

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR UNTUK MEMANTAU
AIR LIMBAH INDUSTRI SECARA ONLINE**
*Development of Water Quality Monitoring Online System for Wastewater Industrial
Monitoring Online*

Oleh:

Satmoko Yudo

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT

Abstrak

Perkembangan jumlah industri di Indonesia terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah penduduk. Meningkatnya perkembangan industri akan berdampak positif yaitu dengan meningkatnya kehidupan sosial ekonomi masyarakat. Namun dampak negatifnya adalah terjadinya peningkatan pencemaran lingkungan seperti polusi udara, air dan tanah. Salah satu penyebab pencemaran air adalah air limbah dari industri yang dibuang ke badan sungai tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Berbagai usaha telah dilakukan pemerintah untuk pengawasan dan pengendalian pencemaran air dengan mengeluarkan peraturan perundang-undangan, ijin pembuangan limbah cair dan program Proper. Meskipun demikian masih terdapat perusahaan dan industri yang buangan air limbahnya belum memenuhi persyaratan yang diperbolehkan. Salah satu usaha dalam melakukan pengawasan khususnya dalam pembuangan air limbah industri yaitu dengan menerapkan teknologi online monitoring secara real-time di outlet IPAL Industri. Diharapkan dengan teknologi ini pemantauan secara terus menerus (real-time) dapat dilakukan oleh instansi pemerintah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan Badan Lingkungan Hidup Daerah) serta dapat mengirimkan peringatan dini apabila ada pencemaran. Sistem pemantauan ini secara umum terdiri dari sensor, data logger, komunikasi data dan pusat data. Data sensor dari outlet IPAL industri akan dikirimkan ke pusat data secara terus menerus, kemudian data akan disimpan dan diolah dengan sistem database kemudian ditampilkan melalui internet.

Kata kunci : *pencemaran air limbah industri, online monitoring, kualitas air limbah, IPAL*

Abstract

The number of industry in Indonesia continues to increase along with the increase in population. The increase in the construction industry will have a positive impact as increasing social and economic life of society. However, the negative impact is the increasing environmental pollution such as air pollution, water pollution and soil. One of the causes of water pollution industrial waste discharged into water bodies without treatment beforehand. Various attempts have been made by the government for the supervision and control of water pollution by issuing laws and regulations, permit to dispose of liquid waste and Proper Program. Nevertheless, there are still companies and industries that discharge wastewater does not meet the requirements is allowed. One effort in monitoring, particularly in the waste disposal industry by applying online monitoring in real-time at the outlet WWTP Industry. This technology is expected to real-time monitoring can be done by government agencies (Ministry of Environment and Forestry and the Regional Environmental Agency) and can send an early warning when there is pollution. This monitoring system generally consists of sensors, data loggers, data communications and data centers. Sensor data from industrial wastewater outlet will be sent to the data center continuously, then the data will be stored and processed by database system and then displayed on Internet.

Keyword : *industrial wastewater pollution, online monitoring, wastewater quality, WWTP*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai sebagai salah satu komponen lingkungan yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan manusia termasuk untuk menunjang pembangunan perekonomian. Sungai yang semula merupakan sumber air yang mempunyai kualitas yang baik, namun karena tidak dipelihara dan diawasi,

maka kualitasnya menjadi semakin memburuk akibat dari pencemaran lingkungan air yang semakin tidak terkendali. Salah satu penyebabnya adalah dari adanya kegiatan industri yang merupakan pusat-pusat aktivitas yang banyak menghasilkan air limbah⁽¹⁾.

Air limbah yang dibuang tanpa diolah terlebih dahulu telah mengakibatkan meningkatnya pencemaran lingkungan dan menurunnya kualitas air permukaan dan air tanah. Untuk menghindari

terjadinya dampak pencemaran yang lebih berbahaya lagi, maka pemerintah telah menetapkan agar semua unit-unit usaha diatas mengolah limbah yang dihasilkannya sampai memenuhi baku mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan perairan disekitarnya⁽²⁾.

Upaya pemerintah dalam rangka menangani masalah lingkungan akan terus dilaksanakan guna memberi tekanan kepada pencegahan dan penanggulangan pencemaran serta kerusakan lingkungan yang diamanatkan Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup⁽³⁾. Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) DKI Jakarta merupakan salah satu instansi pemerintah yang melakukan pengawasan, pengendalian dan penertiban terhadap kegiatan usaha yang merusak lingkungan⁽⁴⁾.

Selain itu pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (KLHK) membuat program unggulan berupa kegiatan pengawasan dan pemberian insentif serta bertujuan mendorong industri untuk taat terhadap peraturan lingkungan hidup. Program tersebut disebut "Proper" dan kriteria penilaiannya tercantum dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI Nomor 6 Tahun 2013 tentang *Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*⁽⁵⁾.

1.2. Permasalahan

Dalam kegiatan PROPER itu sendiri, permasalahan yang ada saat ini adalah terbatasnya jumlah tenaga lapangan dalam kegiatan pemantauan air limbah. Pada periode PROPER 2011/2012 misalnya dari total 1.317 perusahaan, yang terdiri 71 jenis industri. Sebanyak 274 (21%) perusahaan diawasi oleh KLH, 883 (67%) perusahaan diawasi oleh Provinsi dan 160 (12%) perusahaan oleh Pusat Pengelola Ekoregion. 46% perusahaan baru mendapat predikat Merah dan 12% mendapat predikat Hitam. Sebagian besar dari akibat ketidaktaatan pelanggaran pengendalian pencemaran air dan pengelolaan limbah B3⁽⁶⁾.

Dari sejumlah 1.317 perusahaan yang tersebar di 22 propinsi seluruh Indonesia yang perlu diawasi, ternyata secara kuantitas jumlah pejabat pengawas lingkungan hidup yang ada saat ini belum memadai⁽⁷⁾.

Dimana pengawasan terhadap suatu kegiatan usaha yang diduga berpotensi menimbulkan pencemaran, petugas akan kesulitan dalam memantau terus menerus selama 24 jam. Untuk mengatasi kekurangan tenaga lapangan dalam pemantauan dan mendeteksi secara cepat adanya pencemaran limbah industri, diperlukan suatu sistem pemantauan yang kontinyu dan efisien untuk

membantu menyelesaikan masalah tersebut. Salah satu upaya dengan melakukan kajian dan penerapan tentang teknologi pemantauan kualitas air limbah industri yang handal, berkualitas dan mempunyai efisiensi yang tinggi serta dapat memantau secara *real-time* (seketika) dan *online* (terhubung ke internet).

Teknologi *online monitoring* kualitas air ini dipasang di outlet air buangan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri-industri yang menuju ke badan sungai, sehingga data kualitas air tersebut dapat terpantau secara terus menerus di salah satu instansi pemerintah yang bertanggung jawab melakukan pengelolaan pengendalian dan pencemaran air, misalnya Badan Lingkungan Hidup (BLH) atau Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (KLHK).

Sebagai contoh, negara Jepang dan Korea merupakan negara yang sudah lama menerapkan pemantauan air limbah industri secara *real-time*. Salah satu negara berkembang yaitu India sejak tahun 2014 telah menerapkan sistem pemantauan kualitas air limbah industri secara *real-time* di Sungai Gangga. Pemerintah India melalui Badan Pengendalian Pencemaran (*Central Pollution Control Board, Ministry of Environment & Forest*) telah mewajibkan setiap outlet industri-industri yang berpotensi polusi tinggi untuk dipasang sistem pemantauan kualitas air secara *real time*⁽⁸⁾.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) juga merencanakan mulai tahun 2017 mewajibkan semua perusahaan yang membuang limbahnya memasang pemantauan kualitas air limbahnya secara *online*⁽⁹⁾. Untuk mendukung kegiatan tersebut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah mengembangkan teknologi *online monitoring* kualitas air untuk sungai, danau dan laut⁽¹⁰⁾. Teknologi ini telah diaplikasikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (KLHK) dalam memantau kualitas air secara *online* di hilir dan hulu beberapa wilayah sungai (DAS) Indonesia.

2. TUJUAN DAN SASARAN

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengkaji dan menerapkan teknologi online monitoring kualitas air buangan (*effluent*) instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri secara *real-time*.

Sasaran dari kegiatan ini adalah memperoleh suatu teknologi untuk pengendalian dan pencemaran air khususnya air buangan IPAL Industri yang efektif, efisien dan handal dalam memantau kualitas air secara terus menerus.

3. METODE DAN LINGKUP KEGIATAN

Sesuai dengan tujuan dan sasaran yang akan dicapai, kegiatan ini mempunyai tahapan metodologi sebagai berikut :

3.1. Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang dibutuhkan adalah jenis dan spesifikasi teknologi sensor (ketersediaan alat sampai 5 tahun kedepan, *spareparts*, dukungan teknisi), data kualitas air, dan data lainnya. Kemudian data-data tersebut dianalisa untuk mendapatkan gambaran dalam pemilihan teknologi yang cocok dan sesuai dengan tujuan kegiatan ini.

3.2. Lingkup Kegiatan

3.2.1. Penyusunan Teknologi Pemantauan

Penyusunan perangkat teknologi pemantauan akan disesuaikan dengan hasil survai dan pembuatan teknologi untuk dapat melakukan pemantauan kualitas air limbah industri secara *real-time* dan *online*.

3.2.2. Disain Sistem Database dan Jaringan

Disain sistem database disesuaikan dengan parameter kualitas air yang akan diukur untuk dipantau secara *real-time* dan *online*. Jaringan komputer akan dikembangkan adalah konektivitas antara unit yang ada di lokasi pemantauan dengan komputer server di pusat pemantauan yang terhubung ke dalam sistem database kualitas air.

3.2.3. Pengembangan Database Software

Setelah dilakukan disain sistem database dan jaringan, selanjutnya membangun *database software* untuk mengolah data yang akan dijadikan informasi pemantauan kualitas air limbah industri. Pengembangan *software* dibuat menjadi dua bagian berdasarkan fungsinya, yaitu :

- *Software* pengolah data yang hanya dapat digunakan untuk dari lokasi pemantauan pada komputer lokal yang tersambung dengan jaringan komputer lokal di unit pengolah data.
- *Software* penyajian informasi dan penelusuran data yang dapat digunakan baik oleh secara lokal maupun secara *remote*, yaitu dapat diakses melalui jaringan global internet.

3.2.4. Pengujian Sistem Online Monitoring Kualitas Air Limbah Industri

Pengujian terhadap *hardware* yang telah diintegrasikan dalam sebuah jaringan dilakukan oleh beberapa orang staf setempat yang bertugas menginput data dan staf yang bertugas memantau proses transfer data dari lokasi pemantauan ke pusat pemantauan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN KAJIAN TEKNOLOGI ONLINE MONITORING KUALITAS AIR LIMBAH INDUSTRI

4.1. Sistem Pemantauan Kualitas Air Limbah Industri

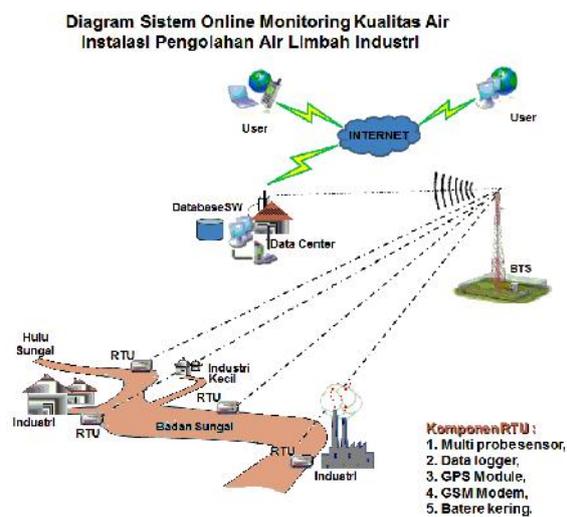
Kegiatan pemantauan kualitas air limbah industri secara *online* ini terdiri dari suatu sistem yang terintegrasi yang mampu mengumpulkan data, memproses data secara langsung (*real-time*) dan mendistribusikan data secara *online* dan cepat ke beberapa user sesuai dengan Tupoksinya (tugas, pokok dan fungsinya), contohnya kepada Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) dan Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (KLHK) serta BPPT sebagai lembaga penelitian.

Sistem ini terdiri dari 3 komponen utama yaitu (1) Stasiun pusat data yang merupakan tempat penyimpanan, pengolahan dan analisa data kualitas air. Dalam stasiun ini, semua informasi kualitas air limbah ditampilkan dalam Website yang dapat diakses kapan dan dimana saja. Selain itu stasiun pusat data ini dapat melakukan koordinasi, pemantauan dan pengendalian jarak jauh dalam melakukan pengaturan proses pengambilan data, (2) Sub-stasiun atau RTU (*Remote Terminal Units*) merupakan stasiun tempat melakukan pengumpulan dan pengukuran data kualitas air limbah industri. Stasiun ini terdiri dari beberapa peralatan utama yaitu sensor, data logger, modem dan baterai, dan (3) Sistem komunikasi data yang mendukung pengiriman data dari sub-stasiun ke stasiun pusat melalui layanan SMS (*short Message Service*). Sistem komunikasi data ini dapat diatur secara *remote* dari pusat data.

Dalam pengelolaan data pemantauan kualitas air limbah industri ini, sebuah stasiun pusat harus didukung oleh perangkat komputer server yang memadai dan sumber daya manusia yang trampil baik dalam pengoperasiannya dan perawatannya. Dengan peralatan yang baik stasiun pusat akan dapat memantau kondisi kualitas air di seluruh sub-stasiun secara terus menerus (*real-time*) dan dapat

mendeteksi apabila ada pencemaran air limbah di setiap lokasi sub-stasiun.

Sistem pemantauan kualitas air limbah industri ini didukung oleh suatu sistem informasi yang berbasis Web (aplikasi yang dapat diakses melalui internet) sehingga dapat menampilkan informasi yang cepat (*on-line*) dan akurat. Informasi hasil pemantauan kualitas air limbah industri ini dapat diakses oleh pihak-pihak yang berkepentingan seperti lembaga pemerintah (KLHK), lembaga pengelola lingkungan (BPLHD/BLH), lembaga penelitian (BPPT) serta pengelola industri itu sendiri. Apabila terdapat informasi yang menunjukkan bahwa kualitas air limbah di suatu industri tidak memenuhi baku mutu, maka informasi tersebut akan langsung dikirimkan ke lembaga pengelola lingkungan untuk ditindak lanjuti.



Gambar 1 : Diagram Sistem Online Monitoring Kualitas Air Limbah Industri.

Sistem pemantauan kualitas air limbah industri ini agar bisa efektif dan memberikan efek jera, perlu didukung dengan Peraturan perundangan dari Pemerintah maupun Kementerian Lingkungan Hidup. Meskipun demikian apabila hasil pemantauan menunjukkan hasil yang tidak memenuhi standar baku mutu yang diperbolehkan, maka informasi tersebut dapat dikirimkan kepada lembaga penelitian seperti BPPT untuk merekomendasikan langkah-langkah penyempurnaan, perbaikan, dan pembuatan instalasi pengolah air limbah (IPAL) industri yang lebih baik.

4.2. Sensor Kualitas Air

Pemilihan sensor dari beberapa merek seperti YSI, Horiba dan DKK Toa telah dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi, jumlah parameter dan harga serta dukungan *spare part*, kalibrasi, maupun teknisi yang tersedia secara cepat

(*quick response*). Dari hasil pemilihan tersebut maka dalam kegiatan ini akan digunakan dua jenis sensor, pertama adalah *multiprobe* sensor dan kedua adalah *single probe* sensor.

4.2.1. Multiprobe sensor

Multi probe Sensor pemantauan kualitas air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Water Quality Meter (WQC)* series merk DKK Toa. Alat ini secara otomatis dapat mendeteksi temperatur, pH, temperatur, daya hantar listrik (*Conductivity*), kebutuhan oksigen (DO), kekeruhan (*Turbidity*), salinitas, total zat padat terlarut (TDS), Nitrat, Amonium dan Oksidasi-reduksi Potensial (ORP). *Sensor* dan *display* merupakan bagian utama alat ini. Berat sensor sekitar 1,7 kg terbuat dari bahan *stainless steel* dan berukuran 90 x 350 mm serta panjang kabel 5-10 meter. *Display handheld* terbuat dari plastik dengan *membran keypad* (tombol) dengan layar LCD, 2x20 karakter dan mempunyai memori 32 KB.

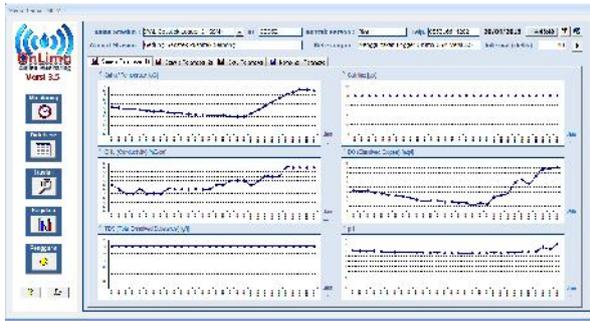


Gambar 2 : Multiprobe Sensor Kualitas Air Dengan 11 Parameter Dan *Handheld* Untuk Pemantauan Air Limbah Industri.

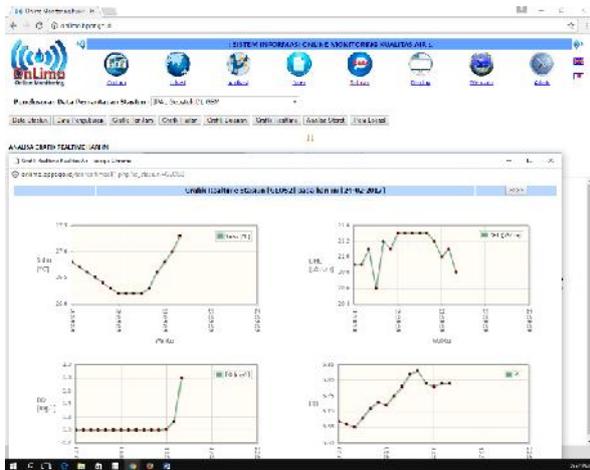
Multiprobe sensor dan sistem databasenya sudah diuji dan diaplikasikan untuk memantau kualitas air limbah domestik di kantor BPPT di Gd. Geostek, Puspiptek, Serpong⁽¹¹⁾.



Gambar 3 : Peralatan *Online Monitoring* Kualitas Air Limbah Domestik Gd. Geostek-BPPT, Puspiptek, Serpong.



Gambar 4 : Grafik Pemantauan Kualitas Air Limbah Domestik IPAL Gd. Geostek-BPPT, Puspipstek, Serpong.



Gambar 5 : Grafik Realtime Parameter Suhu, DHL, DO Dan pH Diakses Dari Internet Di onlimo.bppt.go.id.

4.2.2. Single probe sensor



Gambar 6 : Single Probe Sensor Dengan Parameter COD Untuk Pemantauan Kualitas Air Limbah Industri.

Single probe Sensor untuk pemantauan kualitas air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *Organic Pollution Monitor* (UV

meter), sensor ini dapat menganalisa organik polutan limbah (*effluent*) dari industri. Parameter yang diukur adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), dilengkapi dengan frame untuk display, transmisi dan komunikasi output (RS-485 dan USB *memory*) serta *wiper* untuk pembersih otomatis.

• Pengujian Sensor *Organic Pollution Monitor*

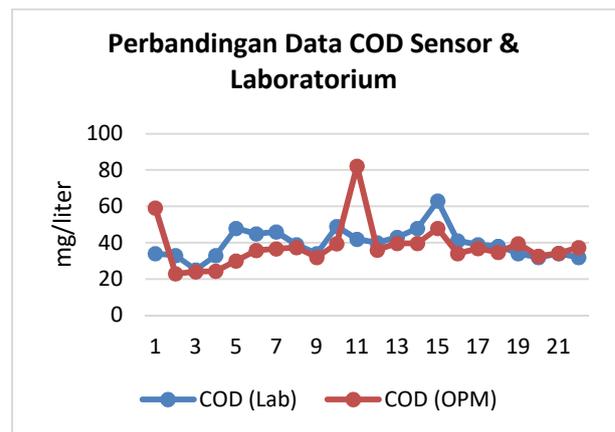
Sensor yang diuji adalah sensor OPM (*Organic Pollution Monitor*) untuk mengukur parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*). Sensor tersebut dipasang di *outlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah terpadu di kawasan Industri Cikarang. Hasil pengujian sensor dibandingkan dengan pengukuran secara laboratorium dengan alat spektrometer dapat dilihat pada Gambar 7.

Untuk mengetahui Simpangan Rata-rata (*Mean Deviation*)⁽¹²⁾ masing-masing data digunakan rumus berikut :

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

Dimana :

- MD : Deviasi rata-rata
- X : Nilai setiap data pengamatan
- \bar{x} : Nilai rata-rata hitung dari seluruh nilai pengamatan
- N : Jumlah data atau pengamatan dalam sampel
- | | : Lambang nilai mutlak
- Σ : Lambang penjumlahan



Gambar 7 : Grafik Perbandingan Pengukuran COD Dengan Sensor Dan Pengukuran Di Laboratorium.

Setelah dihitung, perbedaan simpangan rata-rata dari dua data pengukuran di atas adalah 1,15 mg/ltr. Meskipun nilai penyimpangan ini cukup kecil, tetapi pada pengukuran dengan menggunakan sensor masih muncul perbedaan nilai yang cukup tinggi.

Perawatan dan kebersihan serta kalibrasi sensor perlu dilakukan secara rutin dan berkala, hal ini untuk menghindari *error data*.

• **Penyimpanan Data**

Perangkat data logger menyimpan data kualitas air kemudian akan disusun ke dalam format tertentu untuk dikirim ke pusat data. Data yang terkumpul dalam data logger akan terkirim ke pusat data secara berkala sesuai waktu yang diinginkan, misalnya 30 menit atau 1 jam sekali. Data ini juga menyimpan hari/tanggal/waktu, nomor lokasi sampel dan hasil-hasil pengukuran pada setiap kerja sensor.

• **Pengiriman Data**

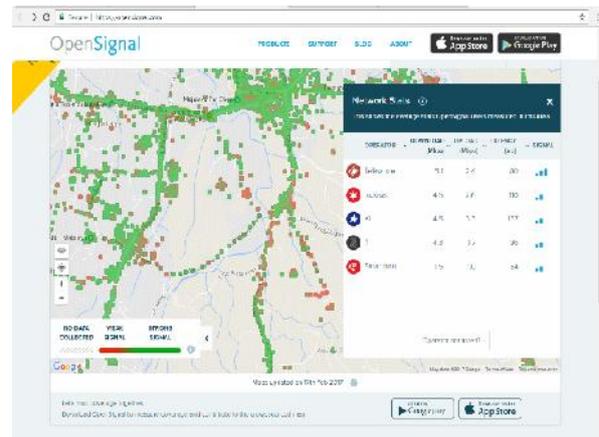
Data dalam data logger akan dikirim ke pusat data dengan bantuan perangkat GSM modem. Modem ini diintegrasikan ke data logger dengan koneksi kabel RS-232C. Pengiriman data kualitas air limbah ini menggunakan jasa telekomunikasi GSM (*Global System for Mobile Communication*) dari salah satu operator telekomunikasi di Indonesia. Pemilihan operator di suatu lokasi industri dapat menggunakan aplikasi OpenSignal. Sistem GSM ini di Indonesia sudah banyak digunakan dan sudah dapat menjangkau ke seluruh daerah di Indonesia, bahkan dapat menjangkau ke daerah-daerah terpencil di seluruh tanah air.



Gambar 8 : Data Logger Dan GSM Modem.

Salah satu layanan komunikasi GSM yang saat ini banyak digunakan dan murah biayanya adalah teknologi SMS (*Short Message Service*).

Data kualitas air limbah dari outlet industri dikirim melalui perantara SMS (*Short Message Service*), setiap kali mengirim SMS data terkirim maksimum sebesar 140 bytes atau 160 character ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). SMS mengirim informasi pengukuran kualitas air limbah yang berisi data nomor stasiun monitoring, tanggal dan jam pengukuran serta data beberapa parameter hasil pengukuran.



Sumber : opensignal.com

Gambar 9 : Pemilihan Operator GSM Di Suatu Lokasi Pemantauan Kualitas Air Limbah Di Industry.

4.3. Perancangan Database Online Monitoring Kualitas Air Limbah

4.3.1. Metode Perancangan

Melakukan metode perancangan basis data berdasarkan pada⁽¹³⁾:

- Perancangan basis data konseptual: Menentukan *entitas, relationship, hubungannya, domain attribute, candidate key, primary key* dan transaksi user.
- Perancangan basis data logical: Membangun dan memvalidasi model data logikal untuk setiap view, membangun dan memvalidasi model data logikal global.
- Perancangan basis data fisik: Pemilihan *Basis data Management System (DBMS)*, perancangan Relasional Dasar Basis data, perancangan Organisasi File dan *Indexing*, perancangan *Enterprise Constraint*, analisis transaksi, estimasi ukuran media penyimpanan dan perancangan mekanisme keamanan.
- Perancangan aplikasi: Membuat struktur menu, perancangan *State Transition Diagram (STD)* dan spesifikasi proses.
- Perancangan layar: Membuat rancangan layar input dan output.

Lingkup kegiatan pengembangan rancangan sistem online monitoring untuk pemantauan kualitas air limbah di beberapa lokasi outlet IPAL industri adalah sebagai berikut :

- Melakukan inventarisasi kebutuhan informasi pengguna, survei dan data kualitas air sungai.
- Melakukan analisis dan perancangan sistem basis data sistem online monitoring untuk pemantauan kualitas air limbah industri.

4.3.2. Kebutuhan Informasi Pengguna

Kebutuhan informasi pengguna sistem online monitoring untuk pemantauan kualitas air limbah di beberapa outlet IPAL industri secara *real-time*, adalah sebagai berikut:

- Stasiun Monitoring, yaitu lokasi yang dapat mewakili untuk melakukan pemantauan kualitas air limbah di suatu wilayah. Informasi stasiun monitoring ini antara lain koordinat lokasi, nama lokasi, alamat lokasi, identitas pengelola lokasi, dll.
- Data pengukuran, yaitu data-data tentang kualitas air di lokasi pemantauan. Informasi data yang dibutuhkan adalah parameter pH, *Disolved Oxygen* (DO), *Total Dissolved Solid* (TDS), suhu, salinitas, COD, dan lainnya.
- Pengguna (*User*), yaitu pengguna atau pengelola dari unit sistem *online monitoring*. Informasi yang dibutuhkan adalah nama, alamat dan jabatan serta tanggung jawabnya.

Informasi-informasi yang dibutuhkan seperti terlihat pada Tabel berikut :

Tabel 1. Kebutuhan Informasi Pengguna.

Informasi	Deskripsi
Stasiun Monitoring	Secara umum Stasiun pemantauan /monitoring dapat diartikan sebagai suatu lokasi/ tempat untuk aktivitas dalam pengambilan contoh air atau udara secara berkala ataupun secara terus menerus untuk keperluan menentukan tingkat pencemaran/radiasi. Aktivitas pemantauan adalah merupakan salah satu tugas pengawasan lingkungan dalam mendeteksi dan mengevaluasi apabila terjadi perubahan kualitas suatu lingkungan ⁽¹⁾ .
Data Pengukuran	Data pengukuran adalah suatu data kegiatan untuk mendapatkan informasi secara kuantitatif. Hasil dari pengukuran dapat berupa informasi-informasi atau data yang dinyatakan dalam bentuk angka ataupun uraian yang sangat berguna dalam pengambilan keputusan, oleh karena itu mutu informasi haruslah akurat.
User	Seorang atau lebih yang tugasnya mengoperasikan menghidupkan hardware, menjalankan software, berinteraksi dengan hardware dan software yang sedang beroperasi, dan menyudahi operasi.

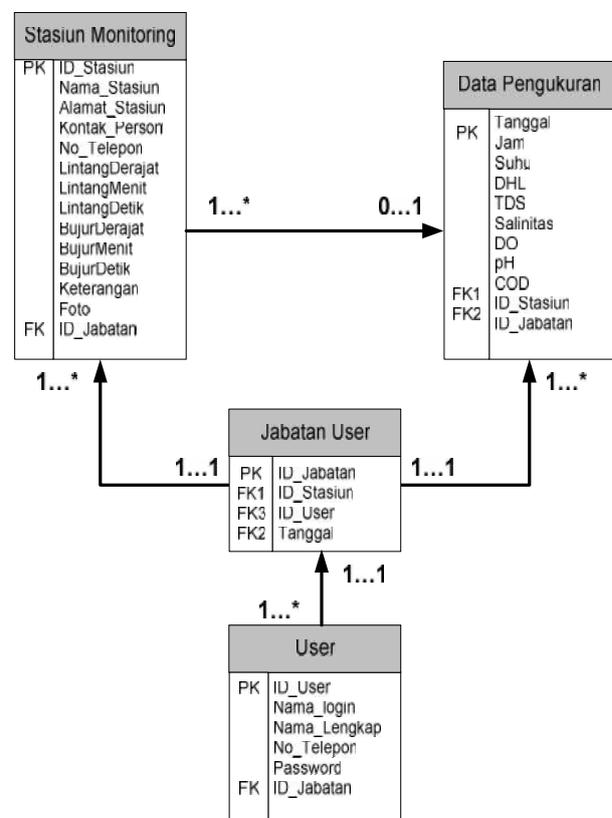
Setelah tahap rancangan database konseptual selesai, maka berikutnya adalah melakukan tahap kedua yaitu rancangan database logikal. Beberapa langkah utama pada tahap ini adalah Normalisasi.

Normalisasi merupakan sebuah teknik dalam rancangan logikal sebuah basis data yang

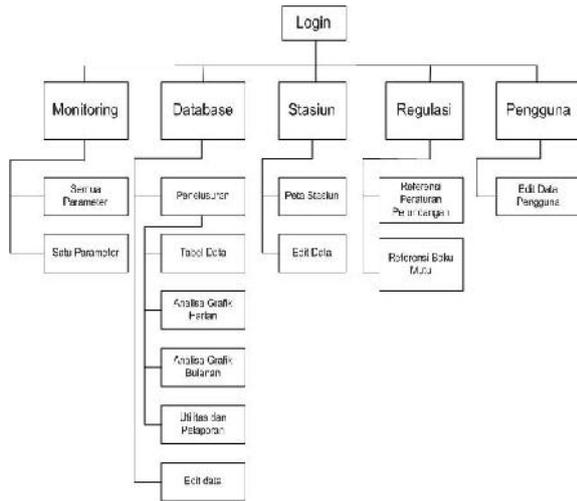
mengelompokkan atribut dari suatu relasi sehingga membentuk struktur relasi/tabel yang baik (tanpa redundansi). Kemudian setelah tahap normalisasi, maka dibuat ERD (*Entity Relation Diagram*), berikut ini gambar ERD hasil Normalisasi.

Terdapat 4 entitas yang saling berhubungan dimana masing-masing entitas mempunyai atribut (*field*). Setiap stasiun monitoring mempunyai data pengukuran setiap periode tertentu. Data pengukuran di setiap stasiun akan berbeda satu dengan yang lainnya. User atau pengguna bertugas untuk mengelola data masuk dan keluar (*input-output data*). User mempunyai jabatan sesuai dengan tanggung jawabnya, misal sebagai administrator, operator atau tamu (*guest*).

Langkah berikutnya adalah melakukan perancangan aplikasi. Dalam perancangan ini beberapa tahapan yang perlu dilakukan, pertama yaitu membuat perancangan struktur menu yang menggambarkan susunan seluruh menu yang ada dalam aplikasi Sistem Database Online Monitoring Kualitas Air Limbah. Diawali dengan Login kemudian masuk ke Menu Utama, dalam menu ini terdapat beberapa pilihan antara lain untuk melakukan input data, membuat laporan, update data dan fitur-fitur lainnya misalnya untuk import dan ekspor data serta lainnya.

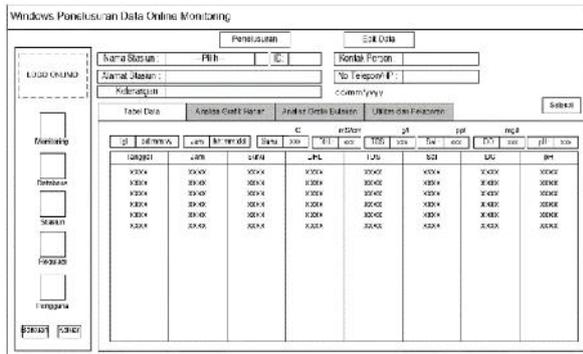


Gambar 10 : Diagram Validasi Transaksi User Pada Entitas Relational Diagram (ERD) Setelah Normalisasi.

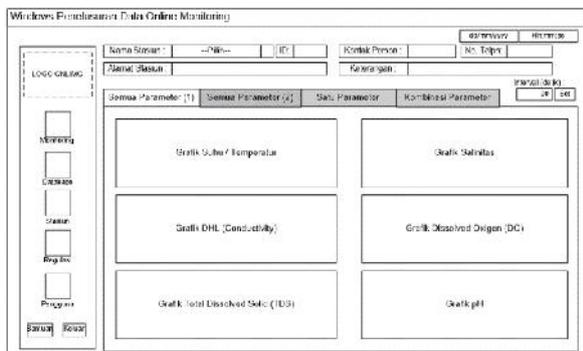


Gambar 11 : Struktur Menu.

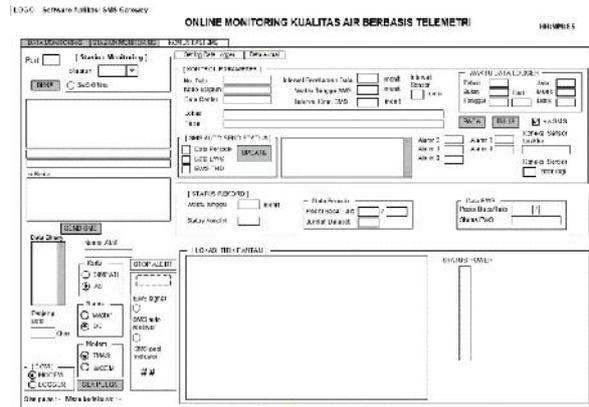
Setelah perancangan struktur menu selesai, kemudian membuat perancangan input dan output berupa rancangan layar semua form-form dari sistem aplikasi ini. Berikut dibawah ini beberapa hasil rancangan layar seperti untuk tampilan data input 11 parameter dari lokasi stasiun IPAL, rancangan tampilan untuk grafik masing-masing parameter sesuai interval waktu yang diinginkan dan rancangan layar tampilan untuk pengelolaan SMS Gateway.



Gambar 12 : Rancangan layar data input.

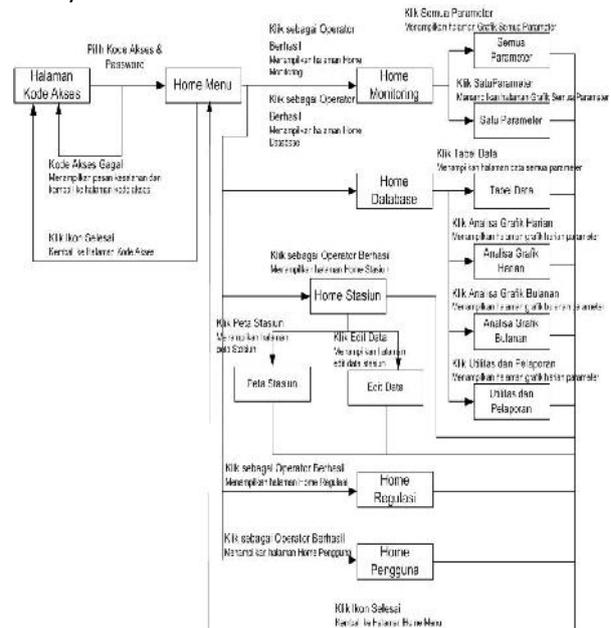


Gambar 13 : Rancangan Layar Untuk Tampilan Grafik Semua Parameter.



Gambar 14 : Rancangan Layar Untuk Tampilan SMS Gateway Untuk Pengelolaan Komunikasi SMS.

Dalam rancangan berikutnya adalah membuat diagram STD (*State Transition Diagram*) untuk menggambarkan keadaan dan kejadian yang menyebabkan sistem mengubah keadaan⁽¹⁴⁾. Berikut ini adalah STD apabila operator masuk ke menu utama kemudian ke menu-menu yang tersedia lainnya.

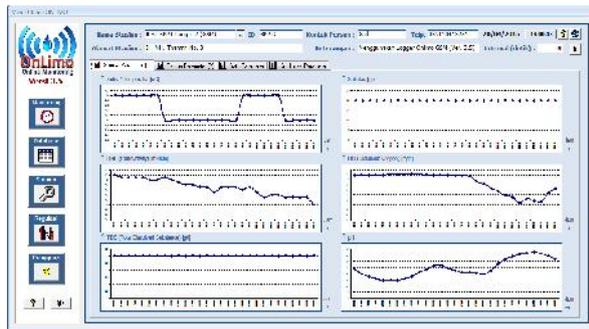


Gambar 15 : STD Operator Login Ke Menu Utama Dan Menu-Menu Lainnya.

4.4. Implementasi Aplikasi Sistem Database Online Monitoring Kualitas Air Limbah

Setelah perancangan selesai maka tahap berikutnya melakukan implementasi atau pembuatan aplikasi Sistem Basis Data Online Monitoring Kualitas Air Limbah Industri. Sensor akan mengukur setiap 1 (satu) menit data kualitas air limbah. Kemudian data disimpan dalam logger. Kemudian data kualitas air

dari stasiun IPAL dikirimkan melalui SMS ke Pusat Data.



Gambar 16 : Tampilan Grafik 6 Parameter.



Gambar 17 : Tampilan Data Stasiun IPAL Gd. Geostek.

Data dari logger akan dikirimkan melalui SMS ke pusat data dengan pengaturan di SMS Gateway. Menu SMS Gateway dapat melihat dan merubah status rekaman data, baik data periodik maupun data EWS (*early warning system*). Selain itu dapat melihat status ketersediaan pulsa SIM card, status pengisian batere, status pengiriman data dari logger ke pusat data dan melihat hasil rekaman data secara *time series*.



Gambar 18 : Tampilan Menu Utama SMS Gateway Untuk Pengelolaan Komunikasi Data Melalui SMS.

Selain aplikasi sistem database online monitoring dikembangkan pula sistem database

berbasis web untk menampilkan data kualitas air limbah dari setiap stasiun melalui internet yang dapat diakses kapan dan dimana saja.



Sumber : onlmo.bppt.go.id

Gambar 19 : Tampilan Data Parameter DO Di Website Melalui Internet.

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan ini adalah sebagai berikut :

- Penerapan teknologi pemantauan kualitas air limbah secara *online* dan *real-time* merupakan alternatif solusi dalam pencegahan pencemaran air limbah industri;
- Dengan menambahkan sensor COD maka data pemantauan kualitas air untuk pencegahan pencemaran air limbah semakin lengkap;
- Sistem pemantauan secara online dan real-time ini dapat meminimalkan keterbatasan tenaga lapangan dalam memantau selama 24 jam dapat diatasi.
- Sistem online monitoring ini secara otomatis dan cepat melakukan pengukuran dan pendistribusian data kualitas air limbah dari outlet IPAL industri ke pusat pengolahan data di instansi/lembaga yang menangani masalah pengendalian pencemaran lingkungan.
- Sistem pemantauan kualitas air limbah ini dapat mengirimkan peringatan apabila ada limbah yang mencemari sungai. Sehingga dapat ditindaklanjuti sesuai dengan standar tanggap pencegahan pencemaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tim Simulasi Model, Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT yang telah memberikan data dan bahan untuk mendukung tulisan ini. Tak lupa ucapan terima kasih kepada Direktorat Pengendalian Pencemaran Air,

Ditjen PPKL, KLHK yang telah mendukung mengaplikasikan teknologi Onlimo.

DAFTAR PUSTAKA

- Yudo, S. 2010, Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung Di Wilayah Dki Jakarta Ditinjau Paramater Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen dan Bakteri Coli, Jurnal Air Indonesia, Vol. 6, No. 1, 2010.
- Anonim, 2003. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 112, Tahun 2003, tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Anonim, 2009. Undang-undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Anonim, 2015, Buku 1 Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2015. BPLHD Prov. DKI Jakarta.
- Anonim, 2013, Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 6 Tahun 2013 tentang *Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Anonim, 2012, *Proper Periode 2011-2012, Proper Mendorong Inovasi, Menciptakan Nilai Dan Keunggulan Lingkungan*. Sekretariat Proper, KLH.
- Republika, 23 Mei 2014. Status Kelembagaan Lingkungan Hidup Daerah Belum Memadai. (<http://www.republika.co.id/berita/nasional/umu/14/05/23/n61cln-status-kelembagaan-lingkungan-hidup-daerah-belum-memadai>).
- Mauskar, J.M., Guidelines for Water Quality Monitoring, Central Pollution Control Board, Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar, Delhi-32, 2007-2008.
- Republika, 8 Maret 2016, 21:10 WIB, KLHK: Perusahaan Wajib Pasang Sensor Kualitas Air. <http://nasional.republika.co.id/berita/nasional/umu/16/03/18/o48n2y359-klhk-perusahaan-wajib-pasang-sensor-kualitas-air>
- Wahjono, H.D. & Satmoko Y, 2006, Peranan Teknologi Pemantauan Secara Online Dalam Pengelolaan Kualitas Lingkungan, JAI, Vo. 2, No. 2, 2006. PTL-BPPT.
- Yudo, S. & Heru DW. 2015, Buku Petunjuk Operasional Software Database Online Monitoring Kualitas Air Instalasi Pengolahan Air Limbah, PTL-BPPT.
- Suharyadi, dan S. K. Purwanto, 2009, *Statistika: Untuk Ekonomi dan Keuangan Modern*, Edisi 2, Buku 1, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- Connolly, Thomas M. and Begg Carolyn E. 2010. *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*. 5th Edition. New Jersey: Pearson Education.
- Pressman, R.S., 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi* (Buku Satu), ANDI Yogyakarta.