

PEMANFAATAN TEKNOLOGI MIKROKONTROLER UNTUK PENGUKURAN EVAPORASI SUHU UDARA DAN AIR PADA PRODUKSI GARAM SKALA LABORATORIUM

UTILIZATION OF MICROCONTROLLER TECHNOLOGY FOR THE MEASUREMENT OF EVAPORATION AND TEMPERATURE ON SALT PRODUCTION

Rikha Bramawanto, Hariyanto Triwibowo & Rizal Fadlan Abida

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan,
Kementerian Kelautan dan Perikanan

bramawant@gmail.com

Diterima tanggal: 18 September 2018 ; diterima setelah perbaikan: 10 November 2019 ; Disetujui tanggal: 15 November 2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v14i3.7126>

ABSTRAK

Proses evaporasi/penguapan merupakan hal yang sangat penting dalam produksi garam. Evaporasi dapat diketahui menggunakan metode pengukuran langsung maupun menggunakan perhitungan matematis. Teknologi mikrokontroler yang telah berkembang untuk berbagai keperluan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai alat pengukuran evaporasi secara otomatis. Penelitian ini merancang dan menguji alat ukur evaporasi berbasis mikrokontroler ATmega328 yang dilengkapi sensor ultrasonic US-100, sensor suhu ds18b20 dan *data logger*. Kelengkapan tersebut untuk mengukur sekaligus merekam data ketinggian muka air, suhu udara dan air. Selisih perubahan tinggi muka air diasosiasikan sebagai jumlah air yang diuapkan, sedangkan data suhu menggambarkan pengaruh lingkungan yang mendukung terjadinya penguapan. Sebagai pembandingan, ketinggian air juga diukur secara manual, suhu udara dan air diukur menggunakan *thermohygrometer* dan *environment* meter. Alat pengukur evaporasi, suhu udara dan air diujicoba dua kali, masing-masing dilakukan selama sekitar 5 hari untuk melihat konsistensi alat. Hasilnya menunjukkan bahwa alat bekerja dengan baik. Sistem pembacaan oleh sensor-sensor dan perekaman pada data *logger* berjalan sempurna. Setelah dilakukan perbaikan pada ujicoba kedua, terjadi peningkatan performa alat. Selisih rata-rata pengukuran jarak antara alat yang dibuat dengan alat ukur standar berkurang menjadi 1,2 mm dari sebelumnya 4 mm. Selisih rata-rata pengukuran suhu air sebesar 0,2°C, dari sebelumnya 0,3°C. Dan selisih rata-rata pengukuran suhu udara sebesar 0,3°C, dari sebelumnya 0,9°C. Selanjutnya perlu pengujian performa dan *endurance* alat pada lingkungan penguapan di tambak garam. Alat ini dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor kelembaban dan kecepatan/arah angin, panel surya sebagai sumber catudaya serta modul *ethernet* agar perekaman data dapat dimonitor dan dimanfaatkan secara daring.

Kata kunci: Mikrokontroler, pengukuran, evaporasi, suhu, produksi garam.

ABSTRACT

Evaporation process has been critical during the production of salt. Evaporation can be detected using the measurement method directly or using a mathematical calculation. Microcontroller technology that has evolved to various purposes has the potential to be used as an instrument for measuring evaporation automatically. This research, designing and testing an instrument for evaporation measurements based microcontroller ATmega328, equipped ultrasonic sensor US-100, temperature sensor ds18b20 and data logger. The equipment measures and records water levels, temperatures of the air and water. The differences in water level changes associated with measurement based of water that evaporated, while temperature data describe environmental influences that supports the evaporation. As a standard for comparison, water levels have measured manually, air and water temperatures have measured using thermo-hygrometer and environment meter. An instrument tested twice, the results show that it has been working properly. Reading system of sensors and recording on the data logger has been quiet perfect. The instrument's performance has been significantly on progress right after the second test and some improvement efforts. During the 2nd test, the average deviation of distance measuring between an instrument and standard instrument became smaller (1.2 mm) than before (4 mm). It also happened to the average deviation of seawater, i.e.: became 0.2°C from 0.3°C. While, the average deviation of air temperature

became 0.2 C from 0.3°C. The instrument needs further performance and endurance tests in the real field, since this is now still in laboratories scale. For an outlook, this instrument will be furtherly explored and modified by adding the humidity and the wind sensors, solar panels as power sources, and ethernet module for data recording online monitored.

Keywords: microcontroller, measurement, evaporation, temperature, salt production.

PENDAHULUAN

Proses evaporasi atau penguapan merupakan hal yang sangat penting dalam proses produksi garam Natrium Klorida (NaCl). H₂O yang harus diuapkan setidaknya 89,9% dari air laut berdensitas 3,85 °Be sebelum siap dikristalkan (Sedivy, 2009). Evaporasi dapat diketahui melalui penurunan ketinggian air (Steinhorn, 1991). Evaporograph atau evaporation pan merupakan alat yang lazim digunakan untuk mengukur evaporasi (Srivastava, 2009). Di samping itu, beberapa peneliti juga berusaha menggunakan metode yang berbeda untuk mengetahui evaporasi. Misalnya, peneliti dari Jepang (Fujita & Honda, 1980) menggunakan perubahan salinitas untuk mendeteksi jumlah evaporasi dalam interval waktu pendek. (Tanny *et al.*, 2008) melakukan estimasi menggunakan model prediksi yang mengkombinasikan model *flux-gradient* dan *energy balance* (Penman–Monteith–Unsworth & Penman–Brutsaert). (Kokya & Kokya, 2008) dan (Akridge, 2008) mengembangkan rumus yang dapat diterapkan untuk menghitung evaporasi pada air yang mengandung garam dengan konsentrasi yang beragam.

Meskipun berbagai pendekatan matematis telah dikembangkan untuk mempermudah pekerjaan, namun pengukuran langsung tetap diperlukan sebagai kontrol terhadap hasil perhitungan. Perkembangan teknologi memudahkan kita untuk merekam data hasil pengukuran langsung secara otomatis, salah satunya menggunakan kombinasi sensor digital, mikrokontroler dan data *logger*.

Penggunaan mikrokontroler semakin banyak diaplikasikan tidak hanya sekedar untuk keperluan industri manufaktur berteknologi tinggi. Beberapa diantaranya dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan, seperti alat ukur laju pernapasan manusia (Sonata & Wildian, 2015), pendeteksi asap dan gas sebagai zat pencemar (Akhwandi & Yudhana, 2017), mesin pembuat kopi otomatis (Wibowo & Broto, 2017), alat penghitung benih ikan berbasis sensor optik (Purbowaskito & Handoyo, 2017) dan lain sebagainya. Pada bagian lain, penelitian untuk membuat alat ukur ketinggian permukaan air juga sudah banyak dilakukan, dengan berbagai peruntukan sebagaimana terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria persen tutupan karang
Table 1. Criteria for percent coral cover

Peneliti	Jenis mikrokontroler dan data logger	Jenis Sensor	Peruntukan
(Agung, 2011)	AT89S52	trimmer potensio-meter	Otomasi monitor ketersediaan air pada penampungan
(Saleh <i>et al.</i> , 2013)	Basic Stamp2 & memory stick logger	ultrasonic PING)))	Sistem pemantauan level air
(Fahrudin, 2014)	ATMega8535	ultrasonic PING)))	Prototype monitoring ketinggian air pada waduk
(Azhari <i>et al.</i> , 2014)	ATMega328	infrared GP2Y0A02YK0F	Prototype alat ukur ketinggian air laut
(Indarto <i>et al.</i> , 2015)	ATMega328	sensor tekanan BMP085	Pengukuran ketinggian permukaan air sungai menggunakan prinsip tekanan
(Chobir <i>et al.</i> , 2017)	ATMega328	Ultrasonic JSN-SR04T	Sistem deteksi elevasi permukaan air sungai
(Sugandi, 2016)	ATmega328P	Ultrasonic US-100	Prototype Early Warning Sistem dan pemantau ketinggian air laut
(Fikri <i>et al.</i> , 2015)	ATmega328P, modul ethernet ENC28J60	Ultrasonic US-100, humid-temp DHT-11	Sistem monitoring ketinggian muka air menggunakan mikrokontroler berbasis <i>web service</i>
(Hidayat & Mushlihudin, 2017)	ATMega328	sensor ultrasonik	Alat ukur tinggi muka air bendungan berbasis <i>web</i>

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan teknologi mikrokontroler yang dilengkapi sensor ultrasonic, sensor suhu dan data logger untuk merekam perubahan ketinggian muka air dan fluktuasi suhu. Berdasarkan penelusuran terhadap berbagai literatur, hingga saat ini belum diperoleh informasi mengenai metode pengukuran menggunakan sensor ultrasonic yang digunakan untuk pengukuran laju evaporasi, khususnya pada tambak garam. Selisih nilai perubahan tinggi muka air menunjukkan jumlah air yang diuapkan pada saat proses produksi garam berlangsung, hal ini ditunjang oleh kondisi suhu udara dan air pada saat pengukuran. Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah pembuatan alat pengukur laju evaporasi, sekaligus suhu udara dan air saat evaporasi terjadi, yang hasil pengukurannya dapat dicatat secara otomatis. Bahkan hasil pengukuran alat tersebut direncanakan dapat dimonitor secara daring pada pengembangan selanjutnya, sehingga operator pengatur suplai air di tambak garam yang luas (>10 ha) dapat mendeteksi tanpa harus datang langsung ke lokasi.

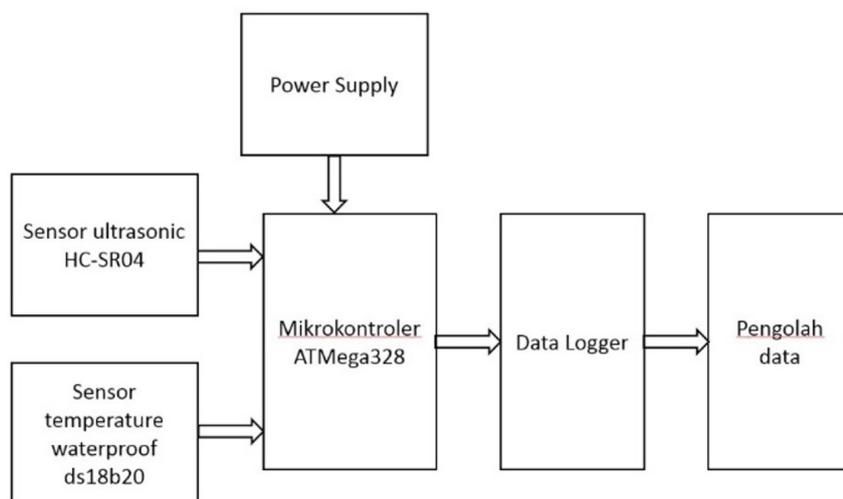
BAHAN DAN METODE

DPenelitian ini diawali dengan studi literatur untuk memahami sistem kerja alat, desain diagram blok sistem dan catudaya (Gambar 1), pengujian sistem sensor, penyiapan rangkaian permanen, desain software, pengujian alat dan pengumpulan data. Prinsip kerja alat adalah mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air, mengukur suhu udara dan suhu air yang diuapkan. Sensor yang digunakan untuk mengukur jarak dan suhu udara adalah US-100. Sensor ini bekerja dengan sistem sonar yaitu melepaskan sinyal

dalam bentuk gelombang ultrasonik (gelombang suara frekuensi sangat tinggi di luar jangkauan pendengaran manusia) sehingga jarak dapat ditentukan berdasarkan waktu gelombang dipantulkan dan kecepatan rambat suara di udara. Untuk meningkatkan akurasi pengukuran, sensor ini sudah dilengkapi dengan fitur kompensasi temperatur yang mempengaruhi kecepatan rambat suara di udara. Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu air adalah ds18b20. Sensor ini memiliki 12-bit ADC internal yang sangat presisi, karena dapat merasakan perubahan terkecil sebesar 0,0012 Volt saat tegangan referensinya sebesar 5 Volt. Pada rentang suhu -10 sampai +85°C, sensor ini memiliki akurasi +/-0,5°. Sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi *1-wire (one-wire)*. Catu daya yang dipergunakan adalah sumber listrik AC 220 volt yang dirubah menjadi DC 9 volt atau battery 9 volt. Sebagai pengolah data masukan dari sensor ultrasonik dan sensor suhu digunakan mikrokontroler ATmega328. Sedangkan sebagai penyimpan data dipergunakan data logger yang dilengkapi *Secure Digital Card (SD Card)* dan *Real Time Clock (RTC) DS1307*. Seluruh komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi rangkaian alat ukur ketinggian muka air dan suhu sebagaimana terlihat pada gambar 2.

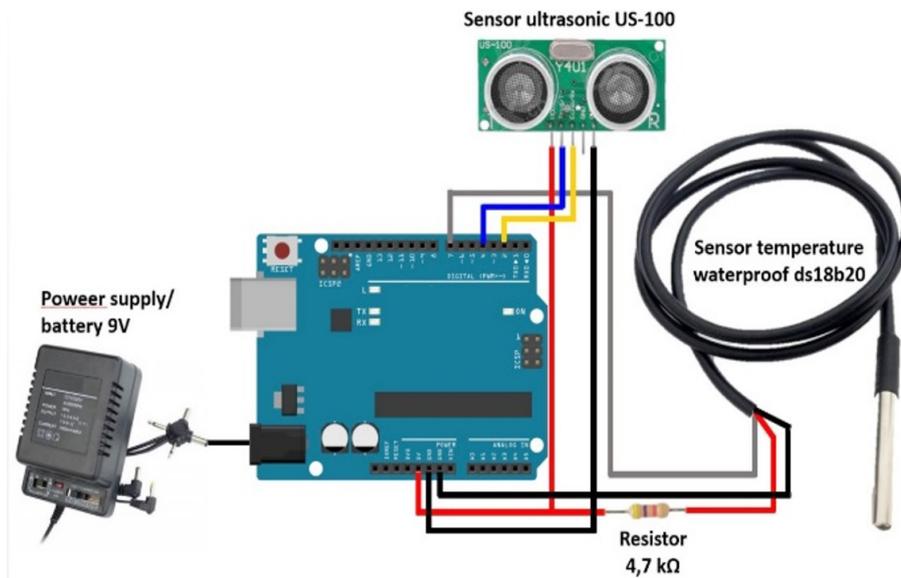
Setelah perancangan hardware selesai, dilanjutkan dengan perancangan software. Adapun rangkaian cara kerja sistem dapat dilihat pada gambar 3 dengan penjelasan sebagai berikut :

a. Ketika sistem pertama kali diaktifkan, mikrokontroler secara otomatis akan melakukan inialisasi pin-pin yang dipergunakan mikrokontroler, sensor US-100, sensor ds18b20, Mikro SDCard dan deklarasi variable



Gambar 1. Blok diagram sistem pengukuran jarak dan suhu dengan sensor ultrasonic dan sensor temperatur.

Figure 1. Block diagram of distance and temperature measurement system with ultrasonic sensors and temperature sensors.



Gambar 2. Skema rangkaian alat ukur ketinggian muka air dan suhu.
 Figure 2. Schematic range of measurements for water level and temperature.

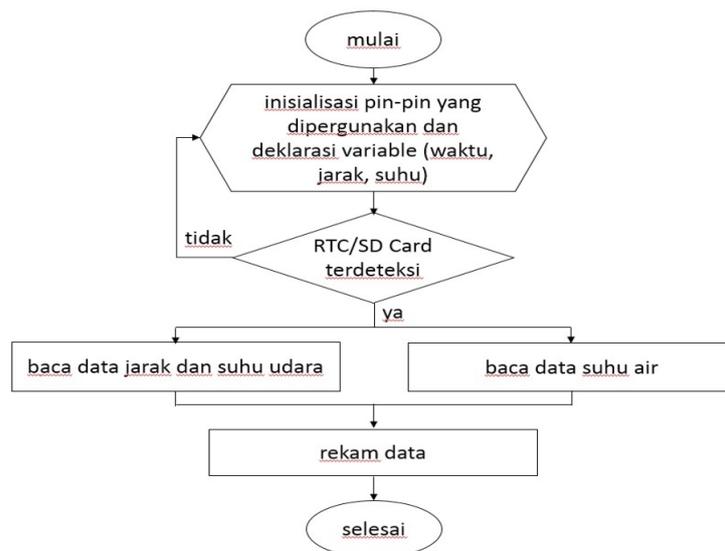
waktu, jarak dan suhu.

b. Sebagai kelengkapan data logger sistem akan mendeteksi SD Card dan RTC DS1307.

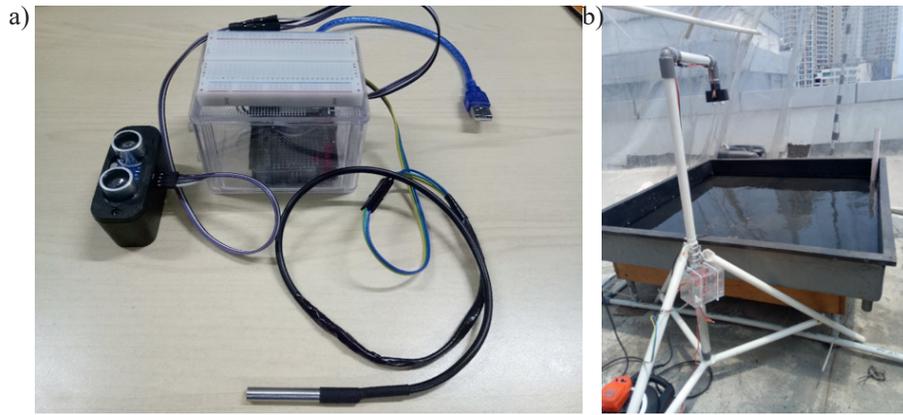
c. Jika sistem sudah siap, maka akan tampak pembacaan data dari sensor US-100 dan sensor ds18b20. Jika pembacaan sistem tidak siap atau error, maka harus dilakukan reset kembali untuk menginisialisai ulang sistem.

d. Mikrokontroler akan terus memperbaharui data dari masing masing sensor. data akan otomatis direkam/ disimpan sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Pengujian alat dilakukan di ruang terbuka lantai 6, Gedung BRSDM KP 2, dengan mengukur ketinggian dan suhu air serta suhu udara disekitarnya. Sebagai pembanding dilakukan pengukuran ketinggian air secara manual, pengukuran suhu udara menggunakan Thermohygrometer MHB-382SD dan suhu air menggunakan environment meter LM8010 (tanpa data logger). Alat-alat tersebut telah dikalibrasi menggunakan thermo-hygrometer analog dan termometer air raksa. Waktu pengukuran dilakukan secara acak. Air yang diukur ditempatkan pada wadah berbahan fiberglass, sehingga pengurangan ketinggian



Gambar 3. Diagram alir kerja sistem alat ukur ketinggian muka air dan suhu.
 Figure 3. Workflow diagram of a system for measuring water level and temperature.



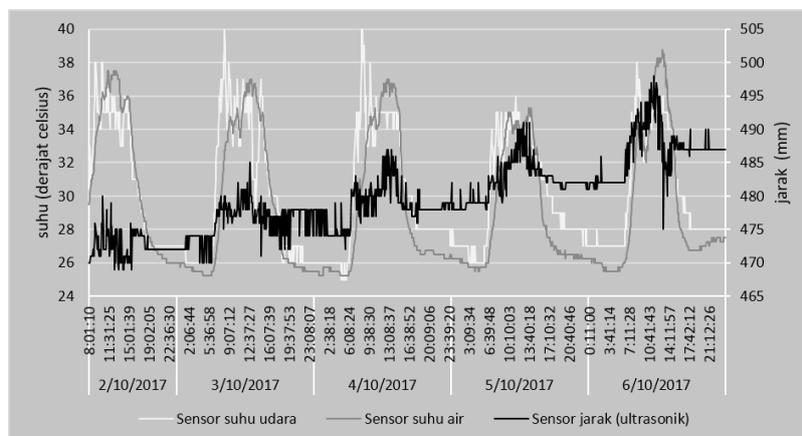
Gambar 4. (a) Alat ukur evaporasi berbasis mikrokontroler dan (b) ujicoba di dalam rumah evaporasi garam.
 Figure 4. (a) A microcontroller-based evaporation measuring instrument and (b) testing in a salt evaporation house.

air karena kebocoran media dapat diabaikan sebagaimana yang lazim terjadi di kolam-kolam tambak garam. Wadah fiberglass berwarna hitam dengan ukuran luas 1 m² dan tinggi 15 cm (Gambar 4b). Data ketinggian air, suhu udara ditampilkan secara grafis dalam bentuk chart baik hasil pengukuran langsung maupun setelah dianalisis. Data juga dibandingkan dengan hasil pengukuran secara manual.

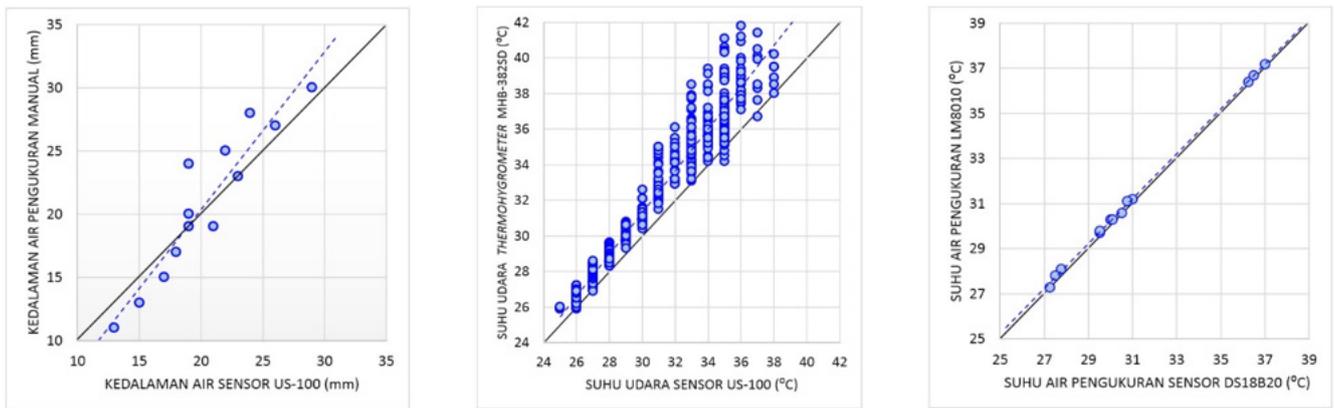
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ujicoba alat menunjukkan bahwa secara umum alat bekerja dengan baik, sistem pembacaan sensor-sensor terpasang dan perekaman data pada data logger berjalan sempurna. Data yang terekam disajikan dalam bentuk line chart pada gambar 5. Pada gambar tersebut terdapat beberapa hal yang menarik untuk dicermati antara lain adalah, fluktuasi pembacaan sensor ultrasonic cukup tinggi sehingga selisih hasil pembacaan dibandingkan dengan jarak sesungguhnya masih cukup besar. Namun demikian tren penambahan

jarak (pengurangan ketinggian air) secara rata-rata masih dapat ditolerir. Fluktuasi suhu (udara dan air) diurnal terlihat relatif konstan, yaitu meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari. Suhu udara dalam rumah kaca mencapai puncaknya (40°C) pada pukul 8.00 - 9.00 WIB dan berfluktuasi hingga pukul 12.00 WIB, hal ini diduga adanya proses evaporasi dan kondensasi secara bergantian di dalam rumah kaca, sebagai akibat dari minimnya sirkulasi udara. Suhu air mencapai puncaknya pada sekitar 12.00 - 13.00 WIB, hal ini bersesuaian dengan kondisi sesungguhnya di tambak garam sebagaimana dikemukakan oleh (Bramawanto & Sagala, 2016). Pada hari ke-4 pengukuran suhu udara dan air cenderung turun karena diduga terpengaruh kondisi cuaca mendung dan hujan dari luar rumah evaporasi garam. Pembacaan jarak oleh sensor ultrasonic diduga kuat dipengaruhi suhu sekeliling (udara dan air), sebagaimana dinyatakan oleh Stănescu *et al* (2014). Hal ini terlihat dari lonjakan pembacaan jarak yang seiring dengan terjadinya kenaikan suhu, dan sebaliknya. Penyusutan air juga



Gambar 5. Hasil pengukuran sensor ultrasonic dan sensor suhu (udara & air).
 Figure 5. Measurement results of ultrasonic sensors and temperature sensors (air & water).



Gambar 6. Perbandingan hasil pengukuran sensor pada mikrokontroler dengan pengukuran manual atau alat pengukuran lainnya.

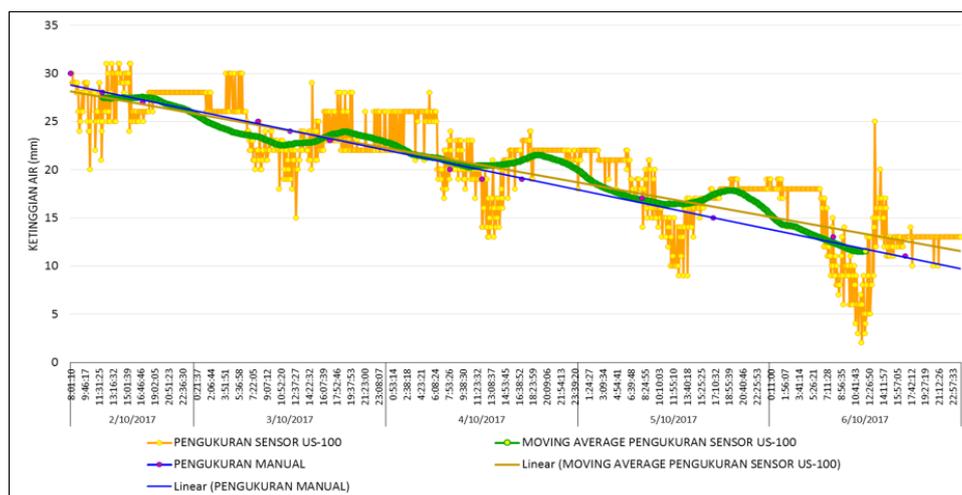
Figure 56 Comparison of the measurement results of the sensor on the microcontroller with manual measurement or other measurement tools.

mempengaruhi pembacaan jarak, terlihat dari deviasi yang semakin tinggi seiring bertambahnya hari.

Perbandingan hasil pengukuran sensor ultrasonic (jarak) dan sensor suhu dengan pengukuran manual menunjukkan bahwa secara umum terdapat kesesuaian di antara keduanya. Hal tersebut ditunjukkan dengan sebaran hasil pengukuran dan tren perbandingan hasil pengukuran yang mengikuti tren garis idealnya (Gambar 6). Urutan perbandingan pengukuran dari yang paling ideal adalah perbandingan hasil pengukuran sensor suhu air ds18b20 dengan environment meter LM8010, diikuti dengan perbandingan pengukuran sensor suhu udara dari sensor US-100 dengan Thermohyrometer MHB-382SD dan perbandingan pengukuran sensor jarak ultrasonic US-100 dengan pengukuran manual. Hasil pengukuran suhu udara terlihat terdapat selisih

yang cukup signifikan yaitu dalam kisaran 1 - 4°C. Semakin meningkat suhu semakin besar selisih keduanya. Hal tersebut diduga disebabkan karena thermohyrometer MHB-382SD diletakkan dekat rangka atap rumah kaca, sedangkan sensor suhu udara dalam US-100 berada sekitar 60 cm dari permukaan tanah.

Khusus untuk melihat evaporasi, perbandingan perekaman data sensor US-100 dengan pengukuran manual menunjukkan adanya selisih yang cukup signifikan (0,8 mm) setelah hari kedua dan semakin melebar (inklinasi) pada hari-hari berikutnya, dan pada hari keempat selisihnya mencapai 3 mm (Gambar 7). Sebagaimana telah disinggung secara singkat sebelumnya, bahwa sensor ultrasonic diduga sangat dipengaruhi suhu sekitar dan ketinggian air. Suhu



Gambar 7. Inklinasi dari selisih hasil pengukuran sensor dan manual pada ujicoba pertama.
Figure 7. Inklinasi dari selisih hasil pengukuran sensor dan manual pada ujicoba pertama.

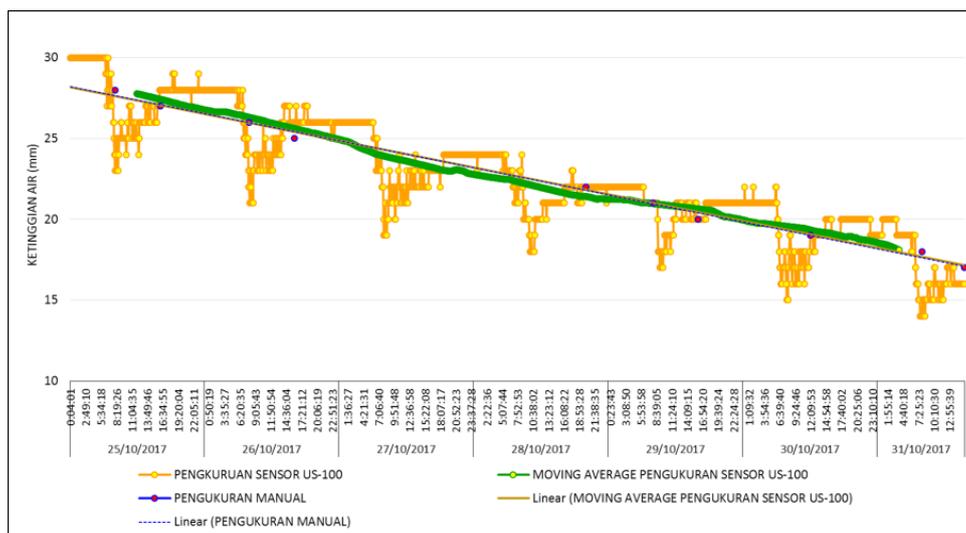


Gambar 8. Pemberian Styrofoam di antara permukaan air dan sensor US-100.
 Figure 8. Pemberian Styrofoam di antara permukaan air dan sensor US-100.

udara yang meningkat drastis pada pagi hari memicu evaporasi yang menghasilkan uap air. Dikarenakan ujicoba dilakukan di dalam rumah evaporasi garam (semacam rumah kaca) yang hanya memiliki sedikit bukaan sehingga sirkulasi/pergantian udara sangat minim, maka uap yang jenuh akan terkondensasi menjadi butiran air atau embun. Proses evaporasi dan kondensasi secara bergantian tersebut membuat udara dalam rumah kaca menjadi lembab. Hal inilah yang diduga kuat menjadi penyebab biasanya pembacaan sensor jarak. Sebagaimana dikemukakan oleh Nicolau *et al.* dalam (Panda *et al.*, 2016) bahwa empat parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan suara adalah suhu, kelembaban relatif, perubahan tekanan udara dan perubahan konsentrasi CO₂.

Dikarenakan pembacaan sensor suhu relatif baik maka solusi lebih difokuskan pada cara untuk mengatasi gangguan terhadap pembacaan sensor ultrasonic. Solusi yang dilakukan pada ujicoba kedua adalah dengan cara memberikan benda padat yang dapat mengapung dipermukaan air yaitu styrofoam tipis dan menambah bukaan sebagian rumah kaca untuk mengurangi uap jenuh yang diduga dapat mengganggu pembacaan sensor ultrasonic (gambar 8).

Setelah dilakukan dua perlakuan di atas, ketelitian hasil pembacaan sensor ultrasonic mengalami peningkatan, sebagaimana yang terlihat pada gambar 9. Tingkat ketelitiannya dapat dilihat dari perbandingan antara tren garis linier dari pembacaan sensor US-100 (garis cokelat) dengan tren garis linier pengukuran



Gambar 9. Kondisi pengukuran sensor ultrasonic yang lebih reliable pada ujicoba kedua.
 Figure 9. Kondisi pengukuran sensor ultrasonic yang lebih reliable pada ujicoba kedua.

manual (garis biru putus-putus). Kedua garis tersebut terlihat hampir berhimpitan. Fluktuasinya pun relatif lebih konstan dibandingkan sebelumnya, ditunjukkan dengan titik-titik moving average yang membentuk garis hijau yang stabil. Tidak terlihat fluktuasi yang ekstrim sebagaimana yang terjadi pada ujicoba pertama meskipun terjadi pengurangan ketinggian air. Belum dapat dipastikan faktor yang lebih dominan mempengaruhi perubahan tersebut, diduga kuat sirkulasi yang lebih baik akibat dari ditambahnya bukaan yang mempengaruhinya. Namun dampak dari ditambahnya bukaan sebagian rumah kaca mengakibatkan proses evaporasi melambat, sehingga pengurangan ketinggian air hanya 11 mm selama kurang lebih 6,5 hari atau rata-rata 1,7 mm per hari. Lebih lambat dibandingkan dengan ujicoba sebelumnya yang mengalami pengurangan air setinggi 16 mm selama 5 hari atau rata-rata 3,2 mm per hari.

KESIMPULAN

Alat pengukur ketinggian muka air dan suhu menggunakan mikrokontroler ATmega328, sensor ultrasonic US-100 dan sensor suhu ds18b20 memiliki tingkat akurasi hingga 98,6% sehingga layak digunakan untuk pengukuran jarak dan suhu sekitar (udara dan air). Sistem perekaman dan penyimpanan data menggunakan data logger dan SD Card dapat bekerja sesuai perancangan sistem dengan baik. Hasil perekaman data jarak dapat dipergunakan untuk menentukan jumlah air ter-evaporasi dari air laut pada proses produksi garam berdasarkan perbedaan ketinggian air awal dan ketinggian air akhir. Setelah adanya perbaikan pada ujicoba kedua, hasil pengukuran antara alat yang dibuat dengan alat ukur standar diperoleh selisih pembacaan ketinggian permukaan air dalam kisaran 1-3 milimeter dengan selisih rata-rata 1,2 milimeter, jauh lebih baik dari ujicoba pertama yang selisihnya mencapai 4 mm. Sedangkan selisih rata-rata pembacaan suhu air sebesar 0,2°C, lebih baik dari ujicoba pertama yang selisihnya 0,4°C. Demikian pula dengan selisih rata-rata pembacaan suhu udara sebesar 0,5°C, jauh lebih baik dari ujicoba pertama yang selisihnya mencapai 1,5°C.

Selanjutnya, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh ketinggian air terhadap pembacaan sensor jarak dan performa dan endurance alat pada kondisi sesungguhnya di tambak garam, mengingat alat bekerja pada lingkungan penguapan yang mengandung garam. Dalam pengembangannya alat ini dapat dilengkapi dengan sensor kelembaban dan kecepatan/arah angin. Panel surya bisa dipergunakan sebagai

sumber catudaya yang dapat menyediakan energi listrik secara kontinyu. Agar data yang diperoleh dapat dimonitoring dan dimanfaatkan secara daring dapat pula ditambahkan modul *ethernet*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Riset Kelautan. Terima kasih kepada Ketua Kelompok Penelitian Sumberdaya Air Laut dan Garam. Terima kasih kepada Dewan Redaksi, dan Mitra Bestari, dan kepada pihak-pihak yang tidak disebutkan dalam persantunan ini yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. G. A. P. R. (2011). Rancang Bangun Prototipe Alat Ukur Ketinggian Air Terpadu Berbasis Mikrokontroler At89s52. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 10(1), 13–19.
- Akhwandi, D., & Yudhana, A. (2017). Sistem Penyegaran Ruangan Dari Asap Rokok Dan Gas Lpg Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer Dan Informatika (JITEKI)*, 3(1), 1–9.
- Akridge, D. G. (2008). Methods for calculating brine evaporation rates during salt production. *Journal of Archaeological Science*, 35(6), 1453–1462. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.10.013>
- Azhari, Jumarang, M. I., & Muid, A. (2014). Pembuatan Prototipe Alat Ukur Ketinggian Air Laut Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *Jurnal POSITRON*, 4(2), 64–70.
- Bramawanto, R., & Sagala, S. L. (2016). Meteorological And Physical Conditions of Salt Pan Areas With Filtering-Threaded Technology (Tuf) In Cirebon Regency, Indonesia. *Jurnal Segara*, 12(2), 81–90.
- Chobir, A., Andang, A., & Hiron, N. (2017). Sistem Deteksi Elevasi Permukaan Air Sungai dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Arduino. *Jurnal Siliwangi*, 3(1), 149–155.
- Fahrudin. (2014). *Prototype Monitoring Ketinggian Air Pada Waduk Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Fikri, R., Lapanporo, B. P., & Jumarang, M. I. (2015). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web Service. *POSITRON*, 5(2), 42–49.
- Fujita, T., & Honda, N. (1980). Measurement of Evaporation from Salt Water Pan. *Papers in Meteorology and Geophysics*. <https://doi.org/10.2467/mripapers.31.1>
- Hidayat, S., & Mushlihudin. (2017). Alat Ukur Tinggi Muka Air Berbasis WEB. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro*

- Komputer Dan Informatika (JITEKI)*, 3(2), 96–100.
- Indarto, B., Sunarno, H., Fahrudin, M., & B. Rahmat, D. (2015). Pengukuran Ketinggian Permukaan Air Sungai menggunakan Prinsip Tekanan Berbasis Mikrokontroler ATmega328. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 11(3), 120–126. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v11i3.1072>
- Kokya, B. A., & Kokya, T. A. (2008). Proposing a formula for evaporation measurement from salt water resources. *Hydrological Processes*, 22(12), 2005–2012. <https://doi.org/10.1002/hyp.6785>
- Panda, K. G., Agrawal, D., Nshimiyimana, A., & Hossain, A. (2016). Effects of environment on accuracy of ultrasonic sensor operates in millimetre range. *Perspectives in Science*, 8, 574–576. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.06.024>
- Purbowaskito, W., & Handoyo, R. (2017). Perancangan Alat Penghitung Benih Ikan Berbasis Sensor Optik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(3), 141–148.
- Saleh, K., Fauziyah, Hadi., & Freddy. (2013). Sistem Pemantauan Ketinggian Permukaan Air Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp-2 Menggunakan Memory Stick Sebagai Penyimpan Data. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 511–515.
- Sedivy, V. M. (2009). Environmental Balance of Salt Production speaks in favour of Solar Saltworks. *Global NEST Journal*, 11(1), 41–48.
- Sonata, W. E., & Wildian. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Laju Pernapasan Manusia Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535. *Jurnal Fisika Unand*, 4(4), 332–338. Retrieved from http://www.academia.edu/download/43440020/06_jurnal_Anita.pdf
- Srivastava, G. P. & Gyan P. (2009). Surface meteorological instruments and measurement practices. Atlantic Publishers & Distributors. Retrieved from https://play.google.com/store/books/details/Surface_Meteorological_Instruments_and_Measurement?id=QyIDlghxdwoC&hl=en_US
- Stănescu T., Moldovan E.-C., & Dolga V. (2014). Effects of the Environment Temperature on the Characteristic of Parallax Ping))) Ultrasonic Sensor. *Robotica & Management*, 19-2 / 2014
- Steinhorn, I. (1991). On the concept of evaporation from fresh and saline water bodies. *Water Resources Research*, 27(4), 645–648. <https://doi.org/10.1029/90WR02759>
- Sugandi, N. A. (2016). Prototype Early Warning Sistem Dan Pemantau Ketinggian Air Laut. *E-Jurnal Prodi Teknik Elektronika*, 1, 1–10.
- Tanny, J., Cohen, S., Assouline, S., Lange, F., Grava, A., Berger, D., Teltch, B., & Parlange, M. B. (2008). Evaporation from a small water reservoir: Direct measurements and estimates. *Journal of Hydrology*, 351(1–2), 218–229. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.12.012>
- Wibowo, L., & Broto, W. (2017). Pemanfaatan mikrokontroler dalam mesin pembuat kopi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017*, VI(October), 1–8.

