



PENGOLAH AIR UNTUK DAERAH BENCANA DENGAN SISTEM MODULAR

Gamawan Ananto, Albertus B. Setiawan
Jurusan Teknik Manufaktur
Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan 21, Bandung 40135
Email: gamawan@polman-bandung.ac.id

Abstract

Salah satu masalah yang sering dihadapi masyarakat saat bencana banjir, adalah kekurangan air bersih. Hal ini disebabkan karena saat terjadi banjir sumber air tercemar oleh lumpur, kotoran dan lain lain. Solusi untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah seperti itu umumnya dilakukan Pemerintah Daerah atau kelompok masyarakat dengan cara mendatangkan air bersih dari tempat lain dengan potensi kendala/konsekwensi pada jarak, transportasi dan hal operasional lain. Dari permasalahan ini digagas pembuatan desain alat/ mesin Pengolah Air (water treatment) untuk memanfaatkan sumber air baku dari air di sekitar lokasi bencana, baik air sungai ataupun air banjir yang sudah tercemar kotoran dengan hasil air bersih yang layak untuk sanitasi dan/ atau untuk kebutuhan masak/ minum.

Metodologi perancangan pengolah air ini adalah mengadopsi teknologi existing, sejumlah referensi dan dasar teknologi filtrasi sederhana yang banyak digunakan oleh masyarakat sehari hari. Rancangan kombinasi beberapa sumber dari sisi proses adalah penggunaan media penyaring karbon aktif, pasir aktif dan zeolit yang mudah dijumpai di pasaran, diberi tambahan alat untuk proses pemisahan kotoran dengan aliran tangensial serta opsi modular yang disesuaikan kebutuhan. Pilihan modular ini dibuat karena desain mesin pengolah air umumnya dirancang secara kondisional sesuai kebutuhan, baik masukan sumber air bakunya, kualitas luarannya (untuk penggunaan sanitasi, air layak masak, air siap minum), maupun kapasitasnya (m^3 per jam). Modular ini meliputi saringan pengayak (screen filter), pemberian bahan tambah dengan kendali elektrikal, pencampuran hidro mekanik dan tangki homogenisasi. Pendefinisian kapasitas akan memengaruhi pilihan spesifikasi pompa utama (submersible), pompa pendorong (centrifugal) serta tangki penampung (reservoir) untuk penyangga suplai (buffer) yang menampung air luaran sebelum digunakan.

Hal esensial lainnya, bencana banjir merupakan peristiwa 'temporer' dimana rendaman air mungkin hanya berlangsung dalam hitungan hari atau minggu, karena itu Pengolah Air dirancang dengan sistem mobile yang dilengkapi sistem roda penggerak dan generator listrik standar sebagai sumber tenaga. Hal ini bertujuan untuk kemudahan operasi di lapangan dalam berpindah tempat dan pemberian pelayanan yang lebih merata, apabila daerah bencana banjir meliputi area yang relatif cukup luas. Mesin Pengolah Air dengan sistem modular ini akan membuat masyarakat di daerah bencana yang memerlukan air bersih tidak perlu lagi menempuh perjalanan jauh karena sifat mobile yang mendukung untuk dengan mudah mendatangi sub-lokasi, sub-sektor daerah bencana ataupun kelompok-kelompok masyarakat yang membutuhkan pelayanan air bersih.

Keywords : Pengolah Air, modular, kapasitas kecil.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di sejumlah daerah tertentu di Indonesia saat musim hujan sering terjadi bencana banjir yang mengakibatkan timbulnya masalah kekurangan air bersih, akibat tercemarnya sumber air yang ada. Semua pihak, baik masyarakat sendiri ataupun Pemerintah Daerah selalu mencari solusi dengan berbagai cara dalam memenuhi kebutuhan air bersih ini. Pada daerah yang tidak memiliki atau kekurangan sumber air dilakukan solusi dengan memasok dari tempat lain yang memerlukan upaya operasional berupa transportasi menggunakan truk tangki, sedangkan pada tempat dimana terdapat sumber air namun tidak memenuhi persyaratan kebersihan dan ketentuan lainnya, selain memasok dari tempat lain juga diupayakan pengolahan air secara sporadis dalam skala kecil.

Pengolahan air secara sporadis ini bisa dilakukan dengan menggunakan teknologi yang umum, baik teknologi sederhana yang ada di masyarakat maupun teknologi tinggi dan rumit. Sumber air dengan tingkat kekeruhan (*turbidity*)

rendah misalnya, bisa menggunakan *fast (rapid) sand filtration* ataupun *slow sand filtration*, suatu cara yang sederhana dan mudah karena tidak memerlukan ketrampilan tinggi^[1]. Cara pengolahan lain yang lebih rumit dan *sophisticated* mampu menghasilkan luaran dengan kualitas lebih baik dan terjamin, namun bila menggunakan produk industri yang ada di pasar bisa jadi memiliki konsekwensi biaya lebih tinggi dibandingkan penggunaan/ implementasinya yang lebih sempit/ spesifik.

Standar kualitas air bersih dan air minum yang telah ditentukan antara lain oleh SNI 01-3553-2006 Badan Standardisasi Nasional^[2] yang dijadikan acuan untuk menjaga kualitas air bersih menunjukkan bahwa terkadang timbul kendala dalam pengolahan air ini karena sumber air baku yang bisa dimanfaatkan umumnya adalah sumber air permukaan atau air sungai dengan tingkat kekeruhan, kandungan besi/ senyawa kimia lain dan kontaminasi yang relatif cukup tinggi. Masyarakat dalam kondisi tertentu sulit untuk bisa memenuhi standar tersebut, karena itu sebagian orang terpaksa hanya menggunakan air tanah ini untuk



keperluan mandi dan cuci saja, tidak untuk memasak dan minum.

1.2. Tinjauan Pustaka

Banyak cara dan teknologi pengolahan air hasil pengembangan yang telah digunakan secara luas dan bisa dipilih. Untuk menentukan teknologi mana yang akan digunakan harus disesuaikan dengan sejumlah faktor, baik hal yang terkait air baku (masukan) maupun tuntutan kualitas hasilnya (luaran). Air baku permukaan yang berasal dari sungai misalnya, karena memiliki tingkat turbiditas atau kekeruhan yang mencapai 10,000 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) dari 1,500 NTU yang disyaratkan^[2], memerlukan proses tambahan dibandingkan air baku tanah/sumur, yang umumnya hanya memerlukan filtrasi standar saja. Secara umum, tahapan proses yang dilakukan dalam pengolahan air adalah:

- Aerasi, pemberian udara pada air baku
- Flokulasi, pemisahan partikel dengan koagulan
- Sedimentasi, pengendapan hasil flokulasi
- Filtrasi atau penyaringan
- Disinfectan, untuk mematikan bakteri

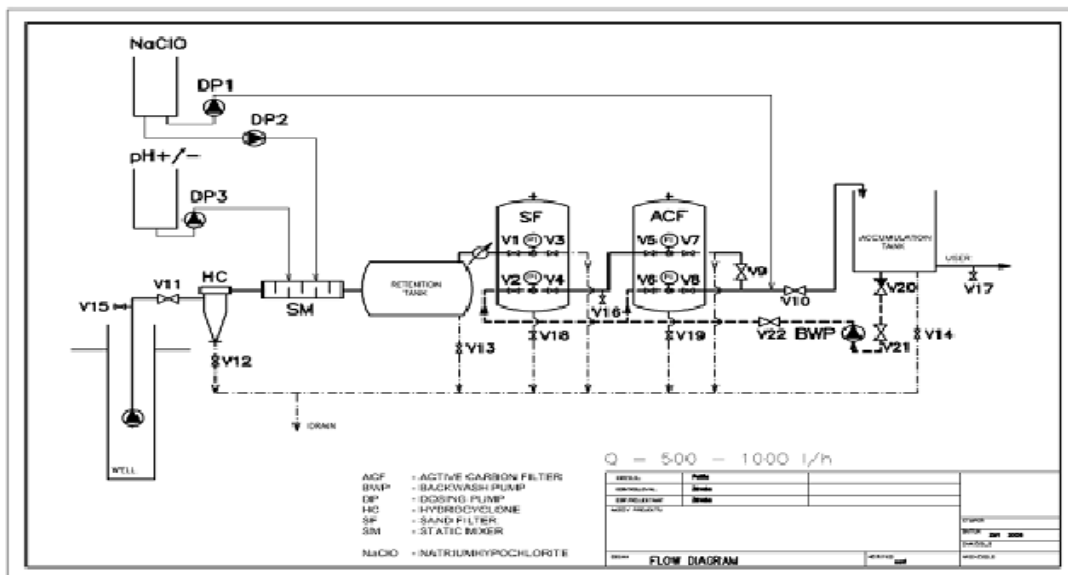
Salah satu teknologi pengolah air minum yang bisa diadopsi adalah hasil kerjasama pengembangan sejak 2008 antara Polman (Politeknik Manufaktur Bandung) dengan PT. Lufapak Asia atas dukungan Lufapak GmbH (Jerman) dan IWET a.s. (Republik Czech). Produk yang telah dikembangkan adalah pengolah air statis untuk dipasang/ di-instalasi di suatu tempat tetap, tipe WWT-01 (*well water treatment* kapasitas 1m³ per jam) yang dirancang untuk air baku dari sumur/ air tanah. Produk ini telah dibuat/ direalisasi dalam jumlah tertentu dan diimplementasikan di beberapa daerah (Tasikmalaya, Belitung, Timor Leste) serta berfungsi dengan baik.

RWT-05 (*river water treatment* kapasitas 5m³ per jam), produk milik IWET.a.s lainnya, dirancang untuk air baku dari sungai/ air permukaan. Sejauh ini IWET tidak memiliki produk RWT dengan kapasitas yang lebih kecil dari 5m³ per jam. Diagram Proses pada **Gambar-01** untuk WWT-01^[3] dan **Gambar-02** untuk RWT-05^[4] memperlihatkan bahwa secara umum desain/

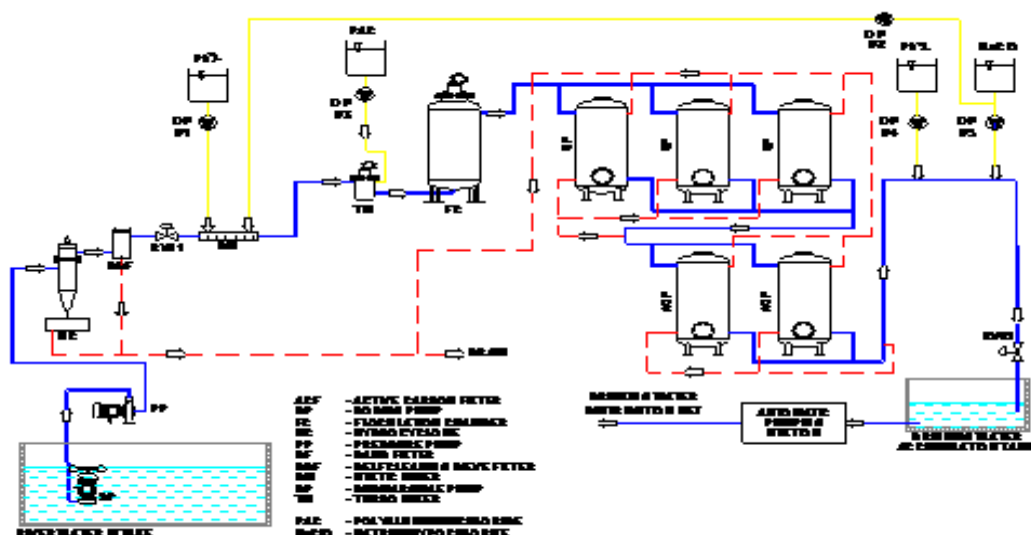
konsep RWT agak lebih kompleks dibandingkan WWT. RWT mempunyai beberapa komponen yang tidak digunakan di WWT, terkait sifat atau karakter air baku (masukan) sungai dibandingkan air tanah. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa teknik pengolahan air yang digunakan oleh IWET adalah pemisahan kotoran, pengikatan kandungan yang tidak dikehendaki serta pengendaliannya dengan menggunakan bahan tambah yang dikendalikan secara elektrik.

Komponen yang digunakan pada WWT dan RWT adalah sebagai berikut:

- *Hydrocyclone*: berfungsi untuk memisahkan kotoran kasar > 0,2mm.
- *Static Mixer*: memiliki fungsi mencampur cairan, misalnya penambahan bahan untuk proses flokulasi.
- *Retention Tank*: berfungsi untuk homogenisasi air yang telah melewati pengolahan awal serta menyelesaikan reaksi kimia yang diperlukan, seperti oksidasi besi dan pre-klorinasi.
- *Sand Filter/ Active Carbon Filter Chamber*: berupa filter tekanan *single-chamber* yang memastikan filtrasi air dari partikel-partikel yang tidak dapat larut.
- *Dosing Pump*: berfungsi untuk mengatur pemberian dosis bahan kimia secara tepat (*klorin/ NaClO*, desinfektan, PAC/ *Polyaluminium chloride permanganate*).
- *Sieve Filter, Automatic Self Cleaning*: pada teknologi IWET a.s. digunakan hanya pada RWT, berguna untuk mengeliminasi semua partikel >100 μ yang dilengkapi dengan *screen filter/ pengayak*, dan sampai kondisi penumpukan kotoran tertentu dilakukan pencucian filter pengayak yang diaktifkan secara otomatis.
- *Turbo Mixer*: pada teknologi IWET a.s. digunakan hanya pada RWT, berfungsi untuk proses homogenisasi bahan tambah dengan air yang diolah.
- *Flocculations Chamber*: pada teknologi IWET a.s. digunakan hanya pada RWT, untuk pemisahan dan pembuangan endapan hasil dari koagulasi dan kondensasi dari proses sebelumnya.



Gambar-01: Diagram Proses WWT-01 (IWET.a.s, Republik Czech)



Gambar-02: Diagram Proses RWT-05 (IWET.a.s, Republik Czech)

1.3. Tujuan

Mengadopsi dan mengombinasikan referensi dan teknologi pengolah air *existing* untuk perancangan dengan pertimbangan implementasi yang lebih luas dari sisi air baku, sehingga dipilih mesin dengan kemampuan mengolah yang lebih tinggi yaitu RWT (*river water treatment*), namun untuk kemudahan operasional dipilih kapasitas setara WWT-01. Parameter teknis mekanikal maupun elektrik RWT-05 ini bisa dijadikan acuan untuk pengembangan produk pengolah air bersih dengan air baku dari sungai yang memiliki kapasitas lebih kecil yang lebih sesuai untuk daerah bencana, yaitu **RWT-01** (1m³ per jam). RWT-01 dipilih dengan pertimbangan reduksi ukuran/ dimensi serta bobot mesin yang merupakan faktor yang mempengaruhi kemudahan operasi untuk mencapai daerah bencana yang terkadang memiliki kendala dalam infrastruktur atau akses jalan, sebab langsung terkait dengan ukuran truk pengangkut serta bobot (*weight*) total truk.

Mengingat desain mesin pengolah air umumnya dirancang secara kondisional sesuai kebutuhan

baik masukan sumber air bakunya, kualitas luarnya (untuk penggunaan sanitasi, air layak masak, air siap minum) maupun kapasitasnya (m³ per jam) maka digagas Pengolah Air dengan sistem **modular**. Selain fitur standar filtrasi yaitu penggunaan media penyaring karbon aktif/ pasir aktif/ zeolit dan alat pemisah kotoran dengan aliran tangensial, modul yang bisa dipilih meliputi saringan pengayak (*screen filter*), pemberian bahan tambah dengan kendali elektrik, pencampuran hidro mekanik dan tangki homogenisasi. Tambahan modular lain adalah pendefinisian kapasitas yang memengaruhi pilihan spesifikasi pompa utama (*submersible*), pompa pendorong (*centrifugal*) dan tangki penampung (*reservoir*) untuk penyangga suplai (*buffer*), serta fitur *mobile* untuk kemudahan operasional bergerak.

2. METODE PENELITIAN

Teknologi *existing* diadopsi, dikombinasikan dan disesuaikan untuk kebutuhan pengolah air dengan fitur *mobile* untuk kebutuhan komunitas kecil, yaitu kapasitas 1m³ per jam atau 18-20m³ per hari, setara dengan kebutuhan 100-150 orang^[5]. Kondisi Desain umum IWET pada RWT mirip dengan WWT karena itu sistem dan komponen

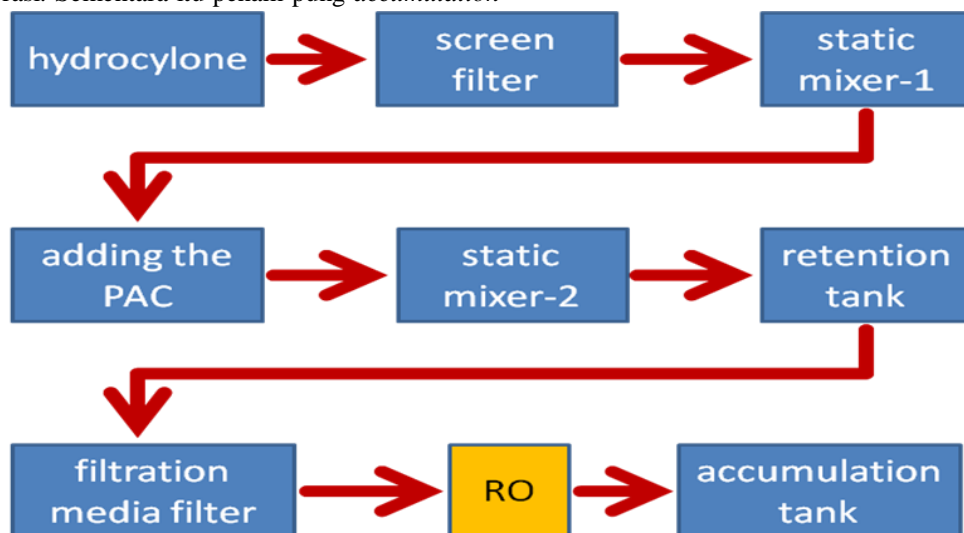
dasar WWT (*hydrocyclone, dosing pump, static mixer & sand/ carbon filter*) dapat langsung diadopsi ke RWT-01.

Perbandingan analisis desain dan fungsi RWT dengan WWT menunjukkan perbedaan pada sejumlah komponen inti dimana perbedaan mendasar ada pada komponen *floculation chamber, sieve filter* dan *turbo mixer* RWT yang tidak dijumpai pada WWT. Penye-derhanaan sistem RWT orisinal dilakukan berupa penghilangan *floculation chamber* dan *turbo mixer* yang relatif mahal serta sulit dijumpai di pasar lokal sebagai bagian dari upaya penekanan biaya. Komponen dari RWT yang ditambahkan kepada WWT adalah penggunaan *screen filter* sebagai pengganti *sieve filter*, meskipun tidak dilengkapi fitur *self cleaning* otomatis seperti pada *sieve filter*.

Selain penambahan beberapa komponen spesifik, dari sisi perbaikan penampilan dan kinerja, tanki media filtrasi dan *retention tank* dibuat dari stainless steel. Seluruh peralatan ditempatkan dalam sebuah rangka kompak untuk dibongkar muat secara praktis ke atas truck atau menggunakan kereta *trolley* yang dihela/*trailed* oleh truk yang akan membawa-nya ke lokasi operasi. Sementara itu penam-pung *accumulation*

tank dengan desain orisinal persegi diganti dengan bentuk 'bottle' dari bahan PE (*polyethylene*) dengan kapasitas 3'000 liter. Ukuran ini diperhitungkan untuk sekira 125 orang yaitu 16% dari kebutuhan puncak (125 orang x 150 liter per orang hari)^[6] untuk *buffer* (penyangga suplai) yang menampung air luaran sebelum digunakan. Kapasitas untuk melayani jumlah pengguna ini secara *input* ditentukan oleh tipe dan spesifikasi teknis pompa utama jenis *submersibel* yang mengisap *input* dari air sungai atau air banjir, dengan dukungan/ dibantu oleh pompa pendorong jenis *centrifugal* untuk optimalisasi proses pencampuran pada *static mixer*.

Pada **Gambar-03** berikut diperlihatkan urutan proses dan cara kerja RWT-01. *Screen filter* adalah penyederhanaan '*automatic self clean-ing sieve filter*' desain orisinal. Penambahan PAC diterapkan sesuai desain orisinal, namun ditambahkan *static mixer-2* yang dipasang setelahnya untuk menyempurnakan campuran, maka *turbo mixer* tidak lagi diperlukan, sementara fungsi *floculation chamber* digantikan oleh *retention tank*. Pompa utama, pompa pendukung (pendorong) dan pompa *dosing* tidak digambarkan pada blok diagram.



Gambar-03: Diagram Proses RWT-01

Gambar-03 juga menunjukkan bahwa sistem modular bisa lebih dikembangkan lagi dengan penambahan unit standar RO (*reverse osmosis*) di akhir proses untuk lebih menyempurnakan kualitas luarannya, atau bila sumber air memiliki kecenderungan bersifat payau. Jika opsi ini dipilih maka harus diperhitungkan beberapa konsekwensi yang menyertainya, yaitu turunnya kapasitas luaran secara signifikan sejalan dengan ukuran pori pada membran RO, sertaantisipasi kebutuhan tambahan daya pada pompa pendorong^[7].

Dari sisi kelengkapan *mobile* terdapat pilihan desain dan opsi tambahan sebagai berikut:

- Menggunakan wagon (kereta), berupa *trolley* dengan sistem suspensi, rem dan lampu isyarat (*brake & tail light*).
- Perancangan mekanisme tambahan pada rangka Pengolah Air untuk memudahkan bongkar muat ke atas mobil bak terbuka atau box tertutup.

- Sumber energi penggerak unit berupa generator standar 2 hingga 3kW dengan bahan bakar bensin atau solar.

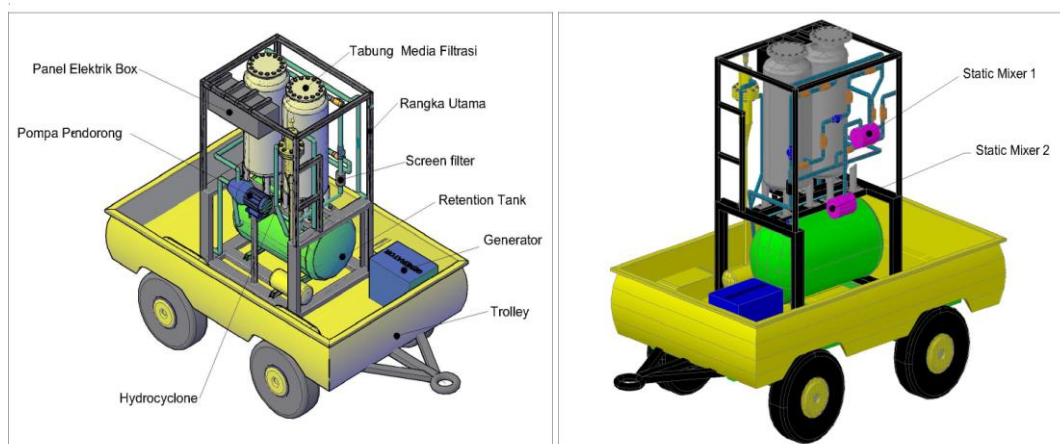
3. HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

Kombinasi dari RWT-05 dan WWT-01 dari IWET serta sejumlah referensi lain meng-hasilkan desain mesin pengolah air RWT-01 seperti diperlihatkan **Gambar-04** dari dua arah pandangan (*view*), dimana secara garis besar disebutkan komponen-komponen utama yang dijadikan acuan kelompok modular (diluar *reservoir* yang memang penempatannya terpisah). RWT-01 memiliki kemampuan mengolah air dari air baku tanah maupun air sungai/ permukaan, bahkan sampai batas tingkat kandungan garam tertentu dari air payau, dengan pemilihan modul yang sesuai.

Fitur *mobile* bisa dipilih dari alternatif penggunaan wagon (kereta) dengan sistem

suspensi, rem dan lampu isyarat standar sebagaimana ketentuan aturan lalu lintas, karena wagon ini akan ditarik oleh mobil universal atau truk ke daerah bencana. Keuntungan pilihan ini adalah praktis karena unit bisa ditinggalkan dengan mudah di lokasi selama diperlukan, serta dijemput kembali ketika selesai operasi. Alternatif lain adalah desain mekanisme tambahan pada rangka RWT-01 untuk memudahkan bongkar muat ke atas mobil bak terbuka ataupun box tertutup. Keuntungan pilihan

ini adalah tidak memerlukan sistem penggerak roda dan pendukungnya, karena dirancang lebih untuk penggunaan semi-statis, atau tidak dipindah tempatkan untuk waktu yang relatif lebih panjang. Untuk daerah bencana dengan ketiadaan sumber energi (listrik), diantisipasi dengan pilihan penambahan generator yang bisa ditempatkan bersama sama dalam 1 rangka dengan unit pengolah air (tangki, mixer, box elektrik), atau disesuaikan kondisi.



Gambar-04: Ilustrasi Umum RWT-01

Tabel-01 berikut menggambarkan modular sistem yang bisa dipilih disesuaikan dengan kebutuhan

dimana semua hal ini memengaruhi besar biaya yang diperlukan.

Tabel-01: Matriks Modular Pengolah Air RWT-01

input	hydrocyclone, sand filtration media	screen filter	electr. control, dosing pump	static mixer, retention tank	PAC, disinfectant	chlorination, PH control	RO unit, pompa pendorong tambahan	output
well	√							clean water
	√		√	√		√		pre-drinking water
	√		√	√	√	√		drinking water
river	√	√						clean water
	√	√	√	√		√		pre-drinking water
	√	√	√	√	√	√		drinking water
brackish	√	√					√	clean water
	√	√	√	√		√	√	pre-drinking water
	√	√	√	√	√	√	√	drinking water

Fitur atau parameter lain yang bisa dipilih atau didefinisikan berdasarkan kebutuhan adalah:

- Alternatif wagon atau tambahan mekanisme pada rangka utama untuk kemudahan bongkar muat
- Generator listrik 2 atau 3kW
- Kapasitas pompa utama, pompa pendorong dan ukuran *reservoir/ accumulation tank* yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk jumlah orang yang dilayani

4. KESIMPULAN

RWT-01 adalah pengolah air dengan kapasitas kecil yang dirancang untuk kapasitas dasar 1m³ per jam atau setara kebutuhan 100-150 orang, dibuat dengan sistem modular yang bertujuan bisa memenuhi kebutuhan air bersih secara kondisional, baik masukan sumber air bakunya (air tanah, sungai/ permukaan, semi payau), kualitas luarannya (sanitasi, air layak masak, air siap minum) maupun variasi kapasitasnya. Sistem modular akan bisa menjawab hal hal diluar perlengkapan standar filtrasi (media aktif karbon/pasir/ zeolit dan hydrocyclone), yaitu bisa dipilih/



ditambahkannya modul saringan pengayak (*screen filter*), pemberian bahan tambah dengan kendali elektrikal, pencampuran hidro mekanik dan tangki homogenisasi. Modul lainnya adalah hal hal yang terkait kapasitas yaitu spesifikasi pompa utama, pompa pendorong dan ukuran *reservoir*, sedangkan untuk fitur *mobile* bisa dipilih penggunaan generator listrik serta wagon/ kereta penarik atau perlengkapan mekanisme bongkar muat pada rangka utama.

Dengan demikian kebutuhan air bersih untuk masyarakat di daerah bencana banjir bisa terpenuhi di lokasi dalam waktu singkat dengan pemberian pelayanan yang lebih merata karena kemudahan operasi di lapangan dalam berpindah tempat. Masyarakat di daerah bencana yang memerlukan air bersih tidak perlu lagi menempuh perjalanan jauh karena sifat mobilitas yang mendukung untuk dengan mudah mendatangi sub-lokasi, sub-sektor daerah bencana ataupun kelompok-kelompok masyarakat yang membutuhkan pelayanan air bersih.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohammad A.Rahman, Shamim Ahsan, Satoshi Kaneco, et.all , *Waste water treatment with multilayer media of waste and natural indigenous materials*. Journal of Environmental Management, Vol. 74, pp107-110, 2005.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *Air Minum Dalam Kemasan*, SNI 01-3553-2006, 2006.
- [3] IWET-pt, *Well Water Treatment/ WWT-01 Manual Book*, Tasikmalaya: IWET, 2007.
- [4] IWET-pt, *Well Water Treatment/ RWT-05 Manual Book*, Tasikmalaya: IWET, 2007.
- [5] Babbitt Harold. *Plumbing*. New York: Mc Graw Hill Book Company, 1996.
- [6] Ananto, Gamawan, *Smallest Unit Water Treatment opportunity from entrepreneurship point of view*, Tesis. Bandung: MM Universitas Padjadjaran, 2010.
- [7] Wikipedia, *Reverse Osmosis*, June 2009. http://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_osmosis