

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Semarang merupakan ibu kota propinsi Jawa Tengah dengan jumlah penduduk 1.350.005 jiwa. Kota Semarang terdiri dari 16 kecamatan dan 117 kelurahan (Anonim, 2006). Daerah pesisir kota Semarang sebagian besar merupakan bagian dari Kecamatan Semarang Utara. Kecamatan Semarang Utara khususnya kelurahan Tanjung Mas perlu mendapat perhatian lebih dalam pembahasan keterbatasan penyediaan air dibanding daerah lainnya. Hal tersebut karena Kelurahan Tanjung Mas merupakan pusat pemukiman dan memiliki karakteristik yang dapat mewakili karakteristik daerah pesisir Semarang sehingga informasi yang diperoleh dapat memberikan gambaran masalah air rumah tangga secara umum.

Kota Semarang masih harus menghadapi masalah yang cukup rumit dan serius yaitu, menanggulangi masalah rob (limpasan air pasang laut), banjir setiap musim hujan (ketika terjadi hujan deras 1 s.d 3 jam), dan penurunan/amblesan tanah antara 0.15 – 0.25 m pertahun (*land subsidence*). Walaupun belum separah Jakarta, nampaknya di beberapa kota besar di Jawa, termasuk Semarang, memasuki fasa mengkhawatirkan. Kajian eksploratif dan dokumentatif menunjukkan penyebaran air payau semakin luas dan kadar garam semakin tinggi (Paripurno, 2002).

Pemanfaatan air tanah di kawasan pantai yang dilakukan berlebihan tanpa perhitungan akan menyebabkan air laut begitu mudah meresap ke darat. Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai. Dengan pengertian lain, yaitu proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air asin/air laut di dalam akuifer pada daerah pantai. Apabila keseimbangan hidrostatik antara air bawah tanah tawar dan air bawah tanah asin

di daerah pantai terganggu, maka terjadi pergerakan air bawah tanah asin/air dari laut ke arah daratan. Intrusi air laut telah terjadi teramati di daerah pantai Jakarta, Semarang, Denpasar, Medan, serta beberapa kota besar di daerah pantai (Freez, *et al*,1979).

Daerah yang paling parah terkena dampak dari permasalahan kota Semarang adalah daerah pesisir atau daerah pantai. Beberapa masalah tersebut menyebabkan muncul permasalahan baru dalam pemenuhan kebutuhan akan air rumah tangga sehari-hari. Kondisi air sumur gali warga dengan kedalaman 3-10 meter terancam tidak bisa digunakan karena tercemar air laut. Hal ini disebabkan masuknya air laut karena penurunan tanah tersebut. Masyarakat berharap dapat menggunakan sumur gali untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sementara ini masyarakat menggunakan air sumur dangkal atau gali tersebut untuk menyiram jalan, mencuci motor, dan kadang-kadang dipakai untuk mencuci piring. Sedangkan keperluan minum, mandi, memasak mereka menggunakan sumber lain. Beberapa permasalahan kualitas sumur dangkal menyebabkan air tidak dapat dipergunakan secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kualitas air yang berwarna coklat dan kotor serta rasa asin dan lengket air sumur telah dirasakan beberapa tahun yang lalu.

Dalam observasi awal di daerah Kelurahan Tanjung Mas banyak muncul sumur air bawah tanah baru yang dibangun warga untuk pemenuhan air bersih rumah tangga. Sumur air bawah tanah (ABT) merupakan sumur yang digali dengan kedalaman lebih kurang 100 m. Penambahan sumur bawah tanah ini merupakan salah satu penyebab terjadinya penurunan tanah sehingga menyebabkan terjadinya intrusi air laut. Meningkatnya jumlah sumur ABT juga disebabkan karena sistem penyediaan air oleh PDAM terbatas pada beberapa wilayah pesisir tertentu. Selain keterbatasan jangkauan layanan PDAM, juga seringkali air yang disalurkan tidak memenuhi kebutuhan warga. Mahalnya tarif air PDAM yang tidak sebanding dengan kualitas airnya menyebabkan banyak warga lebih memilih mengambil air sumur bawah tanah.

Untuk memecahkan masalah terbatasnya penyediaan air rumah tangga, gerakan hemat air yang merupakan upaya mempengaruhi jumlah konsumsi air ke arah penggunaan yang tepat dan efisien harus berhasil dilaksanakan. Hal tersebut dapat dicapai jika persepsi masyarakat dalam mengkonsumsi air rumah tangga sudah tepat. Belum ada usaha dari pihak masyarakat maupun pemerintah untuk membuat air sumur dangkal tersebut menjadi layak pakai sehingga dapat mengurangi kebutuhan air bawah tanah yang sampai sekarang masih tereksplorasi secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan air. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai analisis kualitas air sumur dangkal kawasan pesisir Semarang untuk dapat membuat suatu desain alat penyaringan air sederhana skala rumah tangga.

Alasan digunakannya media filter atau saringan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring memisahkan campuran solida likuida dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Dan penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*). Dikarenakan juga karena air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Apabila air olahan mempunyai padatan yang ukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Sebaliknya, seperti dalam penelitian ini, karena ukuran beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium* (Kusnaedi, 1995).

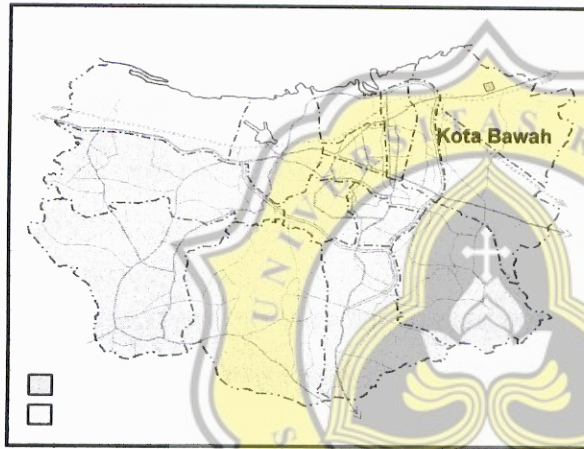
Dalam membuat suatu desain penyaringan air ini diperlukan beberapa data mengenai alat-alat penyaringan air yang telah ada dan telah dikembangkan dan diterapkan. Proses penyaringan air yang sederhana dan skala kecil dibutuhkan sehingga dapat digunakan oleh masyarakat Tanjung Mas. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, yaitu bagaimana alat yang diinginkan perlu dilakukan suatu pendekatan berupa proses menampung pendapat masyarakat mengenai

desain alat dan fungsinya. Cara yang dapat dilakukan melalui pendekatan partisipatif dengan melibatkan partisipasi masyarakat. Diharapkan dengan beberapa cara di atas dapat membantu memperbaiki kualitas air, sehingga air sumur dangkal dapat menjadi sumber air bersih dan digunakan warga untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

B. Tinjauan Pustaka

1. Profil Kota Semarang

Kota Semarang mempunyai kondisi alam yang lengkap; karena memiliki tiga jenis wilayah, yaitu: pantai, dataran rendah dan perbukitan. Wilayah pantai



Sumber: Humas Pemerintah Kotamadya Daerah Tingkat II Semarang. (1993)

Gambar 1: Kondisi Wilayah Kota Semarang

dan dataran rendah Kota Semarang berada pada bagian Utara dan lebih dikenal dengan sebutan "kota bawah". Sedangkan wilayah perbukitan berada pada bagian Selatan dan lebih dikenal dengan sebutan "kota atas".

Di bagian "kota bawah", lahan pada wilayah pantai umumnya dimanfaatkan selain untuk kegiatan pelabuhan juga untuk pertambakan dan persawahan; sementara lahan pada wilayah dataran rendah umumnya sudah berupa lahan terbangun (*built area*) yang digunakan untuk kegiatan-kegiatan pemerintahan, perdagangan, perindustrian, permukiman, dan ruang terbuka (*open space*). Sedangkan di bagian "kota atas" (wilayah perbukitan) sebagian besar lahan juga sudah berubah menjadi lahan terbangun (*built area*) untuk kegiatan-kegiatan pendidikan, perdagangan, dan permukiman; namun masih ada sebagian yang berupa lahan tidak terbangun (*unbuilt area*) yang digunakan untuk pertanian.

Topografi seperti tersebut diatas, apabila pengelolaan daerah aliran sungai di selatan kota Semarang (“kota atas”) tidak dilakukan dengan cermat, akan menjadikan kawasan pantai utara kota Semarang (“kota bawah”) rawan terhadap ancaman genangan banjir pada musim hujan. Dalam waktu bersamaan, kondisi tersebut diperburuk oleh penurunan tanah (*land subsidence*) serta kenaikan muka air laut yang cukup signifikan sebagai akibat adanya pemanasan global, sehingga ancaman genangan air terhadap kawasan pantai dataran rendah semakin bertambah.

2. Gambaran Umum Kelurahan Tanjung Mas

Kelurahan Tanjung Mas berada di wilayah Kecamatan Semarang Utara, meliputi areal seluas 323,782 Ha terdiri dari 271,782 Ha lahan kering (pekarangan/bangunan/emplasemen) dan 52 Ha lahan basah (tambak). Kawasan Kelurahan Tanjung Mas mencakup dua wilayah lingkungan/kampung, yaitu Lingkungan/Kampung Tambak Lorok di bagian Utara dan Lingkungan/Kampung Kebonharjo di bagian Selatan (Anonim, 2004). Peran kawasan yang mempunyai aktifitas cukup tinggi ini, karena, mempunyai nilai akses yang tinggi, lokasinya yang strategis, dekat dengan pusat kegiatan, pusat kota, dan pusat transportasi.

3. Air Dan Manfaatnya

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital dan merupakan kebutuhan pokok semua makhluk hidup. Kebutuhan air minum bagi manusia dewasa rata-rata 1,5 liter per hari, yang diperoleh dari air yang terkandung dalam makanan dan air minum. Air yang digunakan harus memenuhi syarat dari segi kualitas maupun kuantitas. Secara fisik air yang dikonsumsi untuk minum adalah tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau. Secara kimia tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berlebihan. Kriteria biologisnya tidak mengandung bakteri-bakteri merugikan misalnya bakteri *Coliform*.



Kebutuhan akan air meningkat karena penambahan penduduk dan peningkatan kegiatan pertanian, industri, pertambangan, dan meluasnya pemukiman. Sedangkan penyediaan air berkurang karena kemampuan hutan, bumi, dan kualitas air di kawasan Indonesia pun menunjukkan kecenderungan turun (Soeryani, 1995).

Air mempunyai rumus kimia H_2O , gabungan dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Air dapat berbentuk padat, cair atau gas. Pada tekanan 1 atm (1 kg per cm^2) air menjadi padat jika didinginkan sampai $0^{\circ}C$, dan mendidih pada $100^{\circ}C$. Air itu sendiri terpecah-pecah menjadi unsur-unsur hidrogen dan oksigen pada suhu $2500^{\circ}C$. Sedangkan pada suhu biasa, air dapat diuraikan jika di dalamnya dialirkan arus listrik. Air tanah pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis, namun kadar kimia air tanah tergantung dari formasi litosfir yang dilaluinya atau mungkin adanya pencemaran dari lingkungan sekitar (Said, 1999). Dalam aliran air tanah, mineral-mineral dapat larut dan terbawa sehingga mengubah kualitas air tersebut.

Rismunandar (1993) mengemukakan bahwa air mempunyai fungsi dalam tubuh manusia sebagai berikut :

- a. Sarana angkutan dari hasil pencernaan makanan dalam bentuk gula tunggal (glukosa), asam amino, mineral dan vitamin ke jaringan-jaringan (sel-sel) untuk kemudian disimpan di dalamnya.
- b. Alat pengangkut sisa-sisa pencernaan dalam sel ke terminal penampungan sisa-sisa seperti ginjal, paru-paru dan hati.
- c. Sarana pelarut, pengangkut hormon-hormon yang dihasilkan oleh kelenjar.
- d. Sarana pengangkut kelebihan panas dari bagian tubuh yang bekerja keras ke permukaan kulit dan keluar sebagai keringat. Dengan demikian suhu badan dapat dipertahankan tetap pada suhu $36-37^{\circ}C$.

4. Kualitas Air Bersih

Kualitas air bagi suatu peruntukan (kebutuhan) ditentukan oleh sifat-sifat air yaitu sifat fisik, sifat kimia, dan sifat bakteriologis. Kualitas air bersih di Indonesia harus memenuhi persyaratan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air (Saeni,1989). Air bersih tersebut menyangkut :

- a. Kualitas fisik, yang meliputi kekeruhan, temperatur, warna, bau, rasa, dan jumlah zat yang terlarut. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalam air seperti lumpur, dan bahan-bahan yang berasal dari limbah.
- b. Kualitas kimia, yang berhubungan dengan adanya ion-ion senyawa ataupun logam yang membahayakan, di samping resiko pestisida. Dengan adanya senyawa-senyawa ini bau, rasa, dan warna air akan berubah seperti yang umum disebabkan oleh adanya perubahan pH. Sifat kimia air mencerminkan kandungan unsur kimia yang ada di dalamnya. Secara umum air dikenal dengan rumus H_2O yaitu terdiri dari 2 atom H^+ yang berikatan secara kimia dengan 1 atom O membentuk sudut $104,5^{\circ}$ yang mengakibatkan air bersifat bipolar. Sifat bipolar inilah yang menyebabkan air bersifat reaktif (mudah bereaksi dengan unsur lain).
- c. Kualitas bakteriologis, berhubungan dengan keberadaan mikroba patogen (penyebab penyakit, terutama penyakit penyakit), pencemar (terutama golongan *coliform*) dan penghasil racun. Air minum harus bebas dari bakteri *coliform*, sedangkan untuk air bersih batas maksimum *coliform* yang dibolehkan 0/100 ml sampel.
- d. Kualitas radioaktifitas, yaitu air yang digunakan sebagai air minum ataupun untuk memasak harus bebas dari unsur radioaktif, sebab gangguan yang ditimbulkan pada tubuh manusia sangat berbahaya bagi sel hidup di dalam tubuh.

Ngabekti (1992) menyatakan bahwa kualitas air menggambarkan komposisi air yang dipengaruhi oleh proses alami dan aktivitas manusia, ditunjukkan dalam bentuk pengukuran kuantitatif dan berhubungan dengan tujuan penggunaan air. Adanya materi fekal dari tinja di dalam air dapat diketahui dengan adanya kelompok bakteri Coli. Sejumlah tinja yang setiap hari dihasilkan oleh manusia antara 100-150 gram per orang ternyata di dalamnya terkandung sekitar 30×10^{11} sel bakteri Coli, sehingga kehadiran bakteri Coli di dalam badan air diasumsikan telah terjadinya kontaminasi fekal (Suriawiria, 1995).

Kualitas air menjadi bagian yang penting dalam pengembangan lingkungan hidup. Kualitas air dalam hal ini mencakup keadaan fisik, kimia, dan biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk kehidupan manusia, industri, pertanian, rekreasi dan pemanfaatan air lainnya. Kualitas air adalah karakteristik yang dicerminkan oleh parameter kimia organik, kimia anorganik, fisika, biofisik, dan radio aktif bagi perlindungan dan pengembangan air untuk tujuan tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air terdiri atas berbagai unsur yang bercampur menjadi satu. Kandungan air ini dipengaruhi berbagai faktor lingkungan baik fisik maupun non fisik. Jadi pada prinsipnya kualitas air yang ada di permukaan bumi dari air hujan sudah tidak murni lagi sebagai H_2O tetapi sudah terkontaminasi unsur-unsur lain.

5. Air Tanah

Seyhan (1990) mengemukakan air tanah merupakan agen atau perantara geologi yang memberikan pengaruh secara terus-menerus terhadap lingkungan di sekelilingnya. Air bergerak pada bagian yang tidak kedap air di sekitar muka air tanah dan dalam spektrum geologi yang luas baik dalam skala ruang maupun skala waktu. secara global pengaruhnya dapat dibagi dua yaitu pengaruh primer dan pengaruh sekunder. Pengaruh primer meliputi :

- a. Disolusi (penguraian)
- b. Transportasi dan pengendapan bahan organik dan anorganik
- c. Transportasi panas

d. Modifikasi tekanan pori

Pengaruh sekunder sebagai produk dari pengaruh primer adalah terjadinya peningkatan ragam perubahan dari proses-proses antara lain:

- a. Kimia hidrologi
- b. Mineral
- c. Botani
- d. Mekanisme tanah dan batuan
- e. Geomorfologi
- f. Fenomena transportasi dan akumulasi

Martopo (1990), dalam Cholil (1986:4) mengemukakan bahwa tinggi rendahnya kualitas air tanah sangat ditentukan beberapa faktor antara lain:

- a. Iklim, terutama hujan dan temperatur udara merupakan unsur penting yang berpengaruh terhadap kualitas air. Curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah, melarutkan beberapa unsur kimia yang terdapat dalam atmosfer antara lain CO_2 , O_2 , CO , H_2 , dan SO_4 . Air hujan yang masuk ke dalam tanah berpengaruh pada konsentrasi ion dalam air tanah. Pengaruh temperatur udara terhadap kualitas air, terletak pada tinggi rendahnya kandungan gas yang terlarut dalam air. Semakin rendah temperatur udara maka semakin tinggi kandungan gas sebagai larutan dan semakin tinggi tekanan udara, gas yang terlarut dalam air.
- b. Litologi, terutama batuan sangat menentukan kualitas air tanah. Air bersifat melarutkan unsur-unsur yang terkandung dalam batuan. Semakin tua umur batuan, semakin besar tingkat pelapukannya, berakibat semakin tinggi kandungan garam yang terlarut dalam air tanah.
- c. Waktu, lama air tanah menempati suatu jenis batuan tertentu menentukan kualitas air tanahnya. Semakin lama air tanah menempati suatu batuan semakin tinggi kandungan mineralnya, karena semakin banyak unsur suatu mineral yang terlarut.
- d. Aktivitas manusia, sangat menentukan kualitas air tanah. Akibat jumlah penduduk yang besar dan intensitas aktivitas yang semakin meningkat,

memungkinkan degradasi kualitas air tanah. Di daerah perkotaan dengan kondisi dan jumlah serta kegiatan penduduk yang semakin meningkat, tanpa dukungan sanitasi yang baik berakibat pada pencemaran air, baik air sungai maupun air tanah.

Di daerah pesisir pantai dengan kondisi lingkungan yang berbeda, kualitas air tanahnya pun berbeda. Kondisi air tanah di kawasan pesisir kondisinya diperburuk dengan air pasang atau rob yang mencemari sumur dangkal warga. Terjadinya intrusi air laut sehingga terjadi penyisipan air laut ke air tawar. Ini menyebabkan air sumur dangkal warga tercemar.

6. Sistem Penyediaan Air Rumah Tangga

Kebutuhan air rumah tangga atau air domestik menurut Utomo (1997) mengandung dua hal pokok yaitu air yang dapat digunakan untuk kegiatan mandi, cuci, masak, membersihkan rumah, halaman dan sebagainya, dan harus memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Peraturan yang mengatur persyaratan kualitas air yaitu Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990.

Sistem penyediaan air rumah tangga di suatu daerah sangat bergantung dari kondisi fisik lingkungan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Air yang digunakan dapat berasal dari air permukaan, danau dan rawa, air tanah dan air hujan. Selanjutnya dari sumber air tersebut penyediaan air rumah tangga dapat berupa air PDAM, air sumur gali, air sumur bawah tanah, air minum isi ulang, air minum dalam kemasan, air dari penjaja air, dan air sungai. Penyediaan air yang baik harus mampu melayani kebutuhan air yang memadai baik segi kuantitas dan kualitas, dan mendapat respon serta dukungan positif dari masyarakat.

Beberapa penelitian yang mengkaji jumlah air rumah tangga yang dikonsumsi tiap orang menunjukkan jumlah yang berbeda. Penelitian Martopo (1990) menyebutkan kebutuhan air di Indonesia sekitar 103 l/kapita/hari untuk perkotaan dan 68 l/kapita/hari untuk pedesaan. Penelitian lainnya yaitu Kallau (1986)

menyimpulkan jumlah konsumsi air penduduk di Kupang sebesar 136,6 l/kapita/hari, dan Utaya (1993) di Malang yang memperoleh jumlah rerata konsumsi air sebesar 136,2 l/kapita/hari. Perbedaan jumlah penggunaan air tersebut tergantung dari faktor sumber daya air, kondisi sosial ekonomi penduduk dan lingkungan (Linsley, *et al.*, 1992; Al Layla, 1980; dalam Pusposutardjo dan Sutanto, 1993), demikian juga besarnya jumlah air berdasarkan jenis dan waktu pemanfaatannya.

7. Air Sumur Dangkal (Sumur Gali)

Lebih dari 98% dari semua air di atas permukaan bumi tersembunyi di bawah permukaan dalam pori-pori batuan dan bahan-bahan butiran. Dua persen sisanya adalah apa yang terlihat di sungai, danau, reservoir, dan sebagainya (Seyhan 1990:224). Sehingga air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang sangat potensial dan sangat berpengaruh terhadap keseimbangan daur hidrologi secara global.

Air tanah merupakan sumber air minum yang sangat vital bagi penduduk Indonesia. Tetapi sampai sekarang hal yang mengenai kualitas air tanah belum banyak dilaporkan. Beberapa penelitian dilaporkan bahwa yang paling sering ditemukan dalam air sumur adalah nitrat dan jenis pestisida pertanian. Beberapa jenis bakteri dan bahan partikel kecil biasanya mencemari permukaan air dan tersaring oleh tanah sehingga air menjadi cukup bersih. Tetapi jika pencemaran sangat berat dan melebihi daya filtrasi tanah, maka daya filtrasi tanah tersebut akan menurun. Semua jenis tanah tidak efektif dalam menyaring virus patogen dan bahan kimia organik sintesis lainnya (Darmono, 2001:52).

Air tanah yang tersedia menyebar dengan kuantitas dan kualitas yang berbeda-beda dan terbatas. Air tanah di suatu daerah mungkin secara kuantitas lebih tetapi dari segi kualitas sudah tidak memenuhi persyaratan menurut baku mutu yang ditentukan. Dalam kenyataannya menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih yang memenuhi syarat-syarat kesehatan tidak mudah diperoleh begitu saja untuk beberapa wilayah, terutama di wilayah perkotaan.

Air tanah sebagian berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah, dan bergabung membentuk lapisan air tanah yang disebut akifer. Akifer dibedakan menjadi empat tipe utama (Seyhan, 1990) yaitu:

- a. Akifer tidak tertekan disebut sebagai air tanah bebas, juga disebut akifer prestik, atau non artesis yang batas atasnya adalah muka air tanah. Kedalaman muka air tanah bebas beragam bergantung pada kondisi permukaan, luas pengisian kembali, debit pemompaan dari sumur, dan permeabilitas.
- b. Akifer tertekan, disebut juga akifer artesis. Air tanah ini tertutup antara dua lapisan yang relatif kedap air. Kawasan yang memasok air ke akifer tertekan adalah daerah pengisian kembali (*recharge*).
- c. Akifer melayang merupakan akifer dalam hal khusus, karena tubuh air tanah ditentukan oleh stratum yang relatif kedap air dengan luasan kecil yang membentuk lensa-lensa tanah yang kedap air.
- d. Akifer semi tertekan, merupakan akifer tertekan yang dibatasi oleh lapisan-lapisan yang semi permeabel.

Gerakan air tanah dipengaruhi oleh kemiringan muka air tanah (*water table*), dan koefisien permeabilitas. Besarnya koefisien permeabilitas, bergantung pada porositas dari tipe batuan. Semakin besar diameter butir batuan, maka koefisien permeabilitasnya semakin besar. Pembentukan akifer dan sifat-sifatnya berkaitan erat dengan formasi batuan. Todd 1990 dalam Cholil (1996: 17) mengemukakan semakin besar permeabilitas batuan di atas muka air tanah, maka semakin besar pula kemungkinan air tanah tersebut tercemar. Perambatan pencemaran dari permukaan ke dalam tanah hingga mencapai air tanah, ditentukan oleh ketebalan lapisan tanah di atas muka air tanah, serta jenis material penyusun, sehingga semakin dangkal air tanah maka semakin mudah tercemar.

Persediaan air dalam tanah dapat diamati dari kedalaman muka air tanah dari permukaan tanah, dengan memperhatikan fluktuasi muka air tanah dari waktu ke waktu. Daerah-daerah dengan cadangan air tanah yang besar biasanya mempunyai fluktuasi muka air tanah yang kecil dari waktu ke waktu. Sebaliknya daerah yang

cadangan air tanahnya kecil biasanya mempunyai fluktuasi muka air tanah yang besar.

Kualitas air sumur di Kelurahan Tanjung Mas sudah tercemar air laut. Kajian eksploratif dan dokumentatif menunjukkan penyebaran air payau semakin luas dan kadar garam semakin tinggi. Pemanfaatan air tanah di kawasan pantai yang dilakukan berlebihan tanpa perhitungan akan menyebabkan air laut begitu mudah meresap ke darat. Daerah tersebut sampai kedalaman 40 meter air tanah sudah payau. Air tanah segar baru didapat pada kedalaman lebih dari 60 meter. Salinitas tertinggi terletak di Tambaksari dengan harga daya hantar listrik (DHL) mendekati 1.000 mW/cm (micro ohm tiap centimeter). Padahal nilai DHL air tawar kurang dari 400 mW/cm, dan air payau antara 400 mW/cm sampai 2.500 mW/cm¹. Garam terlarut umumnya tersusun oleh sodium (Na⁺), kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), klor (Cl⁻) dan sulfat (SO₄²⁻). Magnesium sulfat (MgSO₄) dan sodium kloride (NaCl) merupakan garam terlarut yang sering dijumpai (Ahmad, 2004).

Parameter yang digunakan untuk menunjukkan tingkat salinitas air adalah daya hantar listrik (DHL) air. Parameter DHL memberikan gambaran tentang kontribusi atau terindikasinya konsentrasi berbagai zat mineral terlarut pada badan air (Eaton, *et al*, 1995). Selain itu Loch (1981) menyatakan bahwa pemantauan DHL juga bermanfaat untuk menunjukkan variasi kadar garam dalam air. Dalam konteks kualitas, air bersih diartikan sebagai air dengan daya hantar listrik rendah, dan memiliki nilai EC yang kurang dari 0,5 mS/cm. air yang memiliki nilai sampai 2,0 mS/cm juga masih dapat digunakan, tetapi pengaruh pencuciannya akan lebih rendah.

¹ Data hasil pengawasan air bawah tanah Dinas Pertambangan dan Sumber Daya Mineral Jawa Tengah 2005

8. Proses Penyaringan Air

Proses penyaringan air dilakukan berdasarkan sifat-sifat koloid, yaitu koagulasi dan adsorpsi. Koagulasi adalah proses penggumpalan partikel koloid dan proses koagulasi ini terjadi akibat tidak stabilnya sistem koloid, yang disebabkan penambahan zat elektrolit ke dalam sistem koloid. Adsorpsi adalah proses ketika permukaan koloid menyertakan zat lain. Air sungai atau sumur mengandung zat-zat seperti sol tanah liat, pestisida, zat warna, detergen berdasarkan tingkat pencemaran masing-masing (Saeni,1989).

Pada proses koagulasi digunakan yang biasa digunakan tawas, $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3$. Senyawa $Al_2(SO_4)_3$ dalam air akan terhidrolisis menjadi $Al(OH)_3$ dan akan menggumpalkan dan mengendapkan kotoran dalam air keruh. Bila tingkat kekeruhan air sangat tinggi dapat digunakan kapur tohor dan arang aktif. Untuk mengembalikan tingkat keasaman air dalam keadaan netral maka digunakan kaporit.

Sedangkan jika air yang akan diolah berupa air asin atau air payau, panyaringan atau penjernihan yang dilakukan sedikit berbeda. Ada 2 (dua) macam cara pengolahan air laut/air payau (desalinasi) menjadi air tawar :

1. Penguapan

a. Dengan menggunakan tenaga panas matahari

Air dialirkan dan ditampung pada suatu empang terbuka yang di atasnya dipasang kaca transparan yang tembus dengan panas sinar matahari. Kedudukan kaca adalah menutup empang tersebut dan pada posisi yang agak miring. Karena panas sinar matahari air tersebut akan menguap. Uap air yang mengalir ke atas akan bersinggungan dengan bidang permukaan kaca yang relatif lebih dingin, sehingga uap tersebut akan mengembun. Embun yang jatuh dan ditampung merupakan hasil air yang murni.

b. Penguapan dengan energi bahan bakar

Setelah melalui proses pendahuluan yaitu pengurangan kadar-kadar tersuspensi, air laut kemudian dimasukan pada suatu alat penguap (evaporator). Biasanya yang dipakai adalah *flash evaporator*. Tenaga pemanas

dari evaporator ini adalah menggunakan baha bakar. Uap air yang dihasilkan ini kemudian dialirkan ke alat kondensor, dan diembunkan pada alat ini. Pengolahan air laut dengan cara ini adalah sangat mahal, dan membutuhkan tenaga ahli atau *skill*. Karena banyak seklai variabel yang perlu dikendalikan terutama masalah korosi.

c. Penukar ion (*ion exchanger*)

Merupakan cara yang mahal dan membutuhkan tenaga terampil. Prinsip dari cara ini adalah penkar kation/anion yang ada di dalam air laut, dan menggantikannya dengan ion-ion OH⁻ dan H⁺ sehingga hasilnya terdiri dari ion H₂O saja. Cara ini sering disebut demineralisasi. Sebagai penukar ion dipakai resin yang terdiri dari resin penukar kation dan anion.

d. Pengolahan air dengan Mini Salam

Mini Salam adalah miniatur saringan alam, yaitu suatu cara untuk memperoleh air tawar dari air asin/payau, dengan menggunakan saringan yang bahan-bahannya mudah didapat di alam. Caranya sederhana dan mudah dikerjakan, tidak membutuhkan skill untuk operasinya. Pada penyaringan ini terdiri dari dua bak/drum pengolahan. Pertama yaitu bak pengendapan oleh gravitasi, sedangkan bak kedua adalah saringan pasir dan kerikil. Disini terjadi penyaringan zat-zat tersuspensi dan logam organik. Juga terjadi penyaringan terhadap beberapa jenis bakteri. Bahan ketiga dalam bak kedua adalah saringan kapur/ Ca(OH)₂. Lapisan ini akan mereduksi zat terlarut seperti kadar Cl⁻ yang sangat tinggi. Lapisan ini kaya akan Ca²⁺ sehingga akan menarik partikel berlawanan. Air yang dihasilkan tidak berasa asin. Selanjutnya air yang dihsilkan siap ditampung dalam penampung air tawar dan bisa digunakan sebagai sumber air bersih.

Berikut ini beberapa alat penyaringan air yang telah dikembangkan dan diterapkan untuk mendapatkan air bersih, antara lain:

a. *Biosand Filter*

Cara kerja *BioSand Filter* prinsipnya sama dengan saringan pasir lambat, yang telah digunakan selama berabad-abad. Penyaring ini dikemas dalam bentuk

kontainer beton ringan dengan media filter pasir dan kerikil di dalamnya. Pasir dan kerikil menghilangkan kotoran, bakteri, virus dan parasit serta unsur-unsur lain dalam air. Cara kerjanya adalah air dituangkan dari bagian atas filter setiap saat diperlukan, ada plat *difuser* yang ditempatkan di atas lapisan pasir yang bertujuan untuk menyerap perbedaan distribusi tekanan air. Air mengalir perlahan melalui media pasir, lalu melalui beberapa lapis kerikil dan terkumpul di pipa yang terletak di dasar media. Selanjutnya air terdorong oleh tekanannya sendiri melalui pipa plastik yang dipasang dalam beton dan keluar dari filter, untuk selanjutnya digunakan oleh pemakai. Sama dengan saringan pasir lambat, pengurangan patogen juga terjadi dalam penyaring ini melalui kombinasi proses biologi dan mekanis. Ketika air dituangkan di atas media filter, material organik yang terbawa dalam air terperangkap di permukaan butiran pasir, membentuk lapisan biologis. Setelah periode satu sampai tiga minggu, mikroorganisme membentuk koloni *schmutzdecke*, dimana mereka mendapat makanan (berupa materi organik) dan suplai oksigen dari air yang mengalir. Filter ini mampu menurunkan lebih dari 95% Coliform dan E.Coli, 100% protozoa dan cacing, 50 – 90% racun organik dan anorganik, dan sebagian besar endapan sedimen (Dian Desa, 2007).

b. Arang sebagai adsorben.

Menurut Kusnaedi (1998), arang sering digunakan sebagai adsorben karena dapat melakukan absorpsi/ penyerapan unsur-unsur logam ataupun fenol dalam air sehingga menjadi jernih. Absorpsi yang sering digunakan adalah arang aktif yang dalam pengolahan air biasanya dipakai dalam saluran berfilter arang aktif. Arang kayu, arang batubara juga mempunyai sifat adsorben seperti halnya pada arang aktif. Menurut Kholik (2001), arang batu bara dapat dimanfaatkan sebagai media penyaring air yang dapat menurunkan kadar Besi, dan menurut Ambarwati (2002),mendapatkan optimasi dalam pengaliran secara langsung sepanjang 100 cm arang batubara dengan ukuran dari 1 mm², 3 mm² dan 5 mm² dapat menurunkan kadar Mn lebih dari 50 %. Penggunaan arang tempurung kelapa dalam penurunan Mangan dan Besi air sumur

yang paling efektif adalah penggunaan pertama, tetapi sampai penggunaan kesepuluh belum jenuh (Rahayu,2004).

c. Koagulasi menggunakan biji kelor

Penyaringan air dengan biji kelor (*Moringa oleifera*) dapat dikatakan penyaringan air dengan bahan kimia, karena tumbukan halus biji kelor dapat menyebabkan terjadinya gumpalan (koagulan) pada kotoran yang terkandung dalam air. Biji kelor (*Moringa oleifera*) merupakan bahan sangat efektif untuk menggumpalkan partikel yang menyebabkan air keruh. Jenis biji ini juga mampu mengurangi Total Coliform dalam air. Penelitian mengenai penggunaan bahan ini telah membuktikan efektifitas biji kelor. Air dengan kekeruhan 15-25 NTU dan Total Coliform 280-300 MPN/100, dengan mencampurkan biji kelor ini kualitasnya meningkat yaitu 0,3 – 1,5 NTU dan Total Coliform menjadi 5-10 MPN/100 ml.²

Mulai tahun 80 an, Yayasan Dian Desa Yogyakarta mulai menerapkan penjernihan air dengan biji kelor ini, tepatnya di Gunung Kidul Yogyakarta. Penduduk di sana biasanya menggunakan air sumur danau untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Air danau yang digunakan sangat keruh. Dengan menggunakan biji kelor sebagai koagulan alami dapat menjernihkan air sehingga dapat digunakan sumber air bersih. Usaha ini mengalami kendala dengan terbatasnya persediaan biji kelor.

d. Pengolahan air gambut untuk daerah rawa pasang surut

Pengolahan air gambut menjadi air sehat bisa digunakan di daerah rawa seperti di Kalimantan dan Sumatera yang mengandung gambut. Untuk itu diperlukan suatu cara pengolahan air gambut yang sederhana dan terjangkau oleh masyarakat di daerah tersebut. Caranya dengan menggunakan pasir sebagai saringan. Bahan yang digunakan adalah air gambut, zat pengumpul (tanah liat yang berwarna hitam dan berbau busuk), Pasir (diambil 03-1,2 mm).

² Ravendra Babu and Malay Chauduri, 2005. *Home Water Treatment by Direct Filtration with Natural Coagulant*, Journal of Water and Health. IWA Publishing.

Teknologi yang sederhana, diwujudkan dalam bentuk instalasi pengolahan air gambut yang murah, mudah dikelola dan dirawat. Pembuatan instalasi ini masih dapat disederhanakan lagi dengan memanfaatkan bahan-bahan setempat serta dapat dikerjakan sendiri, sehingga biaya pembuatan dapat terjangkau oleh masyarakat banyak (www.warintek.or.id).

e. Jempeng (saringan batu cadas) di Bali

Sumber air minum yang umum digunakan oleh masyarakat desa Kerobokan, Bali berasal dari sumur gali, dan dari saluran irigasi sawah yang disaring dengan Jempeng yaitu saringan air yang terbuat dari batu cadas. Alat penyaring air minum ini merupakan teknologi yang telah membudaya di masyarakat di desa tersebut. Cara ini dapat digunakan di daerah yang banyak terdapat batu cadas (www.warintek.or.id).

Sebagai sebuah pedoman bagaimana suatu pengolahan air berdasarkan tahap-tahap yang ada, berikut proses pengolahan air dari air baku melalui pengolahan lengkap yang dilakukan PDAM (PDAM 2005) untuk memenuhi kebutuhan penduduk perkotaan dengan cara mengolah air baku yaitu :

a. Intake

Tempat pengambilan air baku dari Sungai Kaligarang yang dilengkapi dengan "Bar Screen"/penyaring yang bertujuan untuk menyaring benda-benda terapung (sampah) agar tidak sampai masuk ruang intake karena bisa mengganggu kinerja pompa.

b. Koagulasi

Proses koagulasi adalah proses pemberian koagulan (contoh: Tawas, PAC) dengan maksud mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel koloid sehingga partikel koloid bisa bergabung menjadi flok-flok kecil.

c. Flokulasi

Proses pemberian flokulan dengan maksud menggabungkan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada proses sebelumnya sehingga menjadi besar dan mudah untuk diendapkan. Dalam proses flokulasi mengalami pengadukan

lambat memberikan kesempatan flok-flok kecil menjadi semakin besar dan mencegah pecahnya kembali flok-flok yang telah terbentuk.

d. Sedimentasi

Di dalam proses sedimentasi partikel-partikel/flok yang terbentuk akan mengendap pada bak sedimentasi. Bak sedimentasi dilengkapi “*tube settler*” yang bertujuan untuk mempercepat proses pengendapan.

e. Filtrasi

Proses ini bertujuan untuk melakukan penyaringan flok-flok halus yang belum dapat terendapkan pada bak sedimentasi. Proses filtrasi dilakukan dengan cara melewati air melalui media porous yaitu pasir silika/kwarsa.

f. Klorinasi

Merupakan proses pembubuhan disinfektan (contoh: gas *chlor*, sodium hipoklorit) yang bertujuan membunuh bakteri baik di reservoir, jaringan pipa distribusi hingga sampai ke pelanggan

Pengembangan dan aplikasi suatu produk teknologi, termasuk alat penyaring air, tidak akan efektif jika tidak melibatkan perspektif masyarakat sebagai calon pengguna. Salah satu pendekatan dalam usaha untuk mengakomodasi harapan calon pengguna air adalah pendekatan partisipatif. Pendekatan ini melalui proses partisipasi masyarakat dalam menentukan desain alat yang dibuat. Pendekatan partisipatif banyak dilakukan untuk tujuan agar kebijakan atau keputusan yang dihasilkan tidak bertentangan dengan harapan masyarakat. Pembangunan perkotaan seperti relokasi pasar, penerapan teknologi dan pembangunan infrastruktur sering menggunakan pendekatan partisipatif ini. Sedangkan untuk perusahaan dalam proses menghasilkan produk tertentu untuk calon konsumen digunakan pendekatan QFD. QFD pertama kali diterapkan di Mitsubishi, suatu perusahaan industri berat di Kota Kobe, Japan pada tahun 1972. Contoh perusahaan yang menerapkan QFD antara lain DEC, Hawlett Packard, AT&T, Ford, general Motor, dsb. Pendekatan disiplin QFD terletak pada desain produk, rekayasa, produktivitas serta memberikan evaluasi yang mendalam terhadap suatu produk. Suatu organisasi yang mengimplementasikan QFD secara tepat dapat

meningkatkan pengetahuan rekayasa, produktivitas dan kualitas, mengurangi biaya, mengurangi waktu pengembangan produk serta perubahan-perubahan rekayasa seiring dengan kemajuan jaman dan permintaan konsumen. Aplikasi QFD sekarang banyak dilakukan oleh industri-industri makanan seperti, industri susu, industri coklat, kecap (Benner, *et al.*, 2002). Penelitian ini tidak sepenuhnya mengadopsi QFD tetapi mengambil beberapa komponen QFD, yaitu: mendapatkan gambaran apa yang diinginkan masyarakat dengan cara mempelajari, mengorganisasi, dan mengakomodasi keinginan warga sebagai konsumen air.

Fokus penelitian adalah peningkatan kualitas air sumur dangkal di Kawasan Pesisir Semarang. Kualitas air tersebut perlu diidentifikasi untuk mendapatkan gambaran yang utuh tentang kendala kualitas air yang harus dipecahkan dengan pendekatan teknologi. Untuk itu diperlukan analisa perbandingan beberapa desain yang ada atau pernah diaplikasikan. Dengan pendekatan partisipasi masyarakat diharapkan penetapan pilihan desain teknologi penyaringan akan benar-benar mengacu kepada kebutuhan dan kemampuan masyarakat untuk mengembangkan dan mengoperasikan alat tersebut.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut dapat dirumuskan masalah :

1. Bagaimana kualitas air sumur dangkal kawasan pesisir Semarang ?
2. Bagaimana membuat suatu desain penyaringan air sederhana untuk sumur dangkal kawasan pesisir Semarang?

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kualitas air sumur dangkal kawasan pesisir Semarang.
2. Mengembangkan desain alat penyaringan air sederhana untuk air sumur dangkal kawasan pesisir Semarang yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan masyarakat sehingga dapat dijadikan sumber air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990.