

PENGUNAAN SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI PENDETEKSI KETINGGIAN AIR SUNGAI PADA SISTEM PERINGATAN DINI TANGGAP DARURAT BENCANA BANJIR

Tata Supriyadi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga, Bandung

Tlp. 022-2013789 ext 297 Fax. 022-2001539

email : tata_supriyadi@yahoo.co-id

Abstrak

Curah yang tinggi di beberapa daerah di Indonesia sering memicu terjadinya bencana banjir yang datang secara tiba-tiba seperti banjir bandang. Beberapa metode untuk memberi peringatan secara dini bahaya banjir ini telah diimplementasikan. Metode yang telah dilakukan berupa alat pendeteksi curah hujan, alat pendeteksi permukaan air sungai (tipe pelampung dan tipe tekanan). Pada penelitian ini telah berhasil direalisasikan alat pendeteksi permukaan air sungai dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Dari hasil pengujian dengan menggunakan sensor ultrasonic model Ping buatan Parallax telah berhasil mengukur perubahan ketinggian air sungai maksimum sampai 255cm. Hasil dari pendeteksian ini dikodekan ke level siaga banjir. Sebelum kode dikirim terlebih dahulu dimodulasikan secara FSK (Frequency Shift Keying) supaya bisa dikirim melalui gelombang radio ke daerah yang biasa terkena banjir sebagai kode peringatan.

Katakunci : peringatan dini banjir, ultrasonic, FSK

I. PENDAHULUAN

Curah hujan yang cukup tinggi di Indonesia telah mengakibatkan banyak bencana banjir yang mengakibatkan korban jiwa dan harta benda yang cukup besar secara statistik. Sampai saat ini bencana alam karena banjir menempati urutan teratas dari segi kejadian bencana alam yang ada di Indonesia alam yaitu sebanyak 3450 kejadian. Korban jiwa yang diakibatkan banjir menempati urutan ketiga setelah gempa bumi/tsunami dan letusan gunung api yaitu sebanyak 18.427 jiwa. [1]

Di daerah-daerah tertentu seperti di Pulau Jawa ada daerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi seperti di kota Bogor misalnya. Kota Bogor berada di daerah dataran tinggi sehingga curah hujan yang tinggi akan dialirkan melalui sungai ke daerah yang lebih rendah seperti DKI Jakarta. Biasanya yang menanggung akibat banjir ini adalah masyarakat yang tinggal di daerah dataran rendah ini yang disebut dengan banjir kiriman.

Banjir di daerah dataran rendah ini kadang-kadang bisa datang secara tiba-tiba atau disebut “banjir bandang” yang berakibat fatal seperti korban harta benda bahkan korban jiwa karena tidak ada peringatan sebelumnya akan datangnya banjir.

Untuk mengatasi permasalahan diatas diperlukan suatu *system Early Warning* (Peringatan Dini) yang bisa

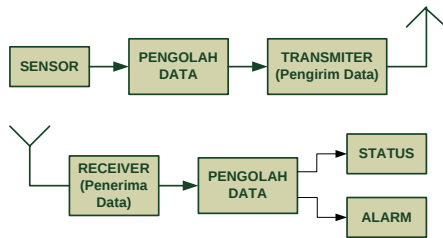
memberikan informasi kepada masyarakat sebelum bencana banjir menimpa pada daerah mereka.

Sistem peringatan dini tentang banjir pada prinsipnya dimaksudkan supaya masyarakat yang bermukim di daerah endemik banjir agar (1) dapat memperoleh informasi lebih awal tentang besaran (magnitudo) banjir yang mungkin terjadi, (2) waktu evakuasi korban memadai sehingga risiko yang ditimbulkan dapat diminimalkan. Besaran tersebut meliputi: besarnya debit puncak (peak discharge) dan waktu menuju debit puncak (time to peak discharge).[2]

Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem *early warning* bencana banjir air sungai yang menggunakan sensor tak sentuh dengan transduser ultrasonik, mampu mengirim data hasil pengukuran jarak jauh dan dapat menggambarkan kondisi level air sungai yang terjadi.

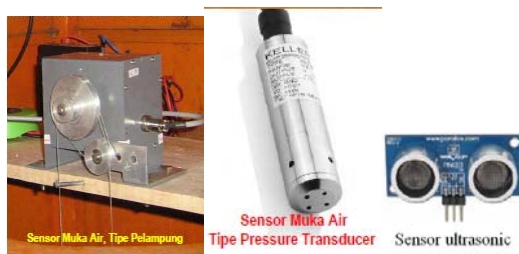
II. STUDI LITERATURE

Sistem peringatan dini secara umum terdiri dari bagian sensor/pendeteksi, pengolah data, pengirim dan penerima seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Peringatan Dini dengan transmisi radio

Bagian pendeteksi terdiri dari beberapa metode yang digunakan diantaranya ada yang mendeteksi besarnya curah hujan, ada juga yang mendeteksi ketinggian permukaan air sungai. Metode pendeteksian permukaan air sungai ada yang menggunakan pelampung (system mekanik), ada yang menggunakan tipe tekanan [3] dan bisa juga menggunakan gelombang ultrasonic. Gambar 2 memperlihatkan ketiga model sensor tersebut.



Gambar 2. Tipe sensor pendeteksi permukaan air

Gelombang ultrasonic dapat merambat pada medium gas, pada dan cair. Karakteristik gelombang yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitude sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*strain*) dan tegangan (*stress*). Pemancar pada gelombang ultrasonic akan mengirimkan gelombang sampai memantul pada suatu benda, pantulan akan diterima oleh penerima gelombang. Proses ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Proses pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonic

Selisih waktu pengiriman dan penerimaan gelombang menjadi dasar perhitungan jarak sumber gelombang terhadap benda, seperti ditunjukkan pada rumus di bawah ini :

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

Dimana :

s = jarak sumber suara terhadap benda

v = kecepatan suara (340 m/s)

t = selisih waktu pengiriman dan penerimaan gelombang

Bagian pengolah data baik disisi pengirim maupun penerima berfungsi menterjemahkan hasil pendeteksian sensor menjadi informasi yang bisa dimengerti oleh manusia. Sistem yang kompak untuk mengolah data dari pembacaan sensor adalah mikrokontroller (Gambar 4). Mikrokontroller bisa diprogram sesuai dengan kebutuhan sistem.



Gambar 4. Sistem Mikrokontroller

Bagian *Transmitter* maupun *Receiver* bisa menggunakan pesawat untuk radio komunikasi baik tipe mobil seperti Handy Talky (Gambar5) atau pesawat komunikasi seperti yang biasa digunakan ORARI.



Gambar 5. Pesawat Hany Talky

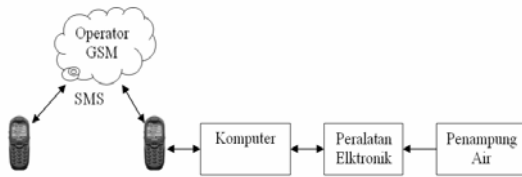
Bagian Status bisa berupa sebuah monitor atau display LCD (Gambar 6) yang berfungsi menampilkan kondisi yang sedang terjadi. Status terdiri dari tiga kondisi yaitu AMAN, SIAGA DAN AWAS. Sedangkan untuk sistem *alarm* bisa menggunakan sebuah *buzzer*.



Gambar 6. Display tipe LCD

Model lain dari sistem peringatan dini bahaya banjir ini berbasis *SMS Gateway* dimana untuk mengirimkan status banjir dikirim melalui pesawat *handphone* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Pada sistem tersebut menggunakan jaringan telekomunikasi seluler untuk mengirimkan informasi kepada penduduk. Sistem tersebut bisa dioperasikan di daerah yang terjangkau sistem seluler. Selain itu diperlukan sebuah

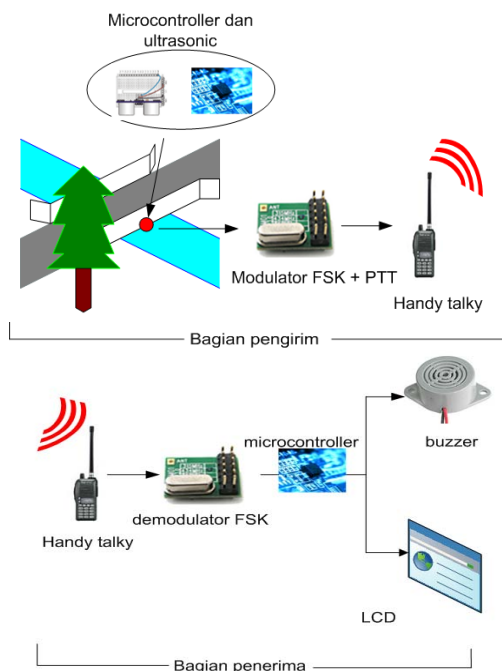
komputer PC untuk pengolahan data sebelum informasi dikirim melalui *handphone*. [4]



Gambar 7. Arsitektur Sistem Peringatan Dini berbasis SMS Gateway

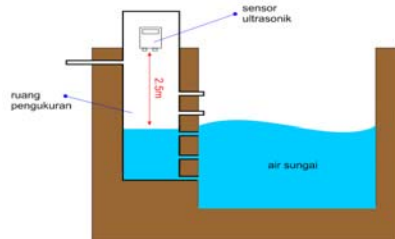
III. METODOLOGI PEMBUATAN SISTEM

Gambaran umum arsitektur rancangan sistem pengirim dan sistem penerima peringatan dini bahaya banjir ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Arsitektur Sistem Peringatan Dini

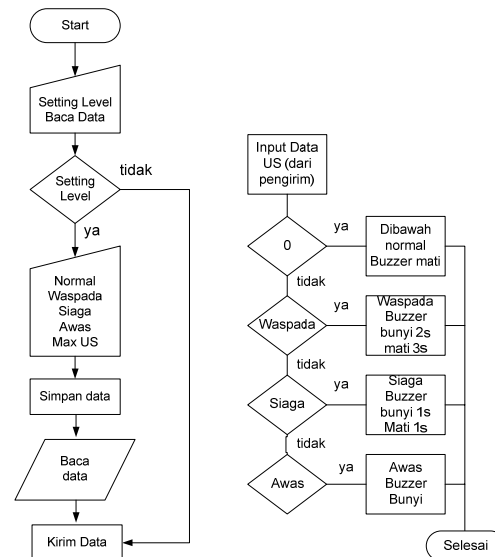
Rancangan sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 9. Tabung pengukuran digunakan untuk mengatasi gangguan pengukuran saat mengukur ketinggian air sungai. Dengan metoda ini, riak air akan teredam saat memasuki pipa-pipa kapiler kecil menuju ruang pengukuran.



Gambar 9. Diagram blok pengirim penerima

Algoritma untuk mikrokontroller di bagian pengirim diperlihatkan pada Gambar 10. Algoritma tersebut berfungsi untuk seting ketinggian pengukuran karena jarak yang diukur secara langsung adalah jarak antara ultrasonic dan permukaan air, sementara hasil yang diinginkan adalah ketinggian permukaan air diukur dari dasar sungai sehingga perlu algoritma untuk merekayasanya.

Proses level setting dilakukan pada sistem pengirim sedangkan pada sistem penerima tinggal membaca hasil pengukuran pada sisi pengirim.

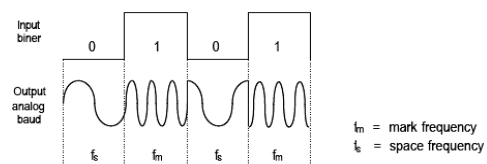


Gambar 10. Algoritma program bagian pengirim dan penerima

Modulator FSK berfungsi mengubah data biner dari hasil pengolahan mikrokontroller menjadi sinyal analog dalam format *frequency shift keying (FSK)* seperti yang ditunjukkan pada gambar 11 sebelum dikirim melalui transmitter karena sinyal biner tidak bias langsung dikirim dengan modulasi analog.

Frequency Shift Keying (FSK) adalah modulasi yang menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan dengan frekuensi tertentu (misalnya $f_1 = 1200\text{Hz}$), sementara sinyal digital 0 dinyatakan sebagai suatu nilai tegangan dengan frekuensi tertentu yang berbeda (misalnya $f_2 = 2200\text{ Hz}$).

Pada bagian penerima sinyal FSK tersebut kembali diubah menjadi bentuk biner oleh Demodulator FSK sebelum diolah kembali datanya oleh mikrokontroller.



Gambar 11. Modulasi FSK

Keypad digunakan untuk memasukan besaran nilai pada saat setting alat sebelum digunakan baik di sisi pengirim maupun penerima. Display LCD berfungsi untuk menampilkan kebenaran nilai seting yang dimasukan sebelum dieksekusi oleh mikrokontroler.

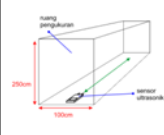
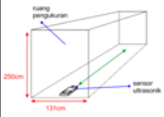
IV. HASIL PENGUJIAN

Pengujian Sistem Pengukuran Ketinggian

Hasil engujian alat pengukur ketinggian air bergantung pada kinerja sensor ultrasonik. Pada pengukuran sensor ultrasonik dilakukan pengukuran pada ruangan yang dapat dimodelkan sebelumnya.

Ruang pengukuran dibuat dalam kondisi yang berbeda-beda, untuk menguji ketahanan ultrasonik terhadap gangguan noise karena pantulan sinyal ke dinding ruang pengukur. Hasilnya dilihat pada Tabel di bawah ini.

TABEL 1
HASIL PENGUKURAN JARAK PERMUKAAN AIR DENGAN SENSOR ULTRASONIK TIPE PING BUATAN PARALLAX

Ruang Pengukuran	Jarak sesungguhnya (cm)	Jarak pengukuran (dengan sensor)	% kesalahan	Keterangan
Tabung dengan diameter 64 cm	34	37	8,8%	Jarak maksimum
	30	31	3,3%	
	60	61	1,7%	
	90	94	4,4%	
	120	125	4,2%	
	180	182	1,1%	Jarak maksimum
	100	105	5,0%	
	200	210	5,0%	
	244	255	4,5%	Jarak maksimum

Dari hasil pengujian didapat data jarak yang dapat diukur oleh ultrasonik hanya berada pada rentang 3cm - 255cm meskipun menurut spesifikasi bisa dari 3 cm – 300 cm. Data yang dikirim melebihi rentang tersebut akan mengalami error di penerima.

Pengukuran jarak sensor ke permukaan air dapat optimal saat dilakukan pada ruang pengukuran berbentuk balok dengan panjang 250cm dan lebar 131cm seperti ditunjukkan pada Tabel 1 untuk jarak maksimum 255cm (sesuai kemampuan pengiriman data).

Pengujian Pengiriman Status Ketinggian Air Sungai.

Pengujian ini dilakukan dengan mengisi air pada tangki pengukur sesuai dengan batas kemampuan batas ulur maksimum dari ultrasonik yaitu jarak terdekat 3cm dan jarak terjauh 255cm. Setelah dilakukan seting ketinggian permukaan air maka data hasil pembacaan dikirim melalui transmisi radio

Handy Talky dengan daya output sebesar 5W. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel-2.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN PENGIRIMAN STATUS KETINGGIAN AIR SUNGAI

Ketinggian air(cm)	Jarak Tx-Rx (Line of Sight)	Status di Penerima
0	Dibawah 2,5 km	Normal
100	Dibawah 2,5 km	Waspada!
175	Dibawah 2,5 km	Siaga!!!
255	Dibawah 2,5 km	Awas
0	Lebih dari 2,5 km	Error!
100	Lebih dari 2,5 km	Error!
175	Lebih dari 2,5 km	Error!
255	Lebih dari 2,5 km	Error!

Pembahasan

Dari hasil pengujian pengukuran ketinggian permukaan air sungai di ruang pengukuran yang telah ditentukan dengan menggunakan ultrasonic jenis Ping ternyata banyak gangguan yang diakibatkan oleh pantulan gelombang ultrasonic oleh dinding pengukur. Untuk memperkecil pantulan jarak pemancar ultrasonic dan dinding harus agak jauh.

Pengukuran jarak sensor ke permukaan air dapat optimal saat dilakukan pada ruang pengukuran berbentuk balok dengan panjang 250cm dan lebar 131cm seperti ditunjukkan pada Tabel 1 untuk jarak maksimum 255cm (sesuai kemampuan pengiriman data).

Pengukuran hasil pengiriman status bahaya banjir hanya optimal pada jarak maksimum 2,5 km.. Jarak maksimum pengiriman data tergantung dari kemampuan jangkauan atau daya pancar. Selain itu pengaruh noise yang terjadi saat data dikirim juga ikut berpengaruh terhadap kualitas data yang dikirimkan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil ujicoba, sistem peringatan dini yang telah dirancang dapat diperoleh hasil :

1. Sensor ultrasonik bagian pengirim mampu mengukur jarak terhadap permukaan air sampai 244cm dengan ketelitian 1cm- 11cm pada kondisi ruang pengukuran berbentuk balok dengan lebar 131cm dan panjang 250cm.
2. Pada sistem ini bagian pengirim mampu mengirimkan data perhitungan jarak pengukuran sensor ultrasonik dari 0cm – 255cm.
3. Pada sistem ini penggunaan *transceiver handy talky* bekerja sampai jarak 2,5 km tanpa penghalang.

4. Sistem memiliki kelemahan, diantaranya rentan terjadi kesalahan dan pengurangan kemampuan mengukur akibat pantulan dinding ruang pengukur yang tidak sesuai. Selain itu kemampuan jarak pengiriman data yang dihasilkan masih kurang dari jarak yang diharapkan.

VI. SARAN

1. Gunakan sensor ultrasonik yang memiliki kemampuan mengukur lebih jauh.
2. Untuk jarak kirim yang lebih jauh perlu digunakan pemancar radio yang lebih besar dayanya dari Handy Talky . Selain itu perlu diteliti format data yang optimal sehingga lebih kebal terhadap noise.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dalam kesempatan ini mengucapkan banyak terima kasih kepada Sdr. Arief Rachman Hakim dan Sdr. Imam Hariwijaya sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro POLBAN Prodi D4 Teknik Telekomunikasi angkatan 2007 yang telah ikut berpartisipasi dalam kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Data statistik bencana dari Badan Negara Penanggulangan Bencana (BNPB) di website : <http://dibi.bnpb.go.id/DesInventar/dashboard.jsp?countrycode=id&continue=y&lang=ID>
- [2] Irianto, G. 2003. Sistem Peringatan Dini Tentang Banjir. Kompas edisi Sabtu, 22 Maret 2003.
- [3] Balitbang PU, Sistem Peramalan Dan Peringatan Dini Banjir (Flood Forecasting And Warning System/ Ffws) di website : <http://balitbang.pu.go.id/saritek/saritek%20pusair/5.FFWS%20fix.pdf>
- [4] Utami, E. ; Cahyanto, A.D. 2008, Sistem Peringatan Dini Pada Bencana Banjir Berbasis SMS Gateway Di Gnu/Linux Merupakan Alternatif Yang Sederhana Dan Menarik Dalam Meningkatkan Pelayanan Badan Meteorologi Dan Geofisika Dengan Alokasi Dana Yang Rendah, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2008) 2008 ISSN: 1907-5022, Yogyakarta.