

# RANCANG BANGUN KALIBRATOR UNTUK SENSOR KADAR AIR TANAH

## DESIGN OF SOIL MOISTURE SENSOR CALIBRATOR

Marlita Aulia Rahman<sup>1,\*</sup>, Agustina Rachmawardani<sup>2</sup>, Ibnu Sofwan Lukito<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2,3</sup>BMKG Pusat, Jakarta, Indonesia

\*email korespondensi: [marlitaaulia07@gmail.com](mailto:marlitaaulia07@gmail.com)

### Abstrak

Kadar air tanah merupakan salah satu unsur iklim yang diamati di BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). Alat ukur kadar air tanah wajib dikalibrasi minimal 1 tahun sekali. Penelitian ini bertujuan membuat kalibrator untuk sensor kadar air tanah tersebut. Komponen yang digunakan yaitu sensor Profile Probe PR2/6, LCD 20×4, Arduino mega 2560, RTC DS3231, keypad 3x4, micro-SD card, dan adaptor sebagai catu daya. Hasil pengukuran dapat ditampilkan melalui LCD dan aplikasi pada PC (*Personal Computer*). Pengujian alat dilakukan dalam 4 tahap, yaitu uji komparasi, uji port alat, uji kinerja alat, dan uji tampilan PC. Hasil pengujian komparasi alat menunjukkan bahwa alat dapat beroperasi dengan baik dengan nilai simpangan baku dan ketidakpastian yang masuk dalam batas toleransi WMO sebesar  $\pm 5\%$ . Hasil pengujian lainnya yaitu pengujian port, pengujian kinerja alat, dan pengujian tampilan PC menunjukkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: kadar air tanah, Profile Probe PR2/6, Arduino mega 2560

### Abstract

*Soil moisture is one of the climate elements observed in BMKG (Meteorology Climatology and Geophysics Agency). Instruments for soil moisture measurement must be calibrated at least once a year. This research aims to make a calibrator for the soil moisture sensor. The components used are Profile Probe PR2/6 sensor, LCD 20×4, Arduino mega 2560, RTC DS3231, keypad 3x4, micro-SD card, and adapter as power supply. The measurement results will be displayed through LCD and PC application. Testing instrument is done in 4 stages, namely comparison test, port instrument test, instrument performance test, and PC application test. The results of the instrument comparison test shows that the instrument can operate well with standard deviation and uncertainty value within the WMO tolerance limit of  $\pm 5\%$ . Other tests result also show that the instrument works well.*

*Keywords: soil moisture, Profile Probe PR2/6 sensor, Arduino mega 2560*

### Pendahuluan

Kadar air tanah adalah sejumlah air yang terkandung dalam tanah, yang disebut juga kelembaban tanah. Kadar air tanah digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik, dinyatakan dalam ratio atau % (persen), hingga nilai jenuh air dimana semua pori-pori tanah terisi air. Kadar air tanah dapat ditetapkan dengan dua metode, yaitu metode langsung dengan melakukan pengukuran perbedaan berat tanah (gravimetri) dan metode tidak langsung dengan melakukan pengukuran sifat-sifat lain yang berhubungan erat dengan air tanah [1]. Kadar air tanah merupakan salah satu unsur iklim yang diamati di BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) berdasarkan Peraturan Kepala BMKG nomor 4 tahun 2016 tentang Pengamatan dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan BMKG [2].

WMO (*World Meteorological Organization*) menyatakan bahwa kadar air tanah merupakan komponen penting dalam siklus air di atmosfer, baik dalam skala kecil pertanian maupun skala luas

pemodelan interaksi atmosfer dan tanah [3]. Data kadar air tanah, dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah pertanian. Data kadar air tanah dapat dimanfaatkan untuk menentukan penganggaran air untuk irigasi, waktu pelaksanaan irigasi, dan membuat peta ketersediaan air tanah. Peta ketersediaan air tanah dapat dimanfaatkan untuk menentukan jenis tanaman yang sesuai untuk ditanam di suatu lokasi, mengetahui lokasi dengan kandungan air tanah melimpah, atau lokasi dengan kandungan air tanah sedikit bahkan defisit [4].

BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) saat ini sudah memfasilitasi hal tersebut dengan mengadakan pengukuran kadar air tanah, oleh karena itu alat ukur kadar air tanah yang dimiliki BMKG harus mampu menghasilkan data yang akurat dan terpercaya. Selain itu, Peraturan Kepala BMKG nomor 23 tahun 2015 tentang Tata Cara Tetap Pelaksanaan Kalibrasi Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika di Lingkungan BMKG, menyatakan bahwa peralatan pengamatan yang ada di BMKG

wajib dikalibrasi [5]. Alat ukur kadar air tanah termasuk dalam peralatan pengamatan digital sehingga wajib dikalibrasi minimal 1 tahun sekali. Permasalahan yang dihadapi oleh BMKG adalah belum adanya kalibrator yang dapat digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur kadar air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat kalibrator sensor kadar air tanah dan membuat tampilan pada PC (*Personal Computer*). Sensor kadar air tanah adalah sebuah alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi jumlah kadar air yang terkandung dalam tanah. Manfaat dari penelitian ini adalah memudahkan teknisi dalam melakukan proses kalibrasi sensor kadar air tanah baik kalibrasi laboratorium maupun kalibrasi lapang.

### Metode Penelitian

Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor *profile probe* tipe PR2/6 buatan Delta-T Devices seperti yang terlihat pada Gambar 1. Spesifikasi dari sensor *profile probe* tipe PR2/6 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Sensor *profile probe* PR2/6

Tabel 1. Spesifikasi *profile probe* PR2/6 [6]

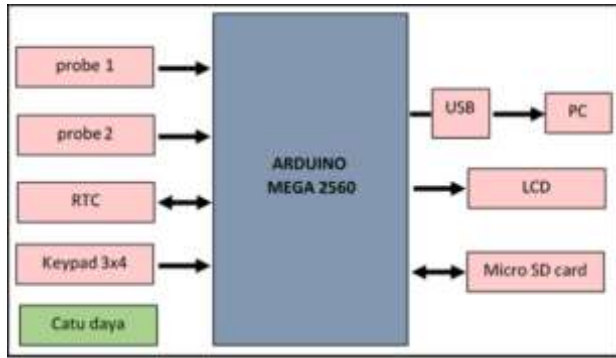
|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Pengukuran</b>          | Volumetrik, $\theta_v$ ( $m^3 \cdot m^{-3}$ atau % vol.)  |
| <b>Jangkauan</b>           | Akurasi dari 0 sampai $0,4 m^3 \cdot m^{-3}$ ,<br>Jangkauan penuh dari 0,0 sampai $1,0 m^3 \cdot m^{-3}$  |
| <b>Akurasi</b>             | $\pm 0,04 m^3 \cdot m^{-3}$ , 0 sampai $40^\circ C$ , setelah kalibrasi tanah tertentu,<br>$\pm 0,06 m^3 \cdot m^{-3}$ , 0 sampai $40^\circ C$ , setelah kalibrasi pada tanah 'normal'      |
| <b>Eror salinitas</b>      | 50 sampai $400 mS \cdot m^{-1}$   |
| <b>Volume sampel tanah</b> | Vertikal : sensitivitas ~95% dalam jarak $\pm 50mm$ dari cincin bagian atas dari masing-masing pemasangan.<br>Horizontal : sensitivitas ~95% dengan jangkauan bentuk silinder radius 100mm. |
| <b>Kondisi lingkungan</b>  | 0 sampai $40^\circ C$ untuk spesifikasi akurasi penuh,<br>$-20$ sampai $70^\circ C$ pada saat operasi.  |
| <b>Stabilisasi</b>         | Akurasi penuh dapat dicapai dalam waktu 1s  |
| <b>Kebutuhan daya</b>      | Minimum : 5,5V DC<br>Maksimum : 15V DC<br>Konsumsi arus : $< 120 mA$  |
| <b>Output</b>              | $\sim 0$ sampai 1V DC   |
| <b>Ukuran/berat</b>        | Panjang : 1350mm; Berat : 0,95kg  |

Komponen yang digunakan untuk merancang dan membuat kalibrator dan aplikasi PC menjadi sebuah sistem adalah sebagai berikut:

1. Sensor *profile probe* PR2/6
2. Arduino mega 2560
3. LCD  $20 \times 4$
4. RTC DS3231
5. Keypad  $3 \times 4$
6. Micro SD card
7. PC untuk membuat dan mengunduh program mikrokontroler
8. Microsoft Visual Studio untuk membuat tampilan aplikasi PC
9. Bor
10. Solder
11. Kabel
12. Multimeter, dan perangkat pendukung lainnya.

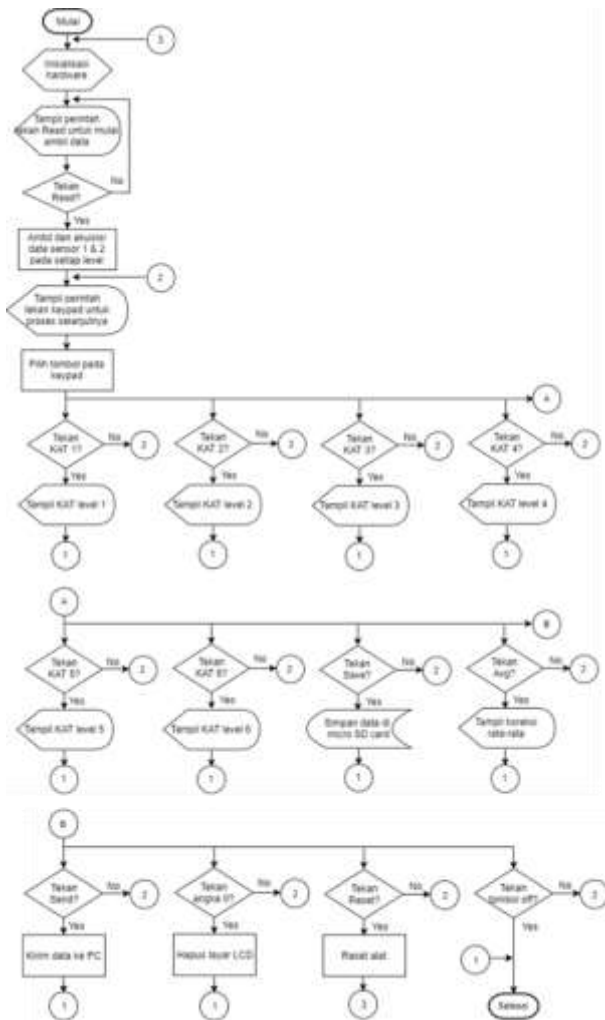
Perancangan alat diawali dengan membuat blok diagram sistem. Blok diagram sistem merupakan rangkaian sistem yang akan dibuat secara keseluruhan, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Blok diagram secara garis besar terdiri dari 3 bagian, yaitu input, proses, dan output. Penjelasan masing-masing bagian pada Gambar 2 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Probe 1 dan 2 : merupakan bagian input dari sistem yang digunakan untuk mendeteksi
2. Arduino mega 2560 : bagian proses yang berfungsi sebagai pengolah data kadar air tanah yang terdeteksi oleh sensor.
3. RTC : berfungsi sebagai pewaktu (*timer*) saat alat bekerja.
4. Serial USB : berfungsi untuk mengirimkan data kadar air tanah dan nilai koreksi dari Arduino mega 2560 ke PC.
5. Micro SD card : digunakan untuk menyimpan data kadar air tanah dan nilai koreksi dari probe sensor 6 kedalaman.
6. LCD : bagian dari output yang berfungsi untuk menampilkan data kadar air tanah dan nilai koreksi dari probe sensor 6 kedalaman.
7. Keypad  $3 \times 4$  : berfungsi untuk memudahkan user dalam proses pengambilan data.
8. PC : bagian dari output yang berfungsi untuk menampilkan data kadar air tanah dan nilai koreksi dari probe sensor 6 kedalaman yang dikirim dari alat.
9. Catu daya : berfungsi sebagai perangkat yang memberi pasokan tegangan pada alat secara keseluruhan. Kalibrator ini menggunakan adaptor sebagai catu daya.



Gambar 2. Blok diagram sistem

Selanjutnya untuk pemrograman pada alat dibuat menggunakan *software* Arduino IDE. Pemrograman pada alat dibuat untuk membentuk diagram alir kerja alat yang dapat dilihat pada Gambar 3.

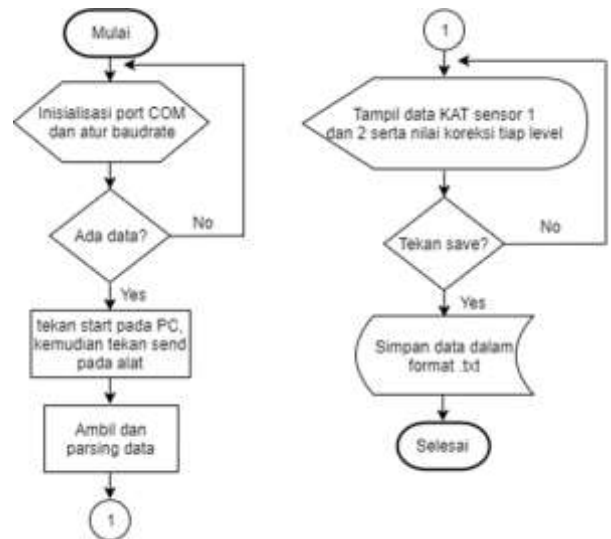


Gambar 3. Diagram alir kerja alat

Gambar 3 menunjukkan alur kerja alat dari proses pengambilan data kadar air tanah sampai data tersebut dikirim ke PC. Ketika alat dinyalakan,

alat akan melakukan inisialisasi terhadap komponen perangkat keras yang digunakan, seperti sensor kadar air tanah, RTC, LCD, dan micro-SD card. Setelah alat dinyalakan, alat tidak langsung melakukan pengukuran kadar air tanah. Untuk memulai pengambilan data, tekan tombol *read* pada alat. Ketika tombol *read* ditekan, maka pengukuran kadar air tanah pada tiap kedalaman (*level*) dari kedua sensor dimulai. Selanjutnya, data kadar air tanah dari kedua sensor akan dikomparasi untuk mendapat nilai koreksi dari masing-masing *level*. Setelah proses tersebut selesai, akan muncul perintah pada LCD untuk memilih tombol pada keypad sesuai kebutuhan user. Sebagai contoh, apabila user ingin melihat data hasil pengukuran pada kedalaman 10 cm, maka tekan tombol KAT1 dan apabila user ingin menyimpan data hasil pengukuran maka tekan tombol *Save* pada alat.

Untuk membuat tampilan pada PC, *software* yang digunakan adalah Microsoft Visual Studio 2015. Diagram alir pemrograman aplikasi PC dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pemrograman aplikasi PC

Gambar 4 menunjukkan alur pemrograman yang digunakan dalam pembuatan aplikasi pada PC. Setelah berhasil mengoneksikan arduino mega 2560 dengan PC, maka terlebih dahulu menentukan *port* dan *baudrate* yang digunakan. Selanjutnya untuk menampilkan data pada PC, tekan *start* pada PC kemudian tekan tombol *send* pada alat. Aplikasi PC akan memproses data kadar air tanah tiap *level* dan nilai koreksi yang masuk dan memilah-milahnya sehingga data akan tampil dalam kolom yang telah tersedia. Selanjutnya terdapat pilihan *save* untuk menyimpan data yang tampil dalam format *.txt*.

**Hasil Dan Diskusi**

*Hasil Perancangan Alat*

Hasil dari perancangan alat adalah terbentuknya kalibrator untuk sensor kadar air tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik alat dan sensor kadar air tanah yang digunakan dalam proses pengujian. Kegunaan masing-masing tombol pada keypad 3x4 dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 5.** Implementasi alat

**Tabel 2.** Fungsi tombol pada keypad 3x4

| Keypad 3x4 | Fungsi  |
|------------|---|
| KAT 1      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 10cm         |
| KAT 2      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 20cm         |
| KAT 3      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 30cm         |
| KAT 4      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 40cm         |
| KAT 5      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 60cm         |
| KAT 6      | Menampilkan data kadar air tanah kedalaman 100cm        |
| Save       | Menyimpan data ke micro SD card                         |
| Avg        | Menampilkan nilai koreksi rata-rata dari tiap kedalaman |
| Send       | Mengirim data ke tampilan pada PC                       |
| Reset      | Reset   |
| 0          | Menghapus tampilan LCD                                  |
| Read       | Mengambil data kadar air tanah                          |

Data yang dihasilkan oleh perangkat keras, selain ditampilkan pada LCD juga akan ditampilkan pada aplikasi PC. Tampilan PC untuk menampilkan data hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Tampilan aplikasi PC

Dapat dilihat pada Gambar 6 terdapat beberapa fitur dari aplikasi PC, yaitu:

1. *Select port* : untuk memilih *port* yang aktif yang terhubung dengan alat
2. *Baud rate* : untuk memilih *baud rate* yang digunakan oleh alat
3. *Start* : untuk mulai menampilkan data pada aplikasi
4. *Save* : untuk menyimpan data yang tampil pada aplikasi
5. *Reset* : untuk menghapus data pada tampilan aplikasi
6. *Waktu* : untuk menampilkan waktu secara realtime sesuai waktu pada PC

*Pengujian Komparasi Alat*

Pengujian alat dilakukan dengan menggunakan metode komparasi, yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran kadar air tanah menggunakan *logger* pabrikan Delta-T DL6 dan alat rancangan seperti yang ditunjukkan Gambar 7. Proses pengujian alat dilakukan beberapa kali antara tanggal 1-20 Agustus 2017 dan dilakukan di ruang Subbidang Kalibrasi Peralatan Klimatologi, BMKG Pusat, Kemayoran.

Kondisi media yang digunakan dalam proses pengujian ada 3 macam (Gambar 8), yaitu kondisi kering dari pasir kuarsa, kondisi setengah basah dari campuran pasir kuarsa dan karbon aktif yang dibasahi, dan kondisi basah dari karbon aktif yang dibasahi. Pembuatan media pengujian dilakukan dengan memasukkan pasir kuarsa dan karbon aktif ke dalam pipa berukuran 10 inci dengan diameter ±25 cm dan panjang ±1,2 m. Ukuran ini dipilih menyesuaikan dengan panjang sensor (±1 m) dan jangkauan sensor dalam memancarkan gelombang elektromagnetik (jari-jari 10 cm).



**Gambar 7.** Alat rancangan dan alat standar



Gambar 8. Media pengujian alat

Pengujian pertama alat menghasilkan data dengan selisih yang jauh antara alat standar dengan alat uji, sehingga diperlukan nilai koreksi untuk memperbaiki data keluaran alat. Setelah script program alat ditambahkan dengan nilai koreksi yang didapat dari proses perhitungan, maka dilakukan pengujian selanjutnya untuk mengambil data kembali. Data komparasi pengujian kedua dari masing-masing kedalaman sensor dapat dilihat pada penjelasan berikut. Tabel 3 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 10 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 0,8% dan nilai ketidakpastian sebesar ± 0,14%. Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar ± 5%.

Tabel 3. Hasil komparasi kedalaman 10 cm

| Kedalaman 10cm    |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 0.4               | 0.1          | 0.3         | 5.2                    | 4.4          | 0.8         | 33.1          | 35.5         | -2.4        |
| 0.3               | 0.1          | 0.2         | 5.2                    | 4.4          | 0.8         | 33.2          | 33.6         | -0.4        |
| 0.3               | 0.6          | -0.3        | 5.2                    | 5.9          | -0.7        | 33.5          | 32.7         | 0.8         |
| 0.3               | 0.6          | -0.3        | 5.2                    | 5.9          | -0.7        | 33.6          | 33.6         | 0.0         |
| 0.3               | 0.8          | -0.5        | 5.2                    | 5.1          | 0.1         | 33.8          | 32.7         | 1.1         |
| 0.3               | 0.6          | -0.3        | 5.1                    | 5.1          | 0.0         | 34.1          | 34.5         | -0.4        |
| 0.3               | 0.2          | 0.1         | 5.1                    | 3.7          | 1.4         | 34.2          | 32.7         | 1.5         |
| 0.3               | 0.4          | -0.1        | 5.1                    | 5.5          | -0.4        | 34.4          | 34.5         | -0.1        |
| 0.3               | 0.2          | 0.1         | 5.1                    | 5.1          | 0.0         | 34.6          | 33.6         | 1.0         |
| 0.3               | 0.2          | 0.1         | 5.1                    | 6.3          | -1.2        | 34.8          | 35.5         | -0.7        |
| Rata-rata koreksi |              |             |                        |              | -0.0013     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 0.8         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.14        |               |              |             |

Tabel 4 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 20 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 0,6% dan nilai ketidakpastian sebesar ± 0,12%. Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar ± 5%.

Tabel 4. Komparasi kedalaman 20 cm

| Kedalaman 20cm    |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 1.0               | 0.4          | 0.6         | 10.8                   | 8.8          | 2.0         | 63.1          | 63.5         | -0.4        |
| 1.0               | 1.0          | 0.0         | 10.8                   | 10.2         | 0.6         | 63.1          | 63.5         | -0.4        |
| 1.0               | 1.6          | -0.6        | 10.8                   | 11.2         | -0.4        | 63.2          | 62.4         | 0.8         |
| 1.0               | 1.0          | 0.0         | 10.8                   | 11.6         | -0.8        | 63.1          | 63.5         | -0.4        |
| 1.0               | 1.3          | -0.3        | 10.8                   | 11.6         | -0.8        | 63.1          | 63.5         | -0.4        |
| 1.0               | 1.6          | -0.6        | 10.8                   | 10.5         | 0.3         | 63.1          | 64.0         | -0.9        |
| 1.0               | 1.0          | 0.0         | 10.7                   | 10.2         | 0.5         | 63.1          | 61.9         | 1.2         |
| 1.0               | 0.7          | 0.3         | 10.8                   | 11.2         | -0.4        | 63.1          | 63.5         | -0.4        |
| 1.0               | 0.7          | 0.3         | 10.7                   | 11.2         | -0.5        | 63.1          | 62.4         | 0.7         |
| 1.0               | 1.0          | 0.0         | 10.8                   | 10.9         | -0.1        | 63.1          | 62.9         | 0.2         |
| Koreksi rata-rata |              |             |                        |              | -0.0054     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 0.6         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.12        |               |              |             |

Tabel 5 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 30 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 0,5% dan nilai ketidakpastian sebesar ± 0,09%. Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar ± 5%.

Tabel 5. Komparasi kedalaman 30 cm

| Kedalaman 30cm    |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 1.3               | 0.7          | 0.6         | 17.6                   | 16.7         | 0.9         | 57.8          | 57.8         | 0.0         |
| 1.3               | 0.7          | 0.6         | 17.6                   | 16.7         | 0.9         | 57.8          | 58.2         | -0.4        |
| 1.3               | 1.9          | -0.6        | 17.6                   | 17.6         | 0.0         | 57.9          | 57.5         | 0.4         |
| 1.2               | 1.3          | -0.1        | 17.6                   | 18.2         | -0.6        | 57.8          | 58.2         | -0.4        |
| 1.2               | 1.6          | -0.4        | 17.6                   | 18.6         | -1.0        | 57.8          | 57.8         | 0.0         |
| 1.2               | 1.9          | -0.7        | 17.6                   | 17.6         | 0.0         | 57.8          | 57.8         | 0.0         |
| 1.2               | 1.0          | 0.2         | 17.6                   | 17.6         | 0.0         | 57.8          | 57.1         | 0.7         |
| 1.2               | 1.0          | 0.2         | 17.6                   | 17.0         | 0.6         | 57.8          | 58.2         | -0.4        |
| 1.2               | 1.0          | 0.2         | 17.6                   | 17.9         | -0.3        | 57.8          | 57.5         | 0.3         |
| 1.2               | 1.3          | -0.1        | 17.6                   | 17.9         | -0.3        | 57.8          | 57.8         | 0.0         |
| Koreksi rata-rata |              |             |                        |              | -0.0015     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 0.5         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.09        |               |              |             |

Tabel 6 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 40 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 0,5% dan nilai ketidakpastian sebesar ± 0,09%. Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar ± 5%.

Tabel 6. Komparasi kedalaman 40 cm

| Kedalaman 40cm    |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 2.0               | 1.5          | 0.5         | 14.6                   | 14.0         | 0.6         | 61.2          | 62.5         | -1.3        |
| 2.0               | 2.1          | -0.1        | 14.6                   | 14.0         | 0.6         | 61.2          | 61.5         | -0.3        |
| 2.0               | 2.3          | -0.3        | 14.6                   | 15.1         | -0.5        | 61.3          | 61.1         | 0.2         |
| 2.0               | 1.9          | 0.1         | 14.6                   | 14.8         | -0.2        | 61.2          | 61.5         | -0.3        |
| 2.0               | 2.3          | -0.3        | 14.6                   | 15.1         | -0.5        | 61.2          | 61.1         | 0.1         |
| 2.0               | 2.3          | -0.3        | 14.6                   | 14.3         | 0.3         | 61.2          | 61.1         | 0.1         |
| 2.0               | 2.1          | -0.1        | 14.6                   | 14.0         | 0.6         | 61.2          | 60.6         | 0.6         |
| 2.0               | 1.9          | 0.1         | 14.6                   | 14.3         | 0.3         | 61.2          | 61.1         | 0.1         |
| 2.0               | 1.9          | 0.1         | 14.6                   | 14.8         | -0.2        | 61.2          | 60.6         | 0.6         |
| 2.0               | 1.9          | 0.1         | 14.6                   | 15.7         | -1.1        | 61.2          | 61.1         | 0.1         |
| Koreksi rata-rata |              |             |                        |              | -0.0021     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 0.5         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.09        |               |              |             |

Tabel 7 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 60 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 0,9% dan nilai ketidakpastian sebesar  $\pm 0,17\%$ . Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar  $\pm 5\%$ .

**Tabel 7.** Komparasi kedalaman 60 cm

| Kedalaman 60cm    |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 2.2               | 2.1          | 0.1         | 39.4                   | 37.6         | 1.8         | 84.8          | 86.0         | -1.2        |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.3                   | 38.2         | 1.1         | 84.8          | 85.1         | -0.3        |
| 2.2               | 2.3          | -0.1        | 39.3                   | 40.7         | -1.4        | 85            | 85.1         | -0.1        |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.3                   | 40.1         | -0.8        | 84.9          | 85.1         | -0.2        |
| 2.1               | 2.2          | -0.1        | 39.3                   | 40.1         | -0.8        | 84.8          | 85.1         | -0.3        |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.2                   | 38.2         | 1.0         | 84.8          | 84.1         | 0.7         |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.2                   | 37.0         | 2.2         | 84.8          | 84.1         | 0.7         |
| 2.1               | 2.1          | 0.0         | 39.2                   | 38.9         | 0.3         | 84.8          | 85.1         | -0.3        |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.2                   | 40.7         | -1.5        | 84.7          | 83.2         | 1.5         |
| 2.2               | 2.2          | 0.0         | 39.2                   | 41.4         | -2.2        | 84.8          | 85.1         | -0.3        |
| Koreksi rata-rata |              |             |                        |              | -0.0046     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 0.9         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.17        |               |              |             |

Tabel 8 menunjukkan hasil komparasi antara alat standar dan alat uji pada kedalaman 100 cm. Proses komparasi tersebut menghasilkan nilai simpangan baku sebesar 1,2% dan nilai ketidakpastian sebesar  $\pm 0,23\%$ . Nilai tersebut masuk dalam batas toleransi WMO sebesar  $\pm 5\%$ .

**Tabel 8.** Komparasi kedalaman 100 cm

| Kedalaman 100cm   |              |             |                        |              |             |               |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Kondisi kering    |              |             | Kondisi setengah basah |              |             | Kondisi basah |              |             |
| Alat std (%)      | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)           | Alat uji (%) | Koreksi (%) | Alat std (%)  | Alat uji (%) | Koreksi (%) |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 64.1                   | 59.4         | 4.7         | 92.9          | 91.7         | 1.2         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 64.1                   | 63.5         | 0.6         | 92.9          | 91.7         | 1.2         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 65.1         | -1.2        | 93.1          | 91.7         | 1.4         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 65.1         | -1.2        | 93            | 91.7         | 1.3         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 66.0         | -2.1        | 92.9          | 92.7         | 0.2         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 64.3         | -0.4        | 92.8          | 92.7         | 0.1         |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 63.5         | 0.4         | 92.9          | 93.7         | -0.8        |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.9                   | 63.5         | 0.4         | 92.8          | 93.7         | -0.9        |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.8                   | 66.0         | -2.2        | 92.7          | 93.7         | -1.0        |
| 2.0               | 2.0          | 0.0         | 63.8                   | 64.3         | -0.5        | 92.7          | 93.7         | -1.0        |
| Koreksi rata-rata |              |             |                        |              | -0.0005     |               |              |             |
| Simpangan baku    |              |             |                        |              | 1.2         |               |              |             |
| Ketidakpastian    |              |             |                        |              | 0.23        |               |              |             |

**Pengujian Port Alat**

Pengujian *port* alat bertujuan untuk mengetahui konsistensi pengukuran kadar air tanah dari 2 *port*, yaitu port standar dan *port* uji. Pengujian dilakukan dengan mengukur kadar air tanah pada kondisi kering dan kondisi basah menggunakan 2 *port* secara bergantian, kemudian dibandingkan hasilnya untuk mendapat nilai simpangan baku dan nilai korelasi. Nilai simpangan baku digunakan untuk melihat sebaran nilai keluaran dari kedua *port*, sedangkan nilai korelasi digunakan untuk melihat kekuatan hubungan dari nilai yang dihasilkan kedua *port*. Hasil perbandingan data dari kedua port alat dapat dilihat pada Gambar 9 – Gambar 14.



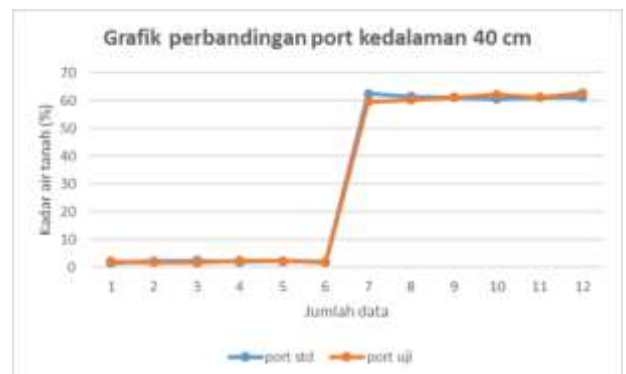
**Gambar 9.** Grafik perbandingan *port* kedalaman 10 cm



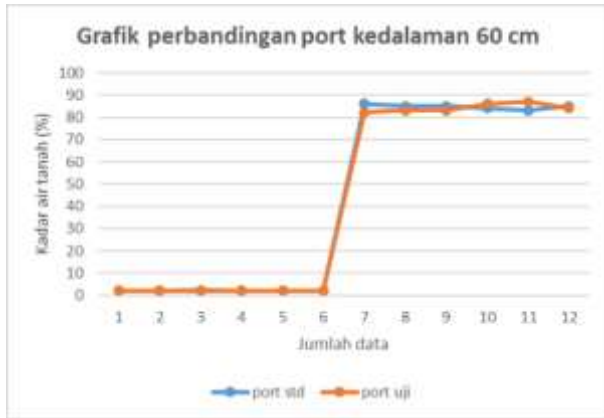
**Gambar 10.** Grafik perbandingan *port* kedalaman 20 cm



**Gambar 11.** Grafik perbandingan *port* kedalaman 30 cm



**Gambar 12.** Grafik perbandingan *port* kedalaman 40 cm



Gambar 13. Grafik perbandingan port kedalaman 60 cm



Gambar 14. Grafik perbandingan port kedalaman 100 cm

Proses pengolahan data dari Gambar 9 – Gambar 14 menghasilkan nilai simpangan baku dan nilai koefisien korelasi seperti yang terlihat pada Tabel 9. Dapat dilihat dari Tabel 9 bahwa nilai simpangan baku dari masing-masing kedalaman sudah masuk dalam batas toleransi WMO sebesar  $\pm 5\%$ . Nilai koefisien korelasi dari kedua port alat juga menunjukkan nilai mendekati 1, artinya data yang dihasilkan oleh kedua port memiliki korelasi yang kuat.

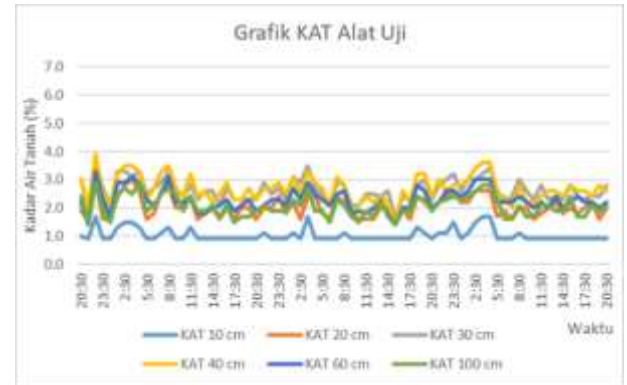
Tabel 9. Hasil pengujian port alat

| Kedalaman | Simpangan baku | Koefisien korelasi |
|-----------|----------------|--------------------|
| 10 cm     | 1,3            | 0,99721            |
| 20 cm     | 1,1            | 0,99944            |
| 30 cm     | 0,7            | 0,99973            |
| 40 cm     | 1,2            | 0,99926            |
| 60 cm     | 1,9            | 0,99905            |
| 100 cm    | 1,1            | 0,99973            |

Pengujian Kinerja Alat

Pengujian kinerja alat bertujuan untuk melihat keandalan dan kemampuan alat uji untuk bertahan dalam waktu yang cukup lama tanpa mengalami

kerusakan yang signifikan ketika melakukan pengukuran kadar air tanah. Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat bahwa pengukuran nilai kadar air tanah pada kondisi kering dari masing-masing kedalaman cenderung tidak banyak perubahan.



Gambar 15. Grafik pengujian kinerja alat

Perbedaan nilai kadar air tanah dari masing-masing kedalaman dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan tingkat kepadatan material pada tiap kedalaman. Uji kinerja lapangan menunjukkan hasil yang baik karena selama 3 hari tidak ada data yang hilang dan power dapat bekerja dengan baik sehingga alat dapat tetap menyala.

Pengujian Tampilan PC

Aplikasi PC digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran kadar air tanah dan koreksi rerata tiap kedalaman. Terdapat 3 tombol pada aplikasi, yaitu start untuk menampilkan data, save untuk menyimpan data, dan reset untuk mengembalikan layar ke tampilan awal. Contoh tampilan hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil tampilan pada aplikasi PC

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kalibrasi sensor kadar air tanah profile probe PR2/6 telah berhasil dibuat dan diuji dalam media dengan 3 kondisi, dan mampu menghasilkan data keluaran yang baik.

2. Perbandingan data keluaran dari *port* standar dan *port* uji pada alat memiliki nilai korelasi yang kuat dan hasilnya masih dalam batas toleransi WMO, sehingga komponen *port* tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan ketidakpastian gabungan pada *uncertainty budget*.
3. Data hasil pengukuran dapat disimpan dalam micro-SD card dan aplikasi PC dalam format .txt untuk memudahkan proses pengolahan selanjutnya.
4. Aplikasi PC berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan data-data hasil pengukuran kadar air tanah beserta nilai koreksi rata-ratanya.

### Daftar Pustaka

- [1] Hermawan, B., 2004, *Penetapan Kadar Air Tanah Melalui Pengukuran Sifat Dielektrik Pada Berbagai Tingkat Kepadatan*, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, Vol. 6 (2), 66-74.
- [2] Anonim, 2016, *Peraturan Kepala BMKG Tentang Pengamatan dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan BMKG*, Indonesia, Peraturan Kepala BMKG No. 4 Tahun 2016.
- [3] World Meteorological Organization, 2014, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Geneva, WMO-8 2014 Edition Chapter 11.
- [4] Hanafiah, K.A., 2005, *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*, Edisi 1 cetakan 1, PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- [5] Anonim, 2015, *Peraturan Kepala BMKG Tentang Tata Cara Tetap Pelaksanaan Kalibrasi Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika di Lingkungan BMKG*, Indonesia, Peraturan Kepala BMKG No. 23 Tahun 2015.
- [6] User Manual Profile Probe Tipe PR2/6. Diperoleh dari <http://www.delta-t.co.uk/product/pr2/>. (diakses tanggal 10 Januari 2017).