

Desain Prototipe Sistem Pemetaan Dasar Sungai Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328P

Agus Muliawan^{*1}, Mohd. Syaryadhi^{*2}, Zulhelmi^{*3}

**Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, 23111, Banda Aceh, Aceh, Indonesia*

¹agus.mlwn@gmail.com

²syaryadhi@unsyiah.ac.id

³zulhelmi@unsyiah.ac.id

Abstrak— Banyaknya penumpukan sedimen pada dasar sungai menyebabkan pendangkalan, sehingga sungai akan meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Hal ini disebabkan karena sungai tidak dapat menampung debit air yang besar. Untuk itu diperlukan alat atau sistem yang dapat mengetahui kondisi sungai, yaitu dengan melakukan pemetaan terhadap dasar sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sebuah prototipe yang dapat melakukan pemetaan dasar sungai berdasarkan kondisi endapan sedimen yang ada pada dasar sungai dengan menggunakan sensor ultrasonik. Sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328P sebagai pengolah data yang diterima dari sensor ultrasonik. Sensor ditempatkan pada permukaan air dan digerakkan oleh motor stepper sesuai dengan titik-titik pengukuran yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan memodelkan kontur dasar sungai pada sebuah kolam dengan ukuran satu meter persegi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah mampu menggerakkan sensor untuk setiap titik pengukuran dan mendapatkan informasi jarak antara sensor dengan dasar sungai yang kemudian data tersebut disimpan dalam memori. Data ini diilustrasikan dalam bentuk sebuah gambar dan hasil yang diperoleh sesuai dengan kontur dasar sungai yang dimodelkan pada kolam pengujian.

Kata Kunci—pemetaan sungai, prototipe, sedimen, ultrasonik, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Bagi sebahagian masyarakat, sungai telah menjadi sesuatu yang penting untuk menunjang kehidupan mereka, terutama mereka yang hidup di sepanjang aliran sungai. Seiring berjalannya waktu sungai akan mengalami evolusi, yaitu hasil dari interaksi antara air, sedimen, dan dasar sungai, yang berkaitan erat dengan pengendalian banjir, navigasi, kontrol pasir dan struktur jembatan [1].

Banyaknya penumpukan sedimen pada dasar sungai menyebabkan pendangkalan pada sungai, sehingga sungai akan meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Hal ini disebabkan karena sungai tidak dapat menampung debit air yang besar. Kondisi dasar sungai yang tidak rata akibat penumpukan sedimen menyebabkan perubahan kedalaman

sungai, sehingga ada bagian sungai yang terlalu dangkal dan tidak dangkal pada bagian lainnya.

Banyak cara telah dilakukan untuk dapat mengetahui kondisi dasar sungai salah satunya adalah mengukur kedalaman suatu sungai. Vidia Susilo [2], telah membuat sebuah sistem yang dapat mengukur kedalaman dan mengetahui kondisi dasar sungai. Sistem ini didesain dengan cara menempatkan sensor sonar dan sistem pengontrol pada sebuah boat yang di kendalikan dengan remot kontrol. Kekurangan dari sistem ini adalah tingkat efisiensi yang kurang mengingat perpindahan sensor disepanjang sungai masih harus dikendalikan oleh manusia secara manual.

Selain itu hal serupa juga telah diaplikasikan pada sebuah sungai di Kalimantan, dengan menggunakan metode Ground Penetrating Radar (GPR) untuk memetakan batuan dasar sungai. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada perbedaan konstanta dielektrik pada batas lapisan. Data yang diperoleh selanjutnya diolah yang selanjutnya digunakan untuk interpretasi zona-zona yang berhubungan dengan dasar sungai, lapisan alluvial, dan bedrock [3].

Berdasarkan permasalahan diatas penulis mencoba untuk mendesai sebuah sistem yang dapat memetakan kondisi dasar sungai dengan cara mengukur kedalaman sungai pada titik-titik pengukuran yang sebelumnya telah ditentukan, kemudian hasil dari pengukuran akan dipetakan. Alat ini dilengkapi dengan sebuah sensor ultrasonik yang dapat mengukur kedalam sungai serta sensor yang digerakkan secara otomatis oleh motor stepper yang dikendalikan oleh mikrokontroler, data hasil pengukuran akan diproses oleh mikrokontroler dan disimpan di SD card untuk pemetaan dasar sungai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai merupakan aliran air alami yang terbentuk akibat siklus hidrologi. Sungai sejak dahulu kala telah menjadi suatu unsur alam yang berperan penting dalam kebudayaan manusia. Ketersediaan air, lembah yang subur, aliran dari sungai, dan potensi lainnya menarik manusia untuk bermukim di sekitarnya [4].

1) *Penampang Sungai*: Penampang sungai pada setiap sungai biasanya memiliki betuk yang berbeda, sesuai dengan faktor-faktor yang mengaturnya, terutama formasi geologi dari daerah aliran sungainya serta kondisi iklim di daerah tersebut. Bahkan di dalam sebuah sungai, dapat timbul perbedaan antara bagian-bagiannya.

2) *Erosi dan Sedimen*: Erosi dan sedimen adalah terjadinya pelepasan atau terkikisnya butiran-butiran tanah yang disebabkan oleh air yang kemudian terjadinya pengendapan material [5]. Sedimen yang dihasilkan dari proses erosi akan ikut terbawa oleh aliran air dan akan mengendap pada suatu tempat dimana aliran air pada tempat tersebut melambat atau terhenti. Proses ini dinamakan proses sedimentasi [6].

B. Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah salah satu dari gelombang suara yang memiliki frekuensi diatas 20kHz. Gelombang ultrasonik dapat merambat melalui medium padat, cair maupun gas. Cepat rambat gelombang ultrasonik pada medium lainnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekanan, suhu dan kelembaban [7].

C. Sensor Ultrasonik

Sensor ultasonik bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik yang kemudian menerima kembali pantulan dari gelombang tersebut. Gelombang ultrasonik tersebut dibangkitkan oleh sebuah elemen berupa piezoelektrik. Waktu yang dibutuhkan oleh gelombang ultrasonik dimulai dari gelombang dipancarkan sampai gelombang diterima kembali oleh sensor adalah berbanding lurus dengan jarak objek yang memantulkannya.

Semakin jauh jarak antara sensor dengan objek pemantul maka semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh gelombang ultrasonik untuk kembali sampai ke sensor, dari perbedaan waktu dan frekuensi gelombang ultrasoniklah yang menentukan berapa jarak antara sensor dengan objek [8].

D. Mikrokontroler

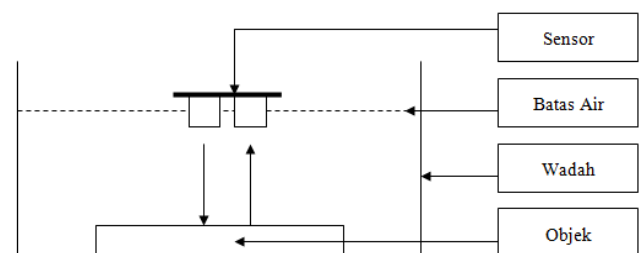
Mikrokontroler adalah sebuah sitem komputer yang semuanya sudah terintegrasi dalam sebuah chip. Pada mikrokontroler sudah terdapat unit prosesor sebagai pengendali utama, selain itu juga terdapat RAM, ROM, dan I/O Port serta timer/counter. Mikrokontroler umumnya digunakan untuk sistem atau aplikasi yang lebih spesifik [9].

III. METODE PENELITIAN

Dalam menyusun karya ilmiah ini penulis melakukannya secara bertahap dan terstruktur, dimana tahapan pertama dilakukan kajian terhadap sumber yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini. Dalam hal ini penulis menggunakan buku, jurnal dan artikel baik yang bersumber dari internet maupun sumber lainnya. Tahapan kedua adalah melakukan perancangan sistem dan pengujian awal untuk mendapatkan data yang dibutuhkan, pegujian dilakukan untuk setiap komponen dan modul yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan ketiga adalah merangkai semua komponen dan modul menjadi sebuah sistem. Selanjutnya merupakan tahap pengujian sistem dan proses analisa. Pada tahapan ini, pengujian sistem dilakukan secara keseluruhan. Selanjutnya dilakuakan analisa terhadap sistem dan hasil pengujian. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah hasil pengujian dan sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan, apabila sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya atau hasil pengujian tidak sesuai, maka kembali ke tahapan sebelumnya yaitu perancangan sistem. Data hasil pengujian akan dianalisa lebih lanjut untuk selajutnya diambil kesimpulan.

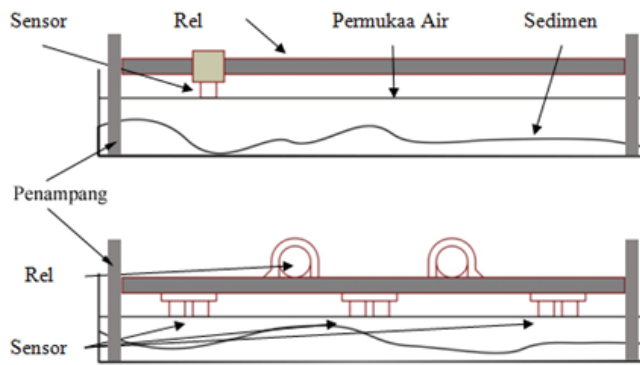
A. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang harus mampu mendapatkan informasi dalam bentuk data dasar sungai untuk menentukan bentuk dasar sungai secara keseluruhan. Proses pengukuran dilakukan dengan menempatkan sensor pada saat pengujian sedikit masuk ke dalam air, hal ini bertujuan agar gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh bagian *transmitter* pada sensor dapat merambat di dalam air. Gambar 2 memperlihatkan ilustrasi penempatan sensor saat pengujian di dalam air.



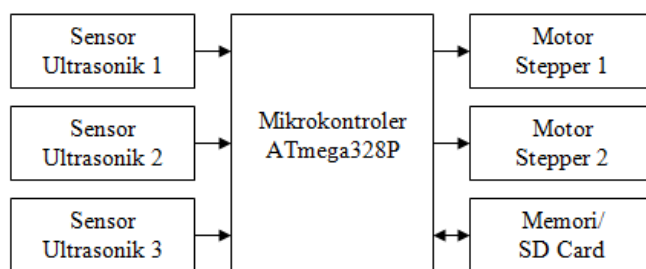
Gambar 1 Ilustrasi pengujian sensor di dalam air

Sensor terpasang pada sebuah rel untuk mempermudah pergerakan pada saat posisi sensor harus berpindah seperti yang terlihat pada Gambar 3. Perpindahan sensor digerakkan oleh motor stepper yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Sensor akan digerakkan dan berpindah posisi untuk setiap titik pengukuran yang sudah ditentukan.



Gambar 2 Desain sistem

Adapun prinsip kerja tersebut dapat dijelaskan secara lebih detail melalui diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 4 di bawah ini.



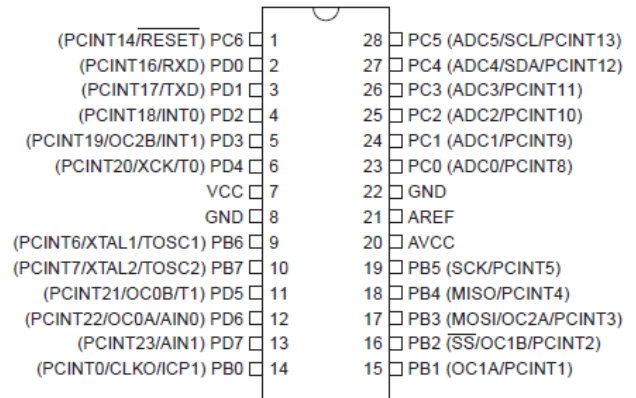
Gambar 3 Diagram blok penelitian

Prinsip kerja dari sistem tersebut yaitu sebagai berikut, mikrokontroler ATmega328P akan mengirimkan sinyal berupa pulsa high pin trigger sensor HC-SR04. Pada proses ini *transmitter* pada sensor HC-SR04 akan memancarkan gelombang suara dengan frekuensi 40kHz. Gelombang suara tersebut selanjutnya akan merambat melalui air yang kemudian terhalang oleh dasar sungai sehingga akan dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver* pada sensor.

Sensor tidak bekerja secara bersamaan, hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya interferensi antara sinyal yang dipancarkan oleh setiap sensor. Selanjutnya apabila sensor telah menerima gelombang pantulan, maka mikrokontroler akan menerima sinyal dari sensor untuk selanjutnya diproses sehingga didapatkan jarak antara sensor dengan dasar sungai. Hasil dari pengukuran akan disimpan kedalam SD card.

Selanjutnya mikrokontroler akan mengaktifkan motor stepper untuk memindahkan posisi sensor ketitik pengukuran lainnya. proses ini terus berlanjut untuk setiap titik pengukuran selanjutnya.

1) *Mikrokontroler ATmega328P*: Mikrokontroler ATmega328P dapat beroperasi pada tegangan yang bervariasi dari 1.8 volt sampai 5.5 volt sehingga cocok jika digunakan untuk aplikasi yang ditenagai oleh baterai. Pada tegangan rendah, mikrokontroler dapat dioperasikan pada clock 4 MHz, dengan menaikkan tegangan sampai 2.77 volt juga dapat menaikkan clock hingga 10 MHz. Gambar 4 memperlihatkan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega328P.



Gambar 4 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega328P

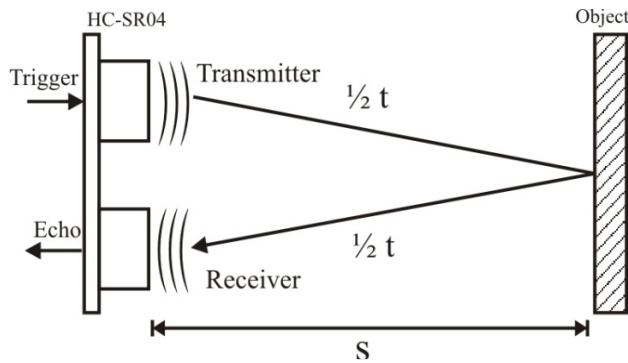
Pemberian tegangan sebesar 4.5 volt dapat mengoperasikan mikrokontroler samapai 20 MHz. ATmega328P menggunakan teknologi picopower sehingga sangat mengurangi konsumsi daya perangkat. Dengan teknologi picopower maka tegangan yang rendah dapat menjalankan instruksi dengan kecepatan clock maksimal. Umumnya ATmega328P ditenagai dengan clock sebesar 16 MHz [9]-[10].

2) *HC-SR04 Ultrasonic Ranging Module*: HC-SR04 ultrasonic ranging module adalah salah satu sensor ultrasonik yang memiliki prinsip kerja mirip dengan radar ultrasonik. Gelombang ultrasonik di pancarkan kemudian di terima kembali oleh receiver ultrasonik. Selisih antara waktu pancar dan waktu terima adalah representasi dari jarak objek. Bentuk fisik dari sensor HC-SR04 terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Bentuk fisik sensor HC-SR04

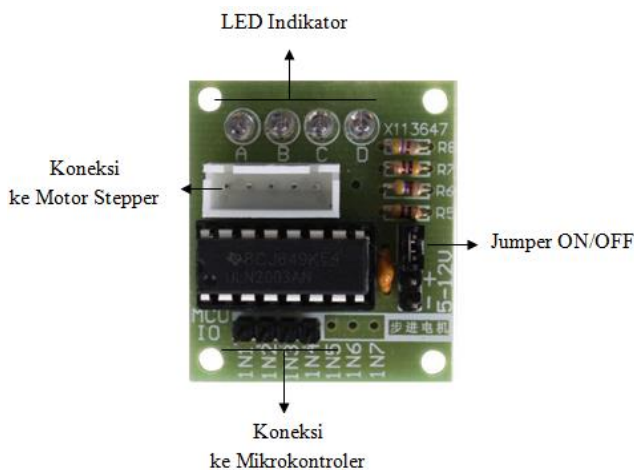
HC-SR04 terdiri atas 2 bagian utama yang menyusunnya yaitu bagian *transmitter* dan *receiver*, dimana fungsi dari kedua bagian tersebut adalah untuk memancarkan gelombang ultrasonik dan sebagai penerima gelombang ultrasonik yang dipantulkan ketika gelombang tersebut mengenai suatu objek. Gambar 6 memperlihatkan prinsip kerja dari sensor HC-SR04.



Gambar 6 Prinsip kerja sensor HC-SR04

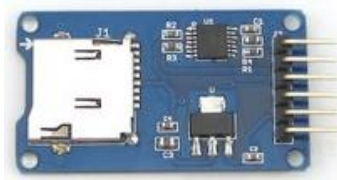
3) *Motor Stepper*: Motor stepper digunakan untuk menggerakkan/memindahkan posisi sensor yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan mengirimkan sinyal berupa pulsa *high* atau *low* ke motor stepper. Agar motor stepper dapat berputar dan menggerakkan sensor maka diperlukan sebuah driver, hal ini dikarenakan arus keluaran dari mikrokontroler tidak cukup kuat.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan modul driver yang berbasis IC ULN2003. Modul driver motor stepper ULN2003 menyediakan sebuah interface yang akan menggerakkan motor secara langsung antara mikrokontroler dan motor stepper. Gambar 7 memperlihatkan bentuk fisik dari modul driver ULN2003.



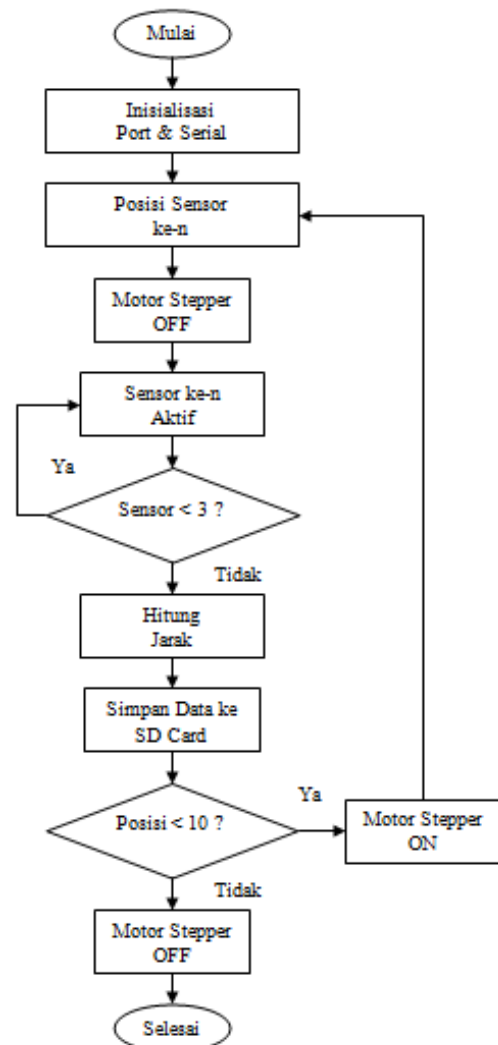
Gambar 7 LCD 16x2

4) *Memori (SD Card)*: Memori (SD card) berfungsi untuk menyimpan data hasil pengukuran dari sensor. untuk menghubungkan SD card dengan mikrokontroler, pada penelitian ini peneliti menggunakan modul SD card adpter untuk membaca SD card. Modul tersebut membaca SD card melalui sistem file dan dengan menggunakan antarmuka SPI. Gambar 8 memperlihatkan bentuk fisik modul SD card adapter.



Gambar 8 Modul SD card adapter

5) *Diagram Alir Program*: Diagram alir program dalam penelitian ini memperlihatkan langkah-langkah ataupun proses yang dilakukan oleh mikrokontroler pada saat sistem sedang bekerja. Mikrokontroler akan melakukan inisialisasi terlebih dahulu terhadap semua port, selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan setiap instruksi dari setiap fungsi yang dituliskan pada program seperti yang terlihat pada Gambar 9. Program tersebut dijalankan secara sequential oleh mikrokontroler, artinya setiap instruksi tidak dijalankan secara bersamaan melainkan per instruksi.

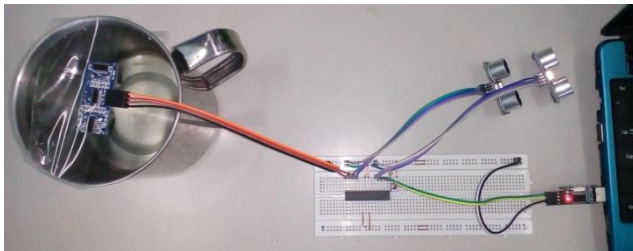


Gambar 9 Diagram alir program

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

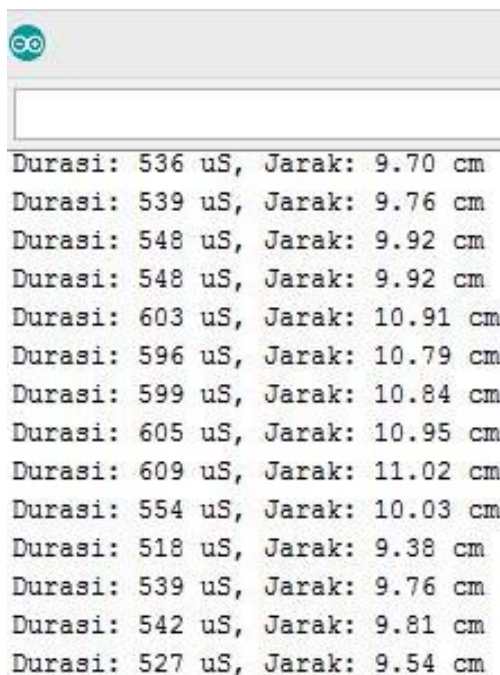
A. Hasil Pengujian Sensor

Tahap awal pengujian sensor dilakukan dengan menempatkan sensor pada wadah yang berisikan air, hal ini dilakukan sebagai langkah pengambilan data awal yang berguna untuk mengetahui karakteristik sensor serta memastikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik. Proses ini juga bertujuan untuk mempermudah kalibrasi apabila terjadi kesalahan pada hasil pembacaan sensor. Gambar 10 memperlihatkan pengujian sensor.



Gambar 10 Pengujian sensor HC-SR04

Pengujian yang dilakukan adalah dengan mendekatkan atau menjauhkan sensor terhadap suatu objek (penghalang), dan hasil pengukuran akan ditampilkan pada serial monitor secara berubah-ubah sesuai dengan jarak sensor dengan objek. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik. Gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran yang ditampilkan pada serial monitor.



Gambar 11 Hasil pengukuran pada jarak 10 cm

Untuk data yang lebih lengkap mengenai pengujian sensor terdapat pada Tabel 1.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SENSOR

No.	Jarak (cm)	Pengujian Sensor (cm)			Rata-rata (cm)	Error %
		X1	X2	X3		
1	10	10.24	10.5	10.42	10.39	3.87
2	15	15.53	14.82	15.60	15.32	2.11
3	20	20.75	20.9	20.90	20.85	4.25
4	25	25.89	25.8	26.10	25.93	3.72
5	30	31.45	30.95	31.40	31.27	4.22
6	40	42.0	42.5	42.05	42.08	5.21
7	50	52.65	52.55	52.78	52.66	5.32
8	100	105.42	105.65	105.60	105.56	5.56

Pada Tabel 1 di atas terlihat jelas bahwa hasil pengukuran dengan sensor memiliki selisih terhadap jarak yang sebenarnya dengan persentase kesalahan kurang dari enam persen.

B. Hasil Pengujian Motor Stepper

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap motor stepper dengan dua kondisi, yaitu pengujian untuk putaran forward dan putaran revers. Setiap putaran dilakukan per-step, dimana mikrokontroler akan mengirimkan sinyal berupa pulsa high atau low ke modul driver ULN20003 yang terhubung dengan motor stepper. Setiap step dari pengujian, masing-masing pin dari motor stepper menerima logika yang berbeda sehingga membuat motor stepper berputar satu step secara forward maupun revers.

C. Pengujian Modul SD card

Tahapan pertama adalah proses inialisasi SD card dengan menuliskan program berikut:

```
Serial.begin(9600);
Serial.print("Inisialisasi SD card");
pinMode(CSpin, OUTPUT);
if (!SD.begin(CSpin)) {
    Serial.println("Error!");
    return;
}
Serial.println("Inisialisasi Selesai");
```

Tahap selanjutnya adalah proses penulisan data ke SD card, proses ini menghasilkan file dengan ekstensi .csv yang tersimpan di dalam SD card. Proses tersebut dilakukan dengan menuliskan sebuah fungsi pada program sebagai berikut:

```
void simpanData() {
    if(SD.exists("data.csv")) {
        sensorData = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
        if (sensorData) {
            sensorData.println(dataString);
            sensorData.close();
        }
    }
    else {
        Serial.println("Error!");
    }
}
```

D. Pengujian Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan yaitu dengan menggabungkan keseluruhan blok sistem yang telah dirancang. Gambar 12 meperlihatkan sistem sedang melakukan pemetaan.



Gambar 12 Proses pemetaan dasar sungai

Pengujian sensor dilakukan sebanyak 3 kali dengan tahapan dan prosedur yang sama, hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan repeatability sensor yaitu mendapatkan hasil yang sama. Gambar 13 memperlihatkan hasil pengujian sistem, sedangkan Tabel 3 memperlihatkan data pengukuran secara manual dengan menggunakan alat ukur berupa meteran.

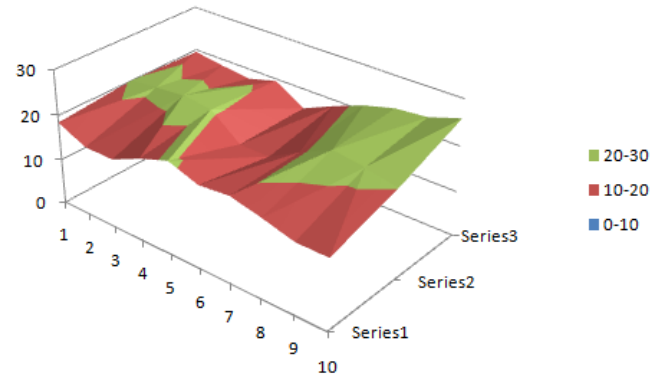
COM20 (Arduino Uno)			
Titik Ukur	Sensor 1	Sensor 2	Sensor3
1	18.42	20.07	19.50
2	15.55	20.89	18.50
3	15.53	21.47	17.70
4	18.45	20.80	19.50
5	20.73	15.60	15.57
6	18.42	15.59	18.53
7	19.09	19.30	21.21
8	17.49	22.45	23.00
9	15.60	21.50	23.62
10	15.57	20.10	25.90

Gambar 13 Hasil Pengujian Sistem

TABEL II
DATA PENGUKURAN SECARA MANUAL

Titik Pengukuran	Pengukuran Manual (cm)		
	Posisi 1	Posisi 2	Posisi 3
1	18	20	19
2	15	20	18
3	15	21	17
4	18	20	17
5	20	15	15
6	18	15	18
7	19	19	21
8	17	22	22.5
9	15	21	23
10	15	20	25

Data dari hasil pengujian sistem seperti yang terlihat pada Gambar 13 memiliki perbedaan dengan data hasil pengukuran secara manual, dimana data hasil dari pengujian sistem sedikit lebih besar. Data-data tersebut kemudian diproses lebih lanjut dengan menggunakan matlab untuk dipetakan dalam bentuk 3D seperti yang tampak pada gambar 14.



Gambar 14 Pemetaan hasil pengujian dalam bentuk 3D

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap sistem pemetaan dasar sungai menggunakan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328P, maka dapat disimpulkan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Pada saat pertama kali dijalankan sistem menggerakkan semua sensor menuju titik pengukuran pertama, begitu selanjutnya sampai pada titik pengukuran terakhir. Pada setiap titik yang dituju oleh sensor sistem dapat memperoleh data dasar sungai yang kemudian disimpan dalam memori. Data yang didapatkan dari setiap titik pengukuran tersebut akan menjadi sekumpulan data yang dapat diilustrasikan dalam bentuk sebuah gambar dan hasil yang diperoleh sesuai dengan kontur dasar sungai yang dimodelkan pada kolom pengujian.

REFERENSI

- [1] Jian Ou, Xingnan Zhang & Jinsheng You, "River 3D Visualization and Analyzing Technique Using DEM," International Conference on Information Engineering and Computer Science, 2009.
- [2] S. Vidia, C. P. Vecky & D. K. Manembu P., "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kedalaman Sungai," E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 2015.
- [3] S. Abdul., "Pemetaan Batuan Dasar Sungai dengan menggunakan metode Ground Penetrating Radar," Skripsi, Lab. Geofisik FMIPA Universitas Indonesia, Jakarta, 2009.
- [4] H.R. Mulyanto, Sungai: Fungsi dan Sifat-Sifatnya, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- [5] Suripin, Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air, Edisi ke 1, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2002.
- [6] Arsyad Sitanala, Konservasi Tanah dan Air, Edisi Kedua, IPB Press, Bogor, 2010.
- [7] D. C. Giancoli, Fisika, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999.
- [8] Gunarta, Lilik, "Sensor Ultrasonik," [Online]. Available: <http://skp.unair.ac.id/repository/>, 2016.
- [9] Christanto, D dan Pusporini, K, Panduan Dasar Mikrokontroler Keluarga MCS-51, Innovative Electronics, Surabaya, 2004.