

# RANCANG BANGUN STASIUN BERGERAK UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS AIR SUNGAI

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF MOBILE STATION FOR RIVER WATER QUALITY MONITORING

Goib Wiranto, Imam Mashari, I Dewa Putu Hermida, dan Benny A. Karim  
Puslit Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Email: gwiranto@yahoo.com,  
goib@ppet.lipi.go.id

### Abstrak

Stasiun bergerak diperlukan untuk melakukan analisa di lokasi-lokasi yang tidak memungkinkan dibangunnya stasiun yang bersifat permanen (fixed). Tulisan ini membahas teknik rancang bangun sebuah stasiun bergerak untuk analisa kualitas air sungai. Empat parameter kualitas air sungai menjadi fokus dari kegiatan ini, yaitu pH, temperatur, konduktivitas, dan oksigen terlarut. Metode yang digunakan menggunakan prinsip aliran kontinyu, dimana sensor-sensor diletakkan dalam sebuah flowcell yang secara terus menerus diisi oleh air sungai. Selanjutnya data hasil pengukuran tiap parameter disimpan dalam sebuah unit penyimpanan data, yang dapat diprogram untuk secara otomatis mengirimkan data tersebut ke sebuah pusat pengolahan data. Dengan cara ini, sebuah stasiun bergerak untuk analisa kualitas air yang bersifat *online* telah dapat terealisasi.

Kata Kunci: stasiun bergerak, kualitas air, telemetri, sensor, aliran kontinyu

### Abstract

A mobile station is required for conducting analysis in locations where a fixed station is not possible to be constructed. In this paper the design and construction of a mobile station for the analysis of river water quality will be described. The focus of this activity has been put on the monitoring of four river water quality parameters, namely pH, temperature, conductivity, and dissolved oxygen. The method of measurement has been based on continuous flow principle, in which sensors are put inside a flowcell that is continuously filled with river water. The resulting measurement from each parameter is then stored in a data logger unit that can be programmed to automatically send the stored values to a master station. With this technique, a mobile station for the online analysis of river water quality can be realized.

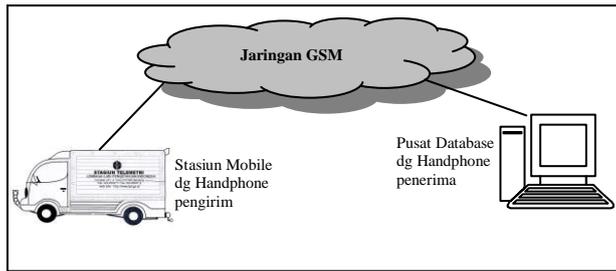
Keywords: mobile station, water quality, telemetry, sensor, continuous flow

## 1. PENDAHULUAN

Sumberdaya air merupakan potensi nasional yang harus dapat dikelola secara bijak agar dapat digunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran masyarakat. Dalam mengelola sumber daya air yang berkelanjutan untuk generasi sekarang dan yang akan datang, salah satu prasyarat utamanya adalah adanya sumber informasi mengenai kualitas air (disamping data kuantitas air dan hidro meteorologi). Adanya data tentang kualitas dan kuantitas air serta hidro meteorologi sangat diperlukan dalam membentuk suatu data base dan sistem informasi geografis yang lengkap, yang dapat membantu manajemen pengelola sumber daya air dalam mengambil keputusan (*decision support system*) (Parmanto, 2003).

Contoh penerapan dari pola penyediaan sistem informasi geografis seperti tersebut diatas dapat dilihat pada daerah pengaliran sungai (DPS) Brantas, dimana data hidro meteorologi dikumpulkan secara manual menggunakan sistem *Flood Forecasting and Warning System* (FFWS), sedangkan data kualitas air dikumpulkan secara otomatis menggunakan sistem telemetri *on-line*. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dimasukkan dalam *database* yang disebut *Brantas Hydrological Information System* (BHIS) (Wiranto dan Mashari, 2003).

Dalam sistem telemetri *online* seperti yang diterapkan di DPS Brantas, terdapat 23 stasiun kualitas air yang terpasang di sepanjang sungai Brantas dan anak sungainya (dari hulu ke hilir).



**Gambar 1.** Konsep Stasiun Bergerak Untuk Analisa Kualitas Air Sungai

Penentuan lokasi titik pantau telah didasarkan pada “beban” aliran sungai di daerah tersebut, yaitu dengan menitikberatkan pada daerah padat penduduk dan industri. Oleh karena itu, sebagian besar dari 23 stasiun pemantau tersebut terletak di daerah hilir (Surabaya dan sekitarnya) (Wiranto, 2005, Siregar dkk, 2004). Walaupun begitu, keberadaan 23 stasiun *online* tersebut tidaklah mungkin menjangkau seluruh DPS Brantas yang panjangnya mencapai 320 km. Selain itu, masalah penting yang menjadi kendala dalam pembangunan sistem telemetri *online* seperti ini adalah mahalnya biaya pembangunan infrastruktur, pengadaan peralatan, serta operasi dan pemeliharaan (Pitono, 2003).

Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk merancang bangun sebuah stasiun telemetri untuk analisa kualitas air yang bersifat *mobile* (bergerak), agar dapat digunakan untuk menjangkau daerah-daerah aliran sugai yang selama ini belum terpantau beban pencemarannya. Konsepnya dapat dilihat dalam Gambar 1.

Parameter-parameter kualitas air yang dapat dianalisa mencakup kadar keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), daya hantar listrik (konduktivitas), dan suhu (temperatur). Stasiun *mobile* ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem sensor dan sistem komunikasi. Pengukuran terhadap kualitas air dilakukan menggunakan sensor-sensor yang ditempatkan dalam sebuah *flowcell*, dimana sampel air sungai dialirkan kedalamnya secara terus menerus untuk diukur parameternya. Data hasil pengukuran disimpan dalam sebuah *datalogger*, dan kemudian dikirimkan secara langsung ke sebuah pusat pengolahan data (*central data base*). Sebuah perangkat lunak (Hydras 3) kemudian digunakan untuk mengolah dan menganalisa data hasil pengukuran tersebut.

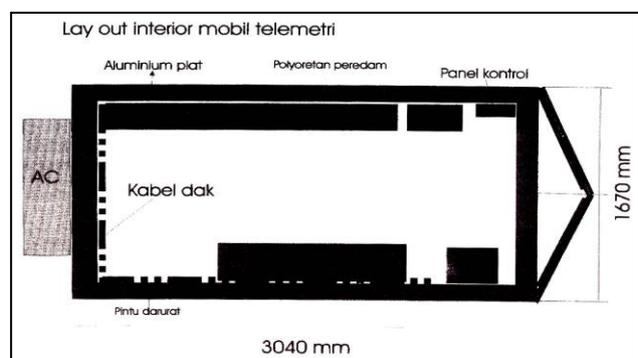
## 2. METODOLOGI

Dalam merancang bangun sebuah stasiun analisa yang bersifat *mobile*, hal pertama yang harus dipersiapkan adalah sebuah pelindung (*shelter*) yang digunakan sebagai tempat instalasi instrument-instrument pengukuran beserta saluran pemipaannya. *Shelter* yang digunakan harus mampu memberikan perlindungan bagi semua komponen didalamnya terhadap pengaruh vibrasi, sekaligus memberikan kondisi pengukuran yang optimum bagi sensor-sensor dan komponen elektronik lainnya.



**Gambar 2.** Tampak luar stasiun *mobile* analisa kualitas air sungai

Berdasarkan hal itu, secara keseluruhan sistem *mobile* ini telah dirancang dan direalisasikan di atas sebuah kendaraan roda empat (Toyota Dyna), yang bagian belakangnya telah dimodifikasi sebagai *shelter*, sedemikian rupa sehingga memungkinkan sensor, *data logger*, pemipaan dan komponen lainnya diinstalasi di dalamnya. Shelter ini dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menjaga agar temperatur di dalamnya stabil antara 15-20 °C. Tampak luar dan *layout* interior dari sistem *mobile* ini dapat dilihat dalam Gambar 2 dan Gambar 3.

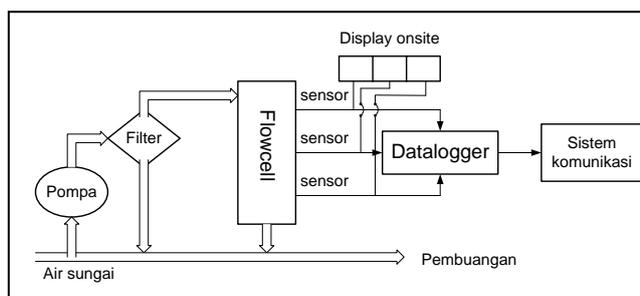


**Gambar 3.** Tampak atas *layout* interior stasiun *mobile* untuk kualitas air

## Prinsip Pengukuran Kualitas Air Sungai Secara Kontinyu

Berbeda dengan analisa kualitas air sungai secara manual dimana sampel air sungai dibawa ke laboratorium untuk dianalisa, maka *online monitoring* mengharuskan pengukuran kualitas air sungai dilakukan dalam kondisi sampel yang mengalir. Untuk itu maka mekanisme pengukuran kualitas air sungai yang diterapkan dalam penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Air sungai yang hendak diukur kualitasnya dialirkan dengan pompa (merk Grundfos) ke dalam *shelter* dan disaring (filter) sebelum masuk ke dalam *flowcell*. Penyaringan diperlukan untuk menghindari pengotoran terhadap sensor. Debit dan tekanan air yang masuk ke dalam *flowcell* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan menggunakan *valve* pengatur tekanan.
- Air yang sudah sampai ke dalam *flowcell* kemudian diukur kualitasnya oleh sensor-sensor yang terdiri dari sensor pH, temperatur, DO dan konduktivitas.
- Hasil pengukuran sensor-sensor tersebut dapat langsung ditampilkan pada *display* atau disimpan dalam sebuah data logger untuk kemudian dikirimkan ke pusat pengolah data melalui jaringan sistem komunikasi.



**Gambar 4.** Blok Diagram Prinsip Pengukuran Kualitas Air Sungai Kontinyu

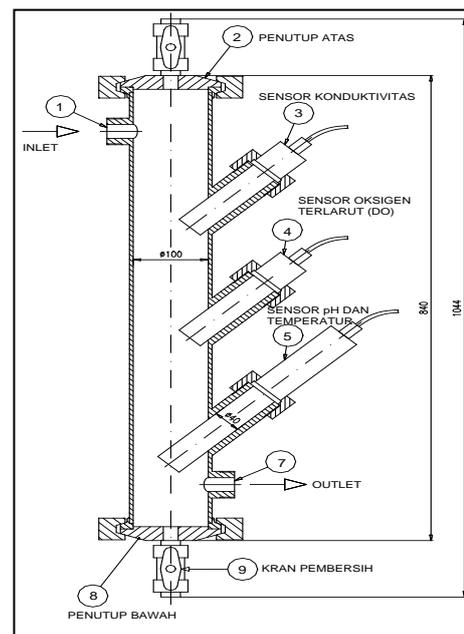
### Sistem *Flowcell* dan Sensor

Untuk melakukan pengukuran secara kontinyu, diperlukan suatu sistem sampling yang memungkinkan pengukuran dilakukan secara terus menerus. Alternatif yang ada, biasanya sensor-sensor yang digunakan bisa ditempatkan langsung di sungai (*in-situ*). Namun untuk pengukuran yang bersifat kontinyu, cara ini memiliki kelemahan karena tingginya resiko kerusakan terhadap faktor

lingkungan seperti sedimentasi, perubahan aliran air (horizontal maupun vertical), banjir, dsb.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka dipilihlah sistem pengukuran menggunakan *Continuous Flowcell*, yang dirancang khusus untuk melakukan pengukuran parameter menggunakan sensor tipe *probe*. *Flowcell* ini merupakan tempat dimana terjadi kontak antara sensor dengan sampel air sungai yang akan diukur parameternya. Sesuai dengan prinsip pengukuran yang digunakan, maka pada saat pengukuran parameter dilakukan, sampel air sungai yang melalui sel ini harus dalam kondisi mengalir secara kontinyu.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal, debit aliran yang masuk ke *continuous flow cell* melalui inlet telah dikondisikan konstan pada kisaran 500-600 liter/jam. Elektroda sensor diletakkan pada sisi kanan dari *flowcell* dengan sudut kemiringan 45°. Hal ini berfungsi untuk mengurangi pengaruh endapan partikel-partikel yang dapat menempel pada permukaan sensor.



**Gambar 5.** Skematik *Continuous Flowcell* dan tata letak sensor digunakan

Ketika suplai air yang masuk ke *flow cell* sangat kecil, seperti akibat penurunan permukaan air sungai di musim kemarau, maka bisa terjadi sampel dalam *continuous flowcell* tidak penuh. Untuk menjaga *plausibility* (kewajaran nilai) data, maka sensor konduktivitas diletakkan pada posisi paling atas, karena sensor ini memberikan hasil pengukuran yang paling responsif terhadap

perubahan secara mendadak seperti pada kasus diatas. Gambar 5 memperlihatkan skematik dari *continuous flowcell* dan tataletak sensor-sensornya (Wiranto dan Mashari, 2004).

Inti dari seluruh sistem ini adalah sensor-sensor yang terletak di dalam *flowcell*. Yang pertama adalah sensor konduktivitas jenis TetraCon 700, dimana di dalamnya juga terdapat sensor temperatur yang berfungsi sebagai kompensasi terhadap nilai konduktivitas yang terukur. Karena konduktivitas adalah kemampuan material dalam menghantarkan arus listrik, maka prinsip pengukuran konduktivitas didasarkan pada tegangan yang diberikan (biasanya tegangan sinusoidal) pada dua buah elektroda untuk menghasilkan arus yang dapat diukur.

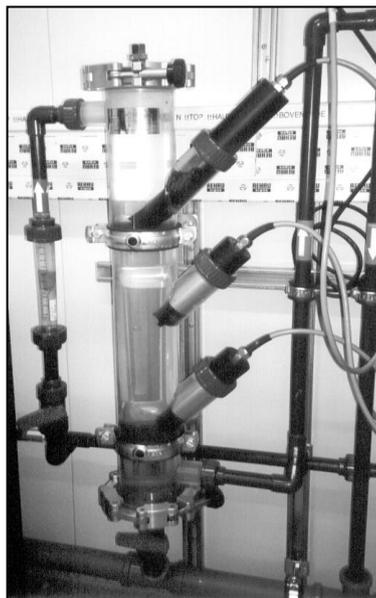
Yang kedua adalah sensor DO jenis Trioximatic 690. Prinsip pengukuran kadar DO dilakukan dengan metoda elektrokimia, dimana komponen utamanya terdiri dari katoda, anoda, larutan elektrolit, dan sebuah membran yang bisa terlewati gas (*gas permeable membrane*). Material dari membran tersebut dipilih dari bahan yang memungkinkan oksigen melewatinya. Oksigen akan dikonsumsi oleh katoda, yang kemudian menghasilkan tekanan parsial pada membran. Selanjutnya oksigen akan berdifusi ke dalam larutan elektrolit. Jadi, sebuah DO meter sebetulnya akan mengukur tekanan oksigen dalam air. Prinsip ini dapat digunakan untuk mengukur DO dalam media apapun.

Yang ketiga adalah sensor pH tipe Sensolyt 690 yang terintegrasi dengan sensor temperatur. Pengukuran pH dilakukan dengan membandingkan tegangan larutan yang tidak diketahui konsentrasi  $[H^+]$  nya dengan tegangan referensi. Kemudian sensor pH ini akan mengubah rasio tegangan antara sel referensi dan sel yang diukur ke nilai pH. Pada larutan yang bersifat asam atau basa, tegangan di permukaan luar dari membran akan berubah sesuai dengan perubahan konsentrasi  $[H^+]$ . Perubahan tegangan ini akan terbaca oleh sensor pH yang kemudian akan menentukan nilai  $[H^+]$  dari larutan menggunakan persamaan Nerst:

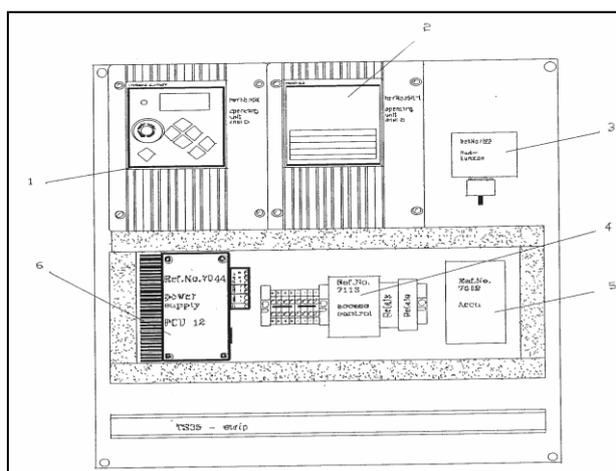
$$E = E^{\circ} + (2.3RT)/nF \log \{unknown [H^+]/internal [H^+]\}$$

dimana E adalah total beda tegangan (dalam mV),  $E^{\circ}$ =tegangan referensi, R=konstanta gas, T=temperatur dalam Kelvin, n=jumlah elektron, F=konstanta Faraday, dan  $[H^+]$ =konsentrasi ion hidrogen.

Karena nilai pH sangat dipengaruhi oleh temperatur, maka penggunaan sensor pH memerlukan kompensasi terhadap temperatur untuk menjamin nilai pH yang standar. Sensor yang dilengkapi dengan kompensasi temperatur otomatis akan menerima sinyal secara kontinyu dari elemen temperaturnya, dan secara otomatis melakukan koreksi terhadap nilai pH berdasarkan temperatur dari larutan. Dalam Gambar 6. dapat dilihat sensor-sensor yang terpasang dalam *Continuous Flowcell*.



**Gambar 6.** Realisasi sensor konduktivitas, DO, Ph dan temperatur dalam *Continuous Flowcell*



**Gambar 7.** Tata letak komponen sistem penyimpanan data: (1). Hydrosens MIDI 1, (2). Hydrosens MIDI 2, (3). Serial tele-phone modem, (4). *Security control unit*, (5). Battery 6,5 Ah, (6). PCU 12 V power supply

### Sistem Penyimpanan Data (*Data logger*)

Walaupun konsep rancang bangun stasiun bergerak ini bersifat *online*, namun data hasil pengukuran kualitas air sungai tersebut juga harus dapat disimpan di dalam stasiun itu sendiri. Tujuan utama dari penyimpanan data di dalam stasiun ini adalah untuk memberikan fleksibilitas dalam sistem komunikasinya, dimana pengiriman data ke pusat *database* dapat diprogram dengan interval tertentu dengan mengambil hasil rata-rata pengukuran dalam rentang waktu tersebut. Dengan cara ini, efisiensi pengiriman data dapat tercapai karena interval waktu pengiriman data dapat disesuaikan dengan urgensinya. Dengan kata lain, untuk daerah aliran sungai dengan fluktuasi pencemaran yang tinggi, maka interval waktu pengiriman data akan lebih kecil dibandingkan dengan daerah yang fluktuasi pencemarannya rendah.

Sistem penyimpanan data (*Datalogger*) yang digunakan dalam stasiun bergerak ini adalah *Multi-channel Hydrosens 'MIDI'*, yang memang dirancang khusus untuk aplikasi pemantauan secara terus-menerus terhadap sejumlah parameter hidrometri, meteorologi, dan lingkungan. Keunggulan dari *Hydrosens* adalah sistem arsitekturnya yang terbuka, yang membuat sistem ini dapat diintegrasikan dengan berbagai macam sensor dari pabrikan yang berbeda-beda. Modul yang digunakan dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam *housing* *Hydrosens* dan kemudian dihubungkan ke seluruh sistem. Dalam Gambar 7 tataletak dari unit kontrol MIDI ini telah dipasang pada sebuah plat di dalam *electrical cabinet*. Selain MIDI 1, dipasang pula unit komunikasi (MIDI 2) dan berbagai komponen pendukung lainnya seperti modem, *security control unit*, dan *power supply*.

Inti dari *Hydrosens MIDI 1* ini sebenarnya adalah unit pencatat data *OttLog* yang secara kontinyu, sesuai interval waktu yang ditentukan, menyimpan data hasil pengukuran dari sensor. Dalam unit *OttLog* terdapat 4 *slot interface* yang dapat digunakan untuk menerima masukan dari berbagai macam kartu input sensor. Hanya saja, arus input yang dapat diterima sebagai masukan dari *OttLog* harus berada pada range antara 4 - 20 mA.

### Sistem Komunikasi

Perangkat komunikasi diperlukan untuk mengirimkan data hasil pengukuran kualitas air sungai di

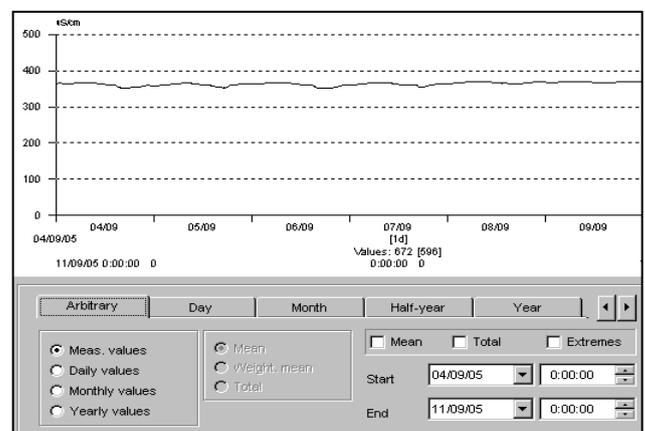
suatu lokasi ke sebuah pusat *database*, dimana data-data tersebut selanjutnya akan diolah dan dianalisa menggunakan sebuah perangkat lunak. Pemilihan jenis media komunikasi biasanya didasarkan pada berbagai pertimbangan antara lain kondisi geografis, ketersediaan infrastruktur, dan biaya. Yang paling umum digunakan adalah jaringan telepon dan radio. Dalam penelitian ini telah digunakan jaringan telepon mobile (GSM) sebagai media komunikasi antara stasiun *mobile* dan pusat *database*.

Untuk melakukan pengiriman data ke pusat *database*, stasiun *mobile* ini telah dilengkapi dengan *Hydrosens MIDI 2*, yang didalamnya terdapat modul komunikasi *OttCom*, dan sebuah serial telephon modem (Eurocom 24). Selain berfungsi sebagai modul komunikasi, *OttCom* juga dapat difungsikan sebagai pengatur fungsi alarm otomatis untuk pengamanan stasiun.

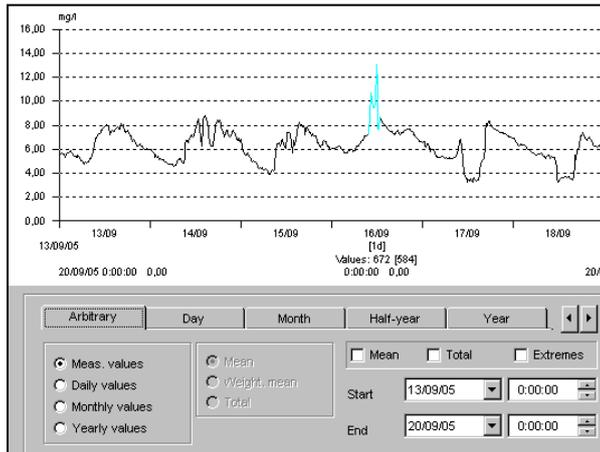
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran kualitas air sungai yang dikirimkan dari berbagai lokasi, pada akhirnya akan terkumpul di sebuah pusat *database*. Untuk itu, pada pusat *database* telah dilengkapi dengan beberapa komponen seperti PC sebagai tempat penyimpanan data, perangkat komunikasi sebagai media penerima data, dan perangkat lunak untuk pengolahan data (*Hydras 3*).

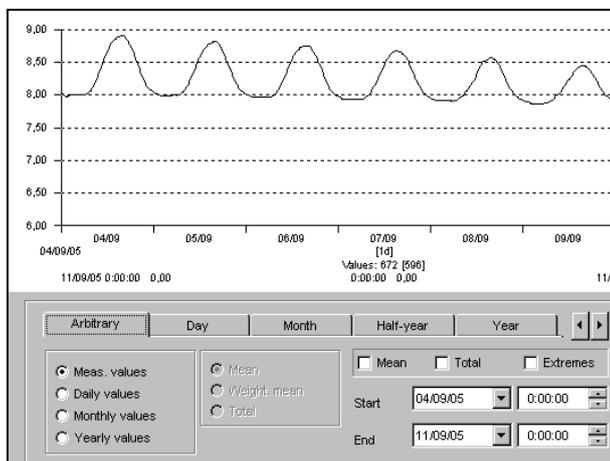
Tipikal data hasil pengukuran yang telah diolah menggunakan *Hydras 3* dapat dilihat dalam Gambar 8 untuk nilai konduktivitas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Gambar 9 untuk kadar DO ( $\text{mg}/\text{l}$ ), dan Gambar 10 untuk nilai pH dimana axis horizontal menunjukkan waktu (dalam hari).



**Gambar 8.** Contoh tampilan Hydras untuk nilai konduktivitas



Gambar 9. Contoh tampilan Hydras untuk nilai DO



Gambar 10. Contoh tampilan Hydras untuk nilai pH

Dari data-data tersebut dapat diketahui bahwa lama pengukuran kualitas air di suatu lokasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk waktu yang relatif lama, pengambilan sampel dapat dilakukan secara kontinyu dan data disimpan dalam sistem penyimpanan data yang terdapat dalam stasiun mobile. Hal ini untuk menghindari mahalnya biaya komunikasi dibandingkan bila harus dilakukan pengukuran secara online.

Urgensi data yang dihasilkan dan perlu tidaknya data tersebut dikirimkan ke pusat *data-base* juga perlu diperhatikan. Biasanya, tingkat urgensi data meningkat dengan meningkatnya fluktuasi data yang terbaca. Sebagai contoh dalam Gambar 8, urgensi data nilai konduktivitas dalam kondisi seperti ini (hampir konstan) tidak setinggi nilai DO dan pH dalam Gambar 9 dan 10. Sehingga, untuk data seperti, sistem penyimpanannya perlu dilakukan hanya dalam stasiun *mobile* saja.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam kegiatan penelitian ini telah berhasil dilakukan rancang bangun sebuah stasiun bergerak untuk analisa kualitas air. Saat ini, parameter kualitas air yang mampu dianalisa adalah pH, konduktivitas, DO, dan suhu. Selain dapat ditampilkan secara langsung di dalam stasiun melalui onsite display, hasil pengukuran juga dapat dikirimkan ke pusat database untuk analisa lebih lanjut. Oleh karena itu, stasiun ini berfungsi juga sebagai stasiun mobile yang bersifat *online*. Penelitian ini merupakan kegiatan berkelanjutan, sehingga penyempurnaan dalam hal penambahan jenis parameter yang diukur maupun komponen yang telah dibangun akan terus dilakukan pada tahun-tahun mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Parmanto, W. (2003), **Pengelolaan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Brantas**, *Prosiding Seminar Indikator Pembangunan Berkelanjutan*, Malang, pp. 21-35.
- Pitono, D. (2003), **Data Pembangunan Kota & Kabupaten di DPS Brantas**, *Prosiding Seminar Indikator Pembangunan Berkelanjutan*, Malang, pp. 116-136.
- Siregar, M. R. T., Hiskia, Wahyu, Y., Wiranto, G. & Mashari, I. (2004), **On-line Water Quality Monitoring on Brantas River East Java Indonesia**, *Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics*, Dec 7-9, Malaysia, pp. A27-A31.
- Wiranto, G. (2005), **On-line Water Quality Monitoring: A Case Study on Brantas River**, *Jurnal Purifikasi*, vol.6, no.1, pp. 67-72.
- Wiranto, G. dan Mashari, I. (2003), **Monitoring Kualitas Air Sungai Secara On-Line di Sungai Brantas**, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dalam Pembangunan XII*, Jogjakarta, pp. 276-281.
- Wiranto, G. dan Mashari, I. (2004), **Sistem Pengukuran Parameter Pencemaran Air Sungai Secara Kontinyu dan Aplikasinya di Sungai Brantas**, *Proceeding ECCIS 2004 Electric, Control, Communication & Information Seminar*, Malang, pp. B79-B83.