

Sistem Pengukur Kecepatan Arus Air Menggunakan *Current Meter* Tipe “1210 AA”

Handy Chang¹ dan Fany Indriaty¹

Abstract: This research topic is about water flow velocity measuring system. This system can calculate the velocity of water flow automatically. The automatic calculation is supported by using current meter type “1210AA”. This system can calculate water flow velocity at irrigation channels and at any rivers that have horizontal flow (stream line). This system is divided into 2 subsystems. Those subsystems are reader system and counter system. Communication between these two subsystem can be held by wireless communication. The value of water flow velocity comes from comparing the number of wheel spin contained in the current meter during the a specified time. Microcontroller processes the result from comparison then shows the number to the LCD. This system had been tested on Cisadane River, Tangerang. Based on the testing results, this system can measure the water flow velocity successfully.

Abstrak: Perancangan sistem pengukur kecepatan arus air ini digunakan untuk menghitung kecepatan arus air secara otomatis. Perhitungan secara otomatis didukung menggunakan curent meter tipe “1210AA”. Sistem yang dirancang ini dapat digunakan untuk menghitung kecepatan arus air pada saluran irigasi dan sungai yang memiliki pola arus mendatar (stream line). Alat ini dipisah menjadi dua bagian yaitu bagian pembaca dan bagian penghitung. Komunikasi antara kedua bagian tersebut menggunakan komunikasi nirkabel. Kecepatan arus air didapat dengan cara membandingkan jumlah putaran kincir yang terdapat pada current meter selama waktu yang ditentukan oleh pengguna. Mikrokontroler memproses hasil perbandingan tersebut kemudian menampilkan hasil perhitungan tersebut pada LCD. Pengujian sistem dilakukan di Sungai Cisadane, Tangerang dan dinilai dapat mengukur kecepatan arus air dengan baik.

Kata kunci: current meter, LCD, mikrokontroler.

PENDAHULUAN

Current meter merupakan sebuah alat ukur yang digunakan untuk menghitung kecepatan arus air, dimana kecepatan arus air akan dihitung dalam satuan (meter/detik). Alat ukur ini digunakan pada praktikum rekayasa hidrolika yang merupakan salah satu mata kuliah yang terdapat pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Praktikum tersebut dilakukan pada Laboratorium Hidrolika di Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Kecepatan arus air didapatkan dengan cara membandingkan jumlah putaran kincir pada *current meter* selama waktu tertentu, kemudian dikonversikan dengan rumus tertentu. Banyaknya putaran kincir pada *current meter*, didapatkan dengan cara mendengarkan pulsa yang dihasilkan oleh *current meter* menggunakan *headphone*, atau menghitung pulsa yang dihasilkan menggunakan *counter* mekanik, sedangkan lama waktu pengukuran ditunjukkan oleh sebuah *stopwatch*. Penghitungan banyaknya putaran kincir menggunakan *headphone* atau *counter* mekanik merupakan penghitungan secara manual sehingga faktor kesalahan yang akan terjadi relatif besar.

Laboratorium Hidrolika saat ini memiliki dua jenis *current meter* yaitu *current meter* tipe “1210 AA” dan *current meter* tipe C2”10.150”. *Current meter* tipe C2”10.150” yang terlihat pada Gambar 1, memiliki kincir yang berbentuk baling-baling. Baling-baling tersebut akan berputar bila dihadapkan dengan arus air. Pengukuran kecepatan air menggunakan *current meter* tipe C2”10.150” dilakukan secara manual, yaitu dengan menghitung banyaknya putaran baling-baling menggunakan *counter* mekanik selama waktu yang ditentukan. *Current meter* tipe C2”10.150” berhubungan dengan *counter mekanik* melalui sebuah kabel, sehingga setiap kali baling-baling *current meter* tipe C2”10.150” berputar, *counter* mekanik yang ditunjukkan oleh Gambar 2, akan berubah nilainya. Lama waktu penghitungan putaran ditunjukkan dengan menggunakan *stopwatch*.



■ Gambar 1. *Current Meter* tipe C2”10.150”



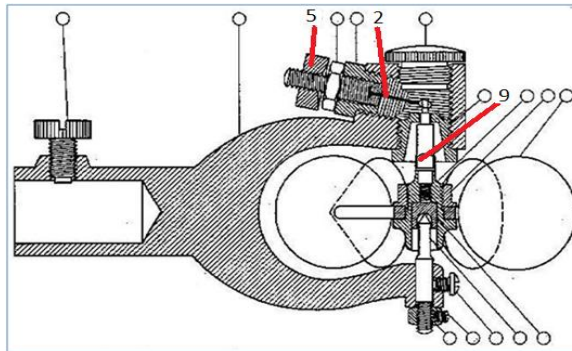
■ Gambar 2. *Stopwatch* dan *Counter* Mekanik

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta

Current meter yang kedua adalah *current meter* tipe "1210 AA". Berbeda dengan *current meter* tipe C2"10.150", *current meter* ini tidak memiliki kincir berbentuk baling-baling. Kincir yang dimiliki oleh *current meter* tipe "1210 AA" berbentuk mangkuk kerucut yang disebut *bucket wheel* sebanyak enam buah seperti yang terlihat pada Gambar 3. Jumlah putaran kincir diketahui melalui suatu keadaan ketika tuas besi yang terdapat di dalam *current meter* bersentuhan dengan sebuah poros kincir yang dirancang berbentuk segitiga. Keadaan saat tuas besi dengan poros bersentuhan dapat dianalogikan sebagai sebuah *switch* yang terhubung singkat atau *short*. Setiap terjadi keadaan *short*, menandakan telah terjadi satu putaran. Posisi tuas besi dan poros kincir seperti yang terdapat pada Gambar 4 yaitu bagian yang ditunjukkan dengan nomor 2 dan nomor 9. *Current Meter* tipe ini pada umumnya digunakan untuk mengukur kecepatan air pada saluran irigasi [1].



■ Gambar 3. *Current Meter* Tipe "1210 AA".



■ Gambar 4. Posisi Tuas Besi dan Poros Kincir pada *Current Meter* Tipe "1210 AA" [1].

Putaran kincir pada *current meter* tersebut seharusnya dihitung dengan menggunakan *headphone* [2], namun Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara tidak memiliki alat tersebut, sehingga pembacaan *current meter* tipe "1210 AA", dilakukan menggunakan *data logger current meter* secara nirkabel berbasis *personal computer* yang dirancang oleh Hadi Chandra, mahasiswa Teknik Elektro Universitas Tarumanagara. *Data Logger current meter* tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Kecepatan air minimal yang dapat diukur oleh *current meter* tipe "1210 AA" adalah 0.08 meter/detik dan kecepatan maksimal yang dapat diukur adalah 2.44 meter/detik [2].

Berdasarkan hasil survei yang diperoleh, *data logger* yang dirancang tersebut menggunakan media komunikasi nirkabel, dimana jarak maksimum yang dapat ditempuh sejauh 100 meter. Prinsip kerja *data logger* tersebut adalah setiap keadaan *short* yang ditimbulkan *current meter*, dibaca oleh mikrokontroler yang terdapat pada modul pengirim sebagai satu putaran, kemudian data tersebut dikirim oleh sebuah *transmitter*. Data yang dikirimkan tersebut akan diterima oleh *receiver* yang terdapat pada sisi penerima, kemudian data tersebut diolah oleh *Personal Computer* (PC) menggunakan perangkat lunak *Visual Basic 6.0*. Pengiriman dan penerimaan data dilakukan secara nirkabel memanfaatkan frekuensi radio dengan sistem modulasi *Amplitude Shift Keying* (ASK).



■ Gambar 5. *Data Logger Current Meter* secara Nirkabel.

Current meter tipe “1210 AA” selain digunakan dalam kegiatan praktikum pada Laboratorium Hidrolika juga dapat digunakan untuk pengukuran kecepatan arus air sungai, laut dan saluran irigasi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara menggunakan *current meter* tipe “1210 AA” untuk mengukur kecepatan arus sungai dalam kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat. Sungai yang diukur kecepataannya, pada umumnya berada di daerah yang belum mendapatkan aliran listrik dari PLN.

Berdasarkan kebutuhan Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumagara serta dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat, sebuah sistem pengukuran kecepatan arus air dirancang. Sistem pengukuran kecepatan arus air ini menggunakan *current meter* tipe “1210 AA”. Sistem ini dapat menghitung banyaknya jumlah putaran kincir dan lamanya waktu penghitungan secara otomatis. Sistem yang dirancang dilengkapi dengan sebuah *Liquid Cristal Display* (LCD) yang berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan, dan juga sebagai pemandu penggunaan alat. LCD juga berfungsi sebagai penunjuk waktu lamanya penghitungan. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler sebagai pemroses dan pengendali perangkat masukan dan keluaran. *Current meter* berkomunikasi dengan sistem yang dirancang menggunakan media komunikasi berupa frekuensi radio dengan sistem modulasi ASK.

Sistem yang dirancang mampu untuk menyimpan data hasil perhitungan dan menampilkan kembali data yang telah disimpan. Data hasil perhitungan tersebut akan disimpan di dalam *memory internal* yang terdapat pada mikrokontroler. Sebuah *keypad* matriks 3x4, yang berfungsi untuk memasukkan *input* yang dilakukan oleh pengguna dalam proses pengoperasian alat juga dipasangkan pada alat yang dirancang. Sistem ini dilengkapi dengan alat mekanik berupa *crane* untuk mengatur kedudukan *current meter* pada suatu titik kedalaman sumber air yang diukur kedalamannya. Kedudukan *current meter* pada suatu titik kedalaman tersebut dapat ditentukan dari jarak jauh oleh pengguna.

KAJIAN PUSTAKA

Current meter tipe “1210 AA” merupakan alat untuk mengukur kecepatan arus air yang bekerja berdasarkan banyaknya putaran kincir selama waktu tertentu. *Current meter* tipe “1210 AA” membutuhkan sebuah alat pembaca putaran agar dapat diketahui berapa jumlah putaran yang telah terjadi pada kincirnya ketika digunakan untuk mengukur kecepatan arus air.

Alat pembaca *current meter* yang dirancang, digunakan untuk membaca dari jarak jauh putaran kincir yang terdapat pada *current meter*, sehingga pengukur tidak perlu berada dekat dengan sumber air saat melakukan pengukuran. Alat pembaca tersebut akan berkomunikasi dengan *current meter* yang diletakkan di dalam sumber air menggunakan media komunikasi nirkabel berupa frekuensi radio, oleh karena itu alat yang dirancang dipisah menjadi dua bagian yaitu bagian pembaca kecepatan aliran air dan bagian penghitung kecepatan air. Bagian pembaca kecepatan air dirangkai menjadi satu dengan *current meter* dan berada pada sumber air yang diukur, sedangkan bagian penghitung kecepatan air dioperasikan oleh pengguna pada jarak yang jauh dari *current meter*.

Bagian pembaca aliran air merupakan sebuah pembaca putaran kincir *current meter* yang mendeteksi secara langsung tiap putaran yang digerakkan oleh arus air. Kincir yang berputar akan menghasilkan sebuah sinyal dengan logika yang dianggap *high*, kemudian sinyal tersebut disinkronisasi terlebih dahulu agar tidak terjadi tumpang tindih ketika pembacaan dilakukan. Proses sinkronisasi tersebut dilakukan dengan cara memberikan *delay* antara sinyal satu dengan lainnya, proses tersebut akan dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler. Sinyal yang telah disinkronisasi kemudian dikirimkan oleh sebuah *transceiver* ke bagian penghitung.

Bagian penghitung kecepatan air merupakan sebuah penghitung sinyal yang dikirimkan oleh bagian pembaca arus air. Bagian penghitung kecepatan air memiliki fungsi untuk menghitung kecepatan air secara otomatis berdasarkan jumlah putaran kincir yang dihitung dan mengolah informasi tersebut sehingga didapatkan kecepatan air dalam satuan (meter/detik). Bagian ini terdiri dari sebuah *transceiver* yang menerima sinyal dari bagian pembaca kecepatan arus air. Sinyal yang diterima, dihitung oleh mikrokontroler selama waktu yang ditentukan oleh pengguna. Waktu penghitungan tersebut dimasukkan oleh pengguna melalui sebuah *keypad* yang berfungsi sebagai *input* bagi mikrokontroler. Mikrokontroler memproses jumlah putaran dan lama waktu perhitungan menjadi hasil akhir yang berupa kecepatan arus air. Hasil proses perhitungan tersebut ditampilkan pada sebuah *display*. Hasil perhitungan yang telah didapat, akan dikaji kembali oleh pengukur, oleh karena itu hasil perhitungan tersebut dapat disimpan ke dalam memori yang terdapat dalam mikrokontroler. Hasil perhitungan yang telah disimpan dapat ditampilkan kembali pada *display* apabila pengukur ingin melihat kembali hasil perhitungan yang telah didapat.

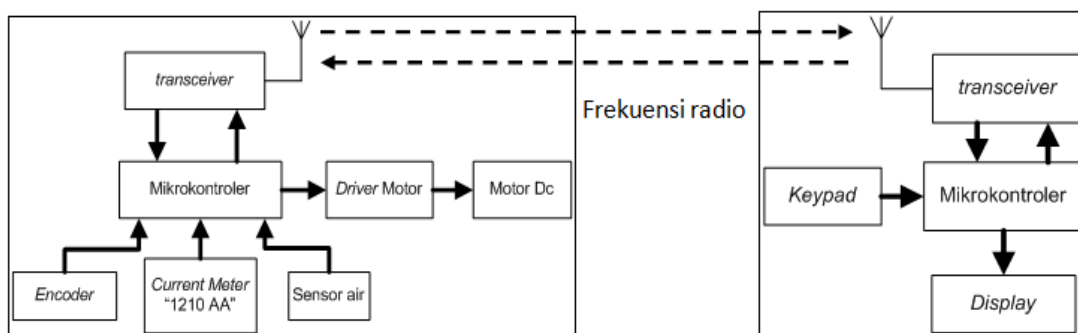
Sistem pengukur kecepatan arus air menggunakan *current meter* tipe “1210 AA” ini berfungsi untuk mengukur kecepatan arus air secara otomatis pada aliran air dengan pola arus *stream line*, yang tidak memiliki gelombang. Sistem ini juga dirancang agar pengukur tidak perlu berada didalam air untuk mendapatkan informasi kecepatan arus air. Sistem yang dirancang tersebut akan digunakan pada lokasi yang tidak memiliki sumber tegangan arus searah, oleh karena itu masing-masing bagian dari sistem pengukur kecepatan arus air ini menggunakan sumber daya berupa baterai. *Current meter* yang digunakan untuk mendapatkan informasi kecepatan arus air, digunakan untuk mengukur kecepatan arus air pada suatu titik kedalaman air yang berbeda-

beda, oleh karena itu diperlukan sebuah mekanik untuk menurunkan *current meter* ke dalam air. Alat untuk menurunkan *current meter* tersebut dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh pengukur. Penurun *current meter* ke dalam air yang dirancang merupakan serangkaian mekanik yang dibuat dengan memanfaatkan motor arus searah (DC). Mekanik penurunan kedalaman *current meter* tersebut dirangkai menjadi satu dengan bagian pembaca kecepatan air dan membutuhkan sebuah pengendali motor (*driver motor*) dan rangkaian penghitung putaran motor berupa *encoder* yang menggunakan *photo interrupter* yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler. Rangkaian penghitung putaran motor bekerja ketika *current meter* mulai memasuki air, oleh karena itu dibutuhkan sebuah sensor air yang dipasang pada *current meter* sebagai indikator saat *current meter* mulai masuk ke dalam air. Kedalaman penurunan *current meter* ke dalam air ditentukan oleh pengguna dari jarak jauh, sehingga sistem pengendali penurunan kedalaman *current meter* dibuat menjadi satu dengan bagian penghitung kecepatan arus air.

Komunikasi antara bagian pembaca kecepatan arus air dan bagian penghitung kecepatan arus air, merupakan komunikasi dua arah, yaitu bagian penghitung kecepatan arus air akan mengirimkan data kedalaman penurunan *current meter* ke dalam air yang di-input oleh pengukur dan kemudian akan diterima *transceiver* yang terdapat pada bagian pembaca kecepatan arus air, sedangkan bagian pembaca kecepatan arus air mengirimkan sinyal putaran kincir yang diterima oleh bagian penghitung kecepatan arus air menggunakan sebuah *transceiver* yang terdapat pada bagian penghitung.

Diagram Blok

Berdasarkan deskripsi konsep yang telah dipaparkan, maka didapatkan sebuah diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



■ Gambar 6. Diagram Blok Alat yang Dirancang.

Current Meter

Current meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan arus air. *current meter* yang paling sering dipakai adalah *current meter* berjenis *price meter*[3]. Salah satu contoh *current meter* jenis *price meter* adalah *current meter* tipe "1210 AA". Bentuk *current meter* jenis *price meter* ini terdiri dari 6 mangkuk kerucut yang berputar mengelilingi suatu poros vertikal. Alat ukur lain yang digunakan untuk mengukur kecepatan arus air adalah *current meter* jenis *propeler*, yang menggunakan baling-baling (*propeler*) yang berputar pada sumbu horizontal. Contoh *current meter* jenis *propeler* adalah *current meter* tipe C2"10.150". *Current meter* dengan sumbu horizontal ditunjukkan pada Gambar 1.

Alat ukur kecepatan arus dengan sumbu vertikal, memiliki kelebihan yang menguntungkan, yaitu memiliki bantalan-bantalan yang menghalangi masuknya air bermuatan sedimen, sedangkan alat ukur jenis *propeler* tidak terlindungi, sehingga memungkinkan kerusakan akibat abrasi.

Sensor Air

Alat ini membutuhkan sebuah sensor untuk mengetahui kedudukan *current meter* saat berada tepat di permukaan air. Rangkaian sensor air tersebut dapat dibuat menggunakan transistor BC558. Transistor ini dipilih sebagai sensor air, karena fungsinya yang dapat diaplikasikan sebagai saklar. Kondisi saat level tegangan dari transistor masuk ke mikrokontroler menjadi indikasi bahwa *current meter* telah memasuki air.

Penghitungan Kecepatan Arus Air Secara Manual

Kecepatan arus air, didapat dengan membandingkan jumlah putaran yang terjadi pada baling-baling atau mangkuk *current meter* selama waktu tertentu. *Current meter* jenis *price meter*, akan menimbulkan bunyi klik pada *headphone* yang digunakan oleh operator setiap 1 kali putaran [3]. Operator akan mencatat banyaknya bunyi klik yang didengar selama waktu tertentu menggunakan *stopwatch*. Bunyi klik yang terdengar melalui *headphone*, disebabkan tuas besi yang terdapat di dalam *current meter* bersentuhan dengan sebuah poros kincir yang dirancang berbentuk segitiga. Keadaan saat tuas besi dengan poros bersentuhan dapat dianalogikan sebagai

sebuah *switch* yang terhubung singkat atau *short*. Setiap terjadi keadaan *short*, menandakan telah terjadi satu putaran. Posisi tuas besi dan poros kincir seperti yang terdapat pada Gambar 4 yaitu bagian yang ditunjukkan dengan nomor 2 dan nomor 9.

Berdasarkan percobaan-percobaan dilapangan, menunjukkan bahwa 0,2 bagian dan 0,8 bagian dari kedalaman sama dengan kecepatan rata-rata dalam arah vertikal. Kecepatan pada kedalaman 0,6 bagian dari permukaan juga mendekati perkiraan dari kecepatan rata-rata dalam arah vertikal [3]. Contoh pengukuran lapangan dengan *current meter* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut [3]:

1. Ukur kedalaman air total dengan alat duga kabel ukur.
2. Naikkan pengukur pada kedalaman 0,8 bagian dari permukaan dan ukur kecepatannya dengan mulai menghidupkan *stopwatch* pada suatu impuls dari alat pengukur dan hentikan pada impuls lainnya sekitar 45 detik setelah impuls pertama. Jumlah impuls dihitung, dengan mengambil impuls pertama sama dengan nol.
3. Naikkan pengukur pada kedalaman 0,2 bagian dari permukaan, dan ulangi langkah 2. Perbandingan jumlah impuls dengan waktu pengukuran akan di hitung dengan suatu persamaan yang telah ditetapkan oleh instansi pembuat *current meter*, yang ditunjukkan oleh persamaan 2.1.

$$V = \left(0.3048 \times \left(0.0178 + \left(\frac{Rev}{Time} \times 2.2048 \right) \right) \right) \dots \dots \dots 2.1 \quad [2]$$

Dengan : V = kecepatan arus air dalam meter/detik.

Rev = banyaknya putaran kincir pada *current meter*.

$Time$ = lamanya waktu pengukuran *current meter*.

Metode Pengukuran Kecepatan Arus Air

Pengukuran kecepatan arus air, dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain:

1. *Velocity Curved Method* (metode garis lengkung), cara ini memerlukan pengukuran pada banyak titik dalam satu garis vertikal dari permukaan air sampai dasar sungai. Pada umumnya pengukuran dilakukan pada setiap 1/10 bagian ke dalam mulai dari titik 0,1 bagian sampai 0,9 bagian. Metode ini digunakan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan dilakukan pada lokasi yang kondisi alirannya sangat tidak baik, misalnya alirannya terlalu deras dan terdapat banyak sampah [4].
2. *Two-Point Method* (metode pengukuran dua titik), pengukuran kecepatan aliran air dengan cara ini dilangsungkan pada titik kedalaman 0,2 dan 0,8 dari permukaan air. Rata-rata kecepatan aliran air diperoleh dengan merata-ratakan kecepatan pengukuran pada kedua titik tersebut. Cara ini disarankan untuk tidak mengukur kecepatan aliran air pada lokasi yang kedalamannya kurang dari 0,76 meter, karena pada kedalaman kurang dari 0,76 meter, titik kedalaman 0,8 dan kedalaman 0,2 akan kurang dari 0,15 meter baik dari permukaan maupun dari dasar sungai, dan akan menyebabkan terjadinya gesekan antara baling-baling dengan sungai maupun udara [4].
3. *Six-Tenths Method* (cara pengukuran 0,6 kedalaman), cara pengukuran ini dilakukan pada titik 0,6 kedalaman dari permukaan air. Cara ini dilakukan apabila *two-point method* (cara dua titik) tidak dapat dilakukan. Hasil pengukuran pada titik 0,6 kedalaman ini merupakan kecepatan rata-rata pada kedalaman air yang bersangkutan. Cara ini dapat dilakukan apabila kondisi air sebagai berikut [4]:
 - Kedalaman air antara 0,25 meter dan 0,7 meter.
 - Aliran air membawa banyak sampah sehingga sulit untuk mengukur pada banyak titik.
 - Saat alat ukur tidak dapat diletakkan pada titik 0,8 kedalaman.
 - Tinggi permukaan air cepat berubah dan pengukuran harus dilaksanakan dengan cepat.

Penghitung Putaran Motor

Penurunan *current meter* ke dalam air ditentukan oleh pengguna. Penurunan tersebut dilakukan oleh motor DC yang berputar dan mengulur kabel besi yang menggantung *current meter*. Banyaknya putaran motor DC harus dihitung agar sesuai dengan *input* yang ditentukan oleh pengguna. Penghitungan putaran motor tersebut dilakukan menggunakan *photo interrupter* tipe H21A3. *Photo interrupter* jenis ini memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu sebesar 150 mW, sehingga hemat daya. *Photo interrupter* dipilih sebagai penghitung putaran motor, karena telah didesain memiliki celah ditengahnya, sehingga memudahkan pengguna untuk menempatkan piringan berlubang, tanpa harus membuat dudukan baru.

Mikrokontroler

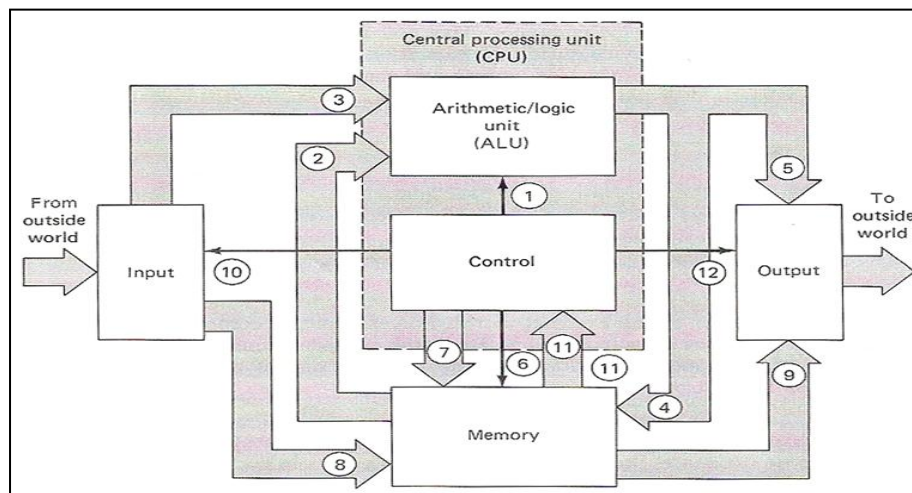
Mikrokontroler adalah suatu *Integrated Circuit* (IC) yang dapat digunakan untuk pengendalian, otomatisasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan lain-lain. Mikrokontroler memiliki *Random Access Memory* (RAM), *Read Only Memory* (ROM), dan fasilitas *input/output* dalam satu IC. Mikrokontroler bekerja berdasarkan program yang ditulis dan di-*download* ke dalamnya. Penulisan program untuk mikrokontroler dapat

dilakukan dengan bahasa pemrograman *assembly*. Sebuah mikrokontroler terdiri dari unit-unit dasar yang secara garis besar dibedakan menjadi:

1. *Central Processing Unit* (CPU) yang berfungsi mengendalikan seluruh operasi pada mikrokontroler. Unit ini terbagi atas dua bagian, yaitu unit pengendali atau *Control Unit* (CU) dan unit aritmetika dan logika atau *Arithmetic Logic Unit* (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil instruksi dari memori kemudian menterjemahkan susunan instruksi tersebut menjadi kumpulan proses kerja sederhana, dan melaksanakan urutan instruksi sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditentukan program. ALU merupakan bagian yang berurusan dengan operasi aritmetika seperti penjumlahan, pengurangan, serta manipulasi data secara logika seperti operasi "AND", "OR", dan perbandingan.
2. Memori adalah rangkaian-rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data. Terdapat dua jenis memori yaitu :
Random Access Memory (RAM) yang berfungsi sebagai penyimpanan data sementara. *Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM) yang berfungsi untuk menyimpan kode program yang bersifat tetap.
3. Bagian *Input/Output* (I/O) Bagian ini berfungsi sebagai alat komunikasi dengan piranti di luar sistem. Sesuai dengan namanya, perangkat I/O dapat menerima maupun memberi data.

Gambar 7 menunjukkan diagram interkoneksi dasar pada mikrokontroler.

Tanda panah pada Gambar 7, menunjukkan aliran data informasi atau sinyal kontrol. Tanda panah yang berukuran besar menunjukkan data pada jalur *parallel*, sedangkan tanda panah yang berukuran kecil menunjukkan data pada jalur tunggal. ALU merupakan unit dari mikrokontroler yang melaksanakan operasi *arithmetic* dan logika. Operasi tersebut dilaksanakan berdasarkan perintah dari *control unit*. Data yang dikerjakan oleh ALU dapat berasal dari *memory unit* atau dari *input*. Hasil dari operasi yang dilaksanakan dalam ALU dapat di-*transfer* pada *memory unit* untuk disimpan pada *output unit*. *Memory unit* menyimpan sejumlah digit biner, yang dapat diberikan instruksi agar mikrokontroler dapat bekerja, dan juga menyimpan data untuk dioperasikan oleh *program*. *Memory unit* juga dapat menyediakan penyimpanan untuk hasil sementara maupun hasil akhir dari operasi *arithmetic*. Operasi dari *memory* dikontrol oleh ALU atau dari *input unit* berdasarkan perintah dari *control unit*. Informasi dapat dibaca dari *memory* ke ALU atau ke *output unit*.



■ Gambar 7. Diagram Interkoneksi Dasar Mikrokontroler [5]

Input unit merupakan segala macam peralatan yang digunakan untuk mengambil informasi dan data dari luar mikrokontroler dan memasukkannya ke dalam mikrokontroler dan menaruhnya di *memory unit* atau ke ALU. *Control unit* memberikan perintah ke mana dikirimnya informasi *input*. *Input unit* digunakan untuk memasukkan program dan data kepada *memory unit* sebelum dimulai prosesnya. *Output unit* merupakan segala macam peralatan yang digunakan untuk mentransfer data dan informasi dari mikrokontroler ke luar mikrokontroler. Peralatan *output* diberi perintah dari *control unit* dan dapat menerima data dari *memory unit* atau dari ALU dimana data akan disesuaikan pada bentuk yang tepat untuk keperluan eksternal.

Control unit berfungsi memberikan perintah operasi kepada semua *unit-unit* lainnya dengan menyediakan *timing* dan *control signal*. Unit ini mempunyai *logic* dan *timing circuit* yang membangkitkan kebutuhan sinyal yang tepat dan dengan segera mengeksekusi setiap instruksi dalam *program*. *Control unit* mengambil instruksi dari *memory* dengan mengirimkan alamat dan membaca perintah ke *memory unit*. Kalimat instruksi tersebut disimpan dalam lokasi *memory* yang kemudian ditransfer ke *control unit*. Kalimat instruksi ini, berupa bentuk dari kode biner yang kemudian dikodekan dengan *logic circuit* dalam *control unit* untuk menentukan instruksi mana yang sedang dipanggil. *Control unit* menggunakan informasi ini untuk membangkitkan keperluan sinyal untuk mengeksekusi instruksi. Fungsi dari *control unit* dapat juga dikatakan mengambil, mengkodekan dan

mengeksekusi instruksi yang berada dalam *memory (program)*. Pada *Central Processing Unit* atau disebut juga CPU, mengkombinasikan ALU dan *control unit* menjadi satu *unit* [5].

Mikrokontroler membutuhkan komponen eksternal agar dapat berfungsi, yang disebut sistem minimum yang terdiri dari rangkaian *clock* dan *reset*. Perancangan sebuah sistem berbasis mikrokontroler membutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak yaitu sistem minimum, *software* pemrograman, kompiler dan *downloader*.

Sistem pengukur kecepatan arus air ini menggunakan 2 jenis mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATtiny2313 dan ATmega16 yang diproduksi oleh ATMEL. Mikrokontroler ATtiny2313 digunakan pada bagian pembaca kecepatan arus air. ATtiny2313 dipilih sebagai mikrokontroler untuk bagian pembaca, karena saluran I/O sebanyak 18 buah yang dimilikinya sudah cukup sebagai media masukan dan keluaran modul-modul yang akan dihubungkan pada mikrokontroler tersebut. ATtiny2313 memiliki *port Universal Synchronous and Asynchronous Receiver/Transmitter (USART)* yang digunakan untuk komunikasi serial. ATmega16 dipilih sebagai mikrokontroler pada bagian penghitung kecepatan arus karena memiliki media penyimpanan data internal berupa EEPROM sebesar 512 Byte yang akan digunakan sebagai media penyimpanan data hasil perhitungan, selain itu ATmega16 memiliki saluran I/O sebanyak 32 buah yang dapat diprogram dan digunakan sebagai media keluar masuknya data dari modul-modul lainnya. ATmega16 juga memiliki *port USART* yang digunakan dalam komunikasi serial.

Motor DC dan Driver motor

Motor DC merupakan suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak (kinetik). Motor DC terdiri dari beberapa bagian, yaitu *stator*, *rotor* dan komutator serta sikat arang yang berhubungan dengan *rotor*. Skema dasar motor DC dapat dilihat pada Gambar 8.

Skema tersebut menunjukkan bahwa *stator* merupakan bagian yang tidak bergerak dan terdiri dari magnet utara dan selatan yang terletak terpisah sehingga terdapat ruang di tengahnya. Ruang antara magnet utara dan selatan tersebut, terdapat sebuah *rotor* yang terdiri dari lilitan atau kumparan kawat. *Rotor* juga memiliki gaya magnet utara dan selatan akibat induksi gaya gerak listrik yang menghasilkan gaya elektromagnetik. Penolakan antara gaya magnet dengan kutub yang sama, mengakibatkan *rotor* berputar. Komutator yang berfungsi sebagai pengatur polaritas tegangan agar *rotor* terus berputar, ikut berputar bersama *rotor*.

Sebuah motor DC dapat diatur kecepatan putar dan arah putarannya memanfaatkan sebuah *Pulse Width Modulation (PWM)* yang dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Motor DC dapat bekerja bila tegangan yang di-*supply* memenuhi kebutuhan operasionalnya, namun keluaran arus dan tegangan dari mikrokontroler tidak memenuhi kebutuhan untuk menggerakkan motor DC, oleh karena itu keluaran dari mikrokontroler harus dikuatkan terlebih dahulu menggunakan *driver motor* DC. Rangkaian *driver motor* berfungsi sebagai penguat tegangan dan arus.

Motor DC yang terintegrasi dengan *gearbox* digunakan untuk mengangkat *current meter* dari dalam air ke permukaan. Motor DC yang digunakan membutuhkan tegangan arus searah sebesar 12 volt. Motor DC yang terintegrasi dengan *gearbox* dipilih karena memiliki tenaga yang besar untuk dapat mengangkat *current meter* dari dalam air ke permukaan selain itu *gearbox* berfungsi sebagai penahan agar *current meter* tidak terulur kembali ketika motor DC tidak dialiri listrik.

Motor yang digunakan dalam perancangan ini merupakan motor DC yang bekerja dengan tegangan 12 volt dan daya 25,2 W sedangkan sistem kontrol yang digunakan menggunakan tegangan 5 volt, sehingga dibutuhkan sebuah *driver* untuk mengaktifkan dan mengatur arah putar dari motor tersebut. Perancangan ini menggunakan *relay* sebagai *driver motor*. *Relay* dipilih sebagai *driver motor*, karena *relay* dapat menghubungkan tegangan 12 volt dari baterai ke motor DC dengan kendali dari mikrokontroler yang hanya memiliki tegangan keluaran 5 volt. Hal tersebut menyebabkan motor DC bekerja dengan daya yang bersumber dari baterai 12 volt, berdasarkan kendali dari mikrokontroler.

Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu *display* yang terbuat dari cairan kristal yang menampilkan suatu karakter *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* sederhana menggunakan sistem *dot matriks*. LCD pada umumnya digunakan sebagai *display* untuk alat-alat elektronika seperti kalkulator, *multimeter* digital, jam digital, dan lain-lain. LCD dengan sistem *dot matriks* tidak memiliki warna lain, selain warna hitam dan warna dasar dari latar *display*. Pencahayaan pada LCD mengandalkan LED sebagai *Background Light*. LCD terdiri dari elemen elektroda untuk menentukan *pixel*, dan IC untuk mengalamatkan baris dan kolom. Posisi *pixel* dari LCD dapat ditentukan dengan cara pembentukan jala-jala oleh *indium tin oxide* dan arus akan diberikan pada posisi *pixel* tertentu untuk mengubah *pixel* dari *white pixel* menjadi *black pixel*.

LCD memiliki keunggulan yaitu konsumsi daya yang relatif kecil, harganya yang murah, banyak tersedia di pasaran, dan tampilan yang cukup baik, namun LCD memiliki beberapa kekurangan yaitu sulit dibaca saat pencahayaan rendah.

LCD digunakan sebagai penampil hasil perhitungan kecepatan aliran arus air, dan juga digunakan sebagai media informasi dalam pengoperasian alat. LCD yang digunakan dalam perancangan ini adalah LCD ADT 1620/C/S/L yang terdiri dari 16 kolom dan 2 baris, yang dapat menampilkan maksimal 16 karakter setiap barisnya sehingga cukup untuk menampilkan hasil perhitungan kecepatan aliran arus air yang ditampilkan dalam 2 baris LCD. LCD ADT 1620/C/S/L dipilih dalam perancangan ini karena memiliki dimensi yang kecil yaitu 80mm(P) x 36mm(L) x 9mm(T) sehingga dapat dipasangkan pada alat penghitung yang dapat dipindahkan-pindahkan. LCD ADT 1620/C/S/L bekerja pada tegangan 5 volt dan daya sebesar 1.5mW, sehingga dapat beroperasi dengan sumber tegangan yang berasal dari baterai.

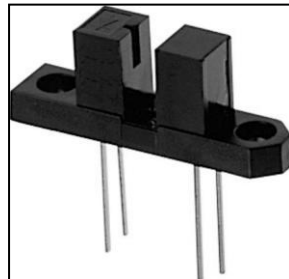
Keypad

Keypad merupakan sebuah papan tombol yang memberikan sandi kepada mikrokontroler dengan nilai-nilai sesuai dengan tombol yang ditekan. *Keypad* sering digunakan sebagai suatu *input* pada peralatan berbasis mikrokontroler. *Keypad* memiliki banyak macam, tergantung jumlah tombol dan fungsinya. *Keypad* terdiri dari beberapa saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Agar mikrokontroler dapat melakukan *scan keypad*, maka port mengeluarkan salah satu bit dari 3 bit yang terhubung pada kolom dengan logika *low* "0" dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan menganggapnya sebagai logika *high* "1" pada setiap pin yang terhubung ke baris.

Photo Interrupter

Photo interrupter merupakan sebuah komponen elektronika yang digunakan sebagai sensor cahaya. Secara fisik, *photo interrupter* memiliki celah kosong yang digunakan sebagai pensaklaran. Celah kosong yang terdapat pada *photo interrupter* memisahkan antara LED inframerah dengan *photo transistor*. LED inframerah berguna sebagai pemancar sinar, sedangkan *photo transistor* digunakan sebagai pengindera cahaya. Kaki *photo transistor* akan menghasilkan arus listrik apabila gelombang infra merah dari LED tidak terhalang menuju *photo transistor*, sebaliknya apabila gelombang infra merah dari LED terhalang, maka kaki *photo transistor* tidak akan menimbulkan arus listrik. Gambar 8. menunjukkan contoh dari *photo interrupter*.



■ Gambar 8. *Photo Interrupter* [8]

Transistor

Transistor merupakan sebuah komponen elektronika yang memiliki banyak kegunaan. Salah satu kegunaan transistor adalah sebagai saklar. Fungsi transistor sebagai saklar dapat dimanfaatkan menjadi suatu aplikasi sensor. Sensor yang dirancang menggunakan transistor, bekerja sebagai pemberi informasi ketika terjadi suatu perubahan kondisi. Perubahan kondisi yang terjadi pada transistor adalah perubahan tegangan yang terjadi pada transistor pada saat kaki-kaki transistor terhubung dan tidak terhubung. Contoh dari kondisi tersebut adalah, perubahan kondisi ketika kaki-kaki transistor yang terhubung ketika transistor tercelup ke dalam air, yang mengakibatkan transistor dalam keadaan *sort*. Kondisi *sort* akan menyebabkan transistor meneruskan arus, yang dianggap sebagai sebuah data atau informasi.

Amplitude Shift Keying (ASK)

Modulasi merupakan proses penumpangan frekuensi informasi pada frekuensi pembawa (*carrier*) yang lebih tinggi frekuensinya, untuk ditransmisikan melalui suatu media transmisi. Transmisi terjadi pada frekuensi informasi yang telah ditumpangkan pada frekuensi pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Pada saat sinyal informasi yang dikirimkan ini diterima oleh penerima, sinyal informasi tersebut harus dikeluarkan dari frekuensi pembawa. Proses ini dinamakan proses demodulasi. Berdasarkan sinyal pemodulasi dan *carrier*-nya, transmisi dapat digolongkan dalam dua bagian, yaitu :

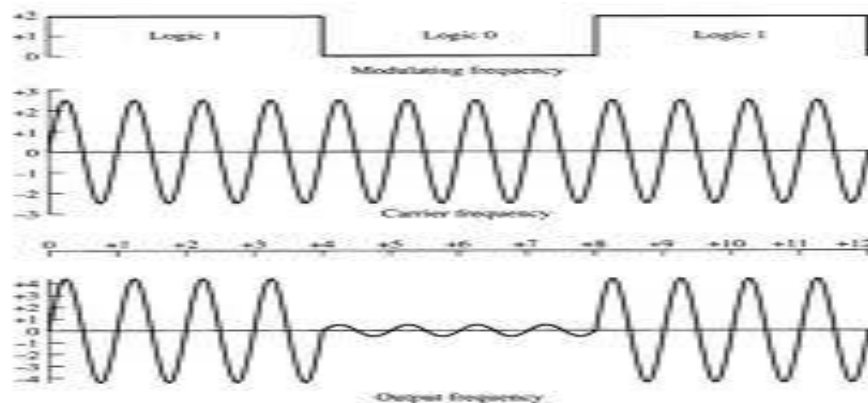
1. Transmisi analog yaitu sinyal pemodulasinya pada transmisi analog berbentuk analog dan sinyal hasil modulasinya diperoleh dengan cara mengubah-ubah amplitudo, fasa atau frekuensi *carrier*. Contoh dari transmisi analog adalah *Amplitude Modulation* (AM), *Frequency Modulation* (FM), *Phase Modulation* (PM).

2. Transmisi digital yaitu sinyal pemodulasi pada transmisi digital berbentuk sinyal digital dan sinyal hasil modulasinya diperoleh dengan cara mengubah-ubah amplitudo, fasa atau frekuensi dari carrier. Pada sistem komunikasi digital ada tiga metode yang biasanya digunakan untuk memodulasi sinyal informasi, yaitu: Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK), Phase Shift Keying (PSK).

ASK adalah suatu bentuk modulasi amplitudo yang *carrier*-nya dimodulasi oleh sederetan pulsa. Modulasi ini terjadi antara dua level amplitudo atau lebih dan biasanya dengan cara mengganti *carrier ON* dan *OFF*. Hal ini dikenal dengan *ON-OFF ASK* atau *ON-OFF Keying* (OOK).

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa ketika data berubah-ubah, maka bentuk *output* dari ASK juga berubah sesuai dengan perubahan data. Sinyal ASK didapatkan dengan mengalikan suatu sinyal pemodulasi yang berupa data biner dengan suatu sinyal *carrier* yang berupa sinyal analog.

Sinyal yang ditransmisikan menggunakan pemodulasian ASK harus dipisahkan kembali menggunakan demodulator ASK. Demodulator ASK digunakan untuk mendemodulasi sinyal ASK yang berasal dari modulator agar diperoleh kembali sinyal informasi yang diinginkan. Demodulasi ASK dapat dilakukan dengan teknik koheren.



■ Gambar 9. Sinyal Modulasi ASK[10].

Teknik ini secara sederhana dikatakan dapat mengubah kembali frekuensi sinyal yang datang ke frekuensi baseband. Teknik ini dilakukan dengan perkalian antara gelombang ASK yang datang dengan suatu osilator lokal yang dibandingkan dengan frekuensi carrier.

Transmitter-receiver (transceiver) KYL-661

Transmitter-receiver (transceiver) yang digunakan dalam perancangan adalah *transceiver* tipe KYL-661. *Transceiver* tipe ini dipilih karena memiliki jarak pancar pengiriman dan penerimaan data sejauh 500 meter, jika pengiriman dan penerimaan data dilakukan pada lokasi bebas halangan. *Transceiver* KYL-661 membutuhkan tegangan sebesar 5V dan daya 10mW untuk dapat bekerja sehingga dapat beroperasi menggunakan sumber tegangan dari baterai. *Transceiver* tersebut juga bekerja menggunakan sistem modulasi ASK sehingga daya yang dikonsumsi lebih hemat.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Modul Catu Daya

Pengujian catu daya dilakukan dengan alat bantu *multimeter digital* "HELES UX-838TR". Pengujian terhadap modul catu daya bertujuan untuk memastikan rangkaian *voltage regulator* yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian modul catu daya dibagi menjadi dua, yaitu pengujian dengan baterai 12 volt dan baterai 9 volt. Baterai 12 volt yang digunakan berupa sebuah aki kering sedangkan baterai 9 volt yang digunakan berbentuk kotak. Pengujian modul catu daya dengan baterai 12 volt tersebut dilakukan dengan cara menghubungkan *input* rangkaian *voltage regulator* ke kutub-kutub baterai. *Output* dari rangkaian *voltage regulator* diukur menggunakan *multimeter digital* "HELES UX-838TR" dan didapat nilai tegangan sebesar 5,01 volt. Pengujian terhadap baterai 9 volt dilakukan dengan cara yang sama seperti pengujian terhadap baterai 12 volt. *Output* dari rangkaian *voltage regulator* yang terukur oleh *multimeter digital* adalah sebesar 4,99 volt.

Modul catu daya yang terdiri dari rangkaian *voltage regulator* dinilai bekerja dengan baik, karena dapat meregulasikan tegangan dari baterai 12 volt menjadi 5,01 volt dan tegangan dari baterai 9 volt menjadi 4,99 volt. Tegangan 5,01 volt dan 4,99 volt sudah cukup untuk men-*supply* mikrokontroler dan komponen lainnya yang membutuhkan tegangan operasional 4,5 volt sampai 5,5 volt .

Modul Sensor Air

Pengujian terhadap modul sensor air dilakukan untuk memastikan sensor air dapat memberikan informasi berupa level tegangan kepada mikrokontroler ketika tercelup kedalam air. Pengujian terhadap modul sensor air dilakukan dengan alat bantu yaitu, *multimeter digital* "HELES UX-838TR", *logic design box* ED-1006, LED, dan wadah berisi air. Pengujian dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi saat *input* sensor air tidak tercelup ke dalam air dan kondisi *input* sensor air tercelup ke dalam air. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan *input* tegangan sensor air ke *power supply* yang berasal dari *logic design box* ED-1006 kemudian menghubungkan *output* dari rangkaian ke sebuah LED. Kondisi pada saat *input* sensor air tidak tercelup ke dalam air, didapatkan indikator LED tidak menyala, dan tegangan *output* yang terukur oleh *multimeter digital* sebesar 0,09 volt. Pengujian modul sensor air dengan kondisi *input* sensor air dicelupkan ke dalam wadah berisi air, menghasilkan tegangan *output* sebesar 4.97 volt dan indikator LED menyala. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap modul sensor air, modul tersebut dinilai bekerja dengan baik karena *output* sensor air dapat menghasilkan level tegangan ketika *input* sensor tercelup ke dalam air, dan tidak menghasilkan tegangan ketika tidak tercelup kedalam air.

Modul Penghitung Putaran Motor

Pengujian pada modul penghitung putaran motor dilakukan untuk memastikan *output* rangkaian *photo interrupter* dapat menghasilkan level tegangan yang berfungsi sebagai *input* ke mikrokontroler, saat celah *photo interrupter* terdapat halangan. Pengujian dilakukan menggunakan alat bantu yaitu, *multimeter digital* "HELES UX-838TR", *logic design box* ED-1006, dan LED. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan modul penghitung putaran motor dengan *power supply* yang berasal dari *logic design box* ED-1006 dan menghubungkan *output* dari rangkaian modul ke sebuah LED. Pengujian terhadap modul saat *photo interrupter* tidak terhalang, kondisi indikator LED tidak menyala, dan tegangan yang terbaca oleh *multimeter digital* sebesar 0,21 volt. Pengujian terhadap modul penghitung putaran motor saat *photo interrupter* terhalang, didapatkan kondisi indikator LED menyala dan tegangan yang terbaca oleh multimeter digital adalah 4,93 volt. Berdasarkan hasil pengujian, modul penghitung putaran motor dinilai bekerja dengan baik, karena *output* rangkaian *photo interrupter* dapat menghasilkan tegangan yang berfungsi sebagai *input* bagi mikrokontroler saat terdapat halangan pada celahnya dan tidak menghasilkan tegangan saat tidak terhalang.

Modul Display serta Modul Keypad

Pengujian modul *display* dan modul *keypad*, dilakukan untuk memastikan LCD yang digunakan dapat digunakan untuk menampilkan karakter berupa huruf dan angka sesuai dengan *input* dari *keypad*. Pengujian terhadap modul *display* dan *keypad*, dilakukan dengan alat bantu berupa alat bagian penghitung yang telah dilengkapi dengan *keypad* dan LCD. Pengujian dilakukan cara menekan *keypad* yang dan melihat hasilnya pada LCD. Pengujian dilakukan untuk meng-*input* data kedalaman dan waktu pengukuran. Angka yang dimasukkan untuk kedalaman adalah 23, sedangkan angka yang dimasukkan untuk waktu pengukuran adalah 40 cm. Hasil yang ditampilkan oleh LCD adalah "TURUN = 23 CM" dan "WAKTU = 40 DTK" seperti yang ditunjukkan Gambar 10. Pengujian lain yang dilakukan adalah dengan cara menekan satu per satu tombol *keypad*, dan melihat hasilnya pada LCD. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada modul LCD dan *keypad*, modul LCD dan *keypad* dinilai bekerja dengan baik, karena dapat menampilkan huruf dan angka, selain itu modul LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan *input* dari *keypad*. *Keypad* juga dapat memberikan *input* sesuai dengan yang ditekan.



■ Gambar 10. Tampilan LCD pada Alat Bagian Penghitung.

Modul Mikrokontroler serta Modul Pengirim dan Penerima Data

Pengujian modul mikrokontroler dan modul pengirim dan penerima data dilakukan secara bersamaan, dikarenakan alat bantu dalam pengujian menggunakan sistem berupa alat bagian pembaca dan bagian penghitung yang telah dirancang dan telah dilengkapi dengan *transceiver*. Pengujian modul-modul tersebut bertujuan agar modul-modul yang digunakan dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian terhadap modul mikrokontroler bagian pembaca dilakukan dengan cara mengganti *current meter* dengan sebuah *switch*, kemudian *switch* ditekan berulang kali. Penggantian *current meter* dengan *switch* bermaksud agar jumlah pulsa yang dimasukkan melalui *switch* dapat ditentukan dan untuk mensimulasikan pembacaan pulsa yang dihasilkan oleh *current meter*.

Pulsa yang terbaca oleh mikrokontroler bagian pembaca, dikirimkan secara *wireless* ke bagian penghitung. Kondisi yang terjadi saat dilakukan pemberian pulsa adalah, berubahnya status yang ditampilkan oleh LCD pada bagian penghitung, dari status “tunggu signal” menjadi “proses ukur” seperti yang ditampilkan pada Gambar 11. Pengujian terhadap modul mikrokontroler bagian penghitung dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan mikrokontroler dengan perhitungan secara manual menggunakan rumus dan juga menggunakan tabel yang telah tersedia pada *manual book current meter* “1210 AA” yang dapat dilihat Gambar 12. Pengujian pertama, *switch* ditekan sebanyak 10 kali, dalam rentang waktu 40 detik. Hasil perhitungan untuk 10 pulsa selama 40 detik yang tertera pada tabel ukur adalah 0,173 meter/detik, sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh mikrokontroler adalah 0,17 meter/detik. Hasil yang ditampilkan oleh LCD diprogram untuk menampilkan hasil perhitungan dengan ketelitian dua angka dibelakang koma. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, dengan lama waktu yang sama yaitu 40 detik. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap modul mikrokontroler bagian pembaca dan bagian penghitung, modul mikrokontroler pada kedua bagian tersebut dinilai dapat bekerja dengan baik, karena dapat membaca sinyal yang disimulasikan dengan saklar tekan dan dapat menghitung dengan ketelitian yang hampir menyamai perhitungan dari tabel ukur.

■ Tabel 1. Hasil pengujian mikrokontroler bagian penghitung.

<i>Input Switch</i> (pulsa)	Hasil Pengukuran (meter/ detik)	Perhitungan Manual (meter/detik)	Tabel pengukuran (meter/detik)
10	0,17	0,1734312	0,173
16	0,27	0,274234656	Tidak tersedia
20	0,34	0,34143696	0,341
27	0,46	0,459040992	Tidak tersedia
30	0,51	0,50944272	0,509



■ Gambar 11. Perubahan Status Saat Pembacaan Pulsa

Metric Rating Chart for "AA" Current Meter
(Table #2, Effective 05/99)

Time In Secs	Revolutions																Time In Secs	
	3	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200	250		300
40	.056	.089	.123	.173	.257	.341	.425	.509	.677	.845	1.01	1.35	2.53	3.37	4.21	5.05	5.89	40
41	.055	.087	.120	.169	.251	.333	.415	.497	.661	.825	.989	1.32	2.46	3.28	4.10	4.92	5.74	41
42	.053	.085	.117	.165	.245	.325	.405	.485	.645	.805	.965	1.29	2.41	3.21	4.01	4.81	5.61	42
43	.052	.084	.115	.162	.240	.318	.396	.474	.631	.787	.943	1.26	2.35	3.13	3.91	4.69	5.48	43
44	.051	.082	.112	.158	.235	.311	.387	.464	.616	.769	.922	1.23	2.30	3.06	3.82	4.59	5.35	44
45	.050	.080	.110	.155	.229	.304	.379	.453	.603	.752	.901	1.20	2.25	2.99	3.74	4.49	5.23	45
46	.049	.078	.108	.152	.225	.298	.371	.444	.590	.736	.882	1.17	2.20	2.93	3.66	4.39	5.12	46
47	.048	.077	.106	.148	.220	.291	.363	.434	.577	.720	.863	1.15	2.15	2.87	3.58	4.29	5.01	47
48	.047	.075	.103	.145	.215	.285	.355	.425	.565	.705	.845	1.13	2.11	2.81	3.51	4.21	4.91	48
49	.047	.074	.101	.143	.211	.280	.348	.417	.554	.691	.828	1.10	2.06	2.75	3.43	4.12	4.81	49
50	.046	.073	.100	.140	.207	.274	.341	.409	.543	.677	.812	1.08	2.02	2.69	3.37	4.04	4.71	50
51	.045	.071	.098	.137	.203	.269	.335	.401	.533	.664	.798	1.06	1.98	2.64	3.30	3.96	4.62	51
52	.044	.070	.096	.135	.199	.264	.329	.393	.522	.652	.781	1.04	1.94	2.59	3.24	3.88	4.53	52
53	.043	.069	.094	.132	.196	.259	.322	.386	.513	.639	.766	1.02	1.91	2.54	3.18	3.81	4.44	53
54	.043	.068	.093	.130	.192	.254	.317	.379	.503	.628	.752	1.00	1.87	2.49	3.12	3.74	4.36	54
55	.042	.067	.091	.128	.189	.250	.311	.372	.494	.616	.739	.983	1.84	2.45	3.06	3.67	4.28	55
56	.041	.065	.089	.125	.185	.245	.305	.365	.485	.605	.725	.965	1.81	2.41	3.01	3.61	4.21	56
57	.041	.064	.088	.123	.182	.241	.300	.359	.477	.595	.713	.949	1.77	2.36	2.95	3.54	4.13	57
58	.040	.063	.087	.121	.179	.237	.295	.353	.469	.585	.701	.932	1.74	2.32	2.90	3.48	4.06	58
59	.040	.062	.085	.119	.176	.233	.290	.347	.461	.575	.689	.917	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	59
60	.039	.061	.084	.117	.173	.229	.285	.341	.453	.565	.677	.901	1.69	2.25	2.81	3.37	3.93	60
61	.038	.061	.083	.116	.171	.226	.281	.336	.446	.556	.666	.887	1.66	2.21	2.76	3.31	3.86	61
62	.038	.060	.081	.114	.168	.222	.276	.331	.439	.547	.656	.873	1.63	2.17	2.72	3.26	3.80	62
63	.037	.059	.080	.112	.165	.219	.272	.325	.432	.539	.645	.859	1.61	2.14	2.67	3.21	3.74	63
64	.037	.058	.079	.110	.163	.215	.268	.320	.425	.530	.635	.845	1.58	2.11	2.63	3.16	3.68	64
65	.036	.057	.078	.109	.161	.212	.264	.316	.419	.522	.626	.833	1.56	2.07	2.59	3.11	3.62	65
66	.036	.056	.077	.107	.158	.209	.260	.311	.413	.515	.616	.820	1.53	2.04	2.55	3.06	3.57	66
67	.036	.056	.076	.106	.156	.206	.256	.306	.407	.507	.607	.808	1.51	2.01	2.51	3.01	3.52	67
68	.035	.055	.075	.104	.154	.203	.252	.302	.401	.500	.598	.796	1.49	1.98	2.48	2.97	3.46	68
69	.035	.054	.074	.103	.152	.200	.249	.298	.395	.492	.590	.785	1.47	1.95	2.44	2.93	3.41	69
70	.034	.053	.073	.101	.149	.197	.245	.293	.389	.485	.581	.773	1.45	1.93	2.41	2.89	3.37	70

Equation: Velocity = Rev/Time X 2.2048 + .0178 X .3048
Rating Limits: .076M/sec to 1M/sec

Part #1210-375-25M

■ Gambar 12. Tabel Ukur Current Meter "1210 AA".

Modul Driver Motor

Pengujian modul *driver motor* dilakukan untuk memastikan *driver motor* yang digunakan dapat mengendalikan arah gerak motor dan dapat menggerakkan motor untuk mengangkat dan menurunkan *current meter*, oleh sebab itu pengujian terhadap modul *driver motor* dilakukan terkait dengan pengujian sistem. pengujian dilakukan dengan cara menggantungkan *current meter* pada sebuah *crane* menggunakan kawat baja yang ujungnya diikatkan pada sebuah *spool*. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi pada *driver motor* seperti yang terlihat pada Tabel 2.

■ Tabel 2. Hasil pengujian *driver motor*.

Kondisi yang diberikan	Fungsi gerakan motor	Arah gerak motor
<i>Limit switch</i> ditekan	Berhenti	diam
Tombol <i>finish</i> ditekan	Menggulung kabel (mengangkat <i>current meter</i>)	Searah jarum jam
<i>Input</i> kedalaman dimasukkan	Mengulur kabel (menurunkan <i>current meter</i>)	Berlawanan arah jarum jam
Sensor air aktif	Berhenti	diam

Pengujian dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem yang dilakukan di Sungai Cisadane Tangerang, Banten bertujuan untuk memastikan sistem yang dirancang bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan pada tepian sungai dengan kedalaman total pada titik uji sedalam 110 cm. Pengujian ini dilakukan berdasarkan urutan proses pengukuran kecepatan arus sungai yang dimulai dari alat dinyalakan hingga proses penyimpanan data dilakukan,

Tahap awal pengujian dilakukan dengan menguji posisi *current meter*. Pada kondisi awal sistem dihidupkan (kondisi *reset*), posisi *current meter* seharusnya berada pada keadaan berada di atas permukaan air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Pengujian ini bermaksud untuk memastikan *current meter* berada pada posisi awal setiap kali alat di *reset* atau dinyalakan. Pengujian dilakukan dengan cara mengaktifkan alat bagian pembaca dengan cara menggeser *power switch* ke posisi *on*. Pengujian dinilai berhasil apabila motor berhenti berputar saat *limit switch* yang terdapat pada ujung *crane* tertekan oleh pembatas yang terdapat pada kabel.



■ Gambar 13. Posisi Awal *Current Meter*.

Hasil pengujian posisi awal *current meter* adalah setelah *power switch* dalam kondisi *on*, motor berputar dan menggulung kabel hingga pembatas yang terdapat pada kabel menyentuh *limit switch* dan menyebabkan motor berhenti berputar sehingga *current meter* berada dalam posisi awal. Berdasarkan hasil yang didapat, proses peletakan posisi awal *current meter* dinilai bekerja dengan baik.

Pengujian sistem selanjutnya adalah menguji apakah data yang dikirimkan dari alat bagian penghitung dapat diterima dengan baik pada bagian pembaca. Indikasi bahwa alat bagian pembaca menerima dengan baik data yang dikirimkan adalah, turunnya *current meter* sesuai dengan *input* dari pengguna setelah data kedalaman pengukuran dikirimkan dari bagian penghitung. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan *input* kedalaman yang berbeda. Hasil pengujian pengiriman data dari alat penghitung ke alat pembaca dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat bantu berupa meteran yang digunakan untuk mengukur kedalaman penurunan *current meter*. Nilai kedalaman penurunan *current meter* didapat dengan cara mengukur panjang kabel yang tercelup kedalam air. Bagian kabel yang bertepatan dengan permukaan air ditandai terlebih dahulu, kemudian diangkat dan diukur di darat.

■ Tabel 3. Hasil pengujian pengiriman data dari alat bagian penghitung ke alat bagian pembaca.

Pengujian ke-	Penurunan <i>current meter</i> yang di- <i>input</i>	Penurunan <i>current meter</i> yang didapat
1	45 cm	48 cm
2	45 cm	46 cm
3	40 cm	40 cm
4	40 cm	41 cm

Berdasarkan hasil yang didapat, alat bagian penghitung mampu mengirimkan data ke bagian pembaca, namun hasil penurunan yang didapat, kurang akurat, karena terdapat perbedaan antara *input* dari pengguna dengan penurunan kedalaman *current meter* yang didapat seperti yang tertampil pada Tabel 4.3. Menurut pakar hidrologi dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, perbedaan tersebut masih dapat ditoleransi. Perbedaan tersebut disebabkan karena *spool* yang digunakan untuk menggulung kabel kurang presisi.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian penerimaan data dari bagian pembaca yang dikirimkan ke bagian penghitung. Pengujian dilakukan dengan cara melihat perubahan status dan hasil akhir pengukuran yang ditampilkan pada LCD yang terdapat pada alat bagian penghitung setelah waktu pengukuran dan jumlah pengulangan dikirimkan dari alat bagian penghitung ke alat bagian pembaca.

Pengujian penerimaan data dari bagian pembaca dinilai bekerja dengan baik, apabila terjadi perubahan status yang ditampilkan LCD dari status “TUNGGU SINYAL” ke status “PROSES UKUR”, selain itu waktu yang diperlukan dari status “PROSES UKUR” sampai hasil pengukuran ditampilkan pada LCD harus sesuai

dengan *input* dari pengguna. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan kedalaman dan jarak ukur yang berbeda-beda. Data pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

■ **Tabel 4.** Hasil pengujian penerimaan data dari bagian pembaca.

Jarak Pengukuran	Waktu Pengukuran	Kedalaman <i>current meter</i>	Banyak Pengulangan	Perubahan status	Hasil pengukuran
15 meter	40 detik	45 cm	1	Berubah	0,76 meter/detik
50 meter	40 detik	60 cm	1	Berubah	0,29 meter/detik
100 meter	40 detik	50 cm	1	Berubah	0,42 meter/detik

Hasil pengukuran dan data yang ditulis dalam tabel, terekam dalam *video* yang diambil saat pengujian dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, bagian penghitung mampu untuk menerima data dari bagian pembaca dengan baik dan sinyal yang dikirimkan dari bagian pembaca dapat dihitung oleh bagian penghitung, kemudian ditampilkan pada LCD.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian penyimpanan data. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyimpan data hasil pengukuran dengan nomor urut melalui *keypad* yang terdapat pada alat bagian penghitung. Pengujian dinilai baik apabila data yang telah disimpan dapat ditampilkan kembali sesuai dengan nomor urut penyimpanan. Hasil pengujian penyimpanan data, dapat dilihat pada Gambar 14.



■ **Gambar 14.** Penyimpanan Data dan Hasil Tampilan Data.

Pengujian sistem juga dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Pengujian sistem tersebut dilakukan untuk mengetahui keakuratan pengukuran yang dilakukan menggunakan sistem yang dirancang, dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan secara manual. Awal pengujian dilakukan dengan menguji ketepatan waktu pengukuran yang dilakukan oleh alat bagian penghitung yang dirancang menggunakan *stopwatch*. Waktu pengukuran yang di-*input* pada alat bagian penghitung adalah 40 detik. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung waktu menggunakan *stopwatch* yang dimulai ketika status “proses ukur” muncul pada LCD hingga hasil pengukuran ditampilkan. Hasil pengukuran menggunakan *stopwatch* dari status “proses ukur” hingga hasil pengukuran ditampilkan adalah 39 detik. Pengujian selanjutnya adalah membandingkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh sistem yang dirancang dengan alat pembaca manual berupa *counter mekanik* dan *stopwatch*. Pengukuran dengan *counter mekanik* dan *stopwatch*, dilakukan dengan kondisi yang sama dengan alat yang dirancang, yaitu pada kedalaman air dan waktu pengukuran yang sama. Hasil perbandingan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.

■ **Tabel 5.** Hasil perbandingan pengukuran secara manual dengan alat yang dirancang.

Pengukuran secara manual (m)				Pengukuran dengan sistem yang dirancang (p)			Variabel kesalahan $ (m-p)/m * 100\% $
Waktu (detik)	Jumlah putaran	kedalaman	Hasil perhitungan	Waktu (detik)	kedalaman	hasil	
40	12	18 cm	0,2070	40	18 cm	0.22	6,22 %
40	13	18 cm	0.2238	40	18 cm	0.24	7,23%
40	13	18 cm	0.2238	40	18 cm	0.27	20,64%
40	12	18 cm	0,2070	40	18 cm	0.25	24,15%
40	13	18 cm	0.2238	40	18 cm	0.24	7,23%
Kecepatan rata-rata:0,2170				Kecepatan rata-rata:0,244			12,44%

Pada Tabel 5 ditunjukkan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan sistem yang dirancang kurang konstan dan akurat terhadap hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan alat manual. Hal tersebut dikarenakan terjadinya loncatan sinyal ketika *switch* di dalam *current meter* bersentuhan, sehingga terjadi kesalahan pembacaan data.

Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan hasil ukur kecepatan arus air menggunakan *current meter propeler* tipe "C2.10.150" yang dibaca menggunakan *counter mekanik* dan *stopwatch* dengan sistem yang dirancang. Hasil rata-rata pengukuran menggunakan *current meter* tipe propeler adalah 0,2329 meter/detik, sedangkan hasil rata-rata pengukuran menggunakan sistem yang dirancang adalah 0,83 meter/detik. Pengukuran menggunakan sistem yang dirancang dilakukan sebanyak 3 kali dan dihasilkan kecepatan yang relatif konstan seperti yang ditunjukkan Tabel 6.

■ **Tabel 6.** Perbandingan pengukuran arus air menggunakan *current meter* tipe propeler dengan alat yang dirancang.

Pengukuran dengan <i>current meter</i> propeler	Pengukuran dengan sistem yang dirancang
0,2234 meter/detik	0,82 meter/detik
0,2432 meter/detik	0,84 meter/detik
0,2321 meter/detik	0,86 meter/detik

Menurut pakar hidrologi dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, perlu dilakukan kalibrasi dan penelitian lebih lanjut mengenai perbedaan hasil pengukuran yang didapat. Hal tersebut dikarenakan, *current meter* yang digunakan belum pernah dikalibrasi, sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan.

Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem yang telah dilakukan di sungai Cisadane dan Laboratorium Hidrolika, secara garis besar sistem yang dirancang dinilai dapat bekerja dengan baik, namun *current meter* yang digunakan serta sistem yang dirancang harus dikalibrasi, sehingga data yang didapat sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

KESIMPULAN

Alat yang dirancang mampu mengirim dan menerima data dari jarak jauh (maksimal 100 meter), sehingga pengguna alat ini dapat mengoperasikan alat ukur dari jarak jauh. Alat yang dirancang dapat dioperasikan menggunakan baterai, sehingga pengukuran dapat dilakukan pada daerah yang tidak memiliki listrik dari PLN, seperti sungai dan saluran irigasi. Penurunan *current meter* yang didapat kurang akurat seperti yang tertampil pada Tabel 4.3, namun perbedaan tersebut masih dalam batas tolreansi yang dibenarkan.

Alat yang dirancang, dapat menghitung kecepatan aliran sungai dan menampilkan hasil pengukuran pada LCD, serta dapat melakukan penyimpanan data. Hasil pengukuran pada alat yang dirancang kurang konstan dan akurat jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat manual, dikarenakan terjadinya loncatan sinyal, saat pembacaan sinyal dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bureau of Reclamation, *Water Measurement Manual – Water Resources Technical Publication*, 3rd ed. United States: The Bureau, 1997.
- [2] Scientific Instruments, *Instruction and Care Manual Model's 1210, 1215 and 1220 Price Type "AA" Current Meters*, Scientific Instruments INC.
- [3] H.Yandi, *Hidrologi untuk insinyur*, edisi ketiga, Jakarta : Erlangga, 1986
- [4] L.Joesron, Soewarno, dan B.Supriadi, *Hidrologi Sungai*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan umum, 1987 .
- [5] R. J.Tocci, *Digital Systems-Principles and Applications*, 5th ed. USA: Prentice-Hall, 1991.