



*Research Articles*

## **Rancang Bangun Alat Ukur Monitoring Dan Pengukuran Kontaminasi Tanah**

(Studi Kasus: Desa Pelangan Kecamatan Sekotong)

*Designing Tool for Monitoring and Measurement Soil Contamination*

*(Case study: Pelangan Village of Sekotong District)*

**Teguh Rifandi, Alfina T Alaydrus\*, Laili Mardiana, Kasnawi Al Hadi, S. Minardi**

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Mataram, Jl. Majapahit, No. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia

\*Email: [alfinaturida@gmail.com](mailto:alfinaturida@gmail.com)

Manuscript received: 20-12-2017. Accepted: 02-06-2018

### **ABSTRAK**

Limbah hasil pengolahan emas banyak mengandung bahan kimia seperti merkuri dan sianida yang kemudian dapat menyebabkan perubahan terhadap karakter fisika di dalam tanah. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap suhu, kelembapan dan pH tanah serta memetakan hasil pengukuran tersebut. Pengukuran suhu dan kelembapan tanah dilakukan menggunakan sensor SHT11 secara langsung saat aktifitas pengolahan emas berlangsung. Nilai pH tanah diukur melalui sampel tanah yang diambil. Pengukuran dilakukan pada kolam pembuangan limbah pada tiga arah yang berbeda, dan memiliki 6 titik sampel masing masing berjarak 5 m. Pengukuran pada satu titik dilakukan selama 20-21 jam. Hasil pengukuran kemudian dipetakan menjadi sebuah kontur menggunakan *Software Surfer-13*. Diperoleh nilai suhu untuk semua titik berada pada rentang 25.2–30.3 °C. Sedangkan nilai kelembapan tanah berada pada rentang 63.8–89.9%. Sedangkan nilai pH tanah berkisar antara 6.8–8.1. Hasil pemetaan menunjukkan persebaran suhu, kelembapan dan pH tanah dengan pola yang hampir sama, dimana konsentrasi merkuri berbanding lurus dengan suhu dan pH tanah serta berbanding terbalik dengan kelembapan tanah.

**Kata kunci:** kelembapan tanah, merkuri, pH tanah, SHT11, suhu tanah

### **ABSTRACT**

Gold processing waste contains many chemicals compound such as mercury and cyanide, which may help change the physical character of soil. In this study, the temperature, humidity and soil pH has been measured. Measurements of temperature and soil moisture are carried out using SHT11 sensors directly during gold processing. Measurements were carried out around the pond in three different directions. Each direction has 6 points, spaced 5 m apart. Measurements at one point are carried out for 20-21 hours. The measurement results are then mapped to a contour using *Surfer-13*. Based on the measurement results, obtained temperature values for all points are in the range 25.2-30.3 °C. While the value of soil moisture around 63.8-89.9%, and the soil pH value ranged from 6.8 to 8.1. The mapping results shows the distribution of temperature, humidity and soil pH with almost the same

pattern, where the mercury concentration is linear with soil temperature, and soil pH, but non-linear with soil moisture.

**Keywords:** mercury, SHT11, soil humidity, soil pH, soil temperature

## PENDAHULUAN

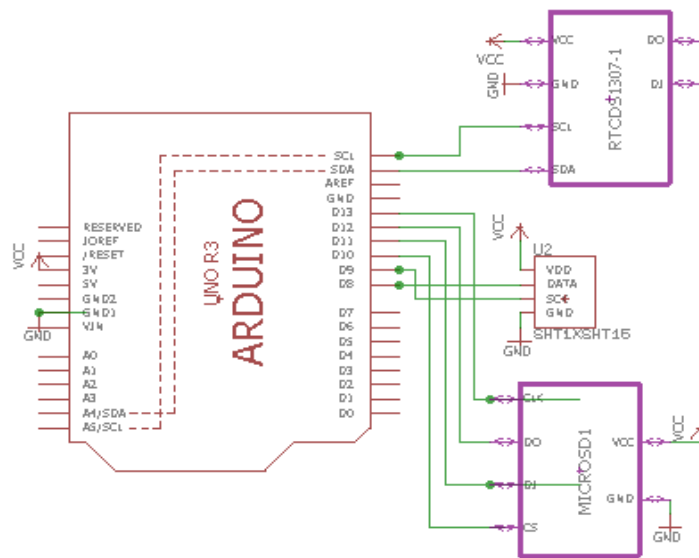
Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang bermanfaat bagi manusia. Walaupun bumi didominasi oleh air, namun manusia lebih banyak menghabiskan waktu dan memanfaatkan sumber daya yang ada pada tanah. Tanah adalah tubuh alam di permukaan bumi yang terjadi akibat bekerjanya gaya-gaya yang dialami terhadap bahan alam (Notodarmojo, 2005). Salah satu aktifitas manusia yang dapat mencemari tanah adalah pertambangan emas. Proses ekstraksi emas atau pemisahan emas menghasilkan limbah berbahaya yaitu merkuri (Hg). Keberadaan merkuri yang berlebihan dapat membahayakan lingkungan karena bersifat racun (Notodarmojo, 2005). Keberadaan sejumlah merkuri pada tanah di sekitar pertambangan emas dikemukakan oleh Miller *et al.* (2013) di Amerika Serikat, Mirdat *et al.* (2013) di Palu dan Sugianti *et al.* (2014) yang menemukan sejumlah merkuri di dalam tanah di Pulau Lombok akibat tambang emas tradisional.

Keberadaan merkuri dapat mempengaruhi beberapa parameter seperti suhu, kelembapan, dan pH tanah di sekitar lokasi kolam penampungan. Miller *et al.* (2013) menunjukkan hubungan antara suhu tanah dengan konsentrasi merkuri yang terdeteksi di dalam sampel tanah. Sedangkan Pannu *et al.* (2014) mengemukakan hubungan kelembapan tanah dengan persentase merkuri yang tereduksi. Konsentrasi merkuri juga dipengaruhi oleh pH tanah, Yong Kui *et al.* (2007) juga menemukan hubungan antara pH tanah dengan konsentrasi merkuri. Sehingga pengukuran terhadap parameter suhu, kelembapan dan pH tanah di sekitar kolam penampungan limbah di Desa Pelangan Sekotong menjadi perlu untuk dilakukan. Tidak hanya untuk mengetahui nilai dari parameter yang mengalami perubahan akibat kontaminasi merkuri, tetapi juga untuk mengetahui potensi penyebaran merkuri di dalam tanah. Pengukuran dengan sensor secara langsung dilakukan saat aktifitas pertambangan yang masih aktif. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap suhu, kelembapan, dan pH tanah menggunakan sensor. Data tersebut kemudian dipetakan untuk mengetahui penyebaran dari merkuri pada tanah. Sehingga diperoleh nilai parameter yang bergantung waktu dan dapat ditentukan pola penyebaran merkuri di dalam tanah.

## BAHAN DAN METODE

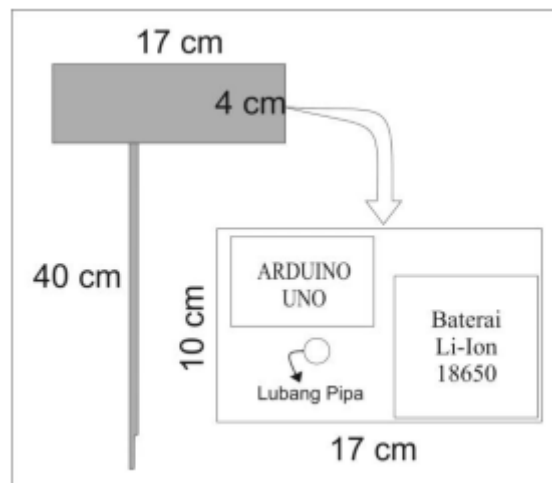
### *Perancangan Alat*

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu, kelembapan dan pH tanah. Untuk mengukur suhu dan kelembapan tanah digunakan sensor SHT11. SHT11 dipilih karena mampu melakukan pengukuran terhadap dua variabel yaitu suhu dan kelembapan (Maxim). Mikro kontrol Arduino diintegrasikan dengan Data Logger dan RTC untuk menyimpan data pengukuran. Gambar 1 menunjukkan rangkaian sistem pengukuran suhu, dan kelembapan tanah. Sistem tersebut kemudian dirangkai di dalam konstruksi kedap air.



Gambar 1. Skema rangkaian sistem pengukuran suhu dan kelembapan tanah

Pada penelitian ini alat dirancang agar kedap air, sehingga tidak mengganggu atau merusak komponen-komponen yang digunakan. Model yang digunakan diadaptasi dari rancang bangun alat oleh Santosa dan Budiyantha (2009) yang menggunakan *stainless steel* sebagai bahan utama konstruksi. Bahan tersebut dipilih karena karakteristiknya yang kuat dan mempercepat konduktivitas termal sehingga SHT11 dapat membaca suhu dengan lebih baik. Selain itu rancang bangun alat didasari oleh pengaruh kedalaman terhadap fluktuasi suhu tanah, sehingga untuk mendapatkan suhu tanah yang stabil dan tidak dipengaruhi oleh suhu udara, maka pengukuran harus dilakukan pada kedalaman minimal 25 cm dari permukaan tanah (Campbell, 1998). Oleh karena itu alat dirancang untuk melakukan pengukuran pada kedalaman  $\pm 40$  cm. Rancangan konstruksi alat ditunjukkan oleh gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Rancangan konstruksi kedap air

### Kalibrasi Alat Ukur

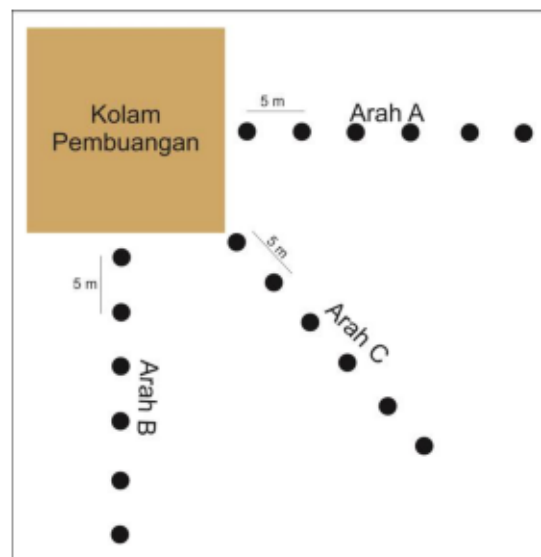
Kalibrasi alat ukur dilakukan untuk memastikan apakah alat yang dirancang mampu melakukan pengambilan dan perekaman data. Selain itu kalibrasi dilakukan untuk

mengetahui seberapa besar penyimpangan hasil pengukuran terhadap alat standar. Kalibrasi alat ukur dilakukan dalam dua tahapan, yaitu tahap kalibrasi pengukuran suhu dan kalibrasi pengukuran kelembapan.

Kalibrasi pengukuran suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran SHT11 yang beradapada konstruksi kedap air dengan termometer. Untuk mendapatkan variasi nilai suhu dilakukan pengukuran suhu uap air panas selama 30 menit. Sedangkan kalibrasi pengukuran kelembapan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran SHT11 dan sensor *soil humidity* yang keduanya ditancapkan pada tanah dengan kedalaman yang sama.

#### *Pengambilan Data Lapangan*

Pengambilan data lapangan dilakukan di salah satu kolam pembuangan limbah emas di Desa Pelangan pada saat aktifitas pengolahan emas tengah berlangsung. Titik pengambilan data dikelompokkan menjadi tiga arah yaitu arah A, B dan C seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Setiap arah memiliki enam titik yang masing-masing berjarak 5 m. Setiap titik tersebut ditentukan kordinatnya dengan menggunakan GPS.



Gambar 3. Ilustrasi titik pengambilan data

Pengambilan data suhu dan kelembapan tanah dilakukan dengan menancapkan tiga buah konstruksi kedap air yang sudah dilengkapi sistem pengukuran pada setiap arah. Pengambilan data dilakukan selama 20-21 jam, selanjutnya alat dipindahkan ke titik berikutnya untuk melakukan pengukuran kembali. Selain itu pada setiap titik pengukuran diambil sampel tanah pada kedalaman yang sama untuk diukur nilai pH dan konsentrasi merkuri didalamnya.

#### *Pemetaan Hasil Pengukuran*

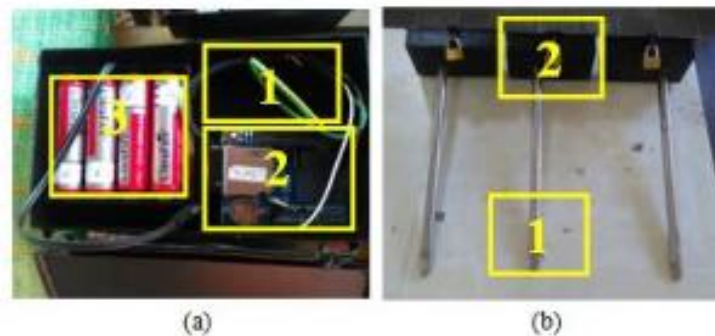
Data hasil pengukuran kemudian dipetakan menggunakan software Surfer 13. Pemetaan dilakukan dengan membuat peta kontur dari hasil pengukuran. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui persebaran dari suhu, kelembapan dan pH tanah. Hal yang

dibutuhkan untuk melakukan pemetaan adalah kordinat setiap titik pengukuran, data suhu, kelembaban dan pH tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perancangan Alat

Gambar 4 menunjukkan alat yang telah dirancang pada penelitian ini. Gambar 4a menunjukkan instrument pengukuran suhu dan kelembapan tanah, sedangkan Gambar 4b menunjukkan konstruksi alat kedap air berbahan *stainless steel*.



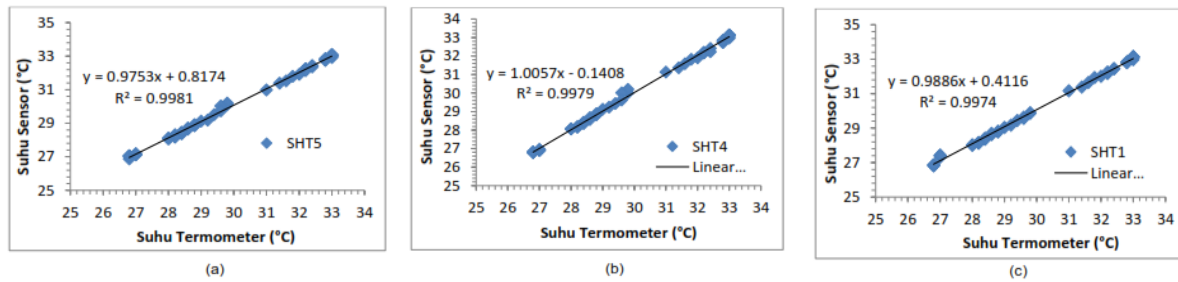
Gambar 4. Instrumen pengukuran suhu dan kelembapan (a), serta konstruksi kedap air b)

Konstruksi kedap air terdiri atas 2 bagian, bagian pertama merupakan bagian yang menancap ke dalam tanah, dimana di dalamnya terdapat sensor SHT11. Sedangkan bagian kedua merupakan box control yang berisi system kontrol dan sumber daya. Instrumentasi pengukuran suhu dan kelembapan secara garis besar terdiri dari 3 bagian utama. Bagian pertama adalah sensor suhu dan kelembapan SHT11 yang berperan untuk mengukur suhu dan kelembapan tanah. Bagian kedua merupakan sistem kontrol yang terdiri dari mikrokontrol Arduino Uno dan *Data Logger Shield*. Mikrokontrol Arduino Uno berfungsi untuk mengatur aktifitas pengambilan data. Sedangkan *Data Logger Shield* berfungsi untuk memberikan informasi waktu melalui fitur RTC, dan penyimpanan data pengukuran ke dalam sebuah *SD-card*.

Bagian ketiga dari sistem instrumen merupakan bagian daya, dalam penelitian ini digunakan empat buah baterai Li-Ion18650 yang mampu bertahan selama 10-12 jam. Mengingat waktu pengambilan data dilakukan selama 20 jam, maka harus dilakukan pergantian baterai setiap 10-11 jam. Dalam penelitian ini dilakukan pergantian baterai harus dilakukan pada pukul 08:00–09:00 WITA dan pada pukul 18:00–19:00 WITA.

### Hasil Kalibrasi Alat Ukur

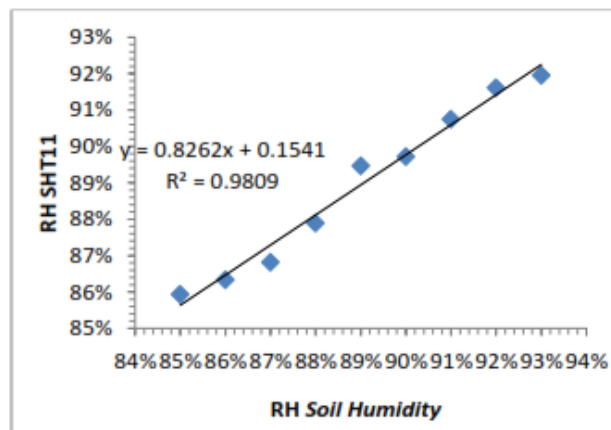
Gambar 5 menunjukkan hasil kalibrasi pengukuran suhu yang telah dilakukan. Pada grafik tersebut didapatkan data yang linier untuk masing-masing alat ukur. Artinya pengukuran yang dilakukan masing-masing alat ukur memiliki simpangan yang kecil terhadap pengukuran menggunakan termometer. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien detreminasi ( $R^2$ ) yang mendekati 1. Selain itu simpangan yang kecil juga ditunjukkan oleh nilai error relatif yang didapatkan. Nilai error untuk masing-masing alat sebesar 0.35%, 0.20%, dan 0.30%.



Gambar 5. Grafik perbandingan pengukuran dengan SHT11 dan termometer untuk masing-masing alat ukur

Berdasarkan hasil kalibrasi pengukuran kelembapan diperoleh nilai yang tidak jauh berbeda antara SHT11 dan sensor *soil humidity*. Hal tersebut dapat dibuktikan oleh gambar 6 yang menunjukkan grafik hubungan pengukuran dengan SHT11 dan sensor *soil humidity*. Pada grafik tersebut terlihat hubungan yang linier antara kedua variable dengan nilai  $R^2$  mendekati 1, artinya simpangan antara kedua variable tersebut bernilai kecil.

Nilai simpangan yang kecil juga dibuktikan oleh nilai selisih hasil pengukuran oleh kedua sensor yang bernilai kecil. Selisih maksimum dari kedua sensor bernilai 1.05%, artinya penyimpangan terbesar yang dialami SHT11 saat melakukan pengukuran adalah 1.05%. Namun nilai tersebut tertutupi oleh nilai selisih pengukuran lainnya yang lebih kecil. Selain itu, nilai error relatif rata-rata antara kedua sensor juga membuktikan simpangan yang kecil. Nilai error relatif rata-rata yang diperoleh sebesar 0.50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran kelembapan tanah menggunakan SHT11 yang berada di dalam konstruksi alat ukur dapat dilakukan, karena memiliki error yang cukup kecil dan resolusi yang lebih tinggi.

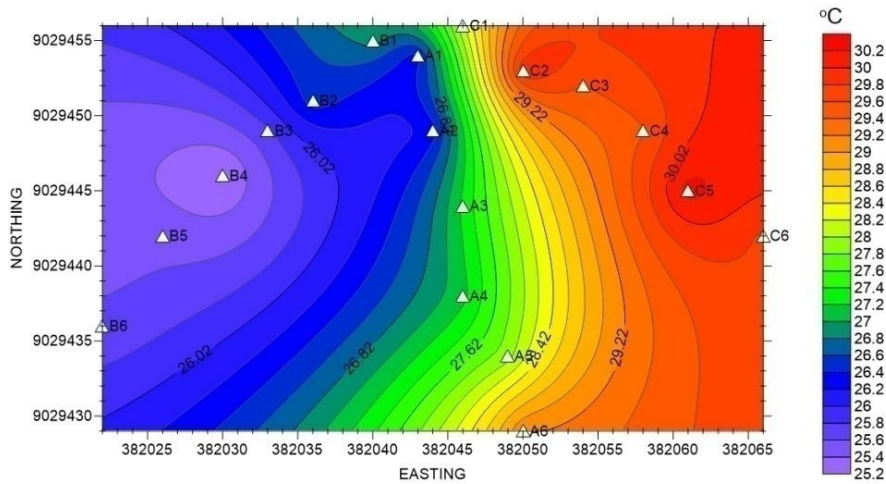


Gambar 6. Grafik hubungan pengukuran dengan SHT11 dan soil humidity

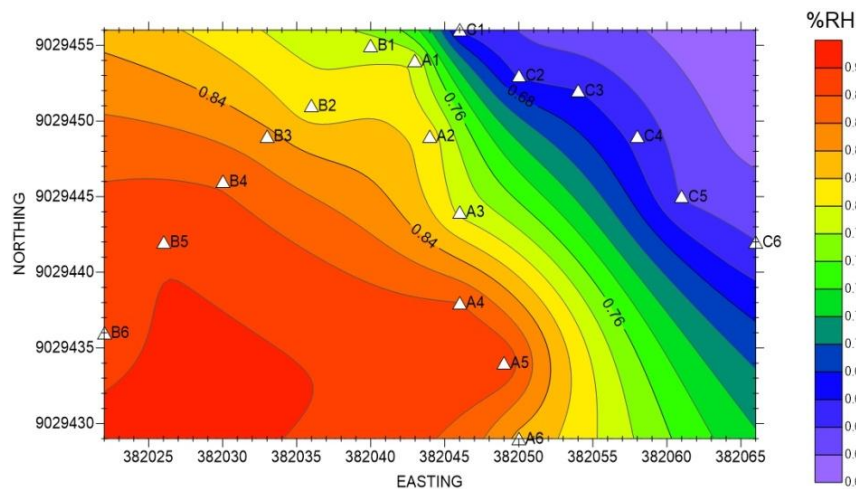
*Hasil Pengambilan Data Lapangan*

Terdapat beberapa kecenderungan yang diperoleh pada hasil pengukuran suhu dan kelembapan tanah. Kecenderungan tersebut dapat dilihat lebih jelas melalui peta kontur pada Gambar 7 dan 8. Berdasarkan Gambar 7 dapat terlihat bahwa suhu pada arah C di semua titik memiliki warna merah dengan fluktuasi suhu yang berkisar antara 29–30.2 °C. Begitu pula dengan nilai kelembapan yang juga konstan, namun memiliki nilai terendah yang ditandai oleh warna biru pada gambar 8. Fluktuasi nilai kelembapan untuk arah C berkisar antara 63–66%.

Berdasarkan hasil tersebut arah C dikategorikan sebagai daerah dengan suhu tinggi, namun memiliki kelembapan yang rendah. Arah A merupakan daerah dengan kategori suhu dan kelembapan sedang. Sedangkan arah B dikategorikan sebagai daerah suhu rendah dengan kelembapan yang tinggi.



Gambar 7. Peta kontur suhu pada setiap titik pengukuran

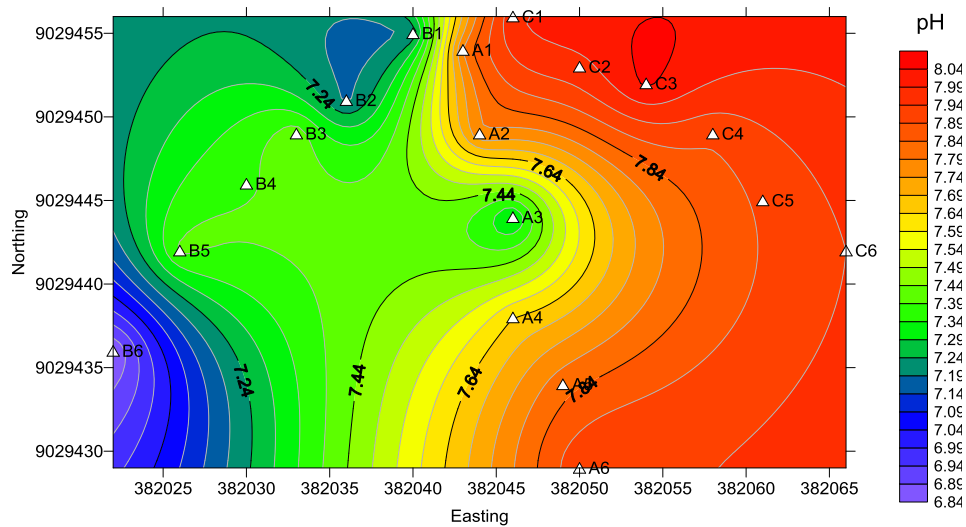


Gambar 8. Peta kontur kelembapan pada setiap titik pengukuran

Hubungan antara suhu dan kelembapan tanah dengan konsentrasi merkuri diperkuat dengan hasil pengukuran konsentrasi merkuri yang telah dilakukan. Diperoleh konsentrasi merkuri yang berada pada rentang 0.0073–48.104 ppm. Nilai tersebut sudah melebihi nilai kritis yang berada pada rentang 0.3–0.5 ppm (Alloway, 1995). Dimana titik C memiliki rata-rata nilai konsentrasi merkuri tertinggi, disusul arah A dan arah B. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi konsentrasi merkuri yang terdapat di dalam tanah akan meningkatkan suhu tanah. Hal tersebut bersesuaian dengan penelitian Miller *et al.* (2013) yang menemukan konsentrasi merkuri yang lebih besar pada sampel tanah yang memiliki suhu tinggi. Reaksi yang terjadi antara merkuri dalam fase liquid dengan komponen tanah akan menghasilkan sejumlah merkuri dengan fase gas yang terakumulasi di dalam tanah, reaksi tersebut akan lebih optimal pada tanah yang memiliki suhu tinggi (Miller *et al.* 2013). Sehingga konsentrasi merkuri yang lebih besar didapatkan pada tanah dengan suhu yang lebih tinggi. Seiring

dengan peningkatan suhu tanah, kelembapan tanah menjadi semakin kecil. Selain itu, penurunan kelembapan juga diakibatkan oleh struktur tanah dengan konsentrasi merkuri tinggi yang cenderung lebih padat dan tidak berongga. Berkurangnya rongga di dalam tanah akan mengakibatkan penurunan kelembapan di dalam tanah (Notodarmojo, 2005).

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai pH tanah yang cenderung bersifat basa (alkalis). Nilai pH tanah yang diperoleh pada setiap titik berkisar antara 6.84–8.05. Hal tersebut dibuktikan oleh peta kontur pada gambar 9. Arah C memiliki nilai pH yang cenderung konstan dan bersifat alkalis dengan rentang pH 7.90–8.05 sehingga dikategorikan sebagai pH tinggi. Sedangkan arah A dikategorikan sebagai pH sedang dengan rentang 7.2–7.93. Berbeda dengan titik B yang memiliki nilai pH yang cenderung lebih rendah dengan rentang 6.84–7.42.



Gambar 9. Peta kontur pH tanah pada setiap titik pengukuran

Kecenderungan yang terjadi pada pengukuran pH tanah semakin memperkuat indikasi adanya perubahan konsentrasi merkuri di dalam tanah. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil pengukuran pH tanah yang cenderung bersifat alkalis. Nilai yang diperoleh bersesuaian dengan hasil penelitian Mirdat *et al.* (2013) yang memperoleh pH tanah yang bersifat alkalis pada sekitar lokasi pembuangan limbah emas. Hasil pengukuran yang diperoleh diperkuat kembali oleh hasil pengukuran konsentrasi merkuri yang telah dilakukan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi merkuri dapat mengakibatkan perubahan pH tanah.

### KESIMPULAN

Diperoleh nilai suhu untuk semua titik berada pada rentang 25.2–30.3 °C. Sedangkan nilai kelembapan tanah berada pada rentang 63.8–89.9%. Sedangkan nilai pH tanah berkisar antara 6.8–8.1. Hasil pemetaan menunjukkan persebaran suhu, kelembapan dan pH tanah dengan pola yang hampir sama, dimana konsentrasi merkuri berbanding lurus dengan suhu dan pH tanah serta berbanding terbalik dengan kelembapan tanah.



### **Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA BLU Universitas Mataram Tahun Anggaran 2017 dengan kontrak Nomor: 752D/UN18/LPPM/2017 Tanggal 2 Mei 2017

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung hingga terselesaikan penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alloway, B.J, dan D.C. Ayres. 1995. *Chemical Principle of Environmental Pollution* 2<sup>nd</sup> Edition. Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London.
- Astiti, L.G.S., dan T.Sugianti. 2014. Dampak Penambangan Emas Tradisional Pada Lingkungan dan Pakan Ternak di Pulau Lombok. *Jurnal Sains Peternakan*. 12:101-106.
- Campbell, G. S., dan John M. N. 1998. *An Introduction to Environmental Biophysics*. Springer, New York.
- Miller, L. C., David B. W., Brian P. L., Kenneth A. L., Eric M. P., Liyuan L. 2013. Characterization of Soils From an Industrial Complex Contaminated With Elemental Mercury. *Journal of Environmental Research*. 125:20-29.
- Mirdat, Y. S. P., dan Isrun. 2013. Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya Kabupaten Palu. *Jurnal Agrotekbis*. 1(2):127 - 134.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB, Bandung.
- Pannu, R., Steven D. S., dan Nelson J. O'Druscell. 2014. Quantifying the Effect of Soil Temperature, Moisture, and Sterilization on Elemental Mercury Formation in Boreal Soils. *Journal of Environmental Pollution*. 193:138-146.
- Putranto, A. B., Bayu I. L., Boko N. 2009. Aplikasi Sensor SHT11 Pada Pengukuran Suhu Tanah. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 10:66-72.
- Santosa, C. E., dan Ari S. B. 2009. Rancang Bangun Sensor Suhu Tanah dan Kelembaban Udara. *Jurnal Sains Dirgantara*. 7:201-212.
- Sugianti, Titin, Sudjudi, dan Syahri. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Penyebaran Cemar Merkuri Pada Tanah Sawah Dampak Pengolahan Emas Tradisional di Pulau Lombok*. Palembang, 26-27 September 2014.
- Yong Kui, Yang, Zhang Cheng, Shi Xiao Jun, Wang DingYong. 2007. Effect of Organic Matter and pH on Mercury Release From Soils. *Journal of Environmental Science*. 19:1349-1354.