

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air**

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya orang dewasa perlu meminum minimal sebanyak 1,5 – 2 liter air sehari untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu proses metabolisme (Slamet, 2007 ). Di dalam tubuh manusia, air diperlukan untuk transportasi zat – zat makanan dalam bentuk larutan dan melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada disekitar alveoli (Mulia, 2005)

#### **2.2 Sumber Air**

Sumber air di alam terdiri atas air laut, air atmosfer (air meteorologik), air permukaan, dan air tanah (Sutrisno, 2004).

##### **1. Air Laut**

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

##### **2. Air Atmosfir, Air Meteorologik**

Dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan. Dapat terjadi pengotoran dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya tetapi dalam keadaan murni sangat bersih,.

Sehingga untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan memiliki

sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Disamping itu air hujan ini mempunyai sifat lunak sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

### 3. Air Permukaan

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan Lingkungan, air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih. Air permukaan seringkali merupakan sumber air yang paling tercemar, baik karena kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lainnya.

Air permukaan meliputi:

- a. Air Sungai
- b. Air Rawa

### 4. Air Tanah

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan lingkungan, air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan pada air.

- a. Air Tanah Dangkal
- b. Air Tanah Dalam
- c. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas/ kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam.

## 2.3 Air Bersih

### 2.3.1 Pengertian

Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas mereka sehari-hari termasuk diantaranya adalah sanitasi.

Untuk konsumsi air minum menurut departemen kesehatan, syarat-syarat air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat (Rezky, 2015).

Air dari sumber alam dapat diminum oleh manusia, terdapat risiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat-zat berbahaya. Walaupun bakteri dapat dibunuh dengan memasak air hingga 100 °C, banyak zat berbahaya, terutama logam, tidak dapat dihilangkan dengan cara ini (Elison, 2013).

### 2.3.2 Standar Air Bersih

Ketentuan pemerintah dalam penetapan standar air bersih dan air minum dimuat dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang kualitas air bersih dan air minum.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan ketentuan Permenkes no.492/MENKES/PES/IV/2010 Air dianggap layak minum bagi kesehatan apabila memenuhi syarat fisik, mikrobiologis, kimia dan radioaktif (Randang, 2014).

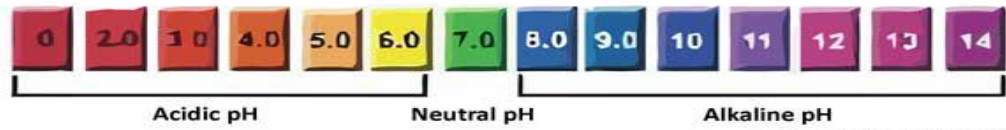
1. Syarat Fisik : Air harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, rasanya alami
2. Syarat Mikrobiologis : Tidak mengandung bakteri *E Coli* dan *Coliform*
3. Syarat Kimia : Bebas zat kimia beracun, logam berat, pestisida dan radioaktif.
4. *Total Disolved Solid* (TDS/ jumlah padatan logam yang terlarut dalam air) < 30 ppm. Satuan ukurannya dikenal dengan ppm
5. Tubuh kita memang memerlukan mineral tetapi mineral yang masuk ke dalam tubuh tidak boleh melampaui batas yaitu batas yang dapat ditolerir oleh tubuh. Lebih dari itu akan mengakibatkan kerusakan atau sakit.
6. pH *balance* antara 6,5 - 8,5

Tabel 2.1 Persyaratan Air Minum dan Air Bersih

Parameter	Satuan	Persyaratan air minum		Persyaratan air bersih	
		Maks	Ket	Maks	Ket
Bau	–	–	Tidak berbau	–	Tidak berbau
TDS	mg/L	1.000		1.500	
Kekeruhan	NTU	5		25	
Rasa	–	–	Tidak berasa	–	Tidak berasa
Suhu	°C	±3°C S.U.		±3°C S.U.	
Warna	TCU	15		50	
Aluminium	mg/L	0,2		–	
Besi	mg/L	0,3		1,0	
Fluorida	mg/L	1,5		1,5	
Kesadahan	mg/L	500		500	
Klorida	mg/L	250		600	
Mangan	mg/L	0,1		0,5	
Natrium	mg/L	200		200	
Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0		1,0	
Perak	mg/L	0,05		0,05	
pH		6,5-8,5	max dan min	6,5-9,0	max dan min
Seng	mg/L	5,0		15	
Sianida	mg/L	0,1		0,1	
Sulfat	mg/L	400		400	
Sulfida sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,05		–	
Tembaga	mg/L	1,0		–	
Timbal	mg/L	0,05		0,05	

Sumber : Permenkes, 1990

## 2.4 Air Alkali



Gambar 2.1 pH Chart  
(Sumber : Enagic. 2018)

Air minum sehat yaitu air minum yang dipercaya mampu membugarkan tubuh setelah beraktivitas dan menyehatkan serta dapat mencegah penyakit timbul. (Brenda, 2015). Air minum biasanya memiliki kandungan pH mendekati angka 7. Sedangkan, air alkali memiliki pH di angka 8 atau 9 yang bersifat basa.

Air alkali alami dipercaya diambil langsung dari alam, Air yang mengalir dari mata air pegunungan membawa turut serta mineral dari batu-batuan yang dilewati, seperti kalsium, dan silica. Air alkali buatan diproses dengan sebuah mesin yang melalui sebuah proses kimia bernama elektrolisis. Proses tersebut menggunakan sebuah mesin bernama *ionizer*, yang berfungsi untuk meningkatkan pH air biasa. Aliran listrik dari mesin tersebut akan memisahkan molekul asam dan basa di dalam air, dan kemudian membuang kandungan asam tersebut. (Putri, 2017).

Air basa sangat memungkinkan untuk diminum dan direkomendasikan untuk mengatasi masalah *gastro-intestinal*, hipertensi, diabetes, kanker (Henry dan Chambron, 2013). Manfaat dari Air Alkali antara lain:

- a. Memperlancar Sistem Pencernaan.
- b. Air Alkali membantu memperlambat tumbuhnya zat penyebab kanker.
- c. Perawatan Kecantikan
- d. Menyehatkan Jantung
- g. Efek Relaksasi
- i. Tubuh Lebih Bugar
- j. Menyeimbangkan tubuh .

## 2.5 Pengertian Membran

Membran merupakan alat pemisah berupa penghalang yang bersifat selektif yang dapat memisahkan dua fase dari berbagai campuran. Campuran tersebut dapat bersifat homogen atau heterogen dan dapat berupa padatan, cairan atau gas. Transportasi pada membran terjadi karena adanya driving force yang dapat berupa konveksi atau difusi dari masing-masing molekul, adanya tarik menarik antar muatan komponen atau konsentrasi larutan, dan perbedaan suhu atau tekanan. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. (Ramadhani, 2016).

### 2.5.1 Struktur Membran Berdasarkan Jenis Pemisahan

Struktur membran berdasarkan jenis pemisahan dibagi menjadi tiga yaitu:

- a. *Porous membrane*. Pemisahan berdasarkan atas ukuran partikel dari zat-zat yang akan dipisahkan. Hanya partikel dengan ukuran tertentu yang dapat melewati membran sedangkan sisanya akan tertahan. Berdasarkan klasifikasi dari IUPAC, pori dapat dikelompokkan menjadi *macropores* ( $> 50$  nm), *mesopores* (2-50 nm), dan *micropores* ( $< 2$  nm). *Porous membrane* digunakan pada *microfiltration* dan *ultrafiltration*.
- b. *Non-porous membrane*. Dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Pada *non-porous membrane*, tidak terdapat pori seperti halnya porous membrane. Perpindahan molekul terjadi melalui mekanisme difusi. Jadi, molekul terlarut di dalam membran, baru kemudian berdifusi melewati membran tersebut.
- c. *Carrier membrane*. Pada *carriers membrane*, perpindahan terjadi dengan bantuan *carrier molecule* yang mentransportasikan komponen yang diinginkan untuk melewati membran. *Carrier molecule* memiliki afinitas yang spesifik terhadap salah satu komponen sehingga pemisahan dengan selektifitas yang tinggi dapat dicapai (Wenten dkk, 2010).

### 2.5.2 Klasifikasi Membran

Berdasarkan ukuran pori, membran dapat dibedakan dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Membran Berpori (*Porous Membrane*)

Prinsip pemisahan membran berpori didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Membran jenis ini biasanya digunakan untuk proses mikrofiltrasi (melewatkan air, menahan mikroba) dan ultrafiltrasi (melewatkan air menahan garam mineral).

b. Membran Non Pori (*Non-Porous Membrane*)

Prinsip pemisahannya didasarkan pada perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi. Membran dengan jenis ini digunakan untuk proses permeasi gas, pervaporasi dan dialysis (Mulder, 1996).

### 2.5.3 Membran Ultrafiltrasi

Menurut Wang LK (2011) dan Peppy AK (2009), ultrafiltrasi adalah proses pemisahan menggunakan membran yang bersifat selektif dan dibantu dengan tekanan. Membran yang digunakan memiliki pori-pori yang berisar dari 1 hingga 100 nm dan biasanya digunakan untuk memproses makromolekul seperti protein. Prinsip dari ultrafiltrasi merupakan proses pemisahan yang memisahkan molekul berdasarkan ukuran molekul terlarut. Sebuah membran dapat dibuat untuk mengikat molekul berukuran kecil dan membuat molekul berukuran besar melewatinya.

Membran ultrafiltrasi adalah proses pemisahan yang menahan komponen dengan berat molekul tinggi (protein, makro molekul, polisakarida) sedangkan melewatkan komponen berberat molekul rendah. Proses pemisahan dalam modul ultrafiltrasi terjadi secara *cross flow* dimana umpan mengalir secara tangensial sepanjang permukaan membrane. Membran ultrafiltrasi dapat digolongkan berpori, namun strukturnya lebih asimetris dibandingkan membrane mikrofiltrasi. Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori lapisan teratas 20 – 1000 Å, ketebalan 0,1 – 1,0 µm, dan bekerja pada tekanan 1 – 10 bar. Proses ultrafiltrasi biasanya digunakan untuk memisahkan partikel dengan ukuran berkisar antara 0,05 µm – 1 nm. Membran ultrafiltrasi dapat menghasilkan fluks yang sangat tinggi, namun pada umumnya membrane ini hanya digunakan untuk menghasilkan fluks antara

50-200 galon per hari dengan tekanan operasi sekitar 50 psig. Membrane ultrafiltrasi dapat berbentuk *plate and frame*, *spiral-wound*, dan *tubular*. Setiap konfigurasi memiliki aplikasinya masing-masing. Untuk air dengan kemurnian tinggi, spiralwound. lebih umum untuk digunakan. Konfigurasi dipilih berdasarkan jenis dan konsentrasi dari material berkoloid atau emulsi. Untuk semua konfigurasi, desain sistem yang optimum harus memperhatikan laju alir, hilang tekan, konsumsi energi, *fouling*, dan juga harga membrane itu sendiri (Wenten dkk, 2010).

#### 2.5.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Ultrafiltrasi

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sistem ultrafiltrasi, yaitu :

a. Arus seberang (*cross flow*) Permukaan Membran

Kenaikan Tingkat serapan dengan kecepatan aliran cairan di permukaan membrane Arus kecepatan (*flowrate*) hal ini sangat penting diperhatikan untuk cairan yang mengandung emulsi atau suspensi Aliran yang lebih tinggi juga berarti konsumsi energi yang lebih tinggi dan pompa yang lebih besar. Peningkatan kecepatan aliran juga mengurangi *fouling*/kegagalan dari permukaan membran. Umumnya, kecepatan aliran optimum dicapai oleh keseimbangan antara besarnya pompa dan peningkatan laju serapan.

b. Tekanan operasi (*Operating Pressure*)

Menembus tingkat berbanding lurus dengan tekanan diterapkan di seluruh permukaan membran namun, karena meningkatnya kegagalan dan pemadatan kotoran, tekanan operasi jarang melebihi 100 psig dan umumnya sekitar 50 psig karena akan merusak dan merobek pori membran.

c. Suhu Operasional

Air Hasil akan meningkat searah dengan meningkatnya suhu. Namun, suhu umumnya bukanlah variabel terkontrol. Hal ini penting untuk mengetahui pengaruh suhu pada membran fluks untuk membedakan antara penurunan serapan karena penurunan suhu dan pengaruh parameter lainnya. Sistem Ultrafiltrasi (*Ultrafiltration*) yang bisa menghasilkan



output hasil yang besar menggunakan lebih sedikit ruang dan energy serat berongga UF membran yang banyak digunakan untuk menggantikan metode pengolahan air tradisional dan sebagai pra penyaringan *Reverse Osmosis* (Hartanto, 2017).

#### 2.5.5 Membran RO (*Reverse Osmosis*)

Membran *Reverse Osmosis* adalah membran yang paling rapat dalam proses pemisahan cair-cair. Pada prinsipnya air adalah satu-satunya material yang dapat melewati membrane sehingga membrane ini merejeksi partikel berberat molekul tinggi dan rendah. Osmosis merupakan proses dimana pelarut pindah dari larutan berkonsentrasi rendah menuju larutan berkonsentrasi tinggi. Untuk mendapatkan proses *Reverse Osmosis* (RO), diperlukan adanya peningkatan tekanan pada bagian dengan konsentrasi pekat menjadi melebihi bagian dengan konsentrasi yang lebih encer. Gaya per unit luas yang dibutuhkan untuk mencegah mengalirnya pelarut melalui membran permeabel selektif dan masuk ke larutan dengan konsentrasi yang lebih pekat sebanding dengan tekanan turgor. Tekanan osmotik merupakan sifat koligatif, yang berarti bahwa sifat ini bergantung pada konsentrasi zat terlarut, dan bukan pada sifat zat terlarut itu sendiri. Membrane RO memiliki pori-pori dengan ukuran kurang dari  $0,02 \mu\text{m}$  dengan ketebalan  $150\mu\text{m}$ . Membrane ini dioperasikan pada tekanan 15-150 atm. membrane RO biasa digunakan dalam pemurnian air dari kandungan garam maupun pengolahan limbah industry tekstil (Wenten, 2009).

#### 2.5.6 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pemisahan

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja membran adalah sebagai berikut:

##### a. Laju Umpan

Laju permeat meningkat dengan semakin tingginya laju alir umpan. Selain itu, laju alir yang besar juga akan mencegah terjadinya fouling pada membran. Namun energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan umpan akan semakin besar.

b. Tekanan Operasi

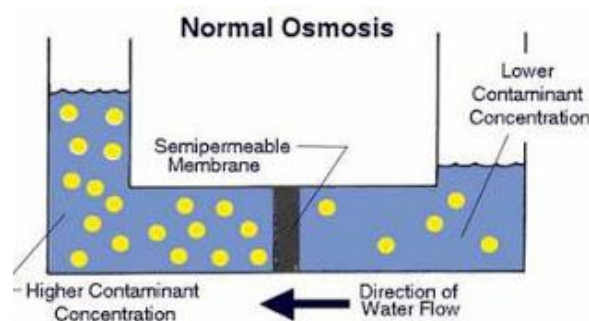
Laju permeat secara langsung sebanding dengan tekanan operasi yang digunakan terhadap permukaan membrane. Semakin tinggi tekanan operasi, maka permeat juga akan semakin tinggi.

c. Temperatur operasi

Laju permeat akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Namun temperatur bukanlah variabel yang dikontrol. Hal ini perlu diketahui untuk dapat mencegah terjadinya penurunan fluks yang dihasilkan karena penurunan temperatur operasi (Kurniawan, 2014).

### 2.5.7 Prinsip Kerja RO (*Reverse Osmosis*)

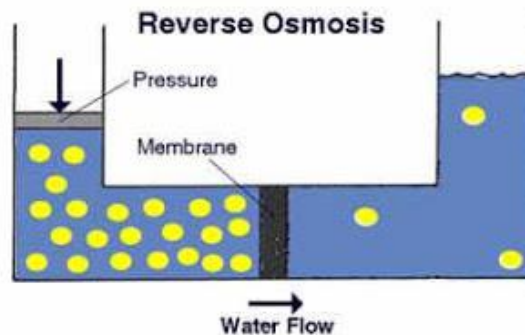
Sebuah membran *semi-permeable*, seperti halnya membran yang tersusun dari dinding-dinding sel atau seperti susunan sel pada kantung kemih, bersifat selektif terhadap benda-benda yang akan melaluinya. Umumnya membran ini sangat mudah untuk dilalui oleh air karena ukuran molekulnya yang kecil; tapi juga mencegah kontaminan - kontaminan lain yang mencoba melaluinya. Sebagai percobaan, air diisikan di kedua sisi membran, dimana air di salah satu sisinya memiliki perbedaan konsentrasi mineral-mineral terlarut, karena air memiliki sifat berpindah dari larutan berkonsentrasi rendah menuju larutan berkonsentrasi lebih tinggi, maka air akan berpindah (berdifusi) melalui membran dari sisi konsentrasi rendah ke sisi konsentrasi yang lebih tinggi. Sehingga, tekanan osmotik akan melawan proses difusi, dan akan terbentuk kesetimbangan.



Sumber : [www.tsm.or.id](http://www.tsm.or.id)

Gambar 2.2 tekanan osmosis

Proses *Reverse Osmosis* menggerakkan air dari konsentrasi kontaminan yang tinggi (sebagai air baku) menuju penampungan air yang memiliki konsentrasi kontaminan sangat rendah. Dengan menggunakan air bertekanan tinggi di sisi air baku, sehingga dapat menciptakan proses yang berlawanan (reverse) dari proses alamiah osmosis. Dengan tetap menggunakan membran semi-permeable maka hanya akan mengijinkan molekul air yang melaluinya dan membuang bermacam-macam kontaminan yang terlarut. Proses spesifik yang terjadi dinamakan ion eksklusi, dimana sejumlah ion pada permukaan membran sebagai sebuah pembatas mengijinkan molekul-molekul air untuk melaluinya seiring melepas substansi-substansi lain.



Sumber : [www.tsm.or.id](http://www.tsm.or.id)

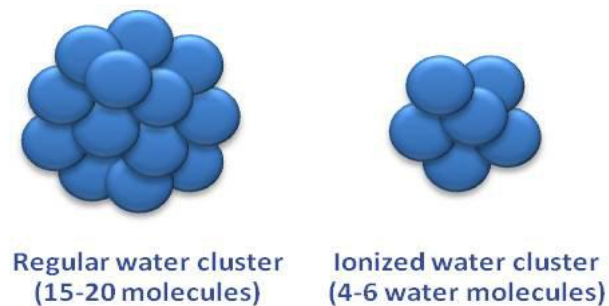
Gambar 2.3 Kinerja molekul Air pada RO

Walaupun dengan kemampuannya untuk memurnikan air baku, sebuah sistem *Reverse Osmosis* harus secara berkala dibersihkan untuk mencegah terbentuknya kerak di permukaan membran. Sistem *Reverse Osmosis* memerlukan karbon sebagai penyaring awal untuk mereduksi kandungan klorin yang akan merusak membran *Reverse Osmosis*; dan juga membutuhkan filter sedimen untuk menyaring material-material terlarut dari air baku sehingga tidak menyambat di membran. Mereduksi kesadahan melalui proses water softening atau chemical softening juga dibutuhkan untuk wilayah-wilayah yang memiliki air baku yang sadah.

Walaupun dengan kemampuannya untuk memurnikan air baku, sebuah sistem *Reverse Osmosis* harus secara berkala dibersihkan untuk mencegah terbentuknya kerak di permukaan membran. Sistem *Reverse Osmosis* memerlukan

karbon sebagai penyaring awal untuk mereduksi kandungan klorin yang akan merusak membran *Reverse Osmosis*; dan juga membutuhkan filter sedimen untuk menyaring material-material terlarut dari air baku sehingga tidak menyumbat di membran. Mereduksi kesadahan melalui proses water softening atau chemical softening juga dibutuhkan untuk wilayah-wilayah yang memiliki air baku yang sadah (airisiulangro.wordpress.com).

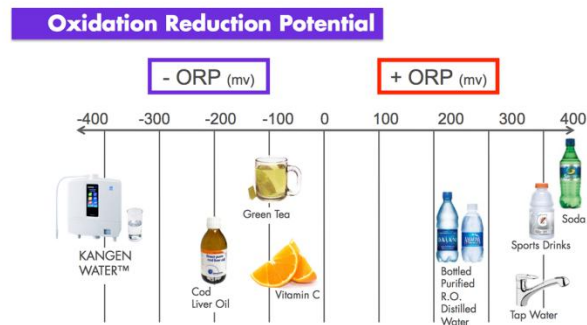
## 2.6 Micro-Clusterd



Gambar 2.4 Micro-Clustered Technology  
(Sumber : Enagic. 2018)

Molekul air datang dalam kelompok bukan molekul tunggal. Air keran yang berada di bawah tekanan memiliki kelompok 12-14 molekul yang sangat besar. Proses ionisasi memecah ikatan listrik molekul air dan merestrukturisasi air menjadi sekitar 5-6 molekul per kluster. Ukuran kluster yang lebih kecil ini berarti bahwa air dapat lebih mudah diserap ke dalam sel, sehingga memberikan hidrasi yang unggul bagi tubuh dan membantu melarutkan dan membuang limbah padat asam dan racun yang telah menumpuk di dalam tubuh. Dengan kualitas Micro-Crustered, air sehat dapat di serap oleh tubuh secara lebih optimal dan secara alami menghidrasi sampai ke sel tubuh.

## 2.7 Anti –Oksidan



Gambar 2.5 Oxidation Reduction Potential

(Sumber : Enagic. 2018)

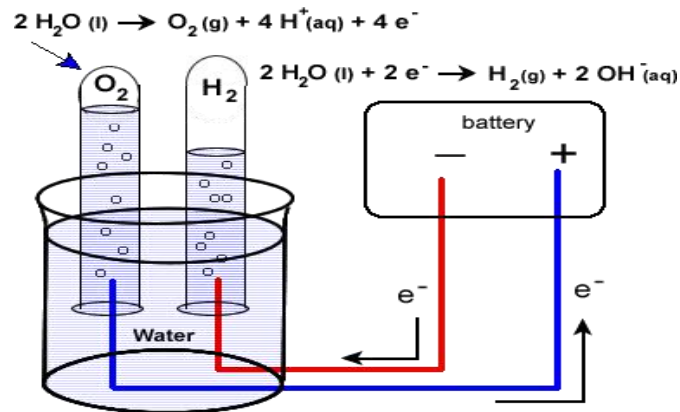
Sebagai tambahan dari sifat alkali, Air minum sehat juga penuh dengan hidrogen aktif, yang bertindak sebagai antioksidan saat masuk ke dalam tubuh. Hidrogen aktif mengandung ekstra elektron yang memampukannya untuk mendonasikan kelebihan elektron tersebut pada radikal bebas, yang kemudian menetralkan radikal bebas tersebut dan menjadikannya tidak berbahaya bagi tubuh. Jika air tersebut telah teroksidasi dan tidak baik bagi tubuh, maka hasil pengukuran akan menunjukkan angka + (positif), dan sebaliknya jika air tersebut kaya akan antioksidan yang baik bagi tubuh, maka hasil pengukurannya akan menunjukkan angka - (negatif).

## 2.8 Elektrolisis Air

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air ( $H_2O$ ) menjadi oksigen ( $O_2$ ) dan hidrogen gas ( $H_2$ ) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas  $H_2$  dan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen ( $O_2$ ), melepaskan 4 ion  $H^+$  serta mengalirkan elektron ke katode. Ion  $H^+$  dan  $OH^-$  mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air (Haryati : 2016). Faktor yang mempengaruhi elektrolisis air :

- Kualitas Elektrolit
- Suhu
- Tekanan

- d. Resistansi Elektrolit
  - e. Material dari elektroda
  - f. Material pemisah
- (Muzakkir : 2014)



Sumber: [id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org)

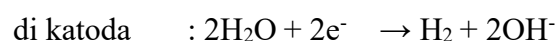
Gambar 2.6 Skema Elektrolisis Air

Beda potensial yang dihasilkan oleh arus listrik antara anoda dan katoda akan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif. Pada katoda terdapat ion positif yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion  $\text{H}_2$ , dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion  $\text{O}_2$ . Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, reaksi setengah sel untuk elektrolit asam atau basa dituliskan dalam dua cara yang berbeda.

Elektrolit asam,



Elektrolit basa,

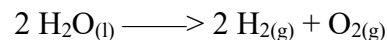


Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk

gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan *hydrogen*. Dengan menyediakan *energy* dari baterai, Air (H<sub>2</sub>O) dapat dipisahkan ke dalam molekul diatomik hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air disebut gas HHO atau *oxyhydrogen* atau disebut juga *Brown's Gas*. Brown (1974), dalam penelitiannya melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamakan dan dipatenkan dengan nama *Brown's Gas*. Untuk memproduksi *Brown's Gas* digunakan elektroliser untuk memecah molekul-molekul air menjadi gas (Farid, R dkk : 2012).

## 2.9 Sel Elektrolisis

Sel Elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi redoks yang diinginkan dan digunakan secara luas di dalam masyarakat kita. Baterai aki yang dapat diisi ulang merupakan salah satu contoh aplikasi sel elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari. Air, H<sub>2</sub>O, dapat diuraikan dengan menggunakan listrik dalam sel elektrolisis. Proses ini akan mengurai air menjadi unsur-unsur pembentuknya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta. Yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta adalah pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus (umumnya baterai). Larutan atau lelehan yang ingin dielektrolisis, ditempatkan dalam suatu wadah. Selanjutnya, elektroda dicelupkan ke dalam larutan maupun lelehan elektrolit yang ingin dielektrolisis. Elektroda yang digunakan umumnya merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt), dan Emas (Au). Elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus tentunya mengarah pada anoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya, anoda bermuatan positif dan

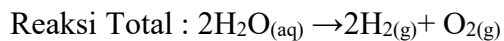
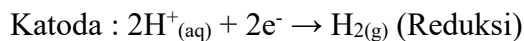
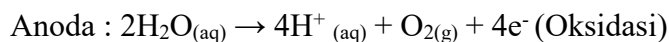
menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas. Terlihat jelas bahwa tujuan elektrolisis adalah untuk mendapatkan endapan logam di katoda dan gas di anoda (Pangganti : 2011).

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain penggunaan katalisator, luas permukaan tercelup, sifat logam bahan elektroda dan konsentrasi pereaksi.

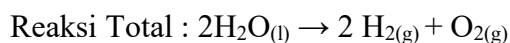
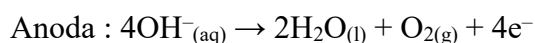
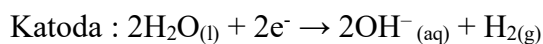
a. Penggunaan Katalisator

Senyawa-senyawa seperti asam, basa dan garam yang dapat menghantarkan arus listrik dapat digunakan dalam proses elektrolisis. Adanya ion dalam larutan menyebabkan peristiwa konduksi dan ketika arus listrik dilewatkan pada larutan tersebut, maka elektron akan bergerak diantara ion-ion. Misalnya untuk asam  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan basa  $\text{NaOH}$  berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi menjadi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energy pengaktifan.

Reaksi Elektrolisis larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam air :



Reaksi Elektrolisis larutan  $\text{NaOH}$  dalam air :



b. Luas permukaan tercelup

Semakin banyak luas yang semakin banyak menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. Sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

c. Sifat logam bahan elektroda



Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au
--------------------------------------------------------------------------

konduktor, muatan-muatan Bergeraknya akan berpindah, menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio rapat arus terhadap kuat medan listrik. Konduktivitas listrik dapat dilihat pada deret volta sebagai berikut Semakin ke kanan maka semakin besar massa jenisnya.

d. Konsentrasi Perekasi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan persentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer elektron dapat lebih cepat meng-elektrolisis elektrolit dan didapat ditarik garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap persentase katalis dengan transfer electron (Haryati, 2016).

### 3.0 Elektrolit

Elektrolit adalah senyawa yang dapat terdisosiasi ketika dilarutkan dalam air membentuk ion (anion dan kation) dan bersifat menghantarkan listrik. Elektrolit berasal dari bahasa Yunani yaitu *lytós* yang berarti lepas atau terpisah. Senyawa-senyawa seperti asam, basa dan garam yang dapat menghantarkan arus listrik karena proses disosiasi disebut dengan larutan elektrolit. Adanya ion dalam larutan menyebabkan peristiwa konduksi dan ketika arus listrik dilewatkan pada larutan tersebut, maka elektron akan bergerak diantara ion-ion.

Beberapa elektrolit seperti kalium klorida, natrium hidroksida, natrium nitrat terionisasi sempurna menjadi ion-ionnya dalam larutan. Elektrolit yang terionisasi sempurna disebut dengan elektrolit kuat. Dengan kata lain, elektrolit kuat terionisasi 100%. Reaksi disosiasi elektrolit kuat ditulis dengan tanda anak panah tunggal ke kanan. Secara umum asam kuat seperti asam sulfat, asam nitrat, asam klorida, dan basa kuat seperti kalium hidroksida dan garam adalah elektrolit kuat. Pada umumnya proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan gas oksigen dan gas hidrogen menggunakan larutan alkali. Larutan alkali yang umum

digunakan adalah larutan NaOH dan KOH. Larutan tersebut merupakan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Secara teoritis, pemberian potensial energi lebih dari 5V akan menghasilkan gas oksigen, gas hidrogen dan logam kalium (Winarto, 2013).

Berikut merupakan tabel jenis larutan dan contoh larutan elektrolit beserta reaksinya :

Tabel 2.3 Sifat Daya Hantar Listrik Elektrolit dalam Larutan

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan lain	Contoh Larutan	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	- Terionisasi Sempurna	NaCl, NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCL, dan KCL	NaCl → Na <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>
	- Menghantarkan Arus listrik		NaOH → Na <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup>
	- Lampu menyala terang		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → H <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	- Terdapat gelembung gas		HCl → H <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> KCl → K <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>
Elektrolit Lemah	- Terionisasi sebagian	CH <sub>3</sub> COOH, NH <sub>4</sub> OH, HCN dan Al(OH) <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH → H <sup>+</sup> + CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
	- Menghantarkan arus listrik		HCN → H <sup>+</sup> + CN <sup>-</sup>
	- Lampu menyala redup		Al(OH) <sub>3</sub> → Al <sup>3+</sup> + OH <sup>-</sup>
	- Terdapat gelembung gas		
Non Elektrolit	- Tidak Terionisasi	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	-
	- Tidak menghantarkan arus listrik		
	- Lampu tidak menyala		
	- Tidak terdapat		

## gelembung gas

Sumber : <https://id.wikipedia.org/wiki/Elektrolit,2016>

### 3.1 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Ungkapan kata ini diciptakan oleh ilmuwan Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron (berarti amber, dan hodos sebuah cara). Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Rivai,1995).

Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda. Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. (Brady, 1999).

Tabel Nilai Potensial Reduksi Standar Beberapa Elektroda

Kopel (oks/red)	Reaksi katoda (reduksi)	E°, Potensial reduksi, volt
Na <sup>+</sup> /Na	Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Na	-2,71
Mg <sup>2+</sup> /Mg	Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Mg	-2,37
Al <sup>3+</sup> /Al	Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Al	-1,66
H <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub>	2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> + 2OH <sup>-</sup>	-0,828
Zn <sup>2+</sup> /Zn	Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Zn	-0,76
Fe <sup>2+</sup> /Fe	Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Fe	-0,44
Sn <sup>2+</sup> /Sn	Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Sn	-0,14
Pb <sup>2+</sup> /Pb	Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pb	-0,13
D <sup>+</sup> /D <sub>2</sub>	2D <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → D <sub>2</sub>	-0,003
H <sup>+</sup> /H <sub>2</sub>	2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub>	0,000
Sn <sup>4+</sup> /Sn <sup>2+</sup>	Sn <sup>4+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Sn <sup>2+</sup>	+0,15
Cu <sup>2+</sup> /Cu	Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Cu	+0,34
I <sub>2</sub> /I <sup>-</sup>	I <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2I <sup>-</sup>	+0,54
O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	+0,68
Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup> + e <sup>-</sup> → Fe <sup>2+</sup>	+0,77

Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> /Hg	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → 2Hg	+0,79
Ag <sup>+</sup> /Ag	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Ag	+0,80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O	+0,80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NO	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 4H <sup>+</sup> + 3e <sup>-</sup> → NO + 2H <sub>2</sub> O	+0,96
Br <sub>2</sub> /Br	Br <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2Br	+1,07
O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O	+1,23
Cl <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2Cl <sup>-</sup>	+1,36
PbO <sub>2</sub> /Pb <sup>2+</sup>	PbO <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pb <sup>2+</sup> + H <sub>2</sub> O	+1,46
Au <sup>3+</sup> /Au	Au <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Au	+1,50
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /Mn <sup>2+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8H <sup>+</sup> + 5e <sup>-</sup> → Mn <sup>2+</sup> + 4H <sub>2</sub> O	+1,51
HClO/CO <sub>2</sub>	2HClO + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Cl <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	+1,63

Sumber : perpustakaanacyber

Pada beberapa perangkat elektroda juga disebut kutub atau pelat. Elektroda baterai dipisahkan oleh larutan yang mengandung ion-ion (atom atau kelompok atom bermuatan listrik). Salah satu elektroda (elektroda negatif) mengalami reaksi kimia yang memberikan kelebihan elektron. Elektroda lainnya (elektroda positif) mengalami reaksi kimia yang menghilangkan elektron. Ketika dua elektroda dihubungkan oleh sebuah sirkuit listrik eksternal, kelebihan elektron akan mengalir dari elektroda negatif ke positif.

Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anode atau katode, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. Anode ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katode didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anode atau katode tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anode dari sebuah sel elektrokimia dan katode bagi sel elektrokimia lainnya.

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda sehingga jumlah elektronnya berkurang atau bilangan oksidasinya bertambah. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang. Jika elektroda inert (Pt, C, dan Au), ada 3 macam reaksi:

1. Jika anionnya sisa asam oksida (misalnya  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), maka reaksinya  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
2. Jika anionnya  $\text{OH}^-$ , maka reaksinya  $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
3. Jika anionnya berupa halida ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ), maka reaksinya adalah  $2\text{X}(\text{halida}) \rightarrow \text{X}(\text{halida})_2 + 2\text{e}^-$

Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang.

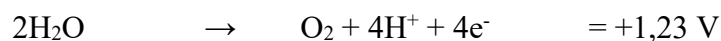
1. Jika kation merupakan logam golongan IA (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr), IIA (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra), Al, dan Mn, maka reaksi yang terjadi adalah  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
2. Jika kationnya berupa  $\text{H}^+$ , maka reaksinya  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
3. Jika kation berupa logam lain, maka reaksinya  $(\text{nama logam})^{x+} + \text{xe}^- \rightarrow (\text{nama logam})$  (Haryati, 2016)

Pada alat Leveluk sd501 ini proses yang terjadi ialah

Elektroda Katoda



Elektroda Anoda



Air yang dielektrolisis merupakan sebuah proses dimana arus listrik (voltase) mengalir melewati air. Elektron bebas yang bermuatan single dan bersifat negatif ditambahkan ke dalam air pada sisi katoda positif (reduksi) dari membran semi permeable dan elektron-elektron disingkirkan dari air pada anoda negatif (oksidasi). Ketika kita menggunakan istilah potensial dalam menjelaskan mengenai ORP, kita sebenarnya berbicara mengenai potensial listrik atau voltase. Kita sedang membaca voltase yang sangat kecil yang dihasilkan ketika sebuah logam ditempatkan di dalam air dalam kaitannya dengan keberadaan agen pengoksidasi ataupun agen reduksi. Voltase ini memberikan kepada kita sebuah indikasi dari transfer potensial elektron.

potensial listrik yang dibutuhkan untuk mengurangi atau memperlambat proses berkarat dan pembusukan (oksidasi). ORP juga mewakili kapasitas reduksi untuk menarik oksigen aktif. Level optimum untuk tubuh manusia berkisar -150mV sampai -400mV. ORP juga memiliki hubungan yang dekat dengan level pH. Ketika pH meningkat, ORP juga meningkat. Selain itu ORP juga bisa ditingkatkan melalui proses elektrolisis. Nilainya tergantung dari air bahan baku. Nilai ORP yang ideal tidak bisa diperoleh jika air bahan baku memiliki pH kurang dari 7.0.

### 3.1.1 Elektroda

Menggunakan elektroda dari titanium yang dilapisi oleh platinum. Dengan bagian dalam mesin yang terbuat dari elektroda titanium yang dilapisi platinum dengan ukuran 7 x 5 inchi. Mesin tersebut ber-merk Kangen Water Leveluk SD501 buatan perusahaan Enagic, Osaka, Jepang. Perusahaan yang memmanufaktur unit mesin ini (demikian juga dengan perusahaan yang memproduksi produk sejenis) mengklaim bahwa air yang diproduksi oleh mesin ini memiliki manfaat positif pada kesehatan.

Mesin elektrolisis air untuk penggunaan komersial (yang sering disebut juga mesin ionisasi air), digunakan juga di RIVER (Regional Institute for Veterinary Emergencies and Referrals) Tennessee, Amerika, dan boleh digunakan oleh siapapun juga (Catatan: Mesin ionisasi yang digunakan di RIVER adalah Kangen Water tipe Leveluk SD501, Enagic).

Cara kerja mesin ini pertama kali adalah mengalirkan air melalui high grade carbon filter untuk membuang kontaminasi dari zat-zat organik dan inorganik pada air bahan baku. Air yang sudah melewati filter ini kemudian mengalir melalui 7 buah pelat titanium yang dilapisi platinum (platinum disini bertindak sebagai katalis) melalui sejumlah keberadaan mineral penting dari air bahan baku seperti kalsium, magnesium dan sodium yang menyediakan ion-ion yang dibutuhkan untuk menjadikan tenaga listrik sebesar kira-kira 230 watt masuk ke dalam air dan menghasilkan perubahan struktur pada air tersebut (Referensi data : McKnight, T. Confessions of a skeptical physician. YNR Publishing, California, 2012).