

# Pengembangan Sistem Akuisisi Data Nirkabel untuk Pengukuran Distribusi Suhu Bawah Permukaan

Rahman Arifuddin, Onny Setyawati, Didik R Santoso

**Abstract**—Subsurface temperature distribution measurement can be performed using non-contact methods such as remote sensing and other satellite imagery, and method of contact is by direct measurement at the observation area. In this research a contact method was used by injecting iron pipes equipped with sensor into the ground. The digital temperature sensor that can reduce noise, communication systems using wireless networks, and data processing system user interface were used. Result of measurement and processing of the data showed that the distribution of heat towards one of the slave due to the sunlight direct exposure was 31oC in areas without anomalies

**Index Terms**—Method of contact, Temperature Sensor, Heat Distribution.

**Abstrak**—Pengukuran distribusi suhu bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode non contact seperti remote sensing dan pencitraan satelit lainnya, dan metode contact yaitu dengan melakukan pengukuran secara langsung pada daerah pengamatan. Pada penelitian ini menggunakan metode contact dengan menginjeksikan pipa besi yang telah terpasang sensor kedalam tanah. Pengembangan dari system ini adalah pada penggunaan sensor temperature digital yang dapat mereduksi noise. Sistem komunikasi menggunakan jaringan nirkabel, dan sistem prosesing data dengan user interface. Hasil pengukuran dan pengolahan data menunjukkan bahwa sebaran panas tertinggi karena terpapar sinar matahari secara langsung dengan tercatat 31oC pada daerah tanpa anomali.

**Kata kunci**—Metode contact, Sensor Suhu, Sebaran Panas

## I. PENDAHULUAN

EKSPLORASI sumber energi geothermal umumnya dimulai dari penentuan daerah potensi sumber geothermal. Parameter fisis yang umumnya digunakan pada tahap awal adalah adanya titik-titik sumber mata air panas [1].

Selanjutnya dilakukan pengukuran distribusi suhu bawah permukaan untuk menentukan sumber dan

Rahman Arifuddin, Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia dan dosen di STT Malang (e-mail: rahman.arifuddin@gmail.com).

Didik R Santoso, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (e-mail: dieks@ub.ac.id)

Onny Setyawati, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

potensi panas yang ada. Dalam hal ini, pengukuran suhu bawah permukaan menjadi sangat penting dalam pencarian potensi sumber energi geothermal.

Secara umum, pengukuran distribusi suhu bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *non-contact* seperti seperti *remote sensing* dan pencitraan satelit lainnya, dan metode *contact* yaitu dengan melakukan pengukuran suhu secara langsung pada daerah pengamatan. Masing-masing metode tersebut mempunyai tujuan aplikasi yang berbeda dengan segala kelebihan dan kelemahannya [2]. Metode *non-contact* biasanya menggunakan sistem yang kompleks dan *high-cost* sedangkan metode pengukuran langsung dengan menggunakan thermometer *portable* dapat bersifat sederhana dan *low-cost*.

Pengukuran distribusi suhu bawah permukaan pernah dikembangkan oleh Arif ismaul (2005) dengan pengukuran secara manual dan tidak dapat mengukur secara sounding untuk menghasilkan sistem 3 dimensi [3]. Kemudian dikembangkan oleh Verna albert S (2013) dengan metode *contact* [4]. Disini sudah mengukur secara *sounding* dan menghasilkan sistem 3 dimensi [4], dengan menggunakan sensor suhu LM35

Pengembangan desain sistem instrumentasi yang sudah ada adalah menggunakan sensor temperature digital, sehingga diharapkan dapat mereduksi noise yang ada. Sistem komunikasi data menggunakan jaringan nirkabel (*wireless*), sehingga sistem instrumentasi yang dirancang menjadi lebih efektif. Pengembangan sistem *processing data* dengan *user interface*, sehingga lebih komunikatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur suhu bawah permukaan dan menginterpretasikan sebaran suhu di daerah ukur.

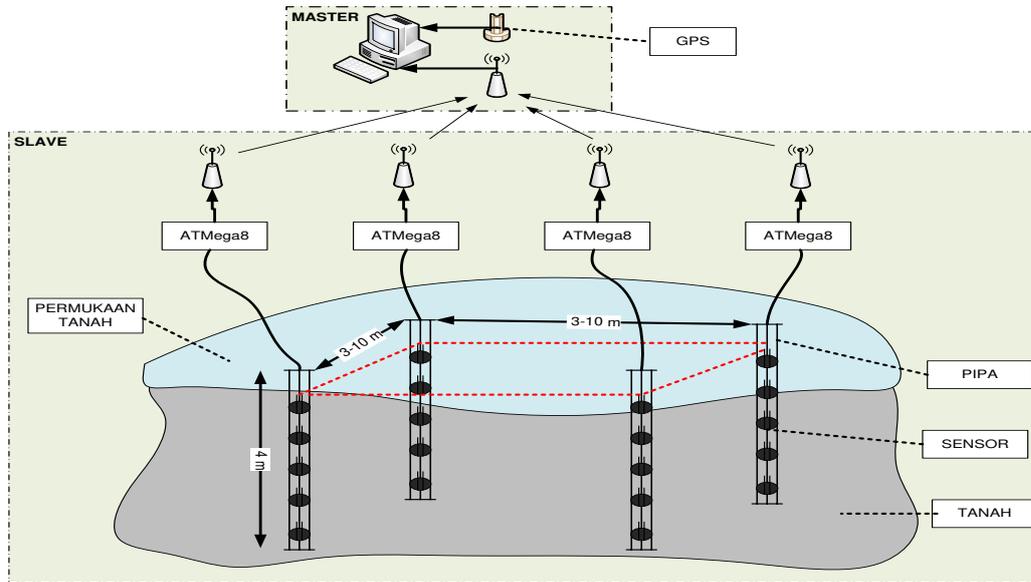
## II. RANCANGAN SISTEM

Teknik pengukuran gradient suhu bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan jajaran (*array*) sensor suhu yang dirangkai secara vertikal. Sedangkan distribusi suhu pada arah horizontal diukur dengan menempatkan sejumlah sensor di daerah ukur secara mendatar. Selanjutnya gambar kontur tiga-dimensi dari distribusi temperature bawah permukaan didapatkan dengan menggabungkan array sensor vertical dan *array* sensor horizontal. Untuk memperoleh informasi pengukuran akurat, dapat dilakukan dengan mengubah jarak antar elektroda.

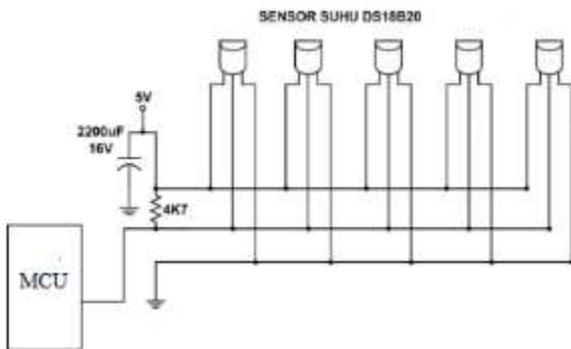
Sistem instrumentasi yang digunakan untuk

mengukur distribusi suhu bawah permukaan dapat didesain dan disusun atas beberapa modul, yaitu modul jajaran sensor (elektroda), modul *slave* (akuisisi data), modul *master* (pemroses data dan modul penampil).

temperature tipe digital, masing-masing elektroda terhubung ke mikrokontrol yang disebut unit *slave* atau RTU yang berfungsi sebagai akuisisi data, dan kemudian dihubungkan ke unit *master* atau MTU yang berfungsi



Gambar 1. Diagram Sistem Pengukuran Suhu Bawah Permukaan

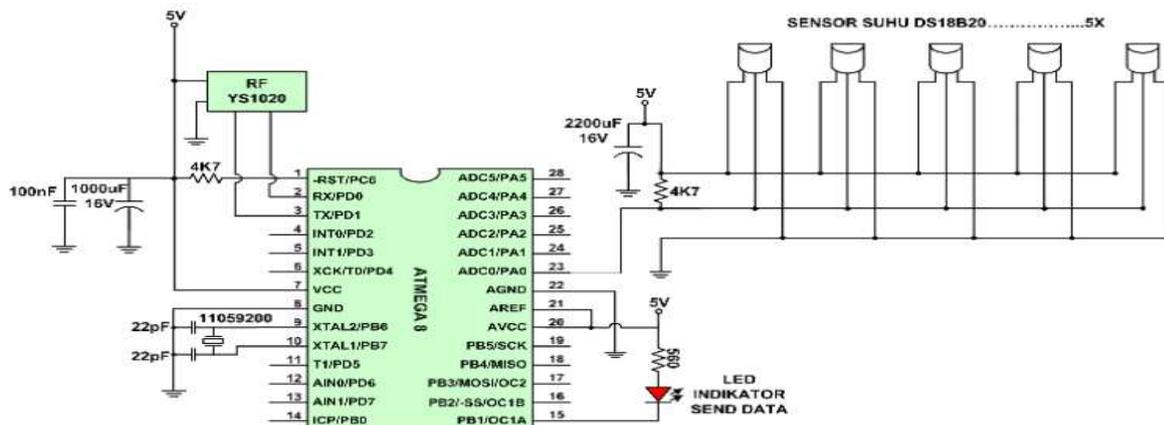


Gambar 2 Rancangan Sensor Suhu

sebagai pemroses data dan penampil. Komunikasi data Antara RTU dan MTU dilakukan secara nirkabel (*wireless*).

Berdasarkan diagram sistem pada Gambar 1 beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan sistem terdistribusi untuk pengukuran dan mapping suhu bawah permukaan adalah merancang mekanik sistem, merancang elektrik sistem, dan pemrograman keseluruhan sistem. Langkah pertama adalah merancang sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang ditunjukkan dalam blok diagram sistem.

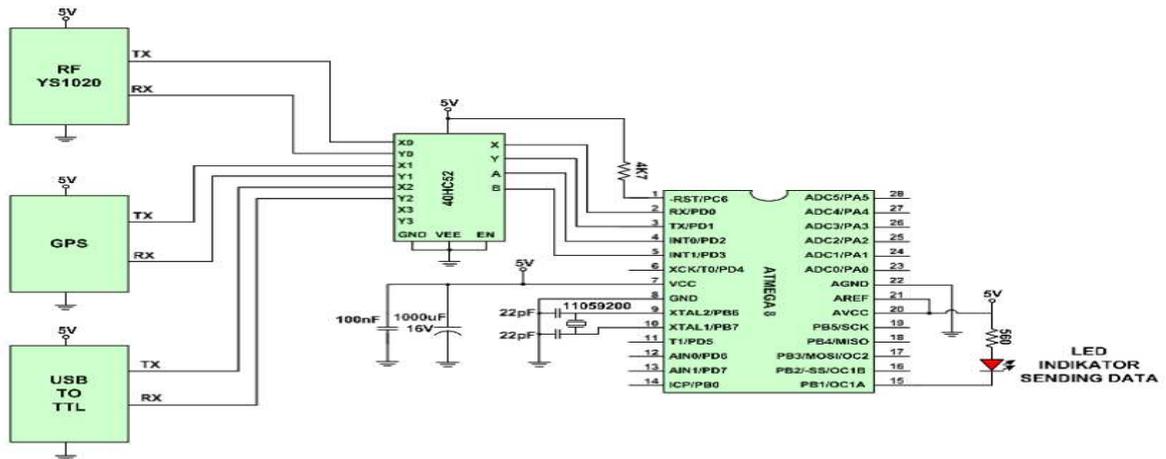
Perancangan jajaran sensor suhu DS18B20 bertujuan untuk mendeteksi suhu, pada alat ini sensor suhu tersebut digunakan untuk mendeteksi suhu bawah



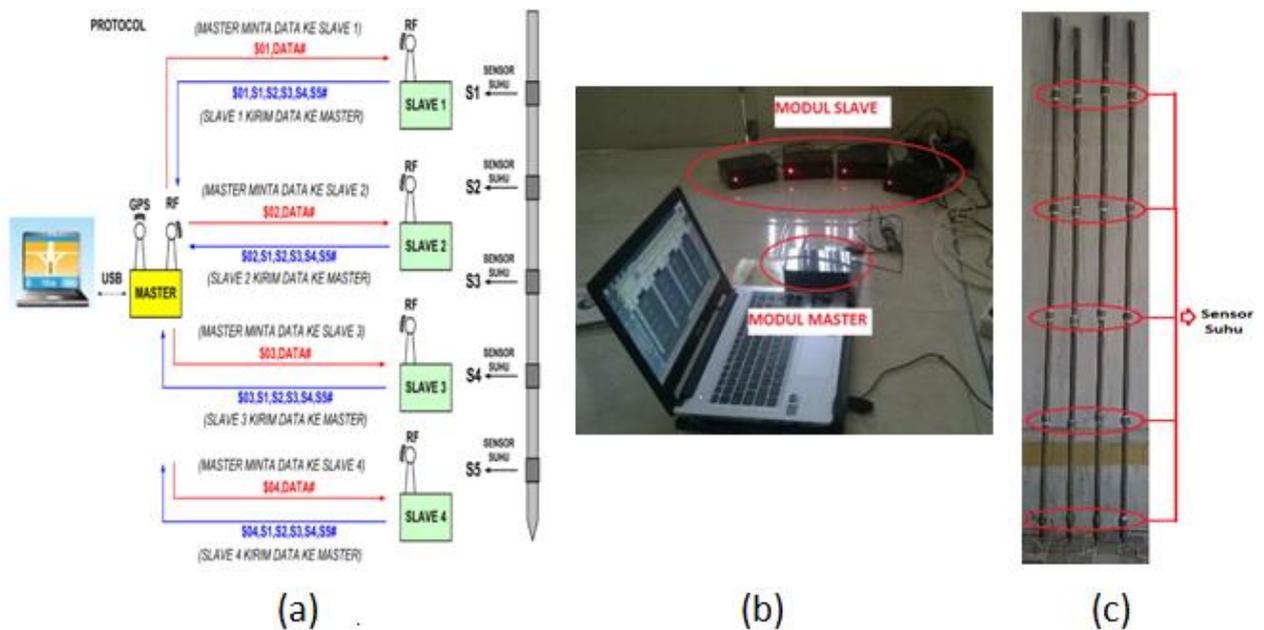
Gambar 3. Rangkaian Modul *Slave*

Pada penelitian ini dikembangkan empat buah elektroda dan setiap elektroda terdapat 5 buah sensor

permukaan. Pemilihan sensor suhu DS18B20 dalam penelitian ini dikarenakan sensor suhu ini merupakan



Gambar 4. Rangkaian Modul Master



Gambar 5. (a).Rancangan Protokol Sistem Transfer Data. (b).Perangkat Modul Slave dan Master. (c).Sensor Terpasang pada Pipa Besi

sensor suhu digital, dimana untuk jenis digital tidak berpengaruh terhadap noise pada jarak jauh saat proses pengiriman data suhu ke masing-masing slave. Sensor ini menggunakan 1 wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dan memiliki kode serial yang berbeda sehingga bisa digunakan lebih dari satu sensor dalam satu komunikasi 1 wire [5], seperti pada Gambar 2.

Dalam penelitian ini menggunakan resolusi 12 bit. Sesuai dengan *datasheet* untuk penggunaan resolusi 12 bit, setiap data yang dideteksi oleh sensor suhu akan dikalikan 0.0625 °C

Perancangan modul *slave* (akuisisi data). Pada modul *slave* ini terdiri dari komunikasi antara jajaran sensor suhu DS18B20 dengan mikrokontroler dengan menggunakan 1-wire sebagai jalur data dan radio frekuensi sebagai transmisi komunikasi antara modul *slave* dengan modul *master*. Untuk sensor suhu DS18B20, selain tidak terpengaruh terhadap *noise* juga dapat dihubungkan ke mikrokontroler tanpa rangkaian

tambahan [6]. Rangkaian modul *slave* seperti pada Gambar 3.

Perancangan modul *master*, pada perancangan ini terdiri dari radio frekuensi sebagai komunikasi dengan modul *slave*, GPS sebagai posisi alat dan *USBtoTTL* sebagai komunikasi antara modul *master* dengan PC. pada modul ini diperlukan IC *multiplexer* sebagai data selektor. Rangkaian modul *master* seperti pada Gambar 4.

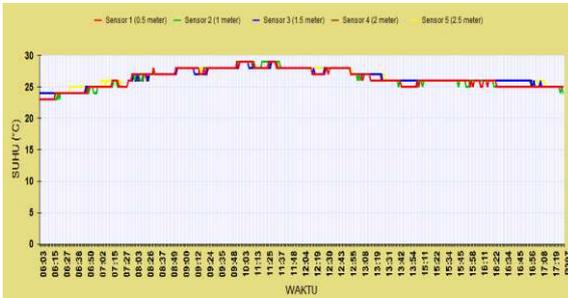
Perancangan sistem transfer data dilakukan dengan memberikan protocol pada setiap *slave*, untuk membedakan data yang diterima antara *slave* yang satu dengan *slave* yang lainnya.

Pada setiap *slave* memiliki alamat untuk membedakan data yang dideteksi antara sensor ke-1 sampai dengan sensor ke-5, dan masing-masing *slave* juga memiliki alamat untuk membedakan data dari setiap *slave*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5a. Perangkat modul *slave* dan *master* tampak pada Gambar

5b dan sensor yang telah terpasang pada pipa besi tampak pada Gambar 5c .

III. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada pengujian ini data akan disajikan dalam bentuk Tabel yang berisi nilai suhu setiap sensor pada setiap slave, bentuk grafik suhu setiap *slave*, serta dalam bentuk kontur distribusi suhu 2D dan 3D.



Gambar 6. Grafik pengukuran slave 2

Pengujian dilakukan pada saat sensor sudah terpasang pada pipa besi tetapi dalam keadaan belum diinjeksikan kedalam tanah. didapatkan hasil pembacaan sensor suhu sebelum di injeksikan ke tanah. Sebagai display disini menggunakan grafik pada *slave 2* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, karena tiap *slave* menampilkan grafik hasil pembacaan sensor yang hampir sama dengan selisih  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Dengan selisih tersebut pembacaan sensor suhu sesuai dengan yang diharapkan.

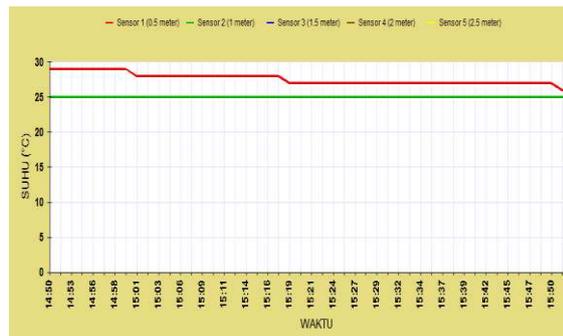


Gambar 7. Grafik Slave 3 Data Pagi Setelah di Injeksikan ke Tanah



Gambar 8 Grafik Slave 3 Data Siang Setelah di Injeksikan ke Tanah

Pada proses pengambilan data kondisi cuaca cenderung berawan dan hanya sesekali mendapat panas matahari, pada pukul 12:00 -13:00 dimana pada kondisi tidak berawan merupakan puncak dari suhu panas dari matahari, tetapi pada pengambilan data ini terjadi penurunan suhu disebabkan kondisi cuaca sedang berawan dan disertai gerimis.



Gambar 9 Grafik Slave 3 Data Sore Setelah di Injeksikan ke Tanah

Pengambilan data saat sensor telah diinjeksikan kedalam tanah, penempatan titik *slave* pada proses pengambilan data ini memiliki kondisi tanah yang berbeda dan paparan matahari yang berbeda pula. Sehingga hasil pengukuran antara slave yang satu dengan *slave* yang lainnya terdapat perbedaan.

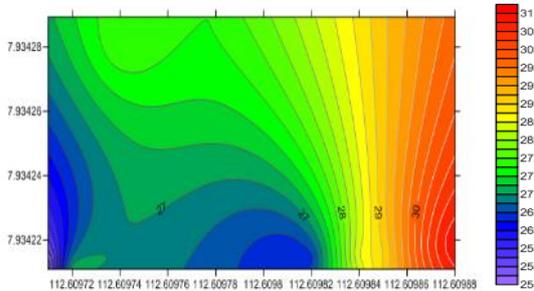
Sebagai perwakilan dari keempat *slave* yang ada pada sistem ini digunakan slave 3 sebagai *display* untuk menampilkan grafik hasil pengukuran, karena kenaikan suhu dan penurunan suhu yang terbaca oleh setiap sensor pada *slave 3* lebih terlihat perbedaannya. *Slave 3* ditempatkan pada lokasi yang terpapar sinar matahari secara langsung dengan kondisi tanah tidak terlalu kering, suhu yang terukur antara 25°C - 31°C. untuk *slave 1* ditempatkan dilokasi yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung dengan kondisi tanah yang

kering, disini suhu yang terukur antara 26°C - 27°C . Sedangkan *slave 2* ditempatkan dilokasi yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung dengan kondisi tanah yang basah, suhu yang terukur antara 24°C – 26°C dan *slave 4* ditempatkan pada lokasi yang terpapar sinar matahari dengan kondisi tanah agak basah, suhu yang terukur antara 25°C - 27°C Pengukuran suhu tersebut antara pukul 08:30 – 9:30.

Sedangkan untuk pengukuran suhu pukul 10:00 – 11:00 dilakukan pertukaran posisi *slave*, dimana *slave 1* menempati posisi *slave 4* dan sebaliknya serta posisi *slave 2* menempati posisi *slave 3* dan sebaliknya. Dari pertukaran posisi ini suhu yang terukur antar *slave* berbeda dengan pengukuran sebelumnya. Suhu yang terukur *slave 1* antara 25°C - 27°C, *slave 2* antara 25°C - 31°C, *slave 3* antara 25°C - 27°C dan *slave 4* antara 26°C - 28°C. Pada pukul 13:00 – 16:00 posisi *slave* dikembalikan pada posisi awal.

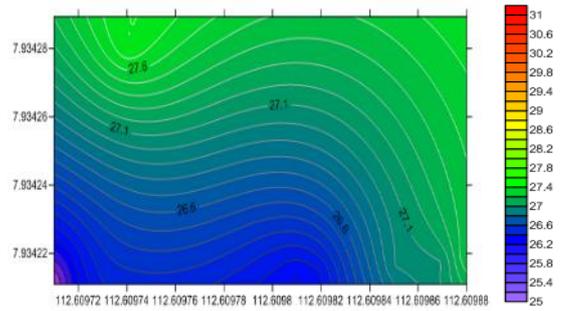
Dari grafik pada Gambar 6-9 setiap sensor memiliki kedalaman yang berbeda, warna merah untuk sensor 1 dengan kedalaman + 0,5 meter, warna hijau untuk sensor 2 dengan kedalaman ± 1 meter, warna biru untuk sensor 3 dengan kedalaman ± 1,5 meter, warna ungu untuk sensor 4 dengan kedalaman ± 2 meter dan warna kuning untuk sensor 5 dengan kedalaman ± 2,5 meter.

Penggunaan empat *slave* pada sistem ini sudah cukup mewakili proses pengambilan data pada daerah tanpa anomali dengan kondisi tempat pengambilan data yang tidak terlalu luas dengan jarak tiap *slave* ± 5 meter. Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan untuk penyebaran suhu menuju ke arah *slave 3*.

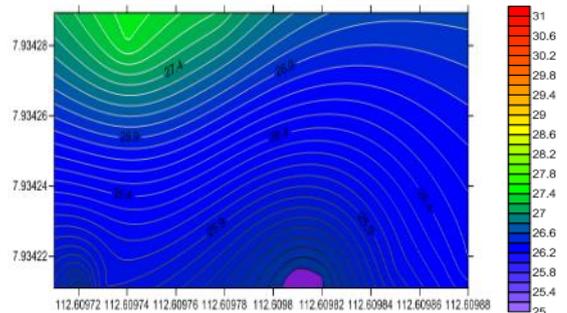


Gambar 10. Kontur Suhu pada sensor 1

Gambar 10 merupakan kontur sebaran suhu pada sensor 1, dimana penyebaran suhu tertinggi lebih menuju pada *slave 3*.

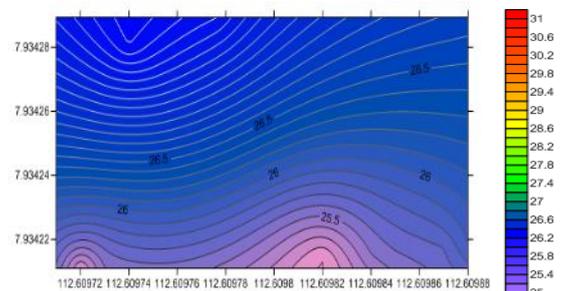


Gambar 11. Kontur Suhu pada sensor 2



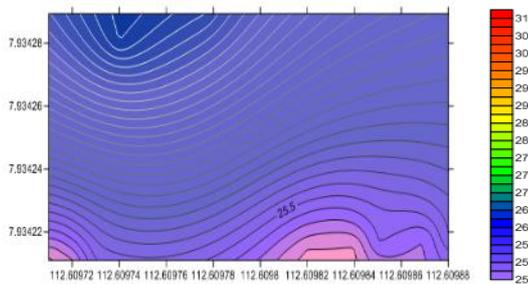
Gambar 12. Kontur Suhu pada sensor 3

Gambar 11 merupakan kontur penyebaran suhu pada sensor 2 pada kedalaman 1 meter, dimana penyebaran suhu tertinggi lebih menuju pada *slave 1*. Kondisi yang sama terjadi pada Gambar 12 yang merupakan kontur penyebaran suhu pada sensor 3, suhu tertinggi menuju pada *slave 1*.

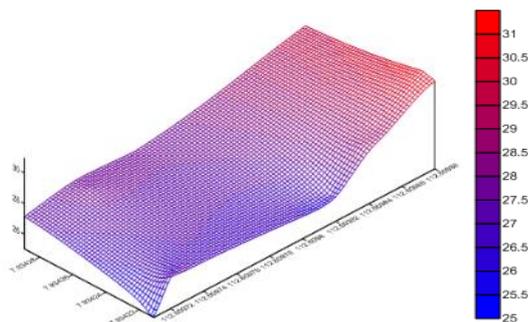


Gambar 13. Kontur Suhu pada sensor 4

Pada Gambar 13 dan 14 merupakan kontur penyebaran suhu pada sensor 4 dan sensor 5, suhu tertinggi pada sensor 4 dan sensor 5 menuju pada *slave 1* dengan kondisi tanah yang kering.



Gambar 14. Kontur Suhu pada sensor 5



Gambar 15 Kontur 3D Suhu pada sensor 1

Gambar kontur tersebut menggunakan *software surfer 9* dengan memasukkan nilai input X (*Longitude*), Y (*Latitude*), Z (*Suhu*). Kontur 3D penyebaran suhu tampak pada Gambar 15 :

Kontur 3D ini merupakan pemodelan 3D dari kontur suhu 2D pada Gambar 10 , dengan suhu tertinggi 31°C pada slave 3. Dari kontur 3D ini bisa diamati suhu tertinggi warna merah dengan posisi lebih tinggi dari slave yang lainnya. Pada pemodelan 2D dan 3D ini hanya menjadikan *longitude*, *latitude*, dan suhu sebagai input. Dengan mengabaikan kontur tanah pada daerah pengukuran karena fokus dari penelitian ini pada pengembangan sistem akuisisi data, penggunaan sensor, transmisi data yang digunakan dan tampilan dengan *user interface*

#### IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengembangan dan pengaplikasian dari sistem akuisisi data terdistribusi nirkabel untuk pengukuran dan *mapping* suhu bawah permukaan. Sistem ini dapat melakukan pengukuran suhu bawah permukaan dengan kedalaman 2,5 meter dan dapat melakukan pengukuran dengan 4 titik sekaligus dengan sistem *slave master*. Dimana slave sebagai akuisisi data dari sensor dengan menggunakan ATmega 8 dan master sebagai pengontrol dari masing-masing *slave* dan sebagai proses monitoring. Sistem yang dikembangkan adalah pada proses transfer data yang digunakan yaitu

menggunakan radio frekuensi YS1020UA sebagai media komunikasi, sehingga monitoring dapat dilakukan jarak jauh. Dan sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu digital DS18B20 dengan hanya menggunakan *1-wire*. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa sebaran panas lebih menuju ke arah slave 3 dan slave 4 pada pukul 08:30 – 09:30, dimana posisi dari slave ini yang secara langsung terpapar oleh sinar matahari sehingga panas yang dihasilkan lebih maksimal dengan suhu tertinggi 31°C pada slave 3. Dan pada pukul 10:00 – 11:00 sebaran panas menuju ke arah slave 2 dan 1 setelah dilakukan pertukaran posisi dengan suhu tertinggi 31°C pada slave 2. Dari hasil pengujian alat ini mampu mengukur suhu bawah permukaan dengan baik pada daerah tanpa anomali

#### REFERENCES

- [1]. Badan Standarisasi Nasional “Angka Parameter dalam Estimasi Potensi Energi Panas Bumi”. SNI 13-6482-2000, accessed 5

- Maret 2014, [http://geothermal.itb.ac.id/sites/default/files/public/Angka\\_parameter\\_energi\\_geothermal.pdf](http://geothermal.itb.ac.id/sites/default/files/public/Angka_parameter_energi_geothermal.pdf)
- [2]. Lillesland, Thomas. "*Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*". Yogyakarta:Gadjah Mada University Press, 2007
  - [3]. Ismaul, Arif.. Distribusi Sumber Panas Bumi Berdasarkan Survei Gradien Suhu Dekat Permukaan Gunungapi Hulu Lais, *Jurnal Gradien*, Vol.1 No.2. 2005,pp 64-68
  - [4]. Albert, Verna "Pengembangan array sensor suhu dan system akuisisi data berbasis mikrokontroler untuk pengukuran suhu bawah permukaan," . jurnal MIPA UNSRAT, vol. 2. No.1, 2013, pp. 66-72
  - [5]. Anonymous, "*Datasheet DS18S20 HighPrecision 1-Wire Digital Thermometer. REV:042208, Maxim*", accessed 5 Maret 2013, <http://datasheets.maximintegrated.com>.
  - [6]. Fatoni, Amrin "Penentuan Sebaran Temperatur Bawah Permukaan Bumi". *Jurnal FISIKA UB*, Vol 2.No.1,2014