

PENGEMBANGAN DATA LOGGER SUHU AIR BERBIAYA RENDAH**DEVELOPMENT OF LOW COST WATER TEMPERATURE DATA LOGGER****Mhd. Idris¹, Indra Jaya²**¹Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Korespondensi : idris.emp@gmail.com

ABSTRACT

Water temperature data logger is an instrument to record the water temperature automatically and capable of monitoring of temperature condition of the medium or environment. This research aims to design and construct low cost water temperature data logger. Casing of the logger was designed using cylindrical aluminum material with a diameter of 3.20 cm and a length of 16.50 cm. The electronic systems were built from the microcontroller ATmega 328P as main controller, DS18B20 as temperature sensor, mini DC motor as vibration indicator, DS3231 as time marker sensor, and micro SD card as data storage. The result of field test showed that casing was waterproof and did not need an addition of ballast. The battery life time is 10 days 8 hours for 30 minutes sampling intervals. The range error value of sensor calibration is between (-0.37)-0.41°C and RMSE value 0.23 °C. The result of measurement in Bogor Agricultural University lake on October 10th –20th 2013 ranged from 27.69-31.63 °C with the lowest daily temperature at 5.30-8.30 WIB and the highest at 12:00 -16:00 WIB. T test comparison of data between the water temperature data logger and a thermometer in the pond for two days showed that the data were not significantly different.

Keywords: data logger, design, instrument, performance test

ABSTRAK

Water temperature data logger merupakan sebuah alat perekam suhu perairan dari waktu ke waktu secara otomatis sehingga memungkinkan untuk mendapatkan gambaran dari kondisi suhu perairan yang dipantau. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain dan konstruksi *water temperature data logger* berbiaya rendah. *Casing* dirancang berbentuk silinder menggunakan bahan aluminium dengan diameter 3.20 cm dan panjang 16.50 cm. Sistem elektronik terdiri atas mikrokontroler ATmega 328P sebagai pusat pengendali, DS18B20 sebagai sensor suhu, mini motor DC sebagai indikator getar, DS3231 sebagai penanda waktu, dan micro SD card sebagai media penyimpanan. Uji kinerja *water temperature data logger* menunjukkan casing kedap dan tenggelam jika dimasukkan ke air sehingga tidak perlu penambahan pemberat. Baterai dapat bertahan selama 10 hari 8 jam pada interval pencuplikan 30 menit. Nilai galat kalibrasi sensor antara (-0.37)-0.41 °C dengan nilai RMSE 0.23 °C. Pengukuran suhu air Danau Institut Pertanian Bogor pada tanggal 10-20 Oktober 2013 berkisar antara 27.69-31.63 °C dengan suhu harian terendah pada pukul 5:30-8:30 WIB dan tertinggi pada pukul 12:00-16:00 WIB. Uji-t perbandingan data suhu antara *water temperature data logger* dengan termometer selama dua hari di kolam menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata.

Kata kunci: data logger, instrumen, rancang bangun, uji kinerja

PENDAHULUAN

Suhu memiliki peranan penting dalam mempertahankan kestabilan ekosistem perairan. Suhu mempengaruhi kualitas suatu perairan, diantaranya sebaran nutrisi, aktivitas metabolisme, tingkat pertumbuhan, waktu migrasi, peristiwa pemijahan dan distribusi organisme (Jhones & Allin 2010). Suhu perairan dapat bervariasi dari skala waktu kecil (perubahan cepat) hingga skala waktu besar (perubahan lambat). Data suhu perairan secara kontinu sangat dibutuhkan untuk melakukan pemantauan kualitas dari suatu perairan.

Perekam suhu perairan (*water temperature data logger*) merupakan sebuah alat elektronik yang dapat mencatat data suhu dari waktu ke waktu secara otomatis. Keunggulan menggunakan *water temperature data logger* adalah setelah diaktifkan, instrumen ini dapat ditinggalkan untuk mengukur dan merekam data suhu selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang kondisi suhu perairan yang dipantau. Penggunaan *water temperature data logger* untuk memantau kondisi perairan sebenarnya telah lama dilakukan. Pada tahun 2004, *Ontario Ministry of Natural Resource* menggunakan lebih dari 400 *water temperature data logger* untuk mengetahui variasi suhu secara regional dan temporal di Great Lake Basin.

Pada umumnya *water temperature data logger* memiliki ukuran fisik yang kecil, bertenaga baterai, *portable*, dilengkapi dengan mikroprosesor, sensor suhu, dan memori untuk menyimpan data. Perancangan dan pengembangan dari instrumen ini masih terus dilakukan. Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan *water temperature data logger* adalah kapasitas memori, umur baterai, ukuran, akurasi, dan kekedapan terhadap air (Jhones & Allin 2010). Di Indonesia penelitian mengenai temperatur data logger sebenarnya sudah banyak dilakukan, akan tetapi untuk *water temperature data logger* masih tergolong sedikit.

Penelitian dengan melakukan perancangan sistem instrumen yang mudah dioperasikan dan tepat guna perlu dilakukan sehingga diharapkan dihasilkan sebuah *water temperature data logger* yang memiliki kemampuan handal dan tepat guna. Penelitian ini menggunakan bahan dan material yang mudah didapatkan di pasar sehingga diharapkan mampu mengurangi

ketergantungan teknologi dan menciptakan kemandirian teknologi, khususnya untuk *water temperature data logger*.

Tujuan dari penelitian ini, yaitu menghasilkan desain dan konstruksi instrumen *water temperature data logger* yang sederhana, mudah digunakan, hemat daya dan berbiaya rendah. Mendapatkan informasi uji kinerja *water temperature data logger* yang telah dibuat.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran tahapan desain, uji coba, dan analisis dari sebuah instrumen *water temperature data logger* sehingga dapat dihasilkan instrumen yang murah dan sesuai dengan kebutuhan. Selain itu instrumen ini diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam memantau kondisi suhu suatu perairan dan diharapkan dimasa yang akan datang penggunaan *water temperature data logger* semakin meningkat di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Perancangan instrumen dan analisis data dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Telemetri Kelautan, Bagian Akustik dan Instrumentasi Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Uji coba instrumen dilakukan di kolam Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK IPB dan Danau Institut Pertanian Bogor.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, solder, multimeter digital, fluks solder, ISP Programmer, pinset ujung runcing, Microsoft Excel 2010, MATLAB R2010a, EAGLE versi 6.4.0, dan BASCOM AVR IDE versi 1.11.9.0. Bahan yang digunakan adalah ATmega328p, kristal 8 MHz, kapasitor 22pf, resistor 4.8K dan 10K, sensor suhu DS18B20, RTC DS3231, mini motor DC, micro SD card, baterai 3.7 V 4200 mA, aluminium, timah, dan *O-ring*.

Perancangan alat

Perancangan casing

Casing atau selubung merupakan tempat komponen elektronik dan baterai disimpan. *Casing* dirancang berbentuk silinder yang dapat dipisah menjadi dua bagian dengan cara diputar. Bagian pertama digunakan untuk menyimpan komponen elektronik dan bagian kedua untuk menyimpan baterai. Pada sambungan

kedua bagian *casing* diberi *O-ring* agar *casing* menjadi kedap. *Casing* dirancang dengan dengan ukuran diameter 3.20 cm dan panjang 16.50 cm. Desain dan dimensi *casing* dapat dilihat pada (Gambar 1). Pada bagian bawah *casing* terdapat sebuah lubang yang berfungsi sebagai tempat pengikat agar alat tidak berpindah tempat pada saat digunakan. *Casing* instrumen *water temperature data logger* dibuat dari bahan aluminium. Aluminium dipilih karena memiliki karakteristik yang menguntungkan, diantaranya memiliki tingkat korosifitas yang rendah, memiliki daya hantar panas yang baik, ringan, kuat, mudah dibentuk (*formability*) dan harganya relatif lebih murah (Pujono 2011). Pembuatan *casing* dilakukan melalui proses pembubutan menggunakan mesin bubut.

Perancangan sistem elektronik

Sistem elektronik *water temperature data logger* terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu mikrokontroler ATmega 328P sebagai pusat kendali dan pengolahan data, *real time clock* DS3231 sebagai penanda waktu, DS18B20 sebagai sensor suhu, mini motor DC sebagai indikator getar, dan micro SD card sebagai media penyimpanan data. Semua bagian tersebut membutuhkan pasokan catu daya yang diambil dari baterai 3.7 V. Hubungan fungsional antara semua bagian elektronik dapat dilihat pada Gambar 2.

Hubungan fungsional elektronik *water temperature data logger* dijadikan dasar dalam pembuatan sirkuit elektronik. Pembuatan sirkuit elektronik diawali dengan pembuatan skematik rangkaian elektronik. Skematik rangkaian elektronik *water temperature data logger* dapat dilihat pada Gambar 3.

Bagian komponen elektronik dirangkai pada satu papan sirkuit/PCB (*Printed Circuit Board*) berdasarkan skematik rangkaian elektronik pada Gambar 3. Layout PCB terdiri atas dua lapisan (*double layer*) yaitu lapisan atas (*top layer*) dan lapisan bawah (*bottom layer*) yang dirancang menggunakan EAGLE versi 6.4.0. Jalur sirkuit lapisan atas dan lapisan bawah dihubungkan oleh lubang penghubung (*through hole*). Layout PCB dapat dilihat pada (Gambar 4). Pencetakan PCB dilakukan menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) karena memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

Perancangan perangkat lunak

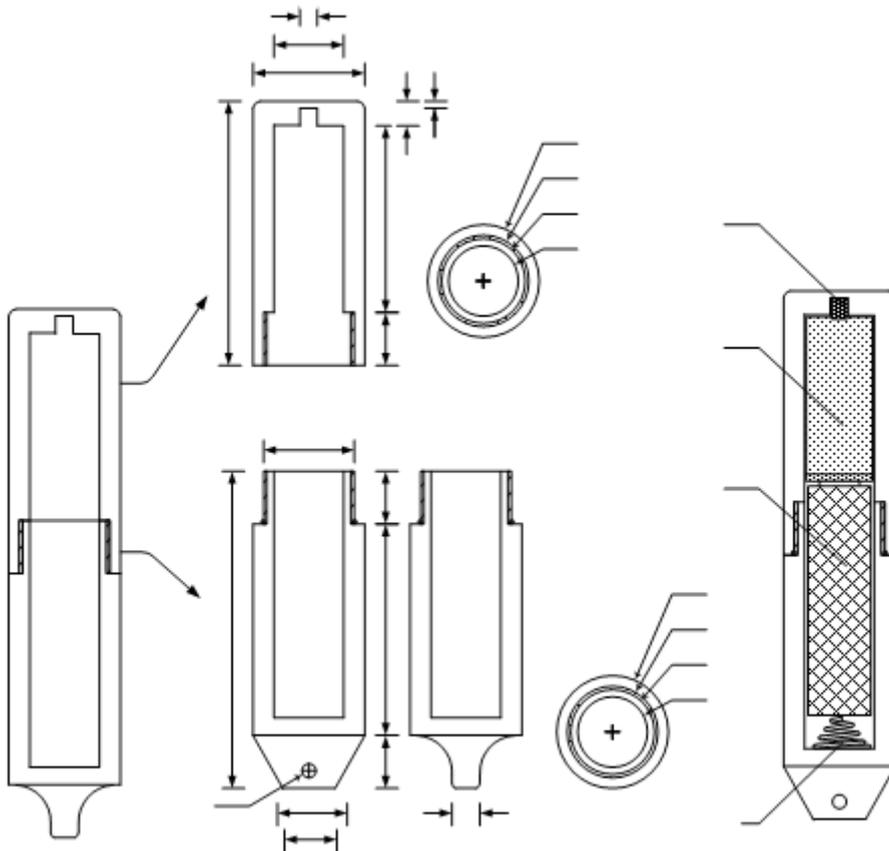
Perangkat lunak pada sistem mikrokontroler disebut juga dengan *firmware*. Perancangan *firmware water temperature data logger* menggunakan BASCOM AVR IDE versi 1.11.9.0. *Firmware* yang telah dibuat akan diunduh ke mikrokontroler ATmega328P. Perangkat lunak yang ditanamkan terdiri atas tiga fungsi utama yaitu, menggerakkan mini motor DC sebagai indikator getar, menerima data waktu dan suhu, serta melakukan penyimpanan data.

Uji laboratorium dan analisis kerja

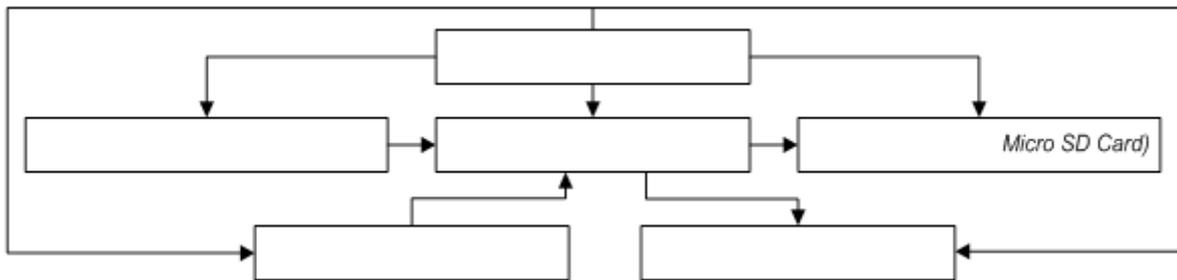
Uji laboratorium dilakukan setelah proses rancang bangun untuk memastikan *water temperature data logger* bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini dilakukan uji kekedapan *casing*, akurasi sensor suhu, estimasi daya tahan baterai dan kapasitas media penyimpanan. Uji coba kekedapan *casing* dilakukan di *watertank* Laboratorium Akustik Kelautan, ITK IPB secara visual. Pengujian akurasi sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan pengukuran termometer standar. Estimasi umur baterai dilakukan dengan membandingkan kapasitas baterai dengan rata-rata kebutuhan arus pada saat alat bekerja. Estimasi kapasitas media penyimpanan dilakukan dengan mengitung besarnya ukuran data yang disimpan dan dibandingkan dengan besarnya kapasitas penyimpanan.

Uji lapang

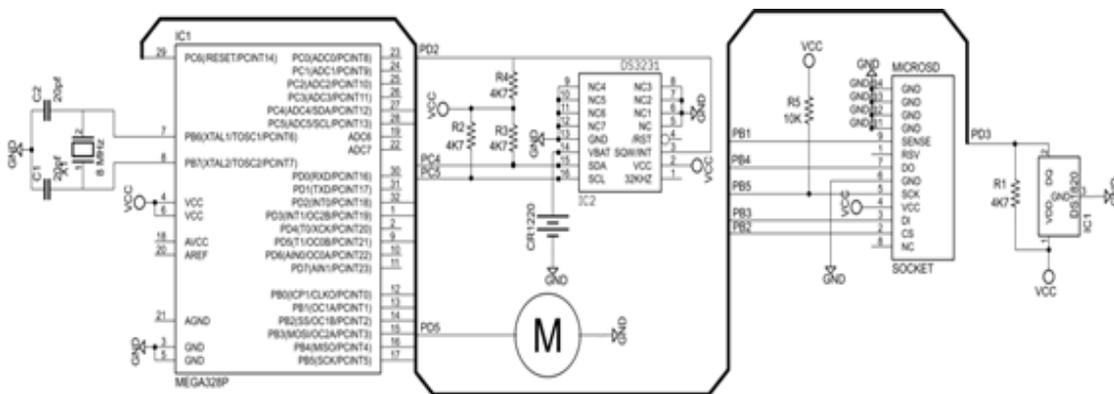
Uji lapang dilakukan di Danau Institut Pertanian Bogor dengan menempatkan instrumen pada kedalaman 2 m dengan interval pencuplikan data selama 30 menit. Pada uji lapang akan dilihat kinerja dari *water temperature data logger* apa dapat bekerja dengan baik.



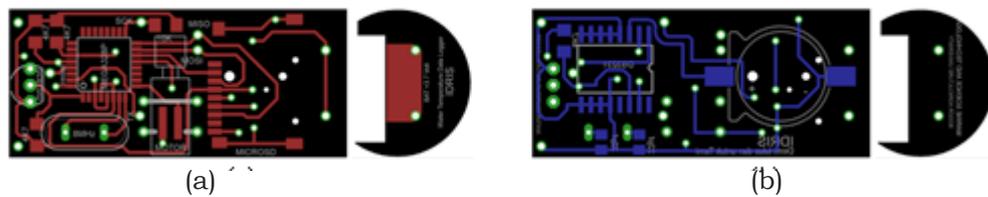
Gambar 1. Desain dan dimensi *casing water temperature data logger*



Gambar 2. Hubungan fungsional elektronik *water temperature data logger*



Gambar 3 Skematik rangkaian elektronik *water temperature data logger*



Gambar 4. Layout PCB *water temperature data logger* (a) Lapisan atas (b) Lapisan bawah

HASIL DAN PEMBAHASAN

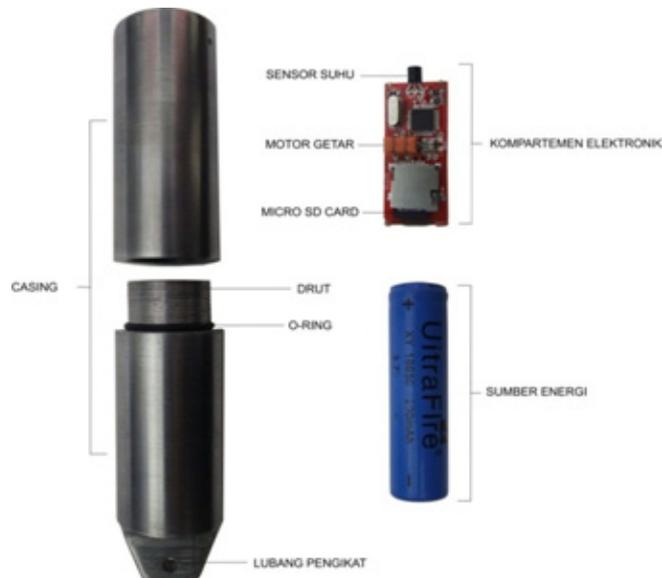
Hasil Rancang Bangun

Instrumen *water temperature data logger* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5. Pada bagian luar instrumen (*casing*) terlihat batang aluminium berbentuk silinder dengan sebuah lubang pada bagian bawahnya. Lubang ini berfungsi sebagai lubang pengikat untuk memberikan kemudahan penempatan instrumen pada saat digunakan. *Casing* dapat dibuka dengan cara diputar. Pada bagian sambungan casing diberi sebuah *O-ring* untuk menahan air agar tidak masuk ke dalam instrumen pada saat digunakan. Bagian dalam instrumen terdiri atas dua bagian, yaitu komponen elektronik dan baterai. Berat total dari *water temperature data logger* adalah

248 g. Pada saat dimasukkan ke dalam air instrumen langsung tenggelam sehingga tidak membutuhkan pemberat tambahan. Desain *water temperature data logger* ini dibuat sesederhana mungkin dengan ukuran yang relatif kecil agar memberikan kemudahan pada saat pemasangan atau penggunaannya.

Rangkaian Elektronik

Hasil perancangan perangkat elektronik dapat dilihat pada Gambar 6. Rangkaian elektronik terdiri atas beberapa komponen utama yaitu, mikrokontroler ATmega 328P sebagai pusat kontrol, DS18B20 sebagai sensor suhu, DS3231 untuk penanda waktu, micro SD card sebagai media penyimpanan, dan motor DC sebagai indikator alat.



Gambar 5. Hasil rancang bangun *water temperature data logger*



Gambar 6. Hasil rangkaian elektronik *water temperature data logger* (a) tampak atas (b) tampak bawah

Rangkaian utama mikrokontroler

Rangkaian utama mikrokontroler yang digunakan adalah rangkaian minimum sehingga mikrokontroler dapat diprogram untuk melaksanakan perintah sesuai isi program. ATmega 328P memiliki rangkaian minimum yang cukup mudah yaitu dibangun oleh mikrokontroler itu sendiri, kristal eksternal (X-TAL), kapasitor dan catu daya. ATmega 328P memerlukan sumber *clock* eksternal agar dapat memproses instruksi yang diperintahkan. Sumber *clock* berupa kristal 8 MHz dengan kapasitor 22 pF. Nilai kristal dan kapasitor didapat dari lembar data ATmega328P dengan nilai maksimum kristal 16 MHz dan nilai kapasitor diantara 12 pF hingga 22 pF. Catu daya yang dibutuhkan agar mikrokontroler ini dapat berfungsi antara 1.8V-5.5V (Atmel 2009). Proses pemrograman ATmega 328P dapat dilakukan dengan menghubungkan beberapa pin SPI (*Serial Peripheral Interface*) dengan *port* paralel yang dihubungkan ke komputer (Gambar 7).

Rangkaian sensor suhu

DS18B20 merupakan sensor suhu yang memiliki keluaran data dalam bentuk digital. Berdasarkan lembar data DS18B20, sensor ini membutuhkan catu daya antara 3V-5.5V. Komunikasi antara DS18B20 dengan mikrokontroler ATmega328P menggunakan komunikasi *1-wire* yaitu, jenis komunikasi yang memerlukan 1 pin dari salah satu *port* mikrokontroler ATmega328P (Maxim 2010). *Port* yang digunakan untuk komunikasi ini adalah *port* D pin 3 (Gambar 8).

Pada Rangkaian DS1820 diperlukan resistor *pull-up* dengan resistansi sebesar 4.7 K Ω . Resistor *pull-up* juga berfungsi untuk menyesuaikan level tegangan digital sensor dengan mikrokontroler dikarenakan perbedaan arus serap (*current-sink*) dari keduanya.

Rangkaian real time clock

Real time clock DS3231 menggunakan komunikasi I2C dengan ATmega 328P. ATmega 328P memiliki pin I2C pada *port* C pin 4 sebagai SDA dan *port* C pin 5 sebagai SCL. RTC DS3231 membutuhkan tiga resistor *pull-up* 4.7 K Ω pada pin SDA, SCL, dan SQW (Gambar 9). Resistor ini digunakan untuk menyesuaikan level tegangan digital sensor dengan mikrokontroler dikarenakan perbedaan arus serap (*current-sink*) dari keduanya. Catu daya yang dibutuhkan oleh DS3231 berkisar antara 2.30-5.50 V. Penerapan pada *water temperature data logger* RTC DS3231 tidak menggunakan kristal (XTAL) eksternal karena sudah terdapat kristal (XTAL) internal didalamnya.

RTC DS3231 memerlukan sumber tenaga cadangan supaya data tanggal dan waktu yang telah diatur tetap dapat berjalan ketika catu daya utama dimatikan. Sumber tenaga cadangan yang digunakan adalah *micro lithium cell* CR1220 dengan tegangan 3 V.

Rangkaian media penyimpanan

Komunikasi dengan *micro SD card* menggunakan *Serial Peripheral Interface* atau biasa juga disebut SPI. Komunikasi ini menggunakan *modemaster/slave* dimana data dikirim secara serial melalui beberapa paket *frame* dengan kemampuan silih berganti sebagai master atau sebagai *slave*. Bentuk antar muka ini membutuhkan jalur MISO, MOSI, SCK, dan SS. MISO (*Master Input*) merupakan jalur data keluar dari *slave* menuju master, MOSI (*Master Output*) merupakan jalur data keluar dari master menuju *slave*, SCK merupakan sinyal *clock* sinkronisasi sinyal dan SS merupakan pin pemilih master dan *slave*. Keempat jalur tersebut terdapat pada *port* B mikrokontroler ATmega328P. Untuk menghubungkan *micro SD card* mikrokontroler

ATmega328P digunakan sebuah soket agar *micro SD card* dapat dengan mudah dipasang dan dicabut. Catu daya yang dibutuhkan *Micro SD card* untuk dapat bekerja berkisar antara 2.7-3.7 V.

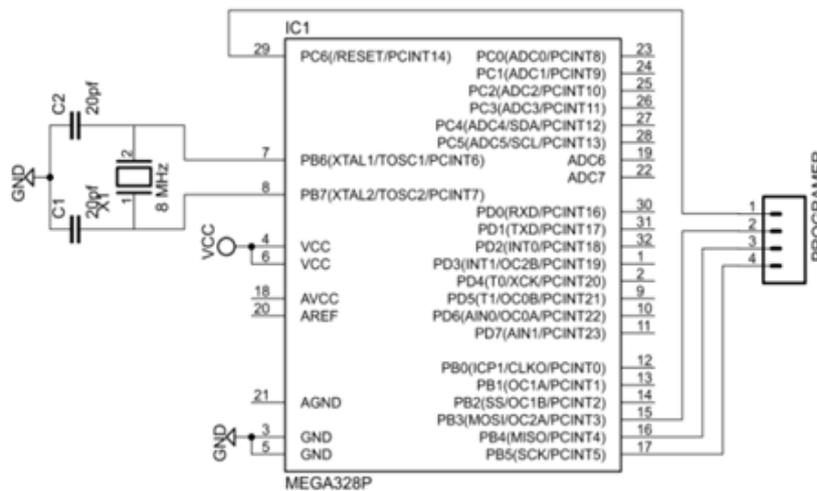
Mini Motor DC

Mini motor DC berfungsi sebagai indikator dari *water temperature data logger*. Pada saat *mini motor DC* aktif maka akan membuat *water temperature data logger* bergetar yang akan memberi tanda bahwa alat dapat berfungsi atau tidak. Komunikasi antara *mini motor DC* dengan mikrokontroler menggunakan I/O. Rangkaian motor DC pada *water temperature data logger* ditunjukkan oleh Gambar 11.

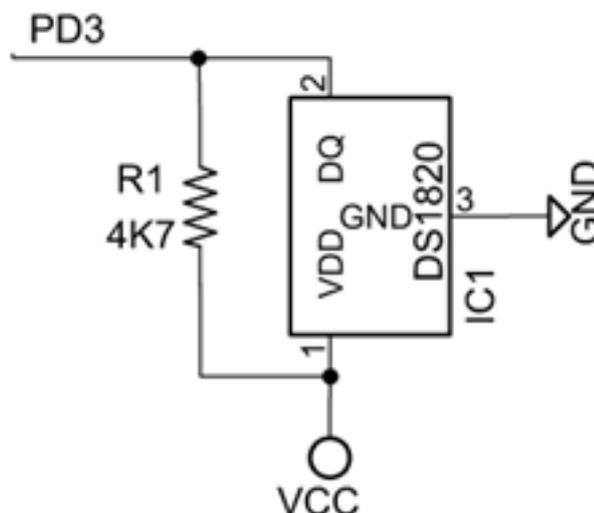
Sumber energi

Sumber energi utama *water temperature data logger* adalah baterai *Ultra Fire 3.7V Li-ion 4200 mAh* keluaran perusahaan *Ultra fire*. Baterai ini adalah baterai yang dapat diisi ulang (*recharge*). Tegangan yang dikeluarkan dari baterai ini terbagi untuk beberapa komponen seperti yang ditunjukkan Tabel 1.

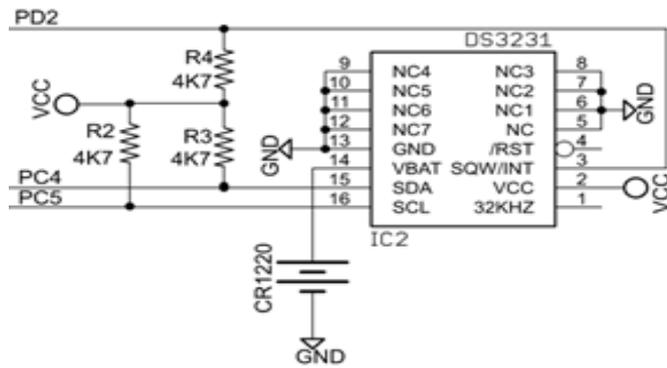
Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa baterai *Ultra Fire 3.7 V Li-ion 4200 mAh* berada pada kisaran minimum dan maksimum dari tegangan yang dibutuhkan oleh setiap komponen elektronik. Hal ini menunjukkan bahwa baterai ini dapat dipakai sebagai sumber energi dari *water temperature data logger*.



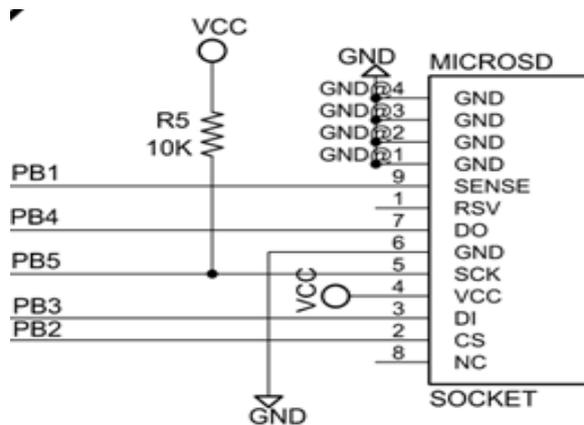
Gambar 7. Rangkaian minimum mikrokontroler ATmega 328P



Gambar 8. Rangkaian sensor suhu DS18B20



Gambar 9. Rangkaian *Real Time Clock* DS3231



Gambar 10. Rangkaian *micro SD card*



Gambar 11. Rangkaian mini motor DC

Tabel 1. Kebutuhan tegangan listrik komponen

Komponen elektronik	Tegangan (V)	
	Minimum	Maksimum
ATMega328P	1.80	5.50
DS18B20	3.00	5.50
DS3231	2.30	5.50
Micro SD card	2.70	3.70
Mini motor DC	2.20	5.50

Perangkat lunak

Mikrokontroler tidak dapat bekerja tanpa sebuah perangkat lunak. Perangkat lunak merupakan sebuah instruksi tetap yang disimpan dalam *flash memory program*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa BASIC menggunakan BASCOM-AVR IDE versi 1.11.9.0. Perangkat lunak water temperature data logger dirancang dengan beberapa fungsi utama yaitu, menggerakkan mini motor DC, menerima data yang dibutuhkan (suhu dan waktu), dan melakukan penyimpanan data. Adapun alur perangkat lunak *water temperature data logger* dapat dilihat pada Gambar 12.

Pada saat *water temperature data logger* diaktifkan mikrokontroler melakukan inisialisasi sensor suhu (DS18B20) dan RTC (DS3231). Selang waktu 10 detik maka mini motor DC akan aktif selama 1 detik, non aktif selama 1 detik, aktif selama 1 detik dan kemudian mati. Hal ini menjadi indikator bahwa sistem elektronik dari *water temperature data logger* berfungsi dan selang 10 detik bertujuan untuk memberikan waktu kepada pengguna melakukan pemasangan alat sebelum alat bekerja. Setelah itu mikrokontroler akan melakukan inisialisasi terhadap *micro SD card*. Jika *micro SD card* rusak maka *mini motor DC* akan aktif selama 1 detik kemudian mati selama 1 detik dan hal ini akan terus berulang. Jika *micro SD card* berfungsi dengan benar maka mikrokontroler akan membuka file *Setting.ini* untuk membaca selang pencuplikan data. Setelah selang pencuplikan data dibaca maka mikrokontroler mulai melakukan pencuplikan data dengan membuat file berekstensi *.txt dengan nama file berdasarkan tanggal pada *micro SD card*. File ini berisi data waktu dan suhu. Jika terjadi perubahan tanggal maka mikrokontroler akan membuat file baru berekstensi *.txt pada kartu memori sesuai dengan tanggal.

File pengaturan selang pencuplikan data (setting.ini)

Water temperature data logger dirancang agar dapat digunakan secara berulang-ulang sehingga dibutuhkan kemudahan dalam pengaturan waktu pencuplikan data. Pengaturan selang pencuplikan data dapat diatur menggunakan file *Setting.ini* (Gambar 13). File *Setting.ini* disimpan pada *micro SD card*

yang berisi selang waktu pencuplikan data dalam satuan menit.

Uji laboratorium dan analisis kinerja

Kekedapan casing

Uji kekedapan *casing* dilakukan dengan memasukan *casing* tanpa komponen elektronik kedalam *watertank* selama tiga hari dengan kedalaman 3 meter. Pada saat *casing* dimasukan kedalam air, secara kasat mata tidak terlihat ada gelembung udara yang keluar dari *casing*. Setelah tiga hari *casing* diambil untuk kemudian diamati. Pada hasil uji tidak terlihat air masuk kedalam *casing* (bagian dalam tetap kering). Dengan demikian, *casing* terbukti kedap pada kedalaman 3 meter.

Kalibrasi sensor

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu dengan keluaran digital dan memiliki ketelitian 9-12 bit pada saat tidak terbungkus. Penerapannya pada *water temperature data logger* sensor ini di bungkus menggunakan aluminium (*casing*) agar kedap air. Pembungkusan sensor ini mengakibatkan terjadinya perbedaan pengukuran sensor suhu dengan suhu sebenarnya. Proses kalibrasi sensor (Gambar 14) diperlukan untuk mengkoreksi hasil keluaran sensor. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan mengukur suhu air dingin (es) yang dipanaskan secara perlahan menggunakan thermometer sebagai alat standar dan sensor suhu DS18B20 yang telah terbungkus. Pada proses kalibrasi sensor suhu didapat perbedaan rata-rata sebesar 0.99 °C dan perbedaan maksimum pengukuran sebesar 1.96 °C. Hasil pencocokan dari kedua pengukuran menghasilkan persamaan regresi $Y = 0.9737X + 0.1998$ dengan $R^2=0.9999$ (Gambar 16). Variabel Y merupakan suhu yang telah dikoreksi dan variabel X merupakan keluaran sensor DS18B20.

Casing aluminium pada *water temperature data logger* menyebabkan perbedaan hasil pengukuran sensor suhu DS18B20 dengan pengukuran termometer tetapi masih memberikan linearitas yang baik dengan koefisien korelasi 0.9999.

Berdasarkan hasil kalibrasi maka dapat diketahui nilai galat (*error*) dan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dari *water temperature data logger*. Nilai galat (*error*) merupakan penyimpangan nilai hasil

pengukuran terhadap nilai sebenarnya. Nilai galat dan RMSE dapat diketahui dengan persamaan berikut.

$$\varepsilon = X_w - X_T$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_w - X_T)^2}{n}}$$

Dimana ε merupakan nilai galat ($^{\circ}\text{C}$), X_w merupakan nilai hasil kalibrasi *water temperature data logger* ($^{\circ}\text{C}$), X_T merupakan nilai suhu sebenarnya ($^{\circ}\text{C}$), $RMSE$ merupakan *root mean square error* ($^{\circ}\text{C}$), dan n merupakan jumlah pengamatan. Galat hasil kalibrasi sensor suhu antara $(-0.37) - 0.41$ $^{\circ}\text{C}$ dengan nilai $RMSE$ 0.23 $^{\circ}\text{C}$ (Gambar 15).

Setelah melakukan proses kalibrasi sensor maka dilakukan uji coba pengambilan data suhu air kolam Departemen MSP FPIK IPB selama dua hari menggunakan *water temperature data logger* yang telah dikalibrasi dan dibandingkan dengan pengukuran manual (termometer). Grafik hasil perbandingan hasil pengukuran dapat dilihat pada (Gambar 16).

Hasil pengukuran *water temperature data logger* dan termometer pada kolam Departemen MSP FPIK IPB menunjukkan pola yang sama. Setelah dilakukan uji statistik dengan uji-t pada selang kepercayaan 0.05, diketahui bahwa nilai t-hitung sebesar 0.36 lebih kecil dari nilai t-tabel sebesar 0.72, sehingga data yang dihasilkan oleh *water temperature data logger* tidak berbeda nyata dengan data suhu termometer. Perbedaan hasil pengukuran antara *water temperature data logger* dengan termometer (*error*) berkisar antara $(-0.45) - 0.39$ $^{\circ}\text{C}$ dengan nilai $RMSE$ 0.22 $^{\circ}\text{C}$ (Gambar 17).

Estimasi daya tahan baterai

Sumber energi utama dari *water temperature data logger* adalah baterai *Ultra Fire* yaitu baterai Lithium ion dengan tegangan keluaran sebesar 3.7 V dengan kapasitas 4200 mAh. Berdasarkan uji laboratorium didapat bahwa *water temperature data logger* membutuhkan arus sebesar 16.3 mA pada saat siaga, 74.2 mA pada saat mini motor DC aktif dan 21 mA pada saat melakukan pencuplikan dan penyimpanan data suhu (Gambar 18).

Pemakaian arus secara berkelanjutan dapat dihitung dengan mengetahui pola selang pencuplikan data. Pada penelitian ini selang pencuplikan data yang digunakan

adalah 30 menit. Setiap pencuplikan dan penyimpanan data diasumsikan membutuhkan waktu 1 detik. Model konsumsi arus *water temperature data logger* dapat dilihat pada (Gambar 19).

Berdasarkan model, maka dapat diketahui konsumsi arus rata-rata dari *water temperature data logger* adalah 16.31 mA. Dengan diketahuinya konsumsi arus rata-rata maka daya tahan baterai dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut.

$$T = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{I}$$

Dimana T adalah daya tahan baterai (jam), Kapasitas Baterai (mAh) dan I adalah konsumsi arus rata-rata (mA).

Hasil perhitungan estimasi daya tahan baterai berdasarkan persamaan (2) maka didapat daya tahan baterai *water temperature data logger* adalah 10 hari, 17 jam, 37 menit dan 32 detik pada interval pencuplikan 30 menit. Sedangkan uji laboratorium baterai *water temperature data logger* baterai hanya dapat bertahan selama 10 hari 8 jam dengan. Perbedaan pengukuran daya tahan baterai ini disebabkan karena kapasitas baterai tidak benar-benar 4200 mAh, dan faktor pengisian ulang baterai juga mengakibatkan kapasitas baterai semakin menurun.

Media penyimpanan

Media penyimpanan *water temperature data logger* menggunakan V-GeN TM *micro SD card* dengan kapasitas penyimpanan sebesar 2 GB. Data yang disimpan pada media ini berupa *file* dengan ekstensi *.txt. Nama *file* adalah data tanggal, sedangkan isi *file* berupa data jam dan suhu dengan pemisah data menggunakan tanda koma (,) (Gambar 20). Pada interval pencuplikan data 30 menit untuk satu *file* data membutuhkan ruang penyimpanan sebesar 766 byte. Satu *file* data memberikan data selama 1 hari. Untuk kapasitas memori 2 GB (536870912 byte) maka dapat diketahui memori ini dapat menyimpan data sebanyak 700876 *file* (hari) pada interval pencuplikan data 30 menit.

Uji lapang

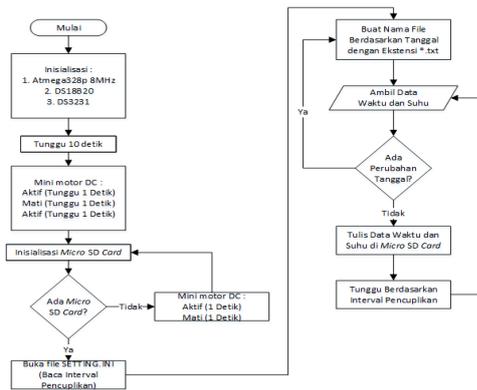
Uji lapang dilakukan di Danau IPB dengan menempatkan *water temperature data logger* pada kedalaman dua meter dengan koordinat 6.5591° LS- 106.7261°

BT. Pengukuran dilakukan mulai tanggal 10-20 November 2013 dengan interval pencuplikan 30 menit. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh Gambar 21.

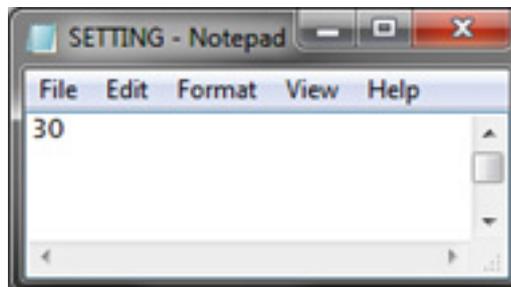
Berdasarkan hasil pengukuran, suhu air Danau IPB pada tanggal 10-20 Oktober 2013 berkisar 27.69-31.69 °C. Salah satu penyebab fluktuasi suhu air Danau IPB adalah lamanya proses penyinaran oleh matahari. Titik terendah suhu harian danau IPB terjadi pada pagi hari yaitu pada pukul 5:30-8:30 WIB sedangkan suhu tertinggi terjadi pada siang hingga sore hari yaitu

pada pukul 12:00-16:00 WIB.

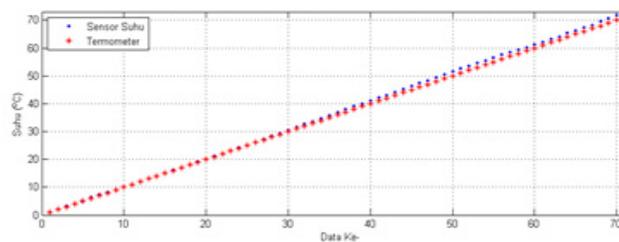
Pada pengukuran suhu air Danau IPB *water temperature data logger* beroperasi selama 9 hari 18 jam 30 menit. Waktu operasi *water temperature data logger* lebih kecil jika dibandingkan dengan waktu uji coba laboratorium. Hal ini disebabkan oleh pengisian (*recharge*) ulang baterai yang tidak benar benar penuh dan karena baterai sudah sering *direcharge* berulang-ulang kali. *Casing* pada pengukuran suhu air Danau IPB terbukti kedap.



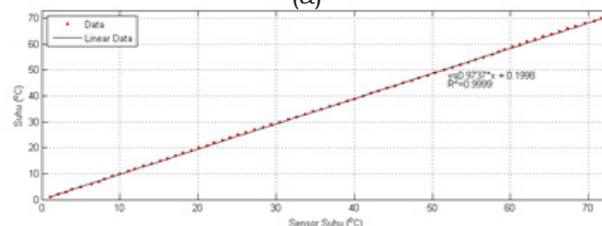
Gambar 12. Diagram alir perangkat lunak *water temperature data logger*



Gambar 13. File setting.ini

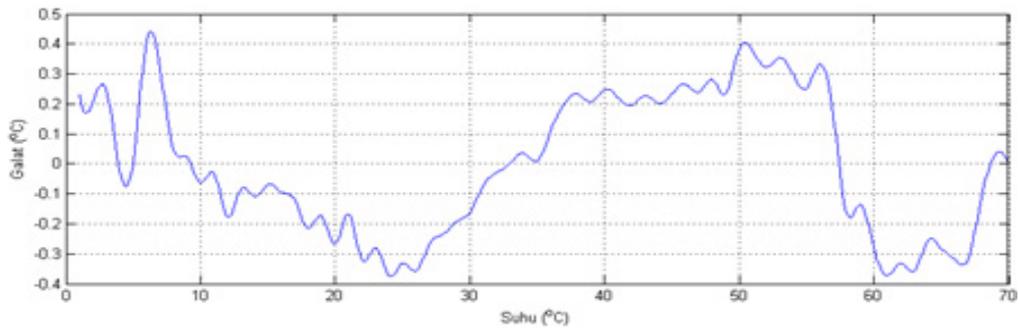


(a)

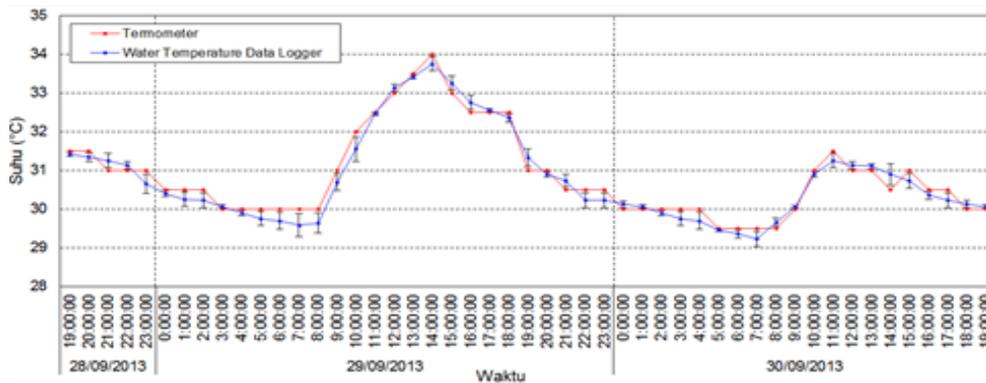


(b)

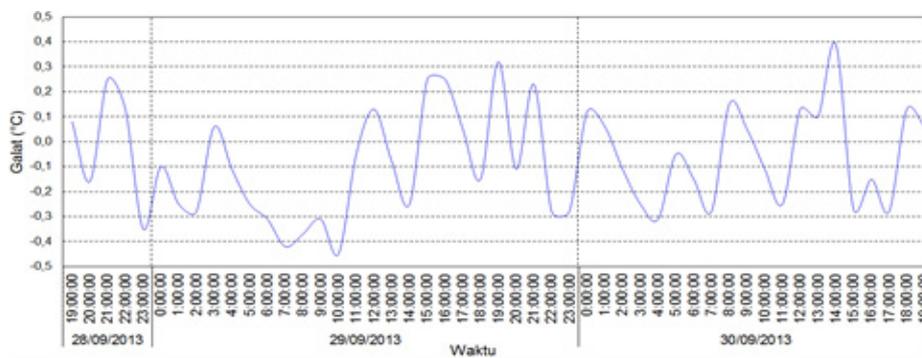
Gambar 14. Kalibrasi sensor *water temperature data logger* (a) plot pengukuran dan (b) *Fit* data hasil kedua



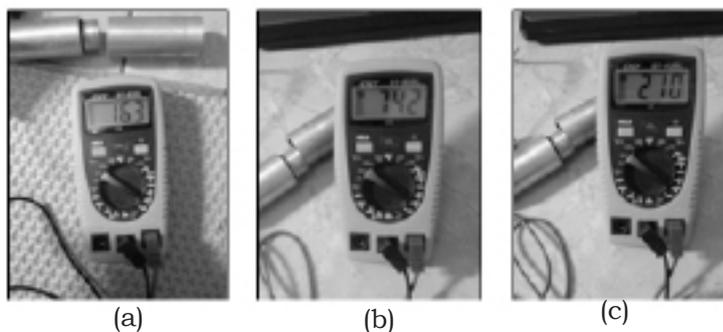
Gambar 15. Galat pengukuran instrumen *water temperature data logger*



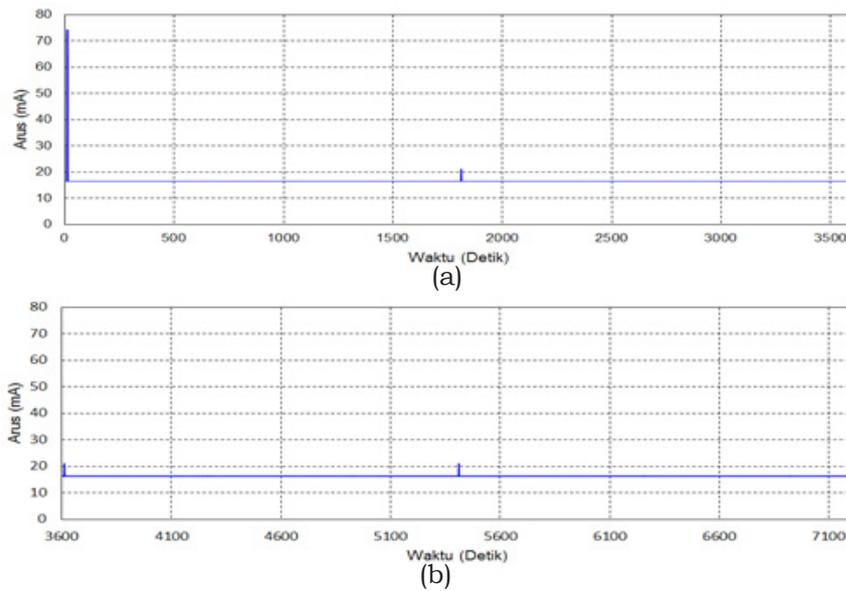
Gambar 16. Perbandingan pengukuran *water temperature data logger* dengan termometer pada kolam



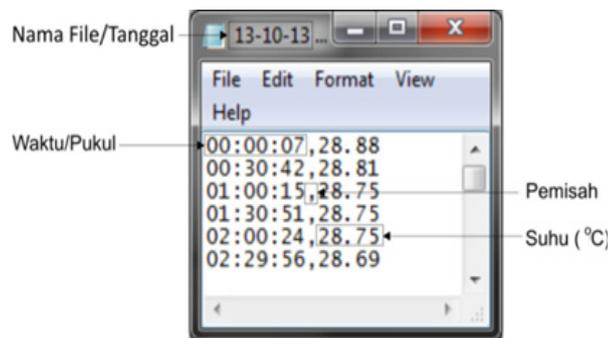
Gambar 17. Galat pengukuran *water temperature data logger* pada kolam Departemen MSP FPIK IPB



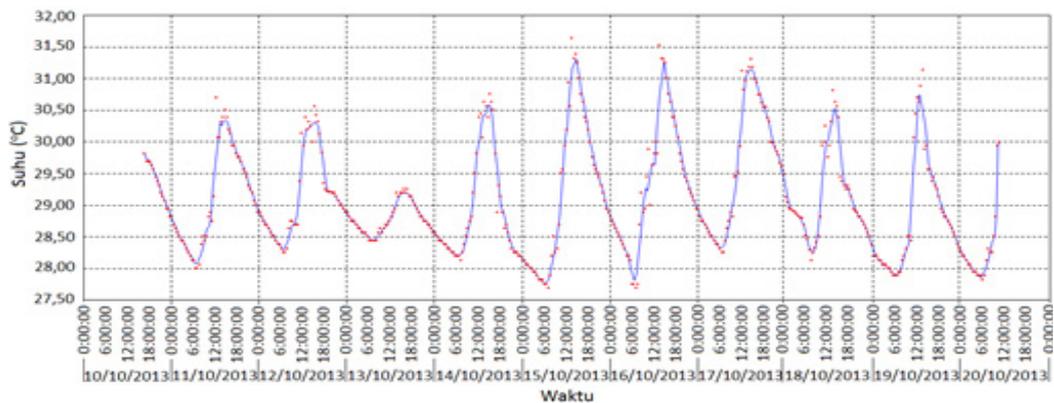
Gambar 18. Pengukuran konsumsi arus (a) Siaga (b) Mini motor DC aktif (c) Pencuplikan dan penyimpanan data



Gambar 19. Model konsumsi arus *water temperature data logger* (a) Jam pertama (b) Jam selanjutnya



Gambar 20. Contoh data instrumen *water*



Gambar 21. Hasil pengukuran suhu Danau IPB menggunakan *water temperature data logger*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rancang bangun *water temperature data logger* dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan dengan akurasi pengukuran yang cukup baik, desain sederhana, mudah untuk penggunaannya dan berbiaya murah. *Casing water temperature data logger* terbuat dari bahan aluminium dan terbukti kedap pada kedalaman 3 meter. Hasil kalibrasi sensor suhu menunjukkan linearitas yang sangat baik dengan koefisien korelasi 0.99. Galat (error) hasil kalibrasi sensor berada antara (-0.37)-0.41 °C dengan nilai RMSE 0.23 °C. Berdasarkan hasil uji coba laboratorium baterai *water temperature data logger* dapat bertahan selama 10 hari 8 jam pada selang pencuplikan 30 menit. *Micro SD card* 2 GB memiliki kapasitas untuk menyimpan data sebanyak 700876 *file* (hari) pada interval pencuplikan data 30 menit.

Saran

Rancang bangun dan uji kinerja *water temperature data logger* diharapkan masih terus dikembangkan untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada penelitian. Kekedapan dan ketahanan *casing* perlu diuji lebih lanjut pada kedalaman yang lebih dalam lagi sehingga benar-benar dapat diketahui kekuatan dan kekedapan dari *casing*. Disarankan untuk menambahkan regulator 3.3 V untuk menjaga kestabilan tegangan listrik. Sebaiknya menggunakan fitur mode *sleep* yang ada di mikrokontroler agar dapat menghemat konsumsi arus.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2009. Atmel 8-bit microcontroller with 4/8/16/32 KBytes In-System programmable flash [http://ww.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller ATmega_48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet.pdf](http://ww.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller_ATmega_48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet.pdf). [diakses pada tanggal 18 juli 2013].
- Bishop O. 2009. *Dasar-dasar elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Dallas-Maxim. 2010. Extremely accurate I2C-integrated RTC/ TCXO/ Crystal DS3231. <http://datasheet.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. [diakses pada tanggal 18 juli 2013].
- Iqbal M. 2011. Rancang bangun dan uji kinerja drifter bouy [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Jones NE, Allin L. 2010. Measuring stream temperatures using data loggers: laboratory and field techniques. Canada (CA): Aquatic Research and Development Section Ontario Ministry of Natural Resources.
- Maxim Integrated TM. 2010. DS18B20 programmable resolution 1-wire thermo-meter. <http://dlnmhgip6v2uc.cloudfront.net/datasheet/sensors/temp/DS18B20.pdf>. [diakses pada tanggal Juli 18 2013].
- Pujono. 2011. Distribusi nilai kekerasan pada las friction stir welding (FSW) pada paduan aluminium dengan aplikasi transient thermal (TT). *Metrik Polban*. 5(2):13-17.
- Withamana A. 2009. Rancang bangun perekam data kelembaban relatif dan suhu udara berbasis mikrokontroler [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Withamana A. 2013. Rancang bangun dan uji coba instrumen sistem buoy menggunakan A-WSN Protokol ZigBee di perairan pesisir. [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- William HHJ, Kemmerly JE, Durbin SM. 2005. *Rangkaian listrik*. Jakarta: Erlangga.