

PENGEMBANGAN ALAT KONDENSASI PENGUKUR OKSIGEN UDARA AMBIEN UNTUK Mendukung PRAKTIKUM PADA MATA KULIAH PENGETAHUAN LINGKUNGAN

Rahmat Bayu^{1*}, Joko Waluyo², Mochammad Iqbal³

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121

***Abstrack:** At present it is using digital air measurements using much better analytical functions in the field using digital measurements that have accuracy weaknesses. Developing a condensation device into the air oxygen meter uses two methods: prioritizing Saltzman and Winkler, this corresponds to the contents in the air directly with air and oxygen. Development of atmospheric condensation equipment for example ambient air oxygen concentration measuring generator, carried out with the R2D2 development model with a calibration process based on independent sample test Calibration T-test error test with digital titration and electrochemical methods, In addition to the significance of the measurement result is sig value $0.280 > 0,05$ and the calibration measurement results of the tool developed with a digital meter tool obtained the significance of the results that the sig value of $0.254 > 0.05$ there was no difference between several samples using the method used.*

***Keywords:** Condensation, Atmospheric Water Sample Generator, Oxygen, R2D2*

PENDAHULUAN

Kualitas konsentrasi oksigen udara saat ini bisa diukur dengan menggunakan alat pendukung yang telah ada, diantaranya dengan penentuan konsentrasi oksigen terlarut H+ menggunakan alat *oxygen* meter atau DO meter digital yaitu penentuan oksigen terlarut metode elektrokimia, adalah cara langsung proses menentukan konsentrasi oksigen terlarut dengan alat *oxygen* meter digital. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit atau kelembaban udara yang masuk pada alat DO meter, probe ini biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan anoda timbal (Pb). Secara keseluruhan, elektroda ini dilapisi dengan membran plastik yang bersifat semi permeable terhadap oksigen, Aliran reaksi yang terjadi tersebut tergantung dari aliran oksigen pada katoda. Difusi oksigen dari sampel ke elektroda berbanding lurus terhadap konsentrasi oksigen terlarut, namun dengan cara ini memiliki kelemahan serta akurasi yang kurang tepat karena tidak semua nilai keseluruhan oksigen terbaca yang ada pada sampel, selain itu harus

¹ E-mail: RahmatBayuSuseno46@gmail.com

P-ISSN: 1411-5433

E-ISSN: 2502-2768

© 2018 Saintifika; Jurusan PMIPA, FKIP, Universitas Jember

<http://jurnal.unej.ac.id/index.php/STF>

diperhatikan suhu dan salinitas sampel yang akan diperiksa (Salmin, 2005). Berdasarkan pengalaman di lapangan, penentuan konsentrasi oksigen dengan cara titrasi atau dengan analisis kimia lebih dianjurkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan analitis, alat *oxygen* meter masih dianjurkan jika sifat penentuannya hanya bersifat kisaran (Salmin, 2005).

Perlu adanya pengembangan alat untuk mengukur konsentrasi oksigen di udara dengan cara yang lebih analitis dan akurat menggunakan alat dengan metode yang akan diterapkan, sehingga pengembangan alat merupakan salah satu peran penting yang dapat membantu proses pengukuran konsentrasi oksigen di udara dan mudah diterapkan sebagai alat bantu utama dalam proses pengambilan sampel, pengembangan alat dapat digunakan juga dalam kegiatan pembelajaran. Mengetahui konsentrasi oksigen suatu perairan dengan pengukuran konsentrasi oksigen terlarut jika di aplikasikan kedalam metode pengukuran konsentrasi oksigen di udara bisa dilakukan dengan mengukur konsentrasi oksigen terlarut pada air di udara bebas atau air atmosfer, karena uap air adalah elemen utama proses termodinamika atmosfer dan mempunyai peranan yang penting dalam proses kondensasi dan pembentukan awan (Susilo, 2012). Sehingga uap air di atmosfer berdifusi secara langsung dengan oksigen dipengaruhi jumlah komposisinya sesuai dengan produksi oksigen di lokasi tersebut.

Mendapatkan sampel berupa uap air udara bebas (*atmospheric water*) hanya bisa menggunakan mekanisme pengumpulan sampel dengan cara kerja alat kondensasi, sehingga dilakukan pengembangan alat kondensasi, yaitu alat *Atmospheric Water Sample Generator* sebagai alat bantu utama memperoleh sampel seperti alat *Impinger*, selama ini alat sejenisnya hanya dikembangkan sebagai alat pengambil air atmosfer di udara untuk di konsumsi, yang disebut dengan alat *Atmospheric Water Generator* dan pengembangannya masih menggunakan mekanisme kondensasi teknologi yang tergolong sederhana, oleh karena itu pengembangan alat kali ini dirubah untuk keperluan lain sebagai alat *laboratorium* yaitu alat sampling udara ambien dan dirubah namanya menjadi *Atmospheric Water Sample Generator*, dengan mekanisme kerja alat berbeda. Pengembangan sistem pendinginan pada ruang kondensat alat, serta desain alat dikembangkan untuk mendapatkan sampel uap air udara bebas yang terkumpul menjadi sampel dengan jumlah di inginkan, dan pengembangan dilakukan dengan penggabungan teknologi Pengembunan dengan suhu rendah, Tekanan udara, serta Laju Udara *air flow meter* guna mendapat akurasi kerja alat yang terukur. Tentunya peranan kalibrasi menentukan akurasi kerja alat yang dikembangkan, kandungan konsentrasi oksigen dari sampel atau *output* dari alat *Atmospheric Water Sample Generator* tersebut nantinya di analisis dengan dua metode yaitu metode *Winkler* di modifikasi sebagai tahap awal penentuan konsentrasi oksigen terlarut pada sampel menggantikan analisis *Spektrofotometer UV*, serta

metode perhitungan Griess Saltzman yang di modifikasi untuk menghitung jumlah konsentrasi oksigen keseluruhan pada udara ambien berdasarkan perhitungan jumlah udara yang dihisap oleh alat, untuk hasil yang lebih akurat dan juga lebih analitis dalam mengukur konsentrasi oksigen di udara daripada menggunakan oxygen atau DO meter digital. Berdasarkan angket yang telah diberikan kepada satu dosen biologi dan satu orang supervisi laboratorium diketahui bahwa pengembangan alat pengukur konsentrasi oksigen secara analitis dibutuhkan karena akurasi menentukan hasil suatu pengukuran, dan hasil penelitian dicetak dalam bentuk media atau buku.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian Pengembangan (*Research and Development*). Produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah Alat Kondensasi *Atmospheric Water sample Generator* sebagai alat sampling udara ambien untuk mengukur konsentrasi oksigen udara ambien dan pemanfaatannya sebagai buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum, Penelitian pengembang ini mengacu pada model R2D2 (*Reflective, Recursive, Design, and Development*) yang merupakan model penelitian pengembangan yang dikembangkan oleh Willis (1995). Pertama rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan yang dikembangkan oleh Willis (1995), yaitu model pengembangan R2D2 (*Reflective, Recursive, Design and Development*). Prosedur pengembangan dalam penelitian model pengembangan R2D2 berdasarkan tiga tahapan, yaitu pertama Tahap pendefinisian kedua Tahap perencanaan dan pengembangan dan ketiga Tahap penyebarluasan namun prosedur pengembangan dalam penelitian ini berdasarkan hanya dua tahapan dari R2D2, yaitu: Tahap pendefinisian, Tahap perencanaan dan pengembangan, tahap penyebarluasan tidak dilakukan. Kemudian yang kedua metode pengumpulan data, Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari isian lembar validasi produk alat serta buku, dan hasil uji kalibrasi alat, kemudian data kualitatif diperoleh dari berupa hasil dokumentasi, wawancara, serta saran dan kritik dari validator. Data-data tersebut digunakan untuk menilai validitas alat serta produk buku yang dihasilkan. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode tahapan pembuatan alat, uji alat terkalibrasi, dokumentasi, metode wawancara, dan validasi ahli.

Metode tahapan pembuatan alat, Sumber pembuatan alat kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* dari penelitian ini adalah pengumpulan informasi mengenai karakteristik dan mekanisme kerja alat yang saling berkaitan satu sama lain dalam hal

mekanisme kondensasi yang saat ini umum digunakan di produk secara umum kemudian informasi dari buku-buku literasi dan internet mengenai alat yang serupa, dan uji alat terkalibrasi yakni melakukan uji coba alat yang terukur dan dibandingkan hasilnya dengan alat yang kegunaannya sama, sehingga hasil akurasi kerja alat akan bisa diukur dengan mengetahui nilai kesalahan absolutnya dan disajikan berupa dalam tabel perbandingan hasil uji alat berdasarkan hasil analisis uji *T-test*. Kemudian Sumber dokumentasi yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut, pertama Foto desain alat, proses pembuatan alat, dan proses pengujian alat dan tahapan manual prosedur penggunaan alat, kedua Informasi dari buku dan internet mengenai alat dan keterangan alat tersebut. Penyebaran Angket Kebutuhan merupakan sebuah angket yang dilakukan oleh peneliti untuk memperoleh informasi dari responden tersebut. Peneliti memberikan angket kebutuhan dengan satu dosen yang sudah berpengalaman dibidangnya, dan satu orang laboran analisis supervisi yang ahli dibidang penggunaan alat laboratorium, dalam angket komponen pertanyaan mencakup seluruh pertanyaan seputar kebutuhan pengembangan alat ukur yang digunakan untuk menentukan nilai konsentrasi oksigen di udara ambien untuk keperluan pembelajaran serta ilmu pengetahuan. Teknik analisis data dalam penelitian ini untuk menganalisis hasil validasi yaitu dengan perhitungan rata-rata. Data yang digunakan dalam validasi alat pengukur konsentrasi oksigen udara ambien serta buku manual prosedur penggunaan alat ini akan dilakukan pada uji coba alat ini adalah menggunakan deskriptif kualitatif yaitu menjabarkan produk hasil rancangan setelah diimplementasikan dalam bentuk produk jadi dan menguji produk dengan skala kecil. Untuk mengetahui hasil akurasi kerja alat maka hasil kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil kerja alat dengan alat yang sama kegunaannya yaitu DO meter digital dan oksigen meter digital, dan untuk mengetahui uji beda dari kedua alat tersebut maka menggunakan uji beda *sample T-Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses tahap pengembangan, pada tahap ini rancangan serta desain awal pengembangan alat dijadikan satu alat yang utuh saling bekerja dan terhubung, berikut merupakan hasil awal pengembangan alat kondensasi pengukur konsentrasi oksigen udara ambien:

Ruang Kondensat Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*. Desain mekanisme kerja alat kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*, yang meliputi ruang kondensat utama alat, merupakan salah satu bagian terpenting alat ini. Di dalam mekanisme kerja ruang kondensat itu sendiri terdapat beberapa bagian komponen penyusun yang penting digunakan, seperti pompa udara, blower, tabung, selang, dan pendingin air serta elektrik.



Gambar 1. Kondensat Alat

Komponen penyusun ruang kondensat alat, yang pertama merupakan pompa udara sebagai penghisap udara yang terukur. Pompa udara yang digunakan merupakan aerator aquarium yang terstandar pabrikan dengan output 3.5 Liter/menit.



Gambar 2. Pompa Udara Alat

Komponen pendingin kondensat alat serta berfungsi sebagai pengering, menggunakan elemen *thermoelektrik peltier* dengan daya maximum 12 volt 5A diletakkan disisi bawah ruang kondensat alat.

Gambar 3. Pendingin *Thermoelektrik Peltier*

Komponen pendingin utama alat, menggunakan pendingin manual berupa air es yang meliputi pompa air, wadah pendingin, selang, serta tabung kondensat yang berada didalam ruang kondensat alat.



Gambar 4. Komponen Pendingin Air Kondensat

Pengering blower alat yang diletakkan di dalam bagian atas ruang kondensat alat dengan beberapa lubang ventilasi untuk mengeluarkan uap air secara cepat ketika proses pengeringan berlangsung.



Gambar 5. Blower Pengering Utama

Ruang Sampel Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*. Ruang sampel alat tempat penampung sampel air atmosfer yang meliputi ruang yang dilengkapi dengan corong berkasa sebagai jembatan air sampel ketika ditampung di gelas.



Gambar 6. Ruang Sampel

Ruang catu daya dan tempat mengontrol komponen alat guna memudahkan pengoperasian alat yang meliputi beberapa tombol *power on* dan *off* komponen alat untuk pompa udara, pompa air, lampu, pendingin elektrik, blower serta catu daya.



Gambar 7. Ruang Catu Daya dan *controller*

Data dan Analisa Hasil Kalibrasi Komponen Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*. Kalibrasi komponen alat kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* pengukur konsentrasi oksigen di udara ambien dilakukan setelah tahap pembuatan alat selesai. Data yang diperoleh dari proses kalibrasi berupa data kuantitatif yang kemudian dianalisa untuk menentukan akurasi alat sudah tepat dilakukan. Hasil kalibrasi alat dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Komponen Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*

Alat/Komponen	Spesifikasi
<i>Revoe Water Pump Power Head R-12</i>	AC 220V
	50Hz 10W
	Output 700 L/H
<i>Armara Air Pump</i>	AC 220V
	50Hz 5W
	Output 3.5L/m
<i>Power Suply Switch Variable</i>	AC 220V
	5A
	Output DC 3V-13.6V
<i>Peltier</i>	TEC1-12706
	BC2011/10
<i>Cooling Fan</i>	DC 12V

Tabel 2. Hasil Kalibrasi Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*

Yang di Kalibrasi dan di Ukur	Hasil Per Satuan	Hasil
Laju udara (Fa)	Lt/m	3,5 Lt/m
Tekanan Barometer (Pa)	mmHg/1atm	101 mmHg(Normal)
Suhu Pendingin utama (Ta)	Celcius= Kelvin (K)	<16°C Suhu Awal (Normal)
Suhu Pendingin Termoelektrik (Ta)	Celcius	<20°C Suhu Pendingin >20 °C Suhu Pengering (Normal)
Tekanan Barometer (Pa)	mmHg/1atm	101 mmHg(Normal)

Data dan Analisa Hasil Kalibrasi Uji Kesalahan Pengukuran Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*. Kalibrasi uji kesalahan pengukuran Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* pengukur konsentrasi oksigen di udara ambien dilakukan setelah tahap perakitan semua komponen alat selesai dibuat.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Uji Kesalahan Pengukuran Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* dengan alat *Oxygen Meter Digital*.

Data Alat ASWG	Data Alat O2 Digital	Selisih
X1	X2	
9,71ppm/Nm ³	10,21ppm/Nm ³	0,5 ppm/Nm ³
11,84ppm/Nm ³	13,44ppm/Nm ³	1,6 ppm/Nm ³
10,16ppm/Nm ³	12,76ppm/Nm ³	2.6 ppm/Nm ³

Tabel 4. Hasil Kalibrasi Uji Kesalahan Pengukuran Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* dengan alat *DO Meter Digital*.

Data Alat ASWG	Data Alat DO Meter Digital	Selisih
X1	X2	
9,71ppm/Nm ³	9,62ppm/Nm ³	0,09 ppm/Nm ³
11,84ppm/Nm ³	9,97ppm/Nm ³	1,87 ppm/Nm ³
10,16ppm/Nm ³	9,66ppm/Nm ³	0.05 ppm/Nm ³

Data hasil kalibrasi pada tabel 3 diketahui hasil pengukuran alat kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* rendah daripada data yang diperoleh dari hasil pengukuran oleh alat oxygen meter digital namun selisih yang tertinggi hanya 2,6 ppm/Nm³ dihari ketiga uji coba. Pada tabel 4 diketahui hasil pengukuran alat kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator* lebih tinggi daripada data yang diperoleh dari hasil pengukuran oleh alat DO meter digital namun selisih yang tertinggi hanya 1,87ppm/Nm³ dihari kedua uji coba.

Uji Independent Sample T-Test SPSS Kalibrasi Uji Kesalahan Pengukuran Alat Kondensasi *Atmospheric Water Sample Generator*

Hasil uji T-test SPSS pengukuran dapat diketahui bahwa t hitung sebesar -1,330 dan t-tabel (df = 4) = 2,78 besarnya signifikansi p 0,254. Karena t hitung $1.330 < t \text{ table} = 2,78$ dan sig. $0,330 > 0,05$, berarti tidak ada perbedaan antara yang diukur menggunakan alat ASWG dengan Alat oxygen meter digital. Dan data dari tabel 6 hasil uji T di atas dapat diketahui bahwa t hitung sebesar 1,247 dan t-tabel (df = 4) = 2,78 besarnya signifikansi p 0,280. Karena t hitung $1.247 < t \text{ tabel} = 2,78$ dan sig. $0,280 > 0,05$, berarti tidak ada perbedaan antara yang diukur menggunakan alat ASWG dengan Alat oxygen meter digital. Dan dari selisih pengukuran diketahui merupakan perbedaan yang kecil dan atas dasar analisis data diatas yang mana telah diketahui perbedaannya, maka alat dapat dikatakan siap digunakan untuk mengukur konsentrasi oksigen di udara ambien.

Data dan Analisa Hasil Validasi Ahli Materi serta Media Buku Manual Prosedur Penggunaan Alat Untuk Mendukung Praktikum.

Validasi buku manual prosedur penggunaan alat dilakukan setelah draft 1 selesai dari pengembangan alat selesai dibuat. Data yang didapatkan dari hasil validasi berupa data kuantitatif dan kualitatif yang kemudian dianalisa untuk mengetahui tingkat validitas buku manual prosedur penggunaan alat yang dibuat, hasil penilaian validator. Hasil validasi buku prosedur manual penggunaan alat untuk mendukung praktikum adalah sebagai berikut, ahli materi 77%, dan ahli media 71,5%. kemudian rata-rata hasil penilaian seluruh validator adalah 75% dengan kategori valid atau layak digunakan dengan syarat beberapa hal yang perlu diperbaiki pada produk tersebut.

Pembahasan

Pengembangan alat kondensasi atmospheric water sample generator pengukur konsentrasi oksigen di udara ambien yang dilakukan peneliti dengan menggunakan model

pengembangan yang dikembangkan oleh Willis (1995), yaitu model pengembangan R2D2 (*Reflective, Recursive, Design and Development*). Model pengembangan R2D2 berdasarkan tiga tahapan, yaitu (1) Tahap pendefinisian (2) Tahap perencanaan dan pengembangan (3) Tahap penyebarluasan namun prosedur pengembangan dalam penelitian ini berdasarkan hanya dua tahapan dari R2D2, yaitu: (1) Tahap pendefinisian (2) Tahap perencanaan dan pengembangan, tahap penyebarluasan tidak dilakukan.

Tahap pertama yang dilakukan adalah tahap pendefinisian terdiri dari tiga langkah yaitu pertama penentuan tim partisipasi, yang kedua pengidentifikasian masalah, penentuan spesifikasi alat yang dikembangkan. Penentuan tim partisipasi Tim yang dibentuk terdiri dari dosen pembimbing utama Prof. Dr. Drs. Joko Waluyo, M.Si dan dosen pembimbing anggota yaitu Mochammad Iqbal, S.Pd., M.Pd serta beberapa teknisi yang membantu proses pengerjaan bagain alat tertentu seperti pembuatan *box* dan pengelasan ruang kondensat.

Tahap kedua yakni tahap perencanaan dalam tahap ini merupakan proses perencanaan alat yang telah diketahui spesifikasinya, dimana tahap perencanaan dibagi menjadi dua langkah, yaitu langkah pertama penentuan sistem kerja alat, langkah kedua menentukan metode analisis sampel hasil alat yang digunakan.

Tahap ketiga yakni tahap pengembangan alat kondensasi *atmospheric water sample generator*, dimana hasil dari proses pengembangan alat ini dilakukan tergolong waktu yang lama bagi peneliti, serta butuh perubahan berkali-kali dalam proses pengerjaan *prototype* hingga alat selesai direvisi dan kemudian dirangkai kembali dengan hasil yang diharapkan. Tahap pengembangan ini dibagi dua langkah yaitu proses mendesain dan pembuatan pengembangan alat dan langkah kedua adalah kalibrasi uji alat dan validasi oleh ahli untuk produk buku.

Proses kalibrasi uji kesalahan pengukuran oleh alat kondensasi *atmospheric water sample generator*, dengan menguji cobakan secara langsung alat ini hingga tahapan proses analisis selesai dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan alat oksigen digital udara serta alat DO meter digital. Pada tahapannya proses kalibrasi ini dilakukan secara bertahap dengan 3 kali pengulangan pengukuran, untuk tempat yang dipakai adalah alat diletakkan di ruang terbuka sekitar kampus Universitas Jember lebih tepatnya di FKIP Universitas Jember dengan tahapan selama 3 hari atau 3 pengulangan dengan waktu berbeda-beda. Hasil data uji SPSS yang diperoleh bisa dilihat pada tabel 6 diketahui bahwa nilai t hitung sebesar 1.247 dan t tabel ($df=4$) = 2,78 besarnya signifikansi p 0,280, karena t hitung $1.247 < t$ tabel = 2,78 dan sig 0,280 $>$ 0,05 berarti tidak ada perbedaan signifikan antara pengukuran sampel menggunakan kedua metode tersebut.

Hasil kalibrasi uji kesalahan pengukuran alat uji kesalahan pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat *atmospheric water sample generator* dengan alat *oxygen meter* udara digital. Hasil data uji SPSS yang diperoleh bisa dilihat pada tabel 4.5 diketahui bahwa nilai t hitung sebesar -1.330 dan t tabel ($df=4$) = 2,78 besarnya signifikansi p 0,254, karena $t \text{ hitung} -1.330 < t \text{ tabel} = 2,78$ dan $\text{sig } 0,254 > 0,05$ berarti tidak ada perbedaan signifikan antara pengukuran sampel menggunakan kedua metode tersebut sehingga alat yang dikembangkan merupakan produk yang siap digunakan.

Buku manual prosedur penggunaan alat, berbagai hasil studi menunjukkan bahwa buku pendidikan sangat berperan dalam meningkatkan prestasi belajar siswa. Buku pendidikan dapat memberikan pengalaman, pengetahuan, dan keterampilan kepada siswa tentang kehidupan dalam berbagai bidang. Namun buku pendidikan harus sesuai dengan keperluan siswa sehingga buku tersebut dapat memberi kemudahan untuk digunakan oleh siswa, baik dalam pendidikan formal

Di dalam buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum terdapat tujuan utama yang harus di capai. Kelebihan buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum yang lain adalah dilengkapi dengan prinsip mengutamakan keselamatan kerja agar dapat memperkecil resiko kecelakaan yang mungkin terjadi pada saat penggunaan alat praktikum. Hal ini sesuai dengan penelitian menyatakan bahwa manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum diperlukan sebagai panduan kegiatan praktikum supaya dapat berjalan lancar. Dalam penelitian juga menyatakan bahwa buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum ditujukan untuk membantu dan menuntun peserta didik agar dapat bekerja secara kontiniu dan terarah. Dengan adanya petunjuk praktikum, peserta didik memiliki kesiapan sebelum kegiatan praktikum yaitu dengan membaca buku tersebut terlebih dahulu. Peserta didik juga mendapatkan gambaran tentang tujuan, manfaat dan proses kegiatan praktikum yang dilakukannya. Selain itu, buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum hendaknya juga bisa menuntun peserta didik untuk mengembangkan kreativitas dan sikap ilmiah dalam melakukan eksperimen.

SIMPULAN

Pengembangan alat kondensasi *atmospheric water sample generator* pengukur konsentrasi oksigen udara ambien dan pemanfaatannya sebagai buku manual prosedur penggunaan alat untuk mendukung praktikum dapat dilakukan dengan baik dengan model pengembangan R2D2. Proses pengembangan alat dilakukan setelah tahap pendefinisian, kemudian melakukan tahap pendesainan, setelah alat serta produk buku terbentuk maka dilakukan proses kalibrasi

dan pengujian alat serta validasi ahli untuk produk buku. Hasil uji independent samples T-test dari hasil pengukuran dengan metode titrasi dan elektrokimia digital tersebut diketahui signifikansi hasil pengukuran $\text{sig } 0,280 > 0,05$ berarti tidak ada perbedaan signifikan antara pengukuran sampel menggunakan kedua metode tersebut. Sedangkan hasil uji independent samples T-test dari hasil pengukuran dengan alat yang dikembangkan *atmospheric water sample generator* dengan alat oksigen meter digital tersebut diketahui signifikansi hasil diketahui bahwa nilai t hitung sebesar 1.330 dan t tabel ($\text{df}=4$) = 2,78 besarnya signifikansi p 0,254, karena $t \text{ hitung } 1.330 < t \text{ tabel } = 2,78$ dan $\text{sig } 0,254 > 0,05$ berarti tidak ada perbedaan signifikan antara pengukuran sampel menggunakan kedua metode tersebut sehingga alat yang dikembangkan merupakan produk yang siap digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. 2013. *Pengembangan dan Model Pembelajaran Dalam Kurikulum 2013*. Jakarta: Prestasi Pustakarya.
- Anandhulal *et al.* 2016. *Atmospheric Water Generation*. Jurnal International of Scientific and Engineering Research Vol 7 (4)
- Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Arifin, S. 2012. *Sukses Menulis Buku Ajar dan Referensi*. Jakarta: Grasindo
- Badan S.N.I. 2005. *Udara Ambien Metode Griess Saltzman spektrofotometer*. Jakarta. BSN
- Budiwati, T. 2010. *Analisis Korelasi Pearson Untuk Unsur-unsur Kimia Air Hujan di Bandung*: Jurnal Sains Dirgantara Vol. 7 (2)
- Chusnan, A. M. & Sudibyakto. 2010. *Kajian Luas Hutan Kota Berdasarkan Kebutuhan Oksigen, Karbon Tersimpan, dan Kebutuhan Air di Kota Yogyakarta*: Majalah Geografi Indonesia Vol. 21 (2)
- Dibyoy, S. 2009. *Peitungan Desain Thermal Kondensor Pada Sistem Pendingin PWR*. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta
- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan*. Jember: Pena Salsabila
- Kenengsih, S. 2014. *Pengembangan Penuntun Praktikum MikroIPA Berorientasi Inquiri terbimbing*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang. Padang: Tidak Diterbitkan.
- Kemendikbud. 2016. *Silabus Mata Pelajaran SMA/MA Mata Pelajaran Biologi*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Moestikahadi, S. 2001. *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Bandung: ITB
- Mustaji. 2012. *Desain Pembelajaran Dengan Model R2D2*. [Http://pasca.tp.ac.id/site-desain-pembelajaran-dengan-model-r2d2](http://pasca.tp.ac.id/site-desain-pembelajaran-dengan-model-r2d2).
- Mukono, H. J. 1997. *Pencemaran Udaradan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya. Airlangga University Press
- Odum, E.P. 1996. *Dasar-dasar ekologi edisi ketiga*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- usat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Pedoman Penilaian Buku Non teks Pelajaran*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Pusat Perbukuan Nasional, 2014. *Penilaian Buku Non teks pelajaran*. [www.http://litbang,kemendikbud.go.id?indek.php?15-ban-pt?115-penilaian-buku-nonteks-pelajaran](http://litbang.kemendikbud.go.id?indek.php?15-ban-pt?115-penilaian-buku-nonteks-pelajaran). [Diakses pada 28 januari 2018]

- Rahmah, M. 2013. *Pengembangan Instrumen Penilaian Kualitas Media Pembelajaran Elektronik Kimia dalam Bentuk Penilaian Skala*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Sastrawijaya, T. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta. Rineka Cipta
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Jurnal Oseana Vol. xxx (3)
- Setiawan, A. & Hermana, J. 2013. *Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen di kota Probolinggo*. Jurnal Teknik Pomiks Vol. 2 (2)
- Septriana, D. et al. 2004. *Predicting Oxygen-base Urban Forest Needs in Padang City, West Sumatera*. Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. X (2)
- Sulityo, I. 2005. *Peran Udara Dalam Kehidupan Kaitannya Dengan Pandangan Hidup Masyarakat Indonesia*. Seminar Nasional Penelitian Universitas Yogyakarta F-MIPA
- Sugyono, 2008. *Statistik Nonparametris Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung
- Susilo, W. D. Dodi, K. W & Efendi, J. 2012. *Mean Weight Temperature Study for Precipitable Water Vapour (PWV) Determination from GPS Data in Indonesia*. Jurnal Globe Vol. 14 (2)
- Universitas Jember. 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Willis, J. 1995. A Recursive, Reflektive Instructional Design Model Based On Constructivist-Interpretivist Theory. *Educational Technology*. 35(6): 5-23.
- Willis, J. 2009. A General Set Of Procedures For C-ID: R2D2. In J. Willis (Ed), *Constructivist Instructional Design (C-ID): Foundations, Models, and Examples*. Charlotte, NC: Information Age Publishing. (pp. 313-355).
- Willis, J., and Wright, K.E, 2000. A General Set Of Procedur For Constructivist Instructional Design: The New R2D2 Model. *Educational Technology*. 40 (2): 5-10
- Yohannes E, et al. 2014. *Heat Flux Kondensasi pada Media Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nuriifera)*. Malang. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.5 (1)