

JAWABAN SOAL PROBLEM SOLVING KHAJAR STEM 2021



Kode Tim : LN.02.00060

Tahun : 2021

Asal Sekolah/Madrasah : SEKOLAH SI KUALA LUMPUR TINGKAT SMP

Provinsi : LUAR NEGERI

Kabupaten/Kota : MALAYSIA

Guru Pembimbing : JULIA ASTUTIK

Anggota Tim : 1. HAWIN MUFIDAH EL HAQ
2. SHAFIRA NURAINI ANINDYA
3. SUMAYYAH SYANDANA HARDJITO

Waktu Pelaksanaan : 25 Juli - 8 Agustus 2021

Soal Problem Solving KIHAJAR STEM TIM SMP SIKL

Sebuah desa kecil yang terletak di sekitar bantaran sungai mengalami krisis air bersih akibat pencemaran air sungai. Para warga menduga pencemaran tersebut berasal dari pembuangan limbah pabrik yang baru dibangun. Padahal, warga desa mengandalkan sungai tersebut sebagai sumber air bersih. Akibat dari limbah tersebut, air sungai menjadi berwarna kuning, mengeluarkan bau tak sedap, dan sedikit berlumpur. Akibatnya, banyak warga yang mengalami gangguan kesehatan serta kesulitan untuk Mandi, Cuci, Kakus (MCK).

Bantulah warga desa menemukan cara untuk menyaring/menjernihkan air agar terhindar dari masalah-masalah tersebut!

A. Identifikasi Masalah & Riset

1. Sebutkan masalah yang dihadapi oleh warga desa tersebut pada cerita di atas!

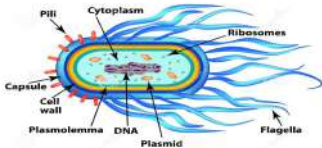
Warga desa mengalami krisis untuk mendapatkan air bersih dikarenakan air yang awalnya bersih mengalami pencemaran limbah pabrik, sehingga membuat air sungai menjadi tercemar dengan kotoran yang berasal dari limbah di sekitarnya dan membuat para warga desa mengalami gangguan kesehatan. Pada awalnya, air sungai yang bersih sangat diandalkan para warga desa untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti minum, mandi, dan mencuci. Namun dengan kondisi air yang sudah dicemari oleh limbah pabrik, para warga tidak bisa dan kesulitan untuk melakukan aktivitasnya. Para warga yang mengalami gangguan kesehatan berkemungkinan besar disebabkan oleh air yang terkontaminasi oleh campuran limbah pabrik dan bakteri atau mikroba seperti salmonella sp, Escherichia coli, dan juga shigella sp yang pada akhirnya membuat para warga mengalami gangguan kesehatan. Perubahan signifikan pada warna air sungai yang semula jernih menjadi kuning menunjukkan indikasi bahwa air tersebut mengalami pencemaran. Kadar zat besi (Fe) dan mangan (Mg) yang berlebihan pada air menyebabkan perubahan air yang semula jernih menjadi kuning dan keruh, serta menyebabkan timbulnya bau tak sedap¹. Pencemaran pada air ini tentunya sangat mengganggu warga masyarakat. Langkah awal yang bisa dilakukan masyarakat adalah

¹ "APA PENYEBAB AIR BERWARNA KUNING DAN BAGAIMANA"

<https://www.adewater.com/2017/12/apa-penyebab-air-berwarna-kuning-dan-bagaimana-cara-mengatasinya.html>. Diakses pada 28 Jul. 2021.

negosiasi oleh tokoh masyarakat sebagai perwakilan kepada pabrik. Hal lain yang harus dilakukan adalah dengan mencari solusi untuk mengolah air sungai tercemar menjadi layak untuk dikonsumsi kembali.

2. Penyaringan air diperlukan untuk menghindari mikroba seperti *Salmonella* sp., *Escherichia coli* dan *Shigella* sp. yang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan. Jelaskan dampak keberadaan mikroba tersebut pada tubuh manusia jika dibiarkan!

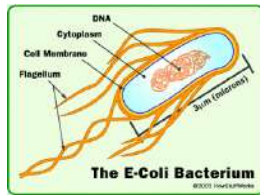
Nama bakteri dan karakteristiknya	Dampak bagi manusia
<p>Salmonella</p>  <p>Salmonella berbentuk batang tanpa membentuk spora. Salmonella bersifat fakultatif anaerob, fermentasi laktosa negatif, dan mayoritas bakteri ini motil. Spesies-spesies Salmonella dapat bergerak bebas dan menghasilkan hydrogen sulfida. Salmonella memiliki panjang antara 2-5 µm dan diameter sel antara sekitar 0,7 dan 1,5 µm dengan flagella peritrichous (di seluruh tubuh sel).²</p>	<p>Jika bakteri Salmonella dibiarkan, maka akan mengakibatkan Salmonellosis atau infeksi bakteri <i>Salmonella</i> pada saluran usus. Salmonella sangat terkait dengan kesehatan diri dan lingkungan. Dalam kasus ringan, infeksi Salmonella dapat sembuh secara alami, namun dalam kasus berat bisa menyebabkan pecahnya atau robeknya dinding usus (perforasi usus) yang menyebabkan peritonitis. Gejala yang dapat timbul adalah tidak dapat buang gas atau buang air besar, nyeri perut hebat, penurunan tekanan darah, penurunan kesadaran, hingga penyebaran bakteri melalui pembuluh darah ke seluruh tubuh yang dapat mengancam nyawa.³ Dampak lain adalah berkurangnya jumlah hewan ternak karena bakteri Salmonella⁴ sehingga berpotensi merugikan ekonomi warga.</p>

² "Salmonella - Medical Microbiology - NCBI Bookshelf." <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8435/>. Accessed 26 Jul. 2021.

³ "Salmonellosis - Pengertian, Gejala, Penyebab, Faktor Risiko" <https://www.halodoc.com/kesehatan/salmonellosis>. Accessed 26 Jul. 2021.

⁴ "Salmonellosis - Pengertian, Gejala, Penyebab, Faktor Risiko" <https://www.halodoc.com/kesehatan/salmonellosis>. Accessed 26 Jul. 2021.

Escherichia coli



tidak membentuk spora maupun kapsula, berdiameter $\pm 1,1 - 1,5 \times 2,0 - 6,0 \mu\text{m}$, dapat bertahan hidup di medium sederhana dan memfermentasikan laktosa menghasilkan asam dan gas.⁵ Secara fisiologi, *E. coli* memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *Escherichia coli* tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, atau di tanah. Pada kondisi tersebut *E. coli* terpapar lingkungan abiotik dan biotik. Penyakit yang ditimbulkan oleh *E. coli* disebabkan karena kemampuannya untuk beradaptasi dan bertahan pada lingkungan yang berbeda. Ada beberapa jenis kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan bagi *E. coli* untuk dapat tetap bertahan, misalnya lingkungan asam (pH rendah) seperti pada saluran pencernaan manusia, perubahan suhu, serta tekanan osmotik. Kemampuan *E. coli* untuk bertahan hidup selama pendinginan dan pembekuan telah terbukti menjadikan *E. coli* toleran terhadap kondisi kering.⁶

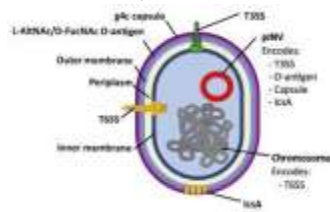
Bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*) umumnya tinggal di usus besar manusia, bakteri ini dapat ditemukan di lingkungan, makanan, dan usus manusia dan hewan. *E. coli* adalah kelompok bakteri yang besar dan beragam. Meskipun sebagian besar jenis *E. coli* tidak berbahaya, yang lain dapat membuat kita sakit. Beberapa jenis *E. coli* dapat menyebabkan diare, sementara yang lain menyebabkan infeksi saluran kemih, penyakit pernapasan dan pneumonia, hingga gagal ginjal.⁷

⁵ "berikan gambar dan ciri-ciri dari bakteri escherichia coli - Brainly.co.id." 7 Nov. 2016, <https://brainly.co.id/tugas/8254865>. Diakses pada 4 Agu. 2021.

⁶ "Escherichia coli - Repository." https://repository.uai.ac.id/wp-content/uploads/2020/09/B4_Buku.pdf. Diakses pada 4 Agu. 2021.

⁷ "E. coli (Escherichia coli) | E. coli | CDC." <https://www.cdc.gov/ecoli/index.html>. Diakses pada 4 Agu. 2021.

Shigella sp



Bakteri gram negatif berbentuk batang, tunggal, tidak memiliki flagel, aerobik ataupun aerobik fakultatif dan tidak membentuk spora, nonmotil, berbentuk batang dan secara genetik berkerabat dekat dengan *E. coli*.⁸

Bakteri *Shigella* dapat berkembang di saluran pencernaan manusia, dan dapat tumbuh baik di usus halus manusia. Hal ini dapat menyebabkan infeksi yang biasanya berlangsung selama 2 - 7 hari. Penderita infeksi ini pada umumnya mengalami gejala disentri, yaitu nyeri atau kram perut, rasa mulas terus menerus yang disertai rasa tidak bisa membuang air besar, diare yang dominan air, terdapat darah atau lendir pada feses, demam tinggi, mual dan muntah.⁹

⁸ "Shigella - Wikipedia." <https://en.wikipedia.org/wiki/Shigella>. Accessed 31 Jul. 2021.

⁹ "Infeksi Shigella (Shigellosis) - Halodoc." <https://www.halodoc.com/kesehatan/infeksi-shigella-shigellosis>. Diakses pada 28 Jul. 2021.

3. Cari tahu tiga alternatif solusi penyaringan/penjernihan air yang ramah lingkungan! Jelaskan dengan alur kerja/prosedur dari masing-masing teknik pengolahan yang kalian rekomendasikan! dan apa hasil akhirnya?

Berikut adalah tabel yang berisi alternatif penyelesaian masalah warga yang ramah lingkungan:

Metode	Penjelasan
Filtrasi yang diawali koagulasi dengan biokoagulan	<p>Proses koagulasi merupakan proses pengumpulan partikel-partikel penyusun kekeruhan yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga dapat diendapkan dengan cara pemberian bahan kimia koagulan.¹⁰ Penambahan bahan kimia (koagulan) pada proses koagulasi dengan pengadukan cepat, memberikan kesempatan kepada koagulan untuk membentuk inti flok yang berasal dari partikel koloid yang ada dalam contoh air¹¹ Biokoagulan yang bisa ditambahkan adalah biji kelor Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) atau <i>Moringa stenopetala</i>, <i>Hibiscus sabdarifa</i>, asam (<i>Tamarindus indica</i>) dan <i>Cajanus cajan</i>, untuk mengendapkan lumpur dan partikel air sebagai ganti tawas¹². Setelah proses koagulasi dilakukan filtrasi yaitu adalah proses penyaringan air untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori¹³</p> <p>Tahapan filtrasi bisa dilihat pada gambar berikut:</p>

¹⁰ "Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air."

<https://media.neliti.com/media/publications/15955-ID-optimasi-penggunaan-koagulan-dalam-proses-penjernihan-air.pdf>. Accessed 31 Jul. 2021.

¹¹ "Jenis Koagulan dan Flokulan | Smk Negeri 3 Kimia Madiun." 28 Jul. 2015,

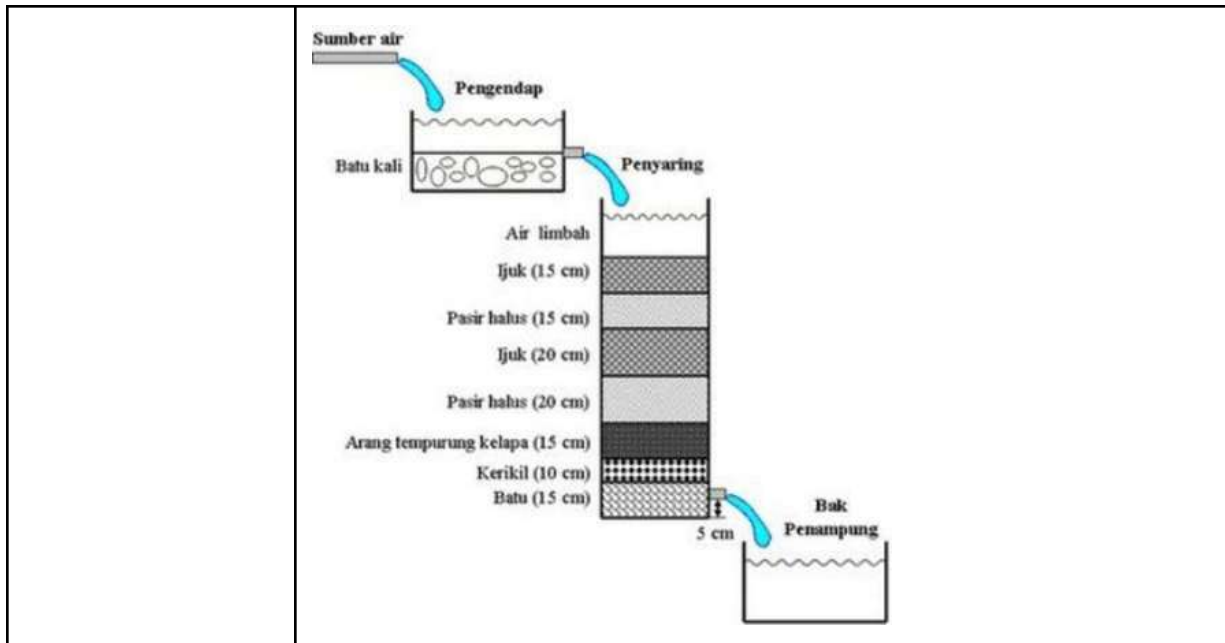
<https://smk3ae.wordpress.com/2015/07/28/jenis-koagulan-dan-flokulan/>. Accessed 31 Jul. 2021.

¹² "Penyaringan air sederhana - dpmd jatim."

<https://dpmd.jatimprov.go.id/component/content/article/90-berita/507-penyaringan-air-sederhana>. Accessed 31 Jul. 2021.

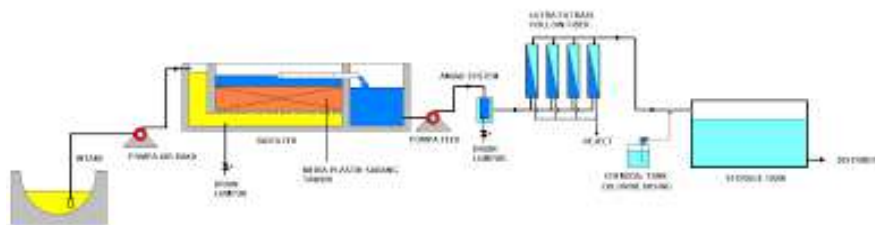
¹³ "Penjernihan Air Metode Filtrasi untuk Meningkatkan ... - Jurnal UNEJ."

<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/WRTP/article/download/19849/9541/>. Accessed 31 Jul. 2021.



Biofiltrasi

Biofiltrasi beda dengan filtrasi biasa. Filtrasi hanya menyaring kotoran yang melayang, sedangkan bio menggunakan mikroorganisme. Mikroorganisme itu yang akan menguraikan kotoran yang terlarut. Caranya yaitu dengan menempatkan media sebagai tempat tumbuh bakteri. Mediana disebut sarang tawon yang memiliki banyak lipatan sehingga luas permukaan yang besar untuk tempat bakteri pengurai. Untuk membuat luas permukaan besar, media dibuat memiliki banyak lipatan, Masing-masing lembaran PVC dilengkungkan dan disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sarang tawon seperti namanya. Inokulasi mikroorganisme tidak diperlukan sebab mikroorganisme secara alami telah tumbuh di air. Jenis mikroorganismenya antara lain Nitrosomonas dan Pseudomonas. Yang dilakukan di sini hanyalah membuat "rumah" tempat tinggal "gelandangan" mikroorganisme.¹⁴ Tahapan filtrasi bisa dilihat pada gambar berikut:



¹⁴ "Biofiltrasi, Manfaatkan Mikroba untuk Pengolahan Air." 12 Sep. 2012, <https://megapolitan.kompas.com/read/2012/09/12/2145307/~Sains~Lab>. Accessed 30 Jul. 2021.

<p>Plant based water filtration</p>	<p>Penyaringan oleh tanaman air merupakan proses penyaringan alami. Tanaman dapat menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen. Di lingkungan perairan, hal ini berguna untuk ikan dan meningkatkan kualitas air. Tumbuhan dalam sistem perairan juga menyerap nutrisi, bakteri, logam berat, dan bahan kimia. Ada 2 prinsip tanaman air yang berperan dalam filtrasi air, yaitu dari permukaan air dan di dalam air.</p> <p>Tanaman air yang bisa digunakan sebagai penyaring alami antara lain yaitu :</p> <p>Mint air (<i>Mentha aquatica</i>) tumbuh setinggi 6 inci, bunga berwarna ungu muda ini harus ditanam terlebih dahulu dalam wadah sebelum dipindahkan ke air. Setelah itu, mint air dapat membantu membersihkan air dengan menghilangkan bakteri seperti <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i>.</p> <p>Bunga teratai/ water lily (<i>Nymphaeaceae</i>) air telah terbukti sangat efektif dalam menyerap logam berat dari air. Mereka juga memberikan keteduhan bagi ikan dan membantu mengurangi pertumbuhan alga. Tanaman terendam yang tumbuh di bawah air sangat baik dalam menyerap polutan. Mereka juga akan mengoksidasi air dan menjaga ikan tetap sehat.</p> <p>Cabomba dan lumut tanduk adalah dua spesies terendam yang baik untuk ditanam. Jenis lumut tertentu, dapat menyerap timbal dalam jumlah besar karena jenis asam khusus di dinding selnya. Studi ini menemukan bahwa berkat lumut, kadar arsenik air turun 80% dalam waktu kurang dari satu jam. Arsenik terikat pada jaringan tanaman, membuat air lebih aman bagi manusia dan hewan.¹⁵</p> <p><i>Hydrilla verticillata</i> dalam proses fitoremediasi semakin besar penurunan kadar TSS air limbah pabrik tahu.¹⁶</p> <p>Eceng gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>) memiliki manfaat yang jarang diketahui masyarakat. Salah satunya adalah sebagai agen fitoremediasi. fitoremediasi adalah mengubah zat kontaminan</p>
--	--

¹⁵ "Plants that Clean Water | Kellogg Garden Organics™." <https://www.kelloggarden.com/blog/gardening/plants-that-clean-water/>. Accessed 31 Jul. 2021.

¹⁶ "PENURUNAN KADAR TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) AIR" <http://www.litbang.kemkes.go.id:8080/handle/123456789/25897>. Accessed 31 Jul. 2021.

	<p>(pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya dengan menggunakan tumbuhan bekerja sama dengan mikroorganismenya baik di tanah, air, maupun udara.¹⁷</p> <p>Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dapat menyisihkan bod dan fosfat pada limbah domestik (Grey Water) dengan sistem fitoremediasi secara kontinyu.¹⁸</p> <p>Duckweed (<i>Lemna minor</i>) digunakan sebagai pakan ternak, bioremediator, untuk pemulihan nutrisi air limbah, dan aplikasi lainnya.¹⁹</p> <p><i>Phyllanthus Fluitans</i>, adalah tanaman pakis terapung air tawar yang dikenal dalam permainan aquascaping karena penampilannya yang unik, akarnya yang merah tua, dan perawatannya yang mudah. Floater yang sangat dicari ini dikenal sebagai "Red Root Floater" karena akarnya yang luar biasa & merah memukau. Tumbuhan ini bisa menghambat pertumbuhan ganggang dan dapat menyerap sampah biologi dan polutan dalam air.²⁰</p> <p>Tanaman air tidak sekedar menyaring tetapi memberi pasokan udara kita, tanaman juga memainkan peran besar dalam menjaga air tetap bersih dengan menyerap karbon dioksida dan mengeluarkan oksigen.</p>
--	--

B. Ide dan Rencana

¹⁷ "Eceng Gondok, Gulma Ajaib untuk Mengatasi Krisis Air Bersih." 23 Apr. 2019, <https://foresteract.com/eceng-gondok-gulma-ajaib-untuk-mengatasi-krisis-air-bersih/>. Accessed 31 Jul. 2021.

¹⁸ "Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Dalam ... - Neliti." <https://www.neliti.com/publications/144378/kemampuan-tanaman-kiambang-salvinia-molesta-dalam-menyisihkan-bod-dan-fosfat-pad>. Accessed 31 Jul. 2021.

¹⁹ "Lemna minor - Wikipedia." https://en.wikipedia.org/wiki/Lemna_minor. Accessed 4 Aug. 2021.

²⁰ "Red Root Floaters: Care Guide | Buce Plant." 24 Jul. 2020, <https://buceplant.com/blogs/news/plant-profile-red-root-floaters>. Accessed 4 Aug. 2021.

1. Dari ketiga alternatif solusi yang sudah diketahui, pilihlah satu solusi yang menurut kalian adalah yang paling baik! Jelaskan alasan mengapa memilih solusi tersebut dengan cara membuat perbandingan, dilihat berbagai aspek, dengan dua solusi lainnya!

Tim kami memilih metode Plant based water filtration yang dikombinasikan dengan filtrasi. Berikut adalah perbandingan ke 3 metode yang ditinjau dari beberapa aspek:

Aspek	Metode 1 (filtrasi)	Metode 2 (Biofiltrasi)	Metode 3 (Plant based water filtration)
Kesehatan	Metode ini sebenarnya cukup bagus untuk digunakan dalam masalah penyaringan air di pedesaan seperti dalam kasus ini, namun tidak menjamin air bisa bersih total dan tidak ada bakteri yang masih hidup. Maka dari itu, ketika memakai metode ini diharuskan untuk airnya direbus terlebih dahulu sebelum diminum.	Metode biofiltrasi ini memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi atau menghilangkan kandungan organik pada limbah. Namun proses ini terkadang akan menimbulkan bau akibat produksi gas H ₂ S ataupun asam - asam organik yang tidak bagus untuk kesehatan masyarakat sekitar.	Tumbuhan dalam sistem perairan dapat menyerap nutrisi, bakteri, berbagai logam berat, dan bahan kimia. Hal yang istimewa lainnya adalah Tanaman air ini dapat menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen.

kepraktisan	<p>Untuk cara membuatnya sangat mudah dan praktis.</p> <p>Namun untuk cara pemiliharaanya cukup susah, dikarenakan harus sering untuk mengganti bahan penyaringannya.</p> <p>Metode ini hanya dapat menjernihkan air dengan jumlah tertentu saja dan air juga tidak dapat dialirkan secara teratur.</p>	<p>Pengolahan air limbah dengan sistem biofiltrasi ini cukup baik dalam proses penguraian pada air limbah karena proses ini dilakukan secara biologis dan tidak memerlukan lahan yang begitu luas, namun kekurangan dalam sistem ini yaitu kurang dapat mengolah air limbah dengan kapasitas besar serta kandungan organik yang tinggi.</p>	<p>Sangat praktis, hanya perlu meletakkan tanaman pada air yang diolah. Peletakkannya menyesuaikan jenis tanaman airnya, di permukaan air atau di dalam air.</p>
ekonomi	<p>Dibilang murah tidak, dibbilang mahal juga tidak. Karena awalnya bahan bahan yang digunakan ada pada daerah pedesaan, namun untuk sistem penyaringannya perlu untuk membeli atau memasangnya kembali ketika kemampuan untuk filtrasi sudah tidak cukup lagi untuk menyaring.</p>	<p>Pada umumnya, harga biofilter ini ditawarkan dalam satu set tergantung volume dan media kontak yang ingin digunakan. Namun karena pengolahan ini untuk warga pedesaan, sudah tentunya memerlukan volume yang besar sehingga metode ini kurang efektif untuk digunakan warga desa.</p>	<p>Murah, karena tanaman yang digunakan mayoritas mudah ditemukan dan bisa berkembangbiak secara alami dengan cepat serta dapat digunakan untuk proses penyaringan selanjutnya</p>

<p>ketersediaan</p>	<p>Sangat mudah diperoleh di daerah pedesaan untuk bahan kerikil, pasir, maupun sabut kelapa, dan spons. Namun beberapa bahan seperti arang aktif dan zeolit harus mencari dengan alternatif lain, misalnya belanja online. Bahan filtrasi ini harus setiap saat dibeli jika kemampuan filtrasi sudah mencapai ambang. Sehingga harus dilakukan pembersihan bahan penyaring atau menggantinya dengan yang baru</p>	<p>Untuk beberapa barang mudah diperoleh, namun ada juga yang susah diperoleh dan bisa memperolehnya di toko online.</p>	<p>Sangat mudah diperoleh, karena tanaman yang dapat menyerap air banyak ditemukan di sekitar kita dan dapat juga dipesan secara online. Setelah dibeli bisa dikembangbiakkan secara mandiri karena tanaman tersebut tidak terlalu memerlukan perawatan khusus serta lebih mudah untuk dirawat</p>
<p>Sosial</p>	<p>Alat dan bahan yang digunakan mudah ditemukan di masyarakat, dengan proses yang praktis, namun alat ini tidak sesuai jika digunakan dalam jangka waktu yang panjang, karena jika kemampuan filtrasi mencapai ambang, harus dilakukan pembersihan bahan penyaring atau menggantinya dengan yang baru. Selain itu, ada beberapa bahan yang susah diperoleh di toko terdekat</p>	<p>Alat ini kurang efektif dan tidak praktis jika digunakan untuk kebutuhan warga sekampung, ditambah beberapa barang yang dibutuhkan tidak tersedia di toko terdekat dan harus belanja online,</p>	<p>Alat ini sangat efektif jika digunakan di pedesaan, karena menggunakan tanaman air yang bisa menyerap nutrisi, bakteri, berbagai logam berat, dan bahan kimia. Selain itu, mayoritas tumbuhan yang digunakan air adalah tanaman gulma yang mengganggu petani di sawah. Cara perkembangbiakkannya juga terbilang mudah.</p>

C. Soal Hitungan

Tiga pemuda akan membuat alat penyaring air. Pemuda pertama dapat menyelesaikan pembuatan satu alat penyaring air dalam waktu 10 jam. Pemuda kedua dan ketiga masing-masing dapat menyelesaikan pekerjaan yang sama dalam waktu 12 jam. Mereka akan bekerja bersama-sama dalam pembuatan alat penyaring air agar lebih cepat selesai. Pemuda kedua dan ketiga bersama-sama bekerja selama empat jam. Kemudian, pemuda pertama bergabung bersama mereka menyelesaikan pekerjaan hingga selesai. Jika diasumsikan kecepatan kerja mereka tetap, maka berapa lama proses pembuatan alat penyaring air tersebut?

Diketahui :

Pemuda pertama (A), dapat menyelesaikan dalam waktu 10 jam, beban selesainya $100\% = 1$,
kemampuan per jam = $1/10$ bagian beban

Pemuda kedua (B), dapat menyelesaikan dalam waktu 12 jam, beban selesainya $100\% = 1$,
kemampuan per jam = $1/12$ bagian beban

Pemuda ketiga (C), dapat menyelesaikan dalam waktu 12 jam, beban selesainya $100\% = 1$,
kemampuan per jam = $1/12$ bagian beban

Ditanya :

Jika diasumsikan kecepatan kerja mereka tetap, maka berapa lama proses pembuatan alat penyaring air tersebut?

Pemuda B dan C bekerja 4 jam

$$B \rightarrow 4 = 1/12 = 4/12$$

$$C \rightarrow 4 = 1/12 = 4/12$$

$$\text{-----} + (4/12 + 4/12 = 8/12)$$

8/12 telah diselesaikan selama 4 jam

Berarti yang belum itu $1 - 8/12 = 4/12 = 1/3$

Kemudian, $1/3$ bagian dikerjakan bersama - sama (3 orang itu bersama sama)

$$1/3 = t \times \text{jam} (1/10 + 1/12 + 1/12) = t \times (6/60 + 5/60 + 5/60) = 16/60 \times t = 4/15 t$$

$$1/3 = 4/15 t \Rightarrow t = 15/3 \times 4 = 15/12 = 5/4 \text{ jam} = 1\frac{1}{4} \text{ jam} = 1 \text{ jam } 15 \text{ menit}$$

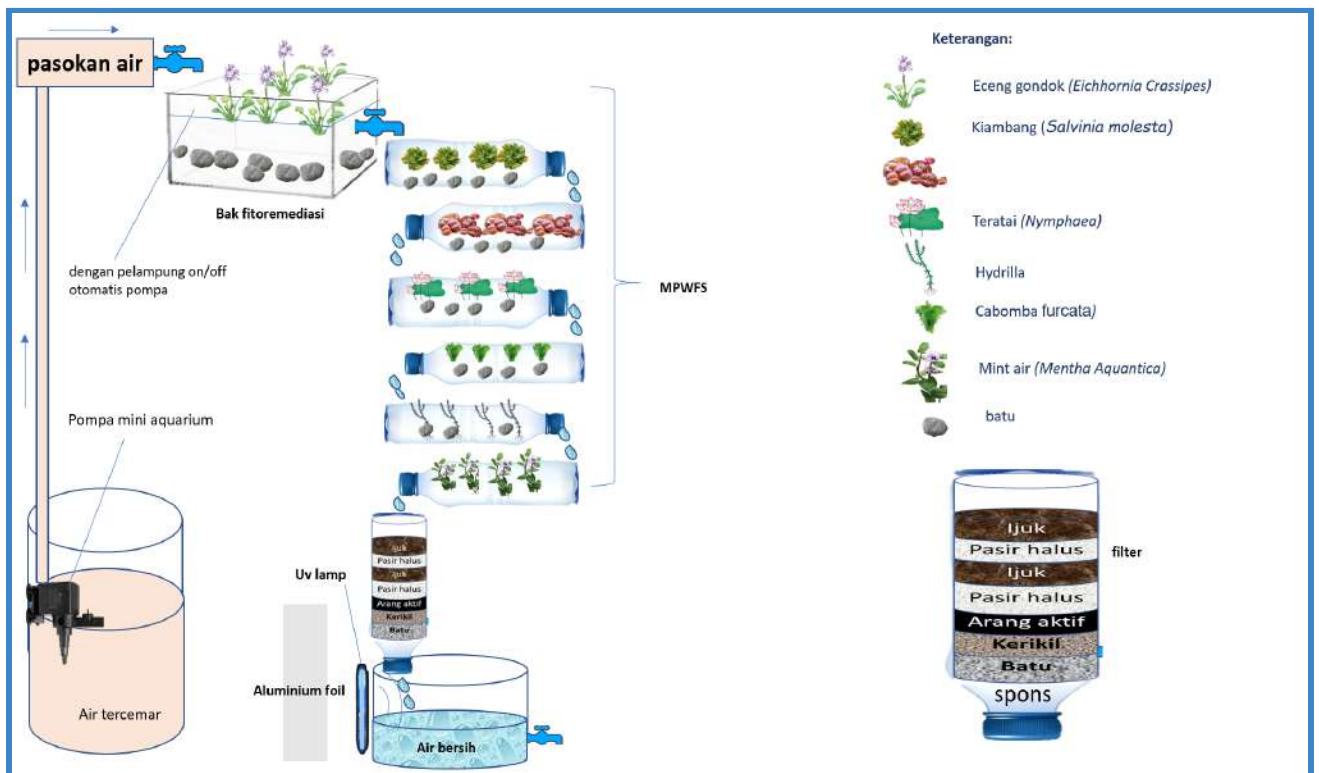
Maka lama proses pembuatan alat penyaring air tersebut adalah selama 1 jam 15 menit.

D. Prototipe & Uji Evaluasi

1. Buatlah prototipe menggunakan bahan dan peralatan sederhana yang menyimulasikan solusi yang dipilih!



Gambar Prototype Multiple Plants Water Filtration System (MPWFS) awal



Gambar Prototype Multiple Plants Water Filtration System (MPWFS) akhir

Keterangan: Tim kami memutuskan rancangan akhir karena lebih praktis dan bisa diamati lebih lanjut perubahan yang terjadi pada tiap tahapan fitoremediasi masing-masing tanaman. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengambil sampel pada tahapan juga akan mudah dilakukan dan dianalisis.

Tabel Harga Alat dan Bahan Prototype MPWFS:

Alat dan Bahan	Harga (RM)		Harga di desa (Rp)	
	Satuan @	total	Satuan @	total
Alat :				
6 Botol air mineral (1.5 L)	1	6	1.000	6.000
1 Bak fitoremediasi	5	5	10.000	10.000
1 Bak penampungan	5	5	10 000	10 000
1 pelampung (<i>hand made</i>)	2	2	5.000	5.000
Selang air	2	2	3.000	3.000
2 paket kawat / tali	2	4	2.500	5.000
1 Rak sepatu untuk penyangga	30	30	15.000	15.000
Aluminium foil	2	2	5.000	5.000
Pompa air mini aquarium	12	12	30.000	30.000
Kran	2	2	5.000	5.000
Lampu UV mini 5att	25	25	60.000	60.000
2 paket Kerikil	2	4	0	0
1 paket pasir	2	2	0	0
1 paket batu	2	2	0	0
1 spons	0.25	0.25	500	500
1 paket Arang aktif	4	4	5.000	5.000
1 paket sabut kelapa/ijuk	2	2	0	0
Bahan :				
7 Eceng gondok	2	14	0	0
2 Teratai	2.5	5	0	0
2 paket Kiambang	2.5	5	0	0
5 paket Hydrilla	2	10	10.000	10.000
2 paket Cabomba	2.5	5	4.000	4.000
2 Paket Mint air	8	16	30.000	30.000
1 paket Duckweed	2	2.5	0	0
1 paket Red root	2	2	0	0
Total	168.75 RM	= Rp 574.066.00	Rp. 203.500.00	

Keterangan:

- Harga alat dan bahan prototype MPWFS pada tabel berdasarkan harga pembelian online di Kuala Lumpur. Adapun perkiraan biaya pembuatan alat di pedesaan sangat murah, karena banyak bahan yang bisa ditemukan di desa, bahkan biasanya dibuang karena dianggap gulma.
- Konversi RM ke Rp per 7 Agustus 2021

Cara Kerja MPWFS:

- Air sungai yang tercemar dipompa secara otomatis menggunakan prinsip pelampung dengan patokan volume air pada bak penampungan untuk on/off
- Pada bak penampungan diletakkan batuan untuk membantu dalam proses pengendapan air tercemar pada tahap awal. Setelah air dalam bak penampungan air mencapai volume tertentu, maka nanti air akan dialirkan menuju ke filtrasi tanaman.
- Bak penampungan diberi enceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai agen fitoremediasi yang akan mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bekerja sama dengan mikroorganisme tanah, air, maupun udara. Hal ini menyebabkan enceng gondok dapat menyerap limbah rumah tangga, misalnya fosfat, sisa sabun, dan limbah pertanian.
- Kran bak dibuka dengan kecepatan air tertentu untuk mengatur aliran air pada botol filtrasi tanaman / fitoremediasi kontinyu dari botol 1 hingga 6 yang ujungnya telah dilubangi berdasarkan prinsip gravitasi, sehingga air bisa jatuh ke botol di bawahnya. Secara bertahap, tanaman ini akan melakukan proses penyaringan dengan kemampuan yang berbeda. Botol disusun secara zig zag agar desain lebih minimalis dalam prototipe ini
- Air dari bak fitoremediasi mengalir menuju botol 1 berisi tanaman yaitu kiambang (*Salvinia molesta*). Yang akan menyisihkan bod dan fosfat pada limbah domestik (*Grey Water*)
- Air dari ujung botol 1 mengalir menuju botol 2 yang berisi redroot (*Phyllanthus Fluitans*) yang dapat menghambat pertumbuhan ganggang dan dapat menyerap sampah biologi dan polutan dalam air. Pada botol 2 ini juga ditambahkan Duckweed (*Lemna minor*) yang digunakan sebagai bioremediator untuk pemulihan nutrisi air tercemar.
- Selanjutnya air dari botol 2 mengalir ke botol 3 yang berisi teratai/ water lily (*Nymphaeaceae*) yang terbukti sangat efektif dalam menyerap logam berat dari air dan membantu mengurangi pertumbuhan alga.
- Air dari botol 3 mengalir ke botol 4 yang berisi *Hydrilla Verticillata*, Memiliki fungsi sebagai zat hara dan dapat menurunkan kadar Cr dalam limbah. Tanaman ini juga menambahkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis.
- Selanjutnya air mengalir ke botol 5 yang berisi Cabomba, spesies terendam yang baik untuk ditanam dapat menyerap timbal dalam jumlah besar karena jenis asam khusus di dinding selnya yang membuat air lebih aman bagi manusia dan hewan. Tanaman ini juga menambahkan kadar oksigen dalam air dari proses fotosintesis.
- Air dari botol 5 mengalir pada botol ke 6 yang terdapat tanaman *Mentha*

- aquatica* yang berfungsi untuk membunuh bakteri gram positif maupun gram negatif, misalnya bakteri *Salmonella sp*, *Escherecia coli*, dan *Shigella sp*.
- Selanjutnya air akan melalui alat filtrasi tambahan berlapis yang terdiri dari sabut kelapa, kemudian batu, kerikil, arang aktif, pasir, dan spons untuk menyaring partikel kasar yang terbawa aliran air. Arang aktif berfungsi untuk menambah efektivitas dalam penyaringan, termasuk membunuh bakteri.
 - Aliran air dari alat filtrasi tambahan menuju bak penampungan air bersih. Pada bak ini diberikan sinar uv untuk proses sterilisasi dan menghambat pertumbuhan alga. Penyaringan ini akan dimaksimalkan dengan adanya aluminium foil di sekitar lampu ultraviolet.
 - Air hasil penyaringan berlapis pada bak penampungan air bersih siap untuk digunakan masyarakat, kualitasnya sangat bagus karena sudah melalui beberapa kali proses penyaringan di mana terjadi proses penyidikan secara fisika, kemudian secara kimia dan secara biologi. Air tidak sekedar bersih dari polutan, tetapi juga diperkaya dengan oksigen.
 - Jika suatu saat nanti akan dilakukan penelitian lanjutan, maka bisa diambil sampel dari tiap tahapan untuk mengetahui perubahannya.

2. Setiap solusi selalu memiliki ruang untuk pengembangan/perbaikan. Temukan dan jelaskan kekurangan/keterbatasan yang dimiliki oleh solusi yang kalian pilih! Berikan beberapa rekomendasi untuk perbaikannya!

Beberapa kekurangan solusi yang kami pilih antara lain:

- a. Solusi kami pilih masih 1 kali proses penyaringan dengan tumbuhan. Saran dari kelompok kami disediakan bak penampung sementara untuk proses pengulangan filtrasi oleh tumbuhan.
- b. Belum ada otomatisasi untuk pengulangan penyaringan menggunakan air sebelum menuju alat filtrasi lanjutan. Alternatif perbaikan adalah pemrograman dengan detektor air sehingga bisa mengontrol proses pengulangan filtrasi oleh tumbuhan sebelum lanjut ke filtrasi tambahan yang berujung di bak penampungan air bersih
- c. Secara fisik, hasil eksperimen menunjukkan bahwa air tercemar berubah menjadi jernih dan tidak berbau. Pengaturan kecepatan aliran air dan lama kontak tanaman dengan air bisa dikontrol lebih lanjut dengan otomatisasi bak penampungan dan botol tanaman.
- d. Eksperimen kami belum sampai pada tahap pengujian di laboratorium yang menunjukkan bahwa berbagai tanaman yang digunakan sudah berhasil menyerap zat polutan di air. Solusi yang kami tawarkan adalah melakukan tahap lanjutan yaitu pemeriksaan kualitas air pada tiap tahapan oleh tanaman. Pemeriksaan

kualitas, meliputi: pH, DO (*dissolved oxygen*), logam berat, bakteri, dan polutan yang dicurigai.