada tahun 2002 menetapkan hak dasar manusia atas air yaitu sebesar 60 ltr/org/hari. Sementara itu Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR membagi lagi standar kebutuhan air bersih tersebut berdasarkan lokasi wilayah, antara 60-150 liter/per kapita/hari bagi penduduk pedesaan hingga metropolitan (PUPR, 2023).

Persyaratan terendah sistem pengolahan air rumah tangga telah ditetapkan UNICEF (2023), sebagai spesifikasi dalam keadaan darurat sebagai berikut :

- Terjangkau: kurang dari \$20,00 per keluarga (Rp 300.000,00; kurs Rp15.000,-/USD).
- Mudah digunakan: desain yang intuitif dan sederhana
- Aman dari kegagalan: ada mekanisme yang mencegah produk menyediakan air saat tidak lagi bersih.
- Tahan Lama: dapat bertahan dalam keadaan darurat pada umumnya
- Dapat dikemas: jejak logistik minimal
- Peletakan yang aman: mekanisme peletakan dan penyaluran air yang aman
- Masa hidup: 1 tahun untuk keluarga dengan 5 orang @2,5 l/hari/p (4,5 m³/tahun)
- Bahan habis pakai: tidak memerlukan penyediaan bahan kimia tambahan selama masa pakai unit
- Tingkat perlindungan: perlindungan bakteri, virus, dan protozoa

3. Rancangan Sistem Penyaringan Air

3.1. Kebutuhan Rancangan

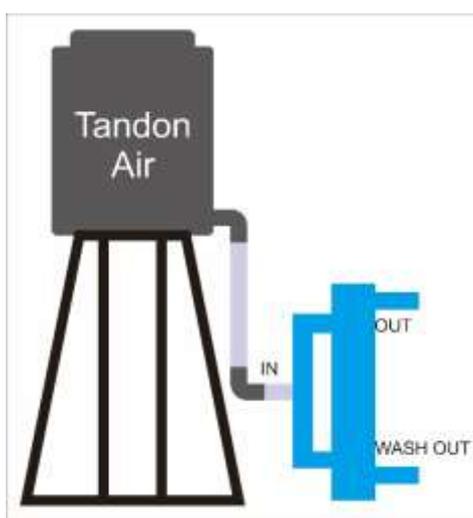
Tahapan pertama perancangan sistem penyaringan air ini adalah menyusun spesifikasi atau kebutuhan rancangan yang secara umum untuk memenuhi kriteria persyaratan di atas, sebagai berikut:

TABEL 1. Kebutuhan rancangan sistem penyaringan air.

No	Kebutuhan	Keterangan
1	Berkinerja baik (KR1)	Mampu menyaring air menjadi lebih bersih
2	Mudah digunakan (KR2)	Terintegrasi atau menyatu dengan jaringan air skala rumah tangga
3	Awet (KR3)	Mempunyai ketahanan di atas 1 tahun
4	Perawatan mudah (KR4)	Mekanisme perawatan yang sederhana, portabel (Noerhadi, 2017) (Anvekar, 2022), dan memiliki berat yang masih dapat diterima ($\pm 10\text{kg}$).
5	Mudah dibuat (KR5)	Menggunakan bahan yang umum ada di lokasi pemukiman
6	Harga (KR6)	Terjangkau, kisaran biaya di bawah Rp 300.000,-

3.2. Konstruksi Sistem Penyaringan

Kinerja sistem penyaringan (KR1) yang baik ditopang oleh tiga hal, yaitu posisi, konstruksi alat, serta media atau substrat penyaringan. Posisi peletakan alat terhadap ketinggian tandon berkaitan dengan kecepatan aliran penyaringan. Konstruksi alat akan menentukan bagaimana mekanisme penyaringan dan arah aliran air serta portabilitas alat. Sedangkan jenis media, kuantitas dan cara penyusunannya akan menentukan kualitas penyaringan air. Secara umum alat penyaring, bekerja dengan cara menyaring air yang berasal dari penampung air di ketinggian. Tekanan air pada ketinggian menyebabkan air mengalir merembes melalui celah-celah medium penyaring air.

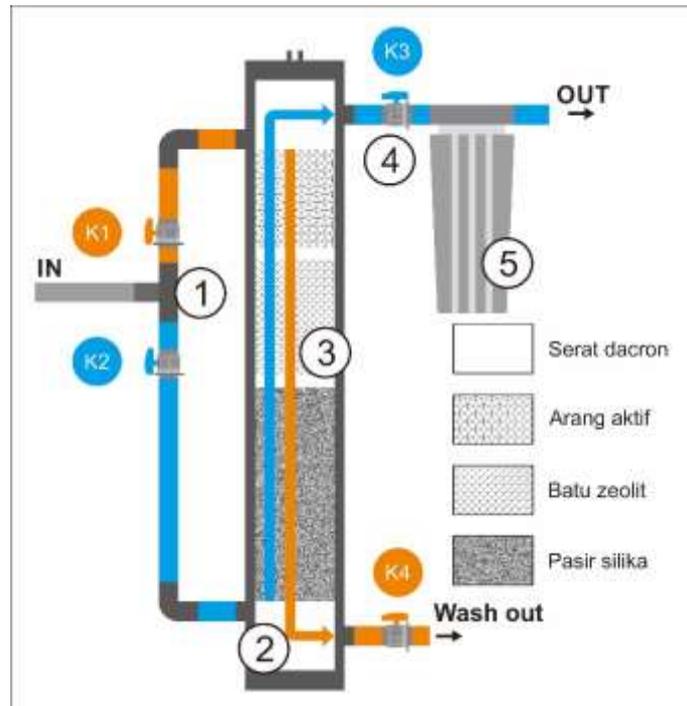


GAMBAR 1. Peletakan filter terhadap tandon air.

Kemudahan penggunaan (KR2) dimaksudkan agar pengguna dapat mengoperasikan perangkat dengan sekali langkah. Sistem harus menjadi bagian dari jaringan pipa air rumah tangga, tinggal menyalakan kran air. Konstruksi utama penyaring air adalah rangkaian pipa PVC 4 inch berbentuk ruangtabung vertikal untuk menyusun medium filter. Penggunaan tabung PVC adalah untuk menjamin keawetan sistem (KR3). Tabung filter memiliki 4 lubang, di mana 2 lubang berfungsi untuk proses penyaringan air dan 2 lubang lainnya untuk membasuh medium filter apabila telah kotor.

Salah satu kegiatan perawatan rutin pada sistem filter air adalah membersihkan substrat filter untuk mengembalikan fungsi ke kinerja semula. Maka sistem dirancang agar mudah dibersihkan dengan mekanisme *backwash* dengan cara mengalirkan air dengan arah terbalik (KR4). Untuk itu sistem dirancang agar mampu mengalirkan air secara bolak balik dari satu sumber air. Untuk itu digunakan 2 pasang kran input dan 2 pasang input yang berbeda warnanya sesuai penggunaan. Apakah digunakan untuk proses filtrasi (kran K2&K3 ON, kran K1&K4 OFF) atau pencucian / *backwash* (posisi kran sebaliknya). Lubang saring terhubung dengan 2 kran (K2 dan K3), sedangkan lubang basuh terhubung dengan 2 kran (K1 dan K4). Apabila digunakan untuk

menyaring, maka posisi kran 2 dan 3 dalam keadaan terbuka, lainnya tertutup. Sebaliknya untuk membasuh medium filter yang telah kotor, maka 2 K1 dan K4 dibuka, sedangkan lainnya tertutup.



GAMBAR 2. Sistem kerja alat penyaringan air.

Kemudahan pembuatan (KR5) dan keterjangkauan harga (KR6) diperoleh dengan membuat konstruksi yang dapat dibuat dengan bahan yang secara umum mudah diperoleh. Sistem perpipaan menggunakan PVC saat ini adalah hal yang umum dipasang pada pemukiman warga baik untuk kebutuhan air minum maupun sanitasi. Untuk itu semua bahan konstruksi hanya menggunakan rangkaian produk-produk perpipaan pada umumnya.

3.3. Medium Penyaringan

Material yang digunakan dalam penyaringan ini meliputi (diurut dari bagian bawah tabung ke atas): pasir silika (fisis), zeolite (fisis dan kimia) dan karbon aktif (fisis, kimia, dan kesegaran) (Sutisna, 2002) (Anggraeni, 2017) (Putri, 2022).



GAMBAR 3. Media filter.

Di dalam ruang tabung penyaringan terdapat beberapa bagian yaitu:

- Ruang endap(2): berupa ruang kosong untuk tampungan endapan yang terletak pada ujung bawah dan ujung atas tabung. Ruang endap bawah adalah ruang pertama di mana air masuk ke dalam tabung sebelum melewati substrat penyaringan pasir silika.

- Sekat antar medium filtrasi (3): merupakan sekat yang tersusun atas serat dacron dan lempengan kaku yang berlubang, untuk mencegah pencampuran antar bahan medium filter; namun masih dapat meneruskan air hasil saring antar medium.
- Medium filtrasi, yang disusun dengan perbandingan volume 2:1:1, berturutan pasir silika, zeolit, dan karbon aktif.

3.4. Rancangan Dimensi Perangkat dan Biaya

Semakin besar dimensi perangkat sebenarnya akan semakin baik kinerja penyaringannya. Namun demikian, upaya ini akan dapat menyebabkan pembengkakan biaya. Dimensi perangkat terkait dengan kemudahan perawatan (KR4) maupun harga (KR). Ukuran ini akan menentukan panjang dan diameter pipa yang digunakan serta volume media penyaringan yang berasosiasi dengan harga. Dimensi berat ditentukan sekitar 10 kg agar mudah dipindahkan, dan dengan panjang yang diupayakan tidak melebihi tinggi orang pada umumnya. Namun demikian juga terdapat konstrain bahwa harga diupayakan berada di bawah Rp 300.000,-. Dengan demikian, langkah pertama adalah menentukan item apa saja yang menimbulkan biaya variabel. Dalam hal ini, dimensi tabung baik diameter dan panjang tabung akan menentukan harga tabung pipa dan volume penggunaan media filter.

Secara umum pipa PVC yang tersedia di pasaran adalah ukuran $\frac{1}{2}$ inch hingga 4 inch. Namun demikian, pada umumnya instalasi air rumah tangga menggunakan pipa $\frac{3}{4}$ inch. Secara teknis, kemungkinan kebocoran tabung akan terjadi pada pertemuan antara pipa masuk (IN) dan keluar (OUT) dengan tabung akibat adanya sudut kontak antara ujung pipa kecil dan kelengkungan pipa besar (tabung). Maka diusahakan dua pipa ini memiliki rasio sebesar mungkin, sehingga sudut kontaknya lebih kecil. Digunakanlah pipa terbesar yang relatif banyak tersedia di pasaran yaitu ukuran 4 inch.

Langkah berikutnya adalah menentukan dimensi panjang dan volume tiap media filter pada tabung. Urutan kerja penyaringan adalah pasir silika, zeolit dan arang aktif. Seberapa besar volume masing-masing bahan sebenarnya tergantung pada kualitas air inputan. Untuk itu digunakan 3 skenario rasio volume bahan, yaitu (1:1:1), (2:1:1) dan (2:2:1). Panjang total tabung, adalah panjang total filtrat ditambah dengan panjang ruang endap yang masing-masing 10 cm. Massa jenis pasir silika, zeolit dan arang aktif yang digunakan diperoleh dengan cara diukur menggunakan timbangan digital dan gelas standar, diperoleh berturut-turut ($1,40 \text{ gr/cm}^3$; $1,19 \text{ gr/cm}^3$; dan $0,66 \text{ gr/cm}^3$). Sedangkan harga pasaran diperoleh informasi berturut-turut sebagai berikut (Rp4.300,-/kg; Rp10.000,-/kg; Rp21.000,-/kg). Ketiga skenario tersebut kemudian digunakan untuk menghitung skenario panjang, massa dan kebutuhan biaya sebagai berikut:

TABEL 2. Daftar rancangan dan biaya pembuatan alat.

	Panjang Tabung (cm)				Massa (kg)				Harga (Rp)			
	Total	Sil	Zeo	AA	Sil	Zeo	AA	Total	Sil	Zeo	AA	Total
Rasio 1:1:1	80	20	20	20	3,2	2,7	1,5	7,3	13.610	26.904	31.335	71.848
	90	23,3	23,3	23,3	3,7	3,1	1,7	8,6	15.878	31.387	36.557	83.823
	100	26,7	26,7	26,7	4,2	3,6	2,0	9,8	18.147	35.871	41.780	95.798
Rasio 2:1:1	80	30	15	15	4,7	2,0	1,1	7,9	20.415	20.178	23.501	64.094
	90	35	17,5	17,5	5,5	2,4	1,3	9,2	23.818	23.541	27.418	74.776
	100	40	20	20	6,3	2,7	1,5	10,5	27.220	26.904	31.335	85.458
Rasio 2:2:1	80	24	24	12	3,8	3,2	0,9	7,9	16.332	32.284	18.801	67.417
	90	28	28	14	4,4	3,8	1,0	9,2	19.054	37.665	21.934	78.653
	100	32	32	16	5,1	4,3	1,2	10,6	21.776	43.046	25.068	89.889

Menggunakan skenario di atas, maka biaya penggunaan media filter berkisar antara Rp64.094,- hingga Rp95.798,-. Sedangkan kebutuhan biaya untuk item lainnya diberikan oleh tabel berikut.

TABEL 3. Daftar kebutuhan pembuatan alat.

No	Kebutuhan	Kuant.	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	PVC AW 4"	0,25 btg	200.000	50.000
2	PVC 3/4"	0,5 btg	30.000	15.000
3	Clean out 4"	2 pcs	25.000	50.000
4	Ball valve 3/4"	4 pcs	10.000	40.000
5	Tee 3/4"	1 pcs	3.000	3.000
6	Knee 3/4"	2 pcs	3.000	6.000
7	SDL 1/2"-3/4"	4 pcs	3.000	12.000
8	SDD 1/2"-3/4"	4 pcs	3.000	12.000
9	Lain-lain	1 pcs	5.000	5.000
Total				193.000

Gambaran tersebut diatas memberikan kisaran biaya bahan pembuatan berkisar antara Rp 257.094,- hingga Rp 288.798,-. Tentu saja hal tersebut belum dihitung dengan ongkos tenaga kerjanya. Namun demikian, apabila dikerjakan secara mandiri, biaya pembuatan filter semacam ini masih berada dalam kisaran harga terjangkau.



GAMBAR 4. Proses fitting dan ujicoba instalasi

Pada rancangan (gambar 2, nomor 5) di atas dan realisasi (gambar 4) terdapat gambar filter tambahan (tabung berwarna biru). Rancangan perangkat memungkinkan untuk menambahkan filter komersial semacam itu misalnya filter resin (Anis, 2019), apabila diperlukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian berhasil merancang suatu teknologi tepat guna penyaringan air untuk kebutuhan rumah tangga, dengan menggunakan bahan yang mudah diperoleh.
2. Berdasarkan kriteria keterjangkauan teknologi oleh UNICEF, dikembangkan 3 skenario dimensi alat yang berimplikasi pada biaya pembuatan.
3. Untuk menjamin keterjangkauan perangkat, maka pembuatan alat dapat dilakukan secara komunal sehingga terdapat biaya-biaya yang dapat ditanggung bersama.

Acknowledgement

Penelitian ini dilakukan atas kerjasama dengan berbagai pihak, terimakasih diucapkan kepada LPPM UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anis D.K. 2019. "Resin Sebagai Media Filter Untuk Penurunan Kesadahan (CaCO_3) Air Sumur Gali "X" Di Dusun Wonomwero Ngerangan Bayat Klaten", Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan, Yogyakarta.
- Anvekar S., et.al., 2022, A Review On Portable Water Purifier By Using Low Cost Filtration Materials. Journal Or Xidian Uiniversity, Volume 16, Issue 2, 2022.
- Anggraini, 2017, "Proses Penjernihan Air Payau Dengan Media Filtrasi Karbon Aktif Dan Pasir Silika"
- Diarto T, 2017, "Pengolahan Air Metode Kombinasi Koagulasi Filtrasi Dalam Penurunan Kadar Keekeruhan Pada Mata Air Desa Rumamis Kecamatan Barusjahe", Kementerian Kesehatan Negeri Medan. Kabanjahe
- Gertsen, N., Sonderby, L. (2009). Water Purification: Air, Water and Soil Pollution Science and Technology Series. Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Kedar S., et.al., 2022, A Review Paper On Low-Cost Water Filtration Process. International Journal Of Creative Research Thoughts (IJCRT), Volume 10, Issue 6 June 2022 | ISSN: 2320-2882
- Noerhadi W, 2017, "Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment)", Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru
- Putri R. 2022. "Penerapan Filter Air Berbasis Zeolit Dan Pasir Silika Dengan Penambahan karbon aktif biji salak Untuk Meningkatkan Kualitas air Sumur Gali", Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Medan.
- Yashwanth, K.S., Rakesh, A.R., Subhash C.N.B.A., Jayappa, U., 2021, Study On Low Cost Water Treatment For Rural Area. International Journal Of Advances In Engineering And Management (IJAEM). Volume 3, Issue 6 June 2021.
- <https://www.cleanipedia.com/id/cara-mengatasi-pencemaran-air.html>, diakses pada pukul 20:00, tgl 11 November 2023
- https://simantu.pu.go.id/epel/edok/0608a_Modul_7_Perencanaan_Air_Baku_dari_Mata_Air.pdf , diakses pada pukul 20:00, tgl 11 November 2023
- <https://www.unicef.org/indonesia/id/siaran-pers/indonesia-hampir-70-persen-sumber-air-minum-rumah-tangga-tercemar-limbah-tinja> , diakses pada pukul 20:00, tgl 16 November 2023
- <https://www.unicef.org/innovation/household-water-treatment-and-safe-storage-hwts-emergency-settings> , diakses pada pukul 20:00, tgl 16 November 2023

