

PENERAPAN TEKNOLOGI ONLINE MONITORING KUALITAS AIR DI INDONESIA

Heru Dwi Wahyono

Pusat Teknologi Lingkungan
Kedeputian Teknologi Sumberdaya Alam
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
e-mail: heru.dwi@bppt.go.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak Daerah Aliran Sungai (DAS). Sungai-sungai yang mengalir pada setiap DAS menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat sekitarnya. Saat ini beberapa DAS di Indonesia menjadi kritis karena masalah pencemaran air. Hingga kini jumlah DAS kritis semakin meningkat dan menjadikan beberapa DAS menjadi prioritas dalam pengendalian pencemaran dan pemulihannya. Sudah banyak program pemerintah baik pusat maupun daerah yang dijalankan untuk memperbaiki DAS Prioritas. Salah satunya adalah melaksanakan kegiatan pemantauan kualitas air secara rutin. Untuk mendukung kegiatan ini Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT sejak tahun 2007 telah mengembangkan teknologi alternatif pemantauan kualitas air secara online dan realtime untuk mendukung kegiatan pemerintah dalam pengendalian pencemaran kualitas air. Teknologi Online Monitoring (ONLIMO) yang dikembangkan oleh BPPT sampai saat ini telah banyak diterapkan di Indonesia khususnya untuk memantau kualitas air sungai di 19 DAS Prioritas. Metode sampling yang digunakan disesuaikan dengan kondisi sungai yang ada, yakni sistem pompa dan direct pencelupan langsung. Analisa data pemantauan menggunakan metode storet yang telah diatur dalam peraturan menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Penerapan teknologi Onlimo di Indonesia sudah dilakukan di hampir di sekitar 30 lokasi untuk mendukung kegiatan pemantauan kualitas air di Indonesia. Hasil pemantauannya dapat diakses oleh masyarakat sehingga dapat diketahui dengan cepat status mutu air di lokasi pemantauan. Beberapa lokasi pemantauan menunjukkan status mutu airnya tercemar berat dan sebagian besar adalah tercemar ringan.

Kata kunci: DAS Prioritas, Online dan Realtime Data, Teknologi Online Monitoring

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki setidaknya lebih dari 17 ribu pulau dengan sekitar 11.000 pulau berpenghuni dan 6.000 pulau tidak berpenghuni. Menurut data Departemen Dalam Negeri tahun 2004, Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah pulau terbanyak di dunia dengan memiliki cadangan air sebesar 3.221 milyar m³/tahun dan menjadi negara terbesar ke 5 di dunia yang memiliki cadangan air terbesar. Dari cadangan ini hanya sebesar 21,46% atau sekitar 691,3 milyar m³/tahun yang dapat dimanfaatkan. Sebanyak 141 milyar m³/tahun dimanfaatkan untuk kebutuhan air irigasi, 6,4 milyar m³/tahun dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga dan air perkotaan, serta sebanyak 27,7 milyar m³/tahun dimanfaatkan untuk kebutuhan industri. Sisanya untuk keperluan lainnya (Ditjen SDA, 2011).

Berdasarkan Undang-Undang Sumber Daya Air No. 7 Tahun 2004 dan Keputusan Presiden R.I. No. 12 Tahun 2012 Tentang Penetapan Wilayah Sungai, Indonesia terdiri dari 131 Wilayah Sungai dan 7.972 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terbagi ke dalam beberapa kategori, yaitu wilayah sungai lintas negara berjumlah 5 Satuan Wilayah Sungai (SWS) dan 304 DAS, wilayah sungai lintas provinsi berjumlah 29 SWS dan 859 DAS, wilayah sungai strategis nasional berjumlah 29 SWS dan 3137 DAS, wilayah sungai lintas kabupaten/kota berjumlah 53 SWS dan 3168 DAS, serta wilayah sungai dalam kabupaten/kota berjumlah 15 SWS dan 504 DAS. Dari 7972 DAS di Indonesia ini, telah diputuskan 22 DAS prioritas melalui Surat Keputusan Bersama (SKB) Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Kehutanan dan Menteri urusan intern pada tahun 1984. Kemudian pada tahun 2009 ada 108 DAS prioritas yang telah ditetapkan oleh Menteri Kehutanan.

Melimpahnya sumber daya air di Indonesia, membuat sebagian besar masyarakat kita terlena dalam memanfaatkan sumber daya air tersebut yang penggunaannya tidak diimbangi dengan konservasi pengendalian pencemaran kualitas air. Akibatnya sumber daya air yang tersisa mengalami banyak permasalahan. Isu dan permasalahan konservasi sumber daya air menjadi kompleks dan memerlukan penanganan yang serius, yaitu :

- Meluasnya lahan kritis, yaitu 13,1 juta Ha pada tahun 1992, dan saat ini mencapai lebih dari 18,5 juta Ha.
- Meningkatnya sebaran DAS kritis, yaitu 22 DAS pada tahun 1984, menjadi 39 DAS pada tahun 1992, dan menjadi 62 DAS pada tahun 2005.
- Tingginya laju sedimentasi pada waduk-waduk besar, yaitu 40-50% volume *dead storage*.
- Menurunnya daya dukung beberapa daerah tangkapan air yang berakibat pada turunnya keandalan debit sungai sebagai sumber air sebagian besar di (90%) lahan irigasi, dll.

Semua masalah tersebut berdampak pada peningkatan luas lahan kritis, penurunan kuantitas, kualitas dan kontinuitas daerah aliran sungai (Nining, 2017).

Untuk mengatasi permasalahan di atas, pemerintah pusat maupun daerah telah melaksanakan beberapa upaya program konservasi sumberdaya air, program pengendalian pencemaran air, program restorasi sungai dan beberapa program lainnya yang hasilnya diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran kualitas lingkungan perairan bagi masyarakat Indonesia. Salah satu upaya yang saat ini sedang dijalankan adalah kegiatan pengendalian pencemaran kualitas air melalui penerapan teknologi online monitoring kualitas air secara kontinyu, online dan realtime yang dapat mendukung pemerintah dalam menegakkan aturan pembuangan air limbah ke badan sungai pada beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS) prioritas.

Kegiatan pemantauan kualitas air menggunakan teknologi online monitoring ini akan dapat mendukung kegiatan pemantauan kualitas air secara manual yang selama ini telah dilaksanakan baik oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah yang selama ini dirasa kurang efektif dalam memantau pengendalian pencemaran kualitas air. Besarnya sungai dan banyaknya titik pantau menjadi masalah yang sulit jika tidak didukung oleh teknologi telemetri. Sebagai contoh, pemerintah daerah DKI Jakarta harus memantau kualitas air sungai Ciliwung yang memiliki aliran sepanjang hampir 120 km yang melewati kota Jakarta, Tangerang, Bogor, dan Depok dengan daerah tangkapan air seluas 387 km². Sedangkan kota Tangerang dan Bogor harus melaksanakan pemantauan kualitas air Sungai Cisadane sepanjang 126 km secara rutin.

Untuk mendukung kegiatan pengendalian pencemaran kualitas air melalui penerapan teknologi telemetri, maka sejak tahun 2006 Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah mengembangkan produk online monitoring kualitas air secara online dan realtime yang disebut dengan nama "Onlimo". Onlimo merupakan produk alternatif sistem telemetri yang dibuat dengan memanfaatkan jaringan infrastruktur komunikasi GSM dan internet, sehingga pengguna tidak perlu membangun sendiri jaringan komunikasi untuk menerapkan teknologi online monitoring. Sejak tahun 2007 onlimo sudah diterapkan untuk memantau sungai, danau, dan perairan di pantai dan hingga kini sudah banyak stasiun pemantauan yang dibangun menggunakan produk Onlimo (Heru, 2014).

Untuk mempercepat program kegiatan pengendalian pencemaran kualitas air melalui penerapan teknologi online monitoring, maka sejak tahun 2014 BPPT bekerja sama dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menyusun program jangka pendek hingga tahun 2019 untuk menerapkan teknologi online monitoring kualitas air dengan membangun beberapa stasiun pemantauan kualitas air di 15 DAS Prioritas di Indonesia. Sejak tahun 2014 sampai tahun 2017, BPPT telah membantu KLHK dalam membangun 16 stasiun online monitoring kualitas air sungai di beberapa lokasi sungai utama pada DAS prioritas di Indonesia. Selain itu tim teknis dari Pusat Teknologi Lingkungan juga selalu memberi dukungan teknis dalam rangka proses penguasaan dan alih teknologi kepada tim pelaksana di KLHK.

Sebagai langkah riil selanjutnya dalam mendukung program restorasi sungai dan pengendalian pencemaran lingkungan perairan di Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menyusun dan mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 Tentang Petunjuk Operasional Penggunaan Dana Alokasi Khusus Fisik Penugasan Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pada Lampiran I.5 Permen LHK ini dijelaskan tentang penyediaan sistem pemantauan kualitas air secara kontinyu, otomatis dan online (Ditjen PPKL, 2017). Selain itu sosialisasi terkait teknologi Onlimo kepada dinas-dinas lingkungan hidup dan kehutanan di daerah juga secara rutin telah dilaksanakan untuk memperkenalkan dan memberikan pemahaman kepada daerah.

Sampai dengan tahun 2019, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan masih akan membangun beberapa stasiun pemantauan kualitas air sungai lainnya di beberapa lokasi sungai sebagai contoh bagi pemerintah daerah untuk secara mandiri dapat menerapkan teknologi yang sama guna mendukung kegiatan pengendalian pencemaran air di daerah. Melalui dana alokasi khusus yang disediakan oleh pemerintah pusat dalam hal ini Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan kepada Dinas-dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan di tingkat provinsi dan sejak tahun 2018 ini beberapa DLHK sudah dapat mulai menerapkan pemantauan kualitas air secara kontinyu, online dan realtime. Diharapkan dengan dikeluarkannya peraturan menteri KLHK ini, pemerintah provinsi dapat menerapkan teknologi telemetri sehingga dapat mendukung dan meningkatkan kinerja pemantauan kualitas air di daerah.

1.2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari kegiatan ini adalah merencanakan, merancang dan menerapkan teknologi online monitoring kualitas air di sungai utama pada DAS Prioritas untuk pengendalian pencemaran kualitas air. Adapun sasarannya adalah tersedianya dokumen perencanaan, disain bangunan pelindung, disain sistem online monitoring kualitas air sungai yang disesuaikan dengan kondisi geografi masing-masing sungai pada DAS prioritas. Selain itu juga diharapkan diperolehnya data pemantauan dari seluruh stasiun pantau yang dikelola oleh pusat data pemantauan online di KLHK.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Teknologi Telemetri

Model pemantauan kualitas air telemetri (tele: jarak jauh, metri: pengukuran) yang ada saat ini berdasarkan metode pengukurannya terdiri dari tiga macam (Ave, 2015), yaitu :

- Time Based Telemetry** (Pengiriman data yang digerakkan oleh waktu). Pada metode *ini*, pengukuran kualitas air dilakukan berdasarkan setting waktu yang telah ditentukan.
- Polling Based Telemetry** (Pengiriman data yang digerakkan oleh perintah pusat data dan banyak diterapkan pada sistem *Supervisory Control and Data Acquisition / SCADA*). Pada metode *polling* ini setting jadwal waktu pengukuran kualitas air dapat dilakukan berdasarkan perintah yang diberikan oleh pusat data.
- Event Based Telemetry** (Pengiriman data digerakkan oleh adanya peristiwa atau perubahan parameter pantau). Pada metode ini data logger dapat segera mengirimkan data ke pusat data jika terjadi pencemaran air atau kejadian dimana hasil pengukuran telah melebihi baku mutu.

Perkembangan teknologi telemetri telah memungkinkan dimanfaatkannya teknologi ini dalam kegiatan pemantauan dan distribusi data/informasi secara cepat. Pada teknologi telemetri, remote collecting data merupakan sebuah metoda pengambilan data-data pengukuran dari jarak jauh yang dapat menghasilkan digital data. Data dapat disimpan pada sebuah database server, yang sewaktu-waktu diperlukan dapat dicari dengan mudah dan dapat didistribusikan dengan cepat (Djohar, 2012).

1.3.2 State of The Art Teknologi Onlimo

Produk teknologi telemetri Onlimo dikembangkan dengan mengadopsi ketiga model pemantauan *Time, Polling dan Event Based (TPE) Telemetry*. Model *time based* yang dikembangkan memiliki dual interval waktu pengukuran yaitu interval periodik dan interval peringatan dini. Model *polling based* yang dikembangkan memiliki kendali penuh perangkat smart data logger dari komputer server di pusat data, diantaranya adalah fitur otorisasi akses, fitur penetapan baku mutu, fitur parsing data dan lainnya. Sedangkan model *event based* yang dikembangkan pada Onlimo mampu memberikan peringatan dini (alarm) jika hasil pengukuran salah satu parameternya melampaui baku mutu yang ditetapkan Dengan menggunakan model telemetri TPE ini, sistem onlimo menjadi berbeda dengan sistem telemetri pendahulunya, karena memiliki fitur yang lebih lengkap sesuai dengan kebutuhan pengguna (Heru, 2017).

Berdasarkan teknologi yang digunakan untuk menggunakannya, produk Onlimo yang dikembangkan terdiri dari dua tipe. Tipe pertama adalah Onlimo GSM yang dikembangkan dengan memanfaatkan jaringan komunikasi global seluler dengan pengiriman SMS sebagai media komunikasi datanya. Produk Onlimo GSM dikembangkan menggunakan PLC yang dibuat sendiri sesuai dengan kebutuhan pengguna. Disain papan elektroniknya dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dikonfigurasi sesuai fitur penggunaan untuk pemantauan kualitas air di Indonesia. Versi pertama Onlimo GSM dibuat pada tahun 2007 dan saat ini telah diterapkan versi terbaru sejak tahun 2016.

Tipe kedua adalah Onlimo OSS (*Open Source Software*) yang menurut OSHWA (*Open Source Hardware Association*) dapat digunakan untuk mengembangkan data logger berbasis perangkat lunak sumber terbuka dengan *microprocessor* PC atau SBC (*Single Board Processor*) agar proses pembuatannya lebih cepat dan dapat dirakit dengan biaya yang murah. Pada Onlimo OSS fokus inovasinya adalah pada pengembangan *software control data logger* (Daniel, 2016). Integrasi sistem hardware menggunakan komponen seminimal mungkin, misalnya tidak menggunakan layar monitor dan hanya menggunakan sebuah flashdisk dengan kapasitas yang kecil untuk mengoperasikan sistem. Versi pertama Onlmo OSS dikembangkan pada tahun 2013 dan versi terbaru telah dikembangkan pada awal 2018 dengan tambahan fitur *running text* tenaga surya.



Gambar 1. Onlimo GSM dan Onlimo OSS

Berdasarkan cara pemakaiannya, produk Onlimo yang dikembangkan terdiri dari dua. Yang pertama adalah *fixed monitoring system* yang digunakan untuk memantau kualitas air di suatu lokasi secara kontinyu, online dan realtime. Yang kedua adalah *mobile monitoring system* yang digunakan untuk memantau kualitas air secara berpindah dari suatu lokasi ke lokasi yang lain dengan mengikuti koordinat lokasi yang sudah ditentukan (Anthony, 2014). *Fixed monitoring system* biasanya digunakan untuk memantau kualitas air secara online di lokasi sungai, instalasi pengolahan air limbah (IPAL) atau di instalasi pengolahan air (IPA). Sedangkan *mobile monitoring system* biasanya digunakan untuk melakukan survei pemantauan kualitas air di danau, rawa pantai, waduk, cekungan tambang atau menyusuri sepanjang badan sungai. Pada penggunaan fixed monitoring system diperlukan bangunan pelindung yang permanen yang dapat dibuat dari berbagai jenis material bahan sesuai kebutuhan, sedangkan pada mobile monitoring system hanya diperlukan koper atau tas untuk membawa sistem peralatan telemetrinya.

1.3.3 Komponen Sistem Telemetri Onlimo

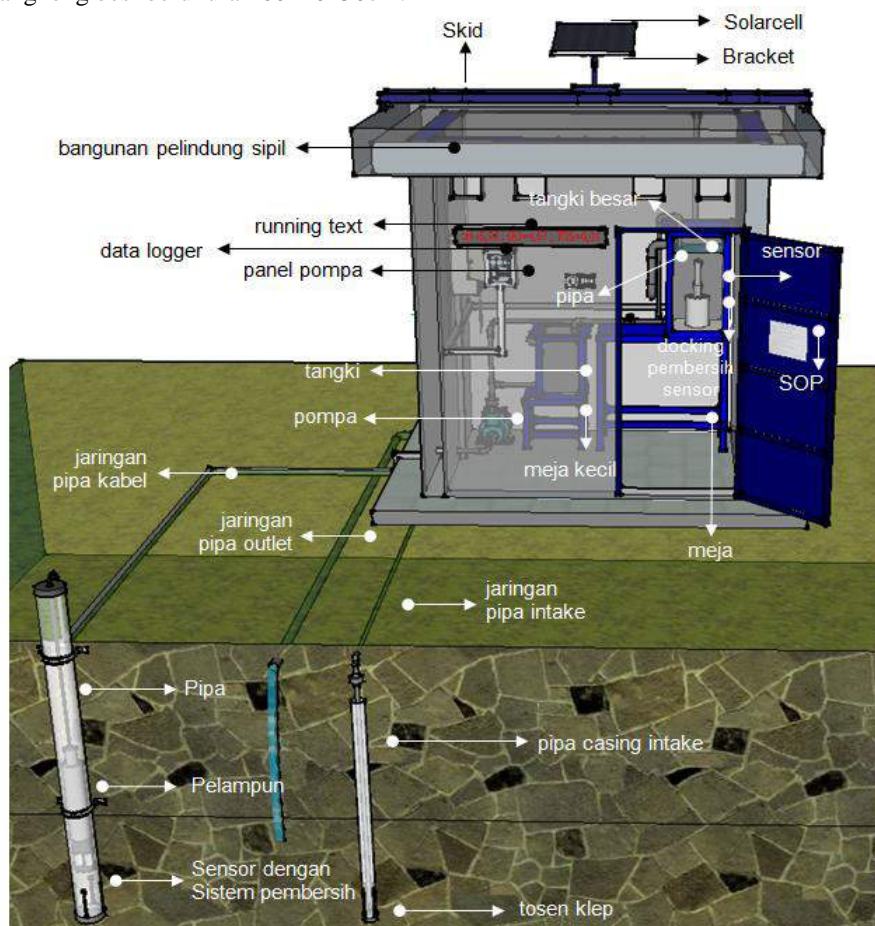
Sistem telemetri Onlimo telah dikembangkan dengan sebagian besar komponennya berasal dari Indonesia, sehingga memiliki TKDN yang tinggi dan *Technology Readyness Level* (TRL) 9, serta merupakan produk yang sudah proven. Fitur-fitur di dalamnya telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna khususnya oleh instansi pemerintah yang bergerak di bidang pengelolaan dan pengendalian pencemaran kerusakan lingkungan yang menangani pemantauan kualitas air. Berikut ini adalah komponen standar penerapan teknologi telemetri Onlimo, yaitu :

Peralatan RTU

Onlimo memiliki satu atau lebih perangkat **Remote Terminal Unit (RTU)** yang dipasang di remote area dan bertugas sebagai penghasil data pemantauan kualitas air. Perangkat RTU terdiri dari (Heru, 2017):

1. **Smart data logger** yang berfungsi sebagai peralatan yang melakukan pengendalian pencatatan data pemantauan kualitas air, pengendalian pengiriman data ke pusat data dan pengendalian penyimpanan data hasil pemantauan. Data logger terhubung dan berkomunikasi dengan sensor melalui analog input 4-20mA atau digital input (Tao Jiang, 2016).
2. **Multiprobe sensor** yang berfungsi sebagai alat pengukur beberapa parameter kualitas air sekaligus dalam satu waktu. Multi probe sensor bisa terdiri dari :
 - **Sensor standar** : Suhu, DO, pH, Cond, Salinitas, TDS, Depth, SwSG, Turbidity
 - **Sensor standar + ion** : Suhu, DO, pH, Cond, Sal., TDS, Depth, SwSG, Turb., Ammonia, Nitrat, ORP
 - **Sensor standar + ion + analyser** : Suhu, DO, pH, Cond, Sal., TDS, Kedalaman, SwSG, Turbidity, Amonia, Nitrat, ORP, COD, BOD, TSS
 - **Sensor khusus** : chlorofil, chlor, dan lainnya
3. **Sistem kelistrikan solar cell** yang berfungsi menjadi sumber listrik bagi perangkat RTU yang terdiri dari panel solar cell, batere/aki kering dan regulator pengisian.
4. **Sistem pengambilan sampling** yang merupakan metode penyediaan air sampling yang akan dilakukan pengukurannya oleh perangkat multiprobe sensor. Sistem pengambilan sampling terdiri dari dua, yaitu sistem pompa otomatis dan sistem pencelupan langsung.
5. **Sistem pembersih sensor otomatis** yang merupakan metode pembersihan sensor secara otomatis untuk meningkatkan kinerja sensor, khususnya jika berada di lokasi perairan yang sudah tercemar oleh padatan tersuspensi. Sistem pembersih sensor otomatis dapat berupa sistem penyemprot air dan atau udara, sistem penggetar dan ultrasonic, atau sistem pemindah sensor otomatis.
6. **Sistem display** berfungsi untuk menampilkan data hasil pemantauan kepada publik secara realtime. Sistem display dapat dapat berbentuk running text display atau LCD / LED display.

7. **Bangunan pelindung** yang berfungsi untuk melindungi seluruh komponen peralatan dari panas dan air hujan saat dioperasikan. Bangunan pelindung disesuaikan dengan kondisi di lapangan dan dapat berupa bangunan berdinding seng atau kayu sederhana berukuran 1,5x1,5x2m, bangunan sipil beton sederhana berukuran 1x1x1m, bangunan sipil beton lengkap berukuran 2x1,5x3,5m, bangunan sipil beton ekstra berukuran 2x1,5x3,5m, bangunan rumah rakit berukuran 1x1x2m, atau bangunan tiang besi sederhana dengan kerangkeng besi berukuran 60x40x50cm.



Gambar 2. Disain Peralatan Sistem Telemetri Online Monitoring Kualitas Air Sungai

Peralatan Pusat Data

Onlimo memiliki **Pusat Data dan Software Monitoring Online** yang berfungsi untuk pengumpulan data, pengelolaan data dan pengolahan data pemantauan kualitas air secara online dan realtime yang berasal dari seluruh perangkat RTU yang terpasang di lokasi pemantauan. Terdiri dari komponen utama, yaitu (Heru, 2017) :

1. **Komputer server** yang berfungsi sebagai komputer untuk mengendalikan seluruh pekerjaan perangkat RTU yang terhubung dalam jaringan komunikasi sistem pemantauan online. Perangkat pendukung komputer server ini adalah satu unit UPS dan dua unit LCD monitor.
2. **Sistem software** yang terdiri dari beberapa software utama dan pendukung, yaitu sistem operasi MS Windows, sistem software server (Xampp), software SMS gateway, software database online monitoring dan software aplikasi web online monitoring kualitas air.

1.3.4 Format Data

Hasil pengukuran data kualitas air yang dilakukan oleh sistem telemetri Onlimo dan terkumpul pada server dapat menjadi big data, sehingga diperlukan format standar penanganan big data. Istilah big data berlaku untuk informasi data yang tidak dapat diproses menggunakan alat atau proses komputasi secara tradisional. Menurut hasil penelitian yang dilakukan IBM, ada tiga karakteristik yang akan menentukan besar data besar, yaitu volume, kecepatan dan variasi (Alexander, 2014).

Sistem Onlimo memiliki standar format penulisan data dan metode pengelolaan di dalam database. Standar format penulisan data Onlimo terdiri dari dua. Pertama adalah **ASCII / Text / Pipe Delimited** yang

digunakan sebagai format penyimpanan data awal dan dapat digunakan sebagai file sharing (penggunaan file bersama) untuk keperluan format data exchange antar sistem. Kedua adalah **Standar Query Language (SQL)** yang digunakan sebagai format penyimpanan data lanjutan ke dalam server database berbasis SQL untuk keperluan pengelolaan dan analisis data pemantauan.

2. BAHAN DAN METODE

Peralatan dan bahan baku yang diperlukan dalam penerapan teknologi online monitoring kualitas air sungai pada DAS prioritas dapat dikelompokkan ke dalam beberapa komponen peralatan, yaitu (Heru, 2014) :

- Perangkat remote terminal unit (RTU) yang terdiri dari sistem smart data logger dan sistem transmisi data menggunakan modem GSM.
- Perangkat sistem pengambilan sampling yang terdiri dari sistem pencelupan langsung (*direct immersed*) menggunakan pipa pelindung dan pelampung sensor dan sistem pemompaan menggunakan pompa hisap (*sentrifugal*) atau pompa celup (*submersible*).
- Perangkat sistem kelistrikan yang terdiri dari sistem kelistrikan solar cell yang digunakan untuk mengoperasikan perangkat RTU dan sistem kelistrikan PLN yang digunakan untuk mengoperasikan sistem pengambilan sampling dengan sistem pompa.
- Perangkat sistem sensor yang terdiri dari probe sensor, kabel data dan handheld / LCD monitor dan sistem pembersih sensor otomatis.
- Perangkat komputer pusat data yang terdiri dari personal komputer berkonfigurasi server, printer dan aplikasi perangkat lunak pengelola data.

Metodologi pelaksanaan kegiatan yang akan digunakan untuk penerapan teknologi online monitoring kualitas air sungai pada DAS prioritas adalah sebagai berikut :

- Survei lokasi yang bertujuan untuk memilih lokasi yang cocok untuk pemasangan sistem telemetri dengan memperhatikan kondisi geografi, kriteria keamanan, kemudahan dalam pemasangan, dan pengelolannya serta kesediaan operator di lapangan.
- Perancangan sistem telemetri dan peralatan meliputi perancangan sistem pengambilan sampling, bangunan pelindung dan mekanisme sistem pemompaan.
- Perakitankomponen peralatan terdiri dari perakitan smart data logger, sistem solar cell, sistem kontrol pompa, dan sistem perpipaan untuk pengambilan sampling air.
- Instalasi peralatan dilakukan dengan memasang seluruh komponen peralatan pada setiap lokasi stasiun pantau yang telah ditentukan sesuai dengan kriteria pemilihannya.
- Pengoperasian dan pengamatan di pusat data dilakukan dengan mengoperasikan software SMS gateway untuk mengendalikan data logger, software database online monitoring dan aplikasi berbasis web.
- Pelatihan perawatan peralatan kepada operator dan kegiatan alih teknologi melalui FGD, diskusi teknis dan praktek di lapangan secara langsung kepada pengelola sistem online monitoring di KLHK.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Penerapan Sistem Telemetri di Indonesia

Untuk menerapkan sistem telemetri pemantauan kualitas air secara online dan realtime di perairan permukaan khususnya di sungai diperlukan perencanaan yang matang dikarenakan proyek seperti ini tidak hanya sekedar pengadaan peralatan dan instalasi peralatannya di lapangan. Namun tingkat keberhasilannya sangat tergantung kepada kesiapan lembaga atau institusi yang akan menyelenggarakan sistem pemantauan kualitas air online ini. Bobot terbesar adalah sekitar 60% ~ 70% berada pada pengembangan kelembagaan dan hanya 30% ~ 40% saja berada pada pengadaan sistem peralatannya. Bagian terpenting dari komponen kelembagaan adalah adanya peraturan perundangan yang mendukung kegiatan ini. Salah satu di antaranya adalah peraturan menteri LHK nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 Tentang Petunjuk Operasional Penggunaan Dana Alokasi Khusus Fisik Penugasan Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Beberapa hal yang termasuk dalam komponen kelembagaan yang perlu dipersiapkan sebelum melaksanakan penerapan teknologi online monitoring adalah sebagai berikut :

- Sinkronisasi kegiatan pada lembaga atau institusi yang menyelenggarakan. Artinya kegiatan pemantauan kualitas air secara online dan realtime menjadi salah satu tugas dan fungsi lembaga tersebut.
- Komitmen pimpinan lembaga secara kontinyu dalam mengawal tim atau unit kerja yang akan menyelenggarakan kegiatan pemantauan kualitas air secara online dan realtime. Selain itu adanya kesamaan visi dan misi antara pimpinan pengganti dengan pimpinan sebelumnya terkait kegiatan ini.
- Komitmen dan konsistensi dalam penyediaan anggaran pembiayaan proyek penerapan teknologi online monitoring kualitas air secara online. Hal ini dibutuhkan karena tidak hanya biaya investasi peralatan saja

yang dibutuhkan, namun biaya operasional dan perawatan, biaya peningkatan SDM melalui kegiatan alih teknologi dan pengembangan pusat data pemantauan perlu diprioritaskan juga.

- Koordinasi dan kerjasama lintas lembaga terkait diperlukan untuk pengurusan izin pemasangan agar memudahkan proses penggunaan lahan dan fasilitas bersama serta penggunaan data bersama.
- Koordinasi dan kerjasama antara stake holder dalam menyiapkan dokumen tanggap pencemaran yang nantinya dapat digunakan untuk mendukung penerapan teknologi online monitoring kualitas air yang mampu memberikan peringatan dini terjadinya pencemaran kualitas perairan.

Kegiatan pengembangan kelambagaan di atas dapat dilakukan dengan cara melaksanakan pertemuan rutin secara berkala antara stakeholder dan pimpinan lembaga agar tujuannya tercapai.

Kegiatan perencanaan lainnya yang perlu dilakukan adalah terkait persiapan teknis pengadaan dan pemasangan sistem peralatan di lapangan, sebagai berikut :

- Pembuatan gambar disain teknis bangunan pelindung sesuai kondisi lokasi pemasangan dan estimasi perhitungan RAB bangunan pelindung. Selain gambar teknis diperlukan gambar disain 3D yang akan digunakan untuk menjelaskan kepada *stake holder* dan instansi terkait proses perizinan.
- Pengurusan izin pembuatan bangunan pelindung di lokasi. Jika lokasi berada di badan sungai, maka izin diberikan oleh kantor Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) dan berkoordinasi dengan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR. Berkas yang perlu dipersiapkan antara lain adalah :
 - a. MOU / dokumen kerjasama antara instansi dengan Kementerian PUPR.
 - b. Surat permohonan pembangunan dan pemasangan dari instansi ke Kementerian PUPR dan BBWS.
 - c. Formulir rekamtek dari BBWS.
 - d. Dokumen rencana lokasi pemasangan peralatan.
 - e. Dokumen spesifikasi bangunan pelindung dan peralatan yang akan dipasang .
- Survei detail lokasi penempatan bangunan pelindung untuk memperhitungkan hal-hal teknis saat pembangunan bangunan pelindung dan pemasangan sistem peralatan telemetri. Beberapa kriteria penentuan lokasi antara lain :
 - a. Area di sekitar lokasi yang akan dipilih berada pada jangkauan sinyal GSM dari salah satu operator seluler yang kuat di level HSPA dan minimal GPRS.
 - b. Akses menuju lokasi tersebut mudah dan jarang dilewati kendaraan.
 - c. Lokasi tersebut milik instansi pemerintah agar mudah untuk memperoleh izin pembangunan bangunan pelindung dan pemasangan peralatan telemetrinya.
 - d. Lokasi tersebut memiliki keamanan yang baik dan sulit diakses oleh orang yang tidak berkepentingan.
- Koordinasi dengan instansi pengelola atau pemilik lokasi. Jika lokasi berada di dalam area bendung maka berkoordinasi dengan kantor BBWS dan Ditjen SDA Kementerian PUPR. Jika lokasi berada di dalam area intake saluran air untuk air minum, maka berkoordinasi dengan kantor PDAM. Jika lokasi berada tempat lain, maka berkoordinasi dengan pemilik lokasi tersebut. Koordinasi termasuk membicarakan hal-hal seperti biaya penggunaan lahan untuk bangunan pelindung dan penggunaan listrik.
- Mempersiapkan calon operator yang akan memelihara bangunan pelindung dan peralatan telemetri di lokasi. Operator sebaiknya dipilih orang yang tinggal di lokasi yang tidak jauh dari lokasi bangunan pelindung agar mempermudah dan mempercepat akses ke lokasi saat diperlukan. Permohonan permintaan calon operator dapat dimintakan kepada instansi pengelola atau pemilik lokasi.
- Menyusun dokumen teknis spesifikasi peralatan telemetri yang digunakan untuk proses pengadaan komponen barang yang dibutuhkan untuk membangun stasiun pemantauan kualitas air online.

Persiapan yang baik perlu dilakukan dengan melaksanakan perencanaan yang matang, yaitu dengan mempersiapkan segala sesuatunya baik yang bersifat administratif maupun hal-hal teknis lainnya. Selain itu perlu juga mempelajari pengalaman pihak lain baik yang ada di Indonesia maupun yang ada di negara lain dalam penerapan teknologi online monitoring kualitas air, walaupun kondisi di lapangan dapat berbeda, namun setidaknya banyak yang sama yang dapat dipersiapkan. Di Indonesia selain Pusat Teknologi Lingkungan BPPT dengan produk Onlimonya, pihak yang sudah berpengalaman melakukan pemasangan peralatan online monitoring kualitas air adalah dari Perum Jasa Tirta I dalam memantau kualitas air Sungai Brantas secara online dan realtime, walaupun seluruh sistem peralatan didatangkan dari luar negeri.

3.2 Penerapan Onlimo di Indonesia

Sejak tahun 2008 teknologi Onlimo sudah banyak diterapkan untuk memantau kualitas air permukaan secara online dan realtime di beberapa lokasi di Indonesia. Beberapa di antaranya diterapkan oleh Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD), Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), beberapa industri dan perusahaan melalui program *Corporate Social Responsibility* (CSR). Sejak tahun 2014 BPPT telah mulai bekerjasama dengan KLHK dalam menerapkan teknologi Onlimo untuk pemantauan kualitas air sungai di beberapa lokasi pada DAS prioritas. Gambar berikut ini adalah peta lokasi stasiun pemantauan kualitas air online yang dipasang menggunakan produk Onlimo.



Gambar 3. Peta Lokasi Pemasangan Stasiun *Online Monitoring* Kualitas Air

Di Pulau Jawa telah diinstalasikan sistem Onlmo di 3 stasiun di Sungai Ciliwung, 2 stasiun di Sungai Citarum, 2 stasiun di Sungai Cisadane, 1 stasiun di Sungai Cikapundung, 2 stasiun di Sungai Serayu, 2 stasiun di Sungai Bengawan Solo, 2 stasiun di IPAL domestik perkantoran. Di Pulau Sumatera telah diinstalasikan sistem Onlmo di 2 stasiun di Danau Toba, 1 stasiun di Sungai Asahan, 2 stasiun di Danau Maninjau, 2 stasiun di Pulau Bintan, 1 stasiun di Bendung Jabung, 1 stasiun di Bendung Agroguruh. Di Pulau Kalimantan telah diinstalasikan sistem Onlmo di 4 stasiun di danau Semayang dan Melintang serta 1 stasiun di Sungai Kapuas. Sebagian besar yang terpasang adalah fixed monitoring system dengan bangunan pelindung berbentuk sipil beton.

Untuk keberlanjutan penerapan teknologi online monitoring ini, sejak tahun 2016 KLHK telah mensosialisasikan teknologi pemantauan kualitas air secara online kepada dinas-dinas lingkungan hidup di seluruh Indonesia melalui beberapa pertemuan rapat kerja secara bertahap. Pada tahun 2017 KLHK juga telah menerbitkan peraturan pendukungnya agar dinas lingkungan hidup daerah dapat merencanakan dan melaksanakan kegiatan ini.

3.3 Kegiatan Pemeliharaan

Telah diketahui bahwa terdapat kaitan antara daratan, sungai dan lautan. Konversi lahan yang terjadi di daratan menyebabkan erosi tanah yang mengalir ke sungai dan laut, sehingga kualitas air sungai di Indonesia pada umumnya mengandung sedimen tinggi (Paryono, 2017). Hal ini dapat memberikan dampak kepada menurunnya kualitas air sungai tersebut, ditambah dengan kondisi sampah dan limbah domestik yang terbawa oleh aliran air sungai menyebabkan makin buruknya kondisi sungai. Pada kondisi seperti ini, multiprobe sensor yang bertugas mengukur kualitas air sungai akan mengalami penurunan kinerja, sehingga frekwensi perawatan harus semakin sering dilakukan pembersihan dan kalibrasi sensor oleh petugas operator (Heru, 2016).

Kondisi sampah domestik akan lebih banyak saat musim hujan. Sampah ini dapat menyebabkan rusaknya pipa intake dan bahkan dapat membuat pipa intake hanyut terbawa aliran air. Lumpur yang dibawa oleh aliran air sungai terutama di bagian bawah dasar sungai menyebabkan tertutupnya filter stainer pipa intake sehingga air sungai sulit dipompa ke dalam tangki air di dalam bangunan pelindung. Jika saringan strainer diperbesar lubangnya, maka sebagian lumpur akan ikut terhisap ke dalam tangki air, sehingga dapat mengotori sensor kualitas air di dalam tangki air. Permasalahan lainnya di lapangan adalah masuknya serangga ke dalam bangunan pelindung yang membuat sarang di dalam box panel RTU atau peralatan lainnya. Gambar berikut ini adalah beberapa contoh masalah pemeliharaan di lapangan.

Selain masalah lumpur dan sampah domestik, permasalahan serangga juga terdapat pada sistem perpipaan dan pompa yang mengalirkan air sungai ke dalam tangki air di dalam bangunan pelindung. Gambar berikut ini adalah serangga belalang yang masuk dalam rongga selenoid melalui pipa intake air yang sudah rusak saringan strainernya. Bangkai belalang mengganggu kerja otomatis selenoid sehingga mengeluarkan bunyi yang tidak biasa dan menyebabkan pompa rusak karena gangguan operasional yang menyebabkan pompa panas. Permasalahan-permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan beberapa inovasi misalnya membuat

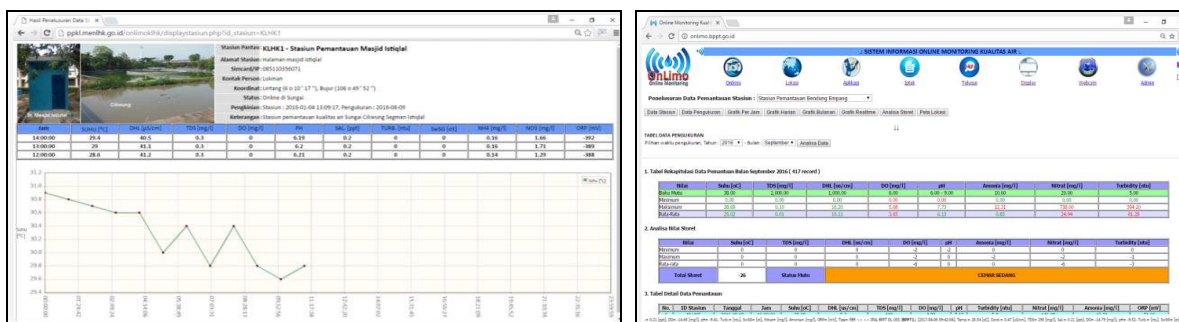
sistem pembersih sensor dan saringan strainer otomatis, membuat sistem casing box panel yang kedap dari serangga serta memasang saringan udara untuk lubang angin di bangunan pelindung agar serangga tidak masuk.



Gambar 4. Sarang Semut Pada Box Panel RTU dan Sarang Lebah Pada Pipa Bak Penampungan

3.4 Data Pemantauan Kualitas Air

Data pemantauan kualitas air dikelola ke dalam sistem database secara terstruktur. Data pemantauan yang dikirimkan dari masing-masing stasiun pantau diterima dan disimpan ke dalam sistem database oleh aplikasi SMS gateway (Satmoko, 2016). Selanjutnya penelusuran kembali data-data pemantauan kualitas air dari masing-masing stasiun pengamatan dapat dilakukan melalui aplikasi database berbasis windows atau melalui aplikasi web. Pengguna dapat menelusuri data dengan memilih dan mengisi formulir penelusuran atau melalui peta distribusi stasiun pengamatan kualitas air. Hasil penelusuran akan ditampilkan dalam bentuk informasi angka maupun grafik analisa ataupun status mutu kualitas air.



Gambar 5. Aplikasi Software Online Monitoring Kualitas Air

Data-data hasil pemantauan dapat diakses melalui alamat website yaitu : <http://onlimo.bppt.go.id/> dan <http://ppkl.menlhk.go.id/onlimoklhk/>. Berikut ini adalah hasil analisa storet status mutu data pemantauan kualitas air sungai di 16 lokasi pemantauan pada bulan Agustus 2018.

Tabel 1. Tabel Status Mutu Kualitas Air Sungai di 16 Lokasi Pemantauan

No.	Nama Stasiun	Lokasi	Status Mutu	Bobot Storet
1.	Stasiun Masjid Istiqlal	Sungai Ciliwung	Cemar Sedang	-28
2.	Stasiun Manggarai	Sungai Ciliwung	Cemar Sedang	-28
3.	Stasiun Majalaya	Sungai Citarum	Cemar Sedang	-15
4.	Stasiun Kelapa Dua	Sungai Ciliwung	Cemar Berat	-32
5.	Stasiun Bendung Pasar Baru	Sungai Cisadane	Cemar Sedang	-29
6.	Stasiun Bendung Empang	Sungai Cisadane	Cemar Berat	-32
7.	Stasiun Bendung Serayu	Sungai Serayu	Cemar Ringan	-5
8.	Stasiun Bendung Wanganaji	Sungai Serayu	Cemar Berat	-39
9.	Stasiun Bendung Colo	Sungai Bengawan Solo	Cemar Sedang	-12
10.	Stasiun Bendung Babat	Sungai Bengawan Solo	Cemar Sedang	-22
11.	Stasiun Aji Bata	Danau Toba	Cemar Sedang	-16
12.	Stasiun Marom	Danau Toba	Cemar Sedang	-14
13.	Stasiun Bendung Inalum	Sungai Asahan	Cemar Sedang	-20
14.	Stasiun Agroguruh	Sungai Sekampung	Cemar Sedang	-17
15.	Stasiun Bendung Jabung	Sungai Seputih	Cemar Ringan	-7
16.	Stasiun Dayeuh Kolot	Sungai Citarum	Cemar Sedang	-19

4. KESIMPULAN

Untuk mendukung kegiatan pengendalian pencemaran di Indonesia dibutuhkan alternatif teknologi online monitoring kualitas air yang kandungan lokal yang tinggi dan sesuai dengan kondisi sungai di Indonesia. Teknologi Onlimo telah dapat menjadi salah satu pilihan teknologi tersebut yang diterapkan untuk memantau kualitas air di Indonesia. Kegiatan litbang dan penerapan yang telah dilakukan dapat menghasilkan produk Onlimo yang proven dan memenuhi semua kriteria kebutuhan pemantauan kualitas air di Indonesia. Sejak tahun 2014 KLHK telah menerapkan Onlimo untuk memantau kualitas air sungai di 15 DAS Prioritas di Indonesia. Kegiatan ini merupakan pilot project bagi daerah dan industri agar di masa datang dinas lingkungan hidup dan kehutanan di daerah dapat menerapkan teknologi online monitoring dalam memantau kualitas sungai di wilayahnya. Koordinasi dengan beberapa instansi terkait telah dilakukan sebagai prasyarat penerapan teknologi ini di Indonesia. Penerapan teknologi Onlimo yang sudah dilaksanakan dapat memberikan informasi secara cepat kepada KLHK maupun masyarakat terkait dengan status mutu air sungai di 15 DAS Prioritas. Dari 16 lokasi terpasang di beberapa sungai dan danau menunjukkan 11 lokasi berstatus cemar sedang, 3 lokasi berstatus cemar berat dan 2 lokasi berstatus cemar ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandre Borba Salvador, Ana Akemi Ikeda. 2014. *Big Data Usage in the Marketing Information System*. Journal of Data Analysis and Information Processing Vol.2 No.3 : PP 77-95
- Anthony Faustin and Aloys N. MVuma. 2014. *Ubiquitous Mobile Sensing for Water Quality Monitoring and Reporting within Lake Victoria Basin*, *Science Research*, December 2014 : pp 257-264.
- Ave Gierdo Alfaseso dan Suryono. 2015. Rancang Bangun Sistem Telemetry Multi-Channel Untuk Monitoring Suhu dan pH Air Menggunakan Jaringan Wifi. *Youngster Physics Journal* Vol. 4, No. 4 : pp 257-264.
- Daniel DÍaza, Sandra Oviedoa, Ramiro Madriagab, Alejandra Otazub, Francisco Ibanez. 2016. *Development of a datalogger with open source hardware and software for the study of desert animals*, *Service for the Dissemination of Intellectual Creation La Plata University* : pp 996-1005.
- Djohar Syamsi. 2012. Pemanfaatan Teknologi Telemetry Untuk Pengawasan dan Pengendalian Pencemaran Air Sungai, *Jurnal INKOM* Vol. 6 No. 2, Article 192 : pp 103-111.
- Ditjen SDA. 2011. Kegiatan 2010 ~ 2011 Sumber Daya Air, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ditjen PPKL. 2017. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 / MENLHK / SETJEN / KUM.1 /12 / 2017 Tentang Petunjuk Operasional Penggunaan Dana Alokasi Khusus Fisik Penugasan Bidang Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).
- Direktorat PPA. 2017. Laporan Akhir Pemasangan Alat Monitoring Online Sistem Di Danau Toba, Sungai Sekampung dan Seputih, Serta Di Sungai Citarum. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).
- Heru D.W. 2016. Penerapan Teknologi Online Monitoring Kualitas Air Untuk DAS Prioritas Di Sungai Ciliwung Dan Sungai Cisadane, *JAI* Vol. 9 No. 1 : PP 63-77.
- Heru D.W. dkk. 2014. Sistem Pemantauan Online Untuk Pengendalian Pencemaran Kualitas Air di DAS Ciliwung. Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT.
- Heru D.W. 2017. Materi Pelatihan Teknologi Pemantauan Kualitas Air Online dan Realtime. Pusat Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Nining Wahyuningrum dan Pamungkas Buana Putra. 2018. Evaluasi Lahan Untuk Menilai Kinerja Sub Daerah Aliran Sungai Rawakawuk, *Jurnal Penelitian Pengelolaan DAS* Vol 2, No. 1 : PP 1-16.
- Paryono, Ario Damar, Setyo Budi Susilo, Rokhmin Dahuri dan Henny Suseno. 2017. Sedimentasi Delta Sungai Citarum, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, *Jurnal Penelitian Pengelolaan DAS* Vol 1, No. 1 : PP 15-26.
- Satmoko Yudo. 2016. Perancangan Sistem Basis Data Online Monitoring Kualitas Air Di Sungai Ciliwung, *JAI* Vol. 9 No. 1 : PP 47-62.
- Setkab R.I. 2012. Keputusan Presiden RI No. 12 Tahun 2012 Tentang Penetapan Wilayah Sungai. Setkab R.I.
- Tao Jiang, Ping Yu, Yu Liu, Jiajia Zhang, Shuyong Zhen. (2016). *Design of Monitoring System on QDQ2-1 Type Water Electrolysis Hydrogen Equipment*, *Open Journal of Safety Science and Technology* Vol 6 - No. 3 : PP 70-75.