

Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Dan Penyebaran Informasi Menggunakan Komunikasi Radio Link

Umar Katu¹, Muh. Tola², Saleh Pallu³, Zulfajri B Hasanuddin⁴, Achmad zubair⁵

¹³Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

²⁴⁵Teknik Elektro Universitas Hasanuddin

¹katuumar@gmail.com

⁴zulfajri_basri_hasanuddin@yahoo.co.id

⁵achkmadzubair@poliupg.ac.id

Abstract—Banjir adalah bencana yang kemungkinan bisa terjadi setiap tahunnya sesuai musimnya sehingga membuat masyarakat resah terutama masyarakat yang tinggal di bantaran sungai atau daerah rawan banjir. Di Indonesia sudah sering kita dengar berita tentang daerah yang dilanda banjir. Kota Makassar dengan luas seluas 2.878,02 Ha adalah salah kota besar di Indonesia yang tidak luput dari banjir. Berdasarkan analisa dari sebuah penelitian diidentifikasi luas daerah rawan banjir kota Makassar sebesar 174,7 ha. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem peringatan dini banjir yang dapat memberikan informasi secara langsung dan real time. Metode yang digunakannya yaitu memasang sistem yang memiliki sensor pengukur level air yang dianggap dapat memberikan informasi awal akan adanya banjir. Dengan memanfaatkan frekuensi Ultra High Frequency (UHF) sebagai sinyal pancar-pantul yang diolah sebagai jarak diharapkan akan sebanding dengan perubahan level air yang selanjutnya di akuisisi serta diolah menggunakan persamaan rumus untuk mengetahui perbandingan antara waktu dari kecepatan kenaikan air. Data hujan dan level air dikirim ke stasiun yang berfungsi menampilkan peringatan dan kondisi ketinggian air berupa tanda nada serta pesan singkat ketelpon genggam yang telah ditentukan sebelumnya. Saat ini penelitian mengenai sensor perubahan level air menggunakan frekuensi UHF belum ada. Dari beberapa penelitian yang dilakukan sistem sensor menggunakan frekuensi rendah. Frekuensi rendah cukup rentan terhadap gangguan dari frekuensi lain, sehingga hasil belum akurat. Untuk itu penelitian mengenai sistem ini sangat penting untuk dilakukan. Permasalahan pada penelitian ini adalah merancang suatu sistem pemantauan parameter bencana alam khususnya banjir dengan unit pemantau tinggi muka air yang menggunakan frekuensi UHF, jaringan komunikasi selular GSM sebagai media pesan singkat, serta voice.

Kata kunci: deteksi, sensor, frekuensi UHF, hujan, banjir

I. pendahuluan

Latar Belakang

Banjir merupakan bencana yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain faktor topografi wilayah, curah hujan, intensitas curah hujan dan dalam banjir limpasan kapasitas sungai yang tidak memadai. Semakin rendah daerah maka akan semakin berpotensi untuk terdampak banjir dan sebaliknya. Semakin tinggi curah hujan dan intensitas hujan maka debit banjir akan semakin besar, jika sungai tidak mampu menampung debit maka akan meluap atau melimpah ke daerah yang lebih rendah dan menjadi genangan ataupun aliran yang merusak.

Dalam upaya mengatasi permasalahan akibat terjadinya banjir, ada beberapa cara yaitu salah satunya mengetahui sebab-sebab terjadinya banjir dan daerah sasaran banjir, yang tergantung pada karakteristik klimatologi, hidrologi, dan kondisi fisik wilayah.

Kota Makassar termasuk daerah yang rawan bahaya banjir dan genangan air. Selain karena wilayahnya terletak di tepian laut yang mempunyai garis pantai sepanjang 20 km yang

memanjang dari selatan ke utara dan relatif datar dengan ketinggian tanah antara 0 - 2 m , juga terdapat dua buah sungai yaitu Sungai Jeneberang yang mengalir melintasi Kabupaten Gowa bermuara di bagian selatan Kota Makassar dan sungai Tallo yang bermuara di bagian Utara Kota.

Secara geografis, kawasan pantai Kota Makassar memanjang dengan posisi utara ke selatan. Di sepanjang pantai dijumpai pendangkalan delta dan lidah pasir yang terbentuk akibat proses sedimentasi. Delta tersebut terletak di antara dua muara sungai, dan lidah pasirnya berkembang ke arah utara sampai ke pantai Losari. Bencana banjir hampir setiap tahun di Makassar terjadi pada setiap datangnya musim penghujan. Sebanyak 24 Kelurahan di 6 Kecamatan yang luas wilayahnya mencapai 7749, 56 Ha sering menjadi langganan banjir pada musim penghujan tiba. Beberapa kecamatan di

Salah satu cara untuk mengurangi dampak dari adanya banjir adalah adanya sistem informasi deteksi dini tentang akan datangnya banjir.

Dengan mengaplikasikan frekuensi *Ultra High Frequency(UHF)* sebagai media transmisi, sistem akan mampu bekerja secara otomatis untuk memberikan informasi secara dini bahaya banjir dengan memanfaatkan teknologi sensor level air, mikrokontroler sebagai prosesing data. Untuk tujuan tersebut direncanakan untuk mengadakan penelitian fisik laboratorium terhadap; 1) Melakukan karakterisasi geografi wilayah kota Makassar. 2) melakukan identifikasi wilayah kota Makassar berdampak banjir. 3) melakukan desain sistem deteksi dini banjir 4) melakukan desain sensor dan pengujian respon sensitivitas level air, 4) menganalisis implementasi frekuensi UHF sebagai media transmisi informasi data dan voice. 5) mendesain sistem prosesing data sensor berbasis mikrokontroler. Hasil data pengujian akan menerjemahkan tiga (3) kondisi peringatan bahaya banjir yaitu: kondisi aman, siaga, dan bahaya banjir.

Rumusan Masalah

Dalam upaya pelaksanaan penelitian yang lebih terarah, maka disusun beberapa rumusan masalah berikut ini:

- 1) Bagaimana melakukan identifikasi wilayah kota Makassar berdampak banjir.
- 2) Bagaimana melakukan desain sistem deteksi dini banjir
- 3) Bagaimana melakukan desain sensor dan pengujian respon sensitivitas level air.
- 4) Bagaimana menganalisis implementasi frekuensi UHF sebagai media transmisi informasi data dan voice.
- 5) Bagaimana mendesain sistem prosesing data sensor berbasis mikrokontroler.

Tujuan Penelitian

Untuk melanjutkan dan menindaklanjuti rumusan masalah di atas, maka ditentukanlah tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Melakukan identifikasi wilayah kota Makassar berdampak banjir.
- 2) Melakukan desain sistem deteksi dini banjir
- 3) Melakukan desain sensor dan pengujian respon sensitivitas level air.
- 4) Menganalisis implementasi frekuensi UHF sebagai media transmisi informasi data dan voice.

- 5) Mendesain sistem prosesing data sensor berbasis mikrokontroler.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Seiring dengan berjalannya penelitian ini, maka diharapkan dapat memperoleh manfaat sebagai berikut:

- 1) Dengan teknologi water level sensor, maka dapat memberikan informasi dini tentang wilayah/daerah yang berpotensi banjir
- 2) Mengurangi korban bencana banjir baik korban jiwa, maupun harta benda
- 3) Dapat memberikan informasi dan pemanfaatan peta kerawanan banjir yang digunakan dalam antisipasi terhadap bahaya banjir
- 4) Sebagai bahan pertimbangan pemerintah dalam mengantisipasi dan membuat strategi pengendalian banjir.
- 5) Memberi kontribusi dalam menambah wawasan penelitian dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Landasan teori

Defenisi Banjir

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam aluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, (Suripin, "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan"). Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan atau jebolannya air banjir, disebabkan oleh kurangnya kapasitas penampang saluran pembuang. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

Beberapa karakteristik yang berkaitan dengan banjir, diantaranya:

1. Banjir dapat datang secara tiba-tiba dengan intensitas besar namun dapat langsung mengalir.
2. Banjir datang secara perlahan namun dapat menjadi genangan yang lama (berhari-hari atau bahkan berminggu-minggu) di daerah depresi.
3. Banjir datang secara perlahan namun intensitas hujannya sedikit.
4. Pola banjirnya musiman.

5. Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya genangan, erosi dan sedimentasi. Sedangkan akibat lainnya terisolasinya daerah pemukiman dan diperlukan evakuasi penduduk.

Dalam skala perkotaan, faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir adalah:

Topografi, kelandaian lahan sangat mempengaruhi timbulnya banjir terutama pada lokasi dengan topografi dasar dan kemiringan rendah, seperti pada kota-kota pantai. Hal ini menyebabkan kota-kota pantai memiliki potensi/peluang terjadinya banjir yang besar disamping dari ketersediaan saluran drainase yang kurang memadai, baik saluran utama maupun saluran yang lebih kecil.

Areal terbangun yang luas biasanya pada kawasan perkotaan dengan tingkat pembangunan fisik yang tinggi, sehingga bidang peresapan tanah semakin mengecil.

Kondisi saluran drainase yang tidak memadai akibat pendangkalan, pemeliharaan kurang, dan kesadaran penduduk untuk membuang sampah pada tempatnya masih belum memasyarakat [37].

Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Banjir
Curah Hujan

Curah hujan adalah unsur iklim yang sangat dominan memengaruhi aliran permukaan dan erosi di daerah tropis. Sifat hujan yang penting mempengaruhi erosi dan sedimentasi adalah energi kinetik hujan yang merupakan penyebab pokok dalam penghancuran agregat - agregat tanah [16].

Pengukuran jeluk hujan di lapangan umumnya dilakukan dengan memasang penakar dalam jumlah yang memadai pada posisi yang mewakili (*representatif*) diacu dalam [37].

Sifat hujan yang berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi adalah jumlah, intensitas, dan lamanya hujan. Dari hal-hai tersebut yang paling erat hubungannya dengan energi kinetik adalah intensitas. Kekuatan dan daya rusak hujan terhadap tanah ditentukan oleh besar kecilnya curah hujan. Bila jumlah dan intensitas hujan tinggi maka aliran permukaan dan erosi yang akan terjadi lebih besar dan demikian juga sebaliknya (Wischemeler dan Smith 1978, diacu dalam [37]).

Kelerengan (Kemiringan Lahan)

Kelerengan atau kemiringan lahan merupakan perbandingan persentase antara jarak vertikal (tinggi lahan) dengan jarak horizontal (panjang lahan datar). Kelerengan merupakan parameter

DAS yang berpengaruh secara tidak langsung terhadap besar kecilnya kejadian banjir.

Elevasi (Ketinggian Lahan)

Elevasi (Ketinggian Lahan) adalah ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Lahan pegunungan berdasarkan elevasi dibedakan atas dataran medium (350-700 m dpi) dan dataran tinggi (>700 m dpi). Elevasi berhubungan erat dengan jenis komoditas yang sesuai untuk mempertahankan kelestarian lingkungan [15].

Elevasi mempunyai pengaruh terhadap terjadinya banjir. Berdasarkan sifat air yang mengalir mengikuti gaya gravitasi yaitu mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Dimana daerah yang mempunyai elevasi yang lebih tinggi lebih berpotensi kecil untuk terjadi banjir. Sedangkan daerah dengan elevasi rendah lebih berpotensi besar untuk terjadinya banjir. Pemberian skor pada kelas ketinggian yang lebih tinggi lebih kecil daripada skor untuk kelas ketinggian yang rendah.

Tingkat Permeabilitas Tanah

Permeabilitas atau daya rembesan adalah kemampuan tanah untuk dapat melewatkan air. Air dapat melewati tanah hampir selalu berjalan linier, yaitu jalan atau garis yang ditempuh air merupakan garis dengan bentuk yang teratur.

Aktivitas Manusia

Faktor aktivitas manusia juga berpengaruh terhadap kerawanan banjir pada suatu daerah tertentu. Aspek-aspek yang mempengaruhi diantaranya:

Belum adanya pola pengelolaan dan pengembangan dataran banjir

Permukiman di bantaran sungai

Sistem drainase yang tidak memadai

Terbatasnya tindakan mitigasi banjir

Kurangnya kesadaran masyarakat di sepanjang alur sungai

Penggundulan hutan di daerah hulu

Terbatasnya upaya pemeliharaan bangunan pengendali banjir

Penggunaan Lahan

Jenis penggunaan lahan suatu wilayah sangat mempengaruhi laju dan volume aliran permukaan, penggunaan lahan hutan dapat menunjukkan laju aliran permukaan di bandingkan penggunaan lahan padang rumput atau jenis tanah terbuka [2]. Pengaruh aktivitas tataguna lahan tersebut di atas dapat memberikan akibat nyata pada volume aliran permukaan dan waktu tercapainya debit puncak aliran sebagai respon DAS terhadap curah hujan

pada tingkat awal. Sejalan bertambah besar dan lama waktu hujan, pengaruh kombinasi tanaman-tanah terhadap aliran permukaan menjadi berkurang. Oleh karenanya, pengaruh vegetasi hutan terhadap terjadinya aliran permukaan adalah kecil untuk curah hujan besar [3].

Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Berikut beberapa pengertian drainase :

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal [34]. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan Salinitasi. Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. [18]

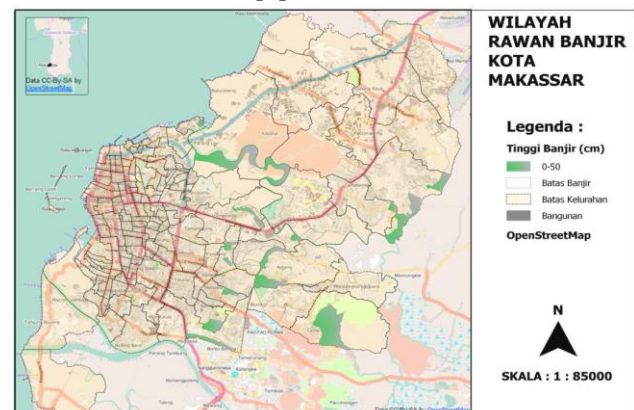
Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai hamparan wilayah yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada satu titik (*outlet*) [27]

Ekosistem DAS dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15%, bukan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS merupakan daerah pemanfaatan dengan kemiringan lereng kecil (kurang dari 15%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi hutan gambut/bakau [3].

Pemetaan Daerah Rawan Banjir

Berdasarkan data penelitian (Ikmal Mahardy-Unhas 2014) sebanyak 24 kelurahan di enam kecamatan luas wilayah terdampak banjir mencapai 22,45 km² atau sekitar 14,3 persen (%) dari total luas wilayah kota Makassar sebesar 176,77 km² [9]



(Sumber: Data BPBD Makassar, setelah diolah dan hasil analisa SIG, 2014)

Gambar 1. Peta lokasi Rawan banjir dengan ketinggian 0-50cm

Peta tersebut menunjukkan wilayah-wilayah yang tinggi muka air yang mencapai batas 50 cm, tersebar di beberapa lokasi antara lain:

- Kecamatan Biringkanaya (Kelurahan Paccerrakkang, Kelurahan Sudiang)
- Kecamatan Tallo (Kelurahan Tallo, Kelurahan Lakkang)
- Kecamatan Tamalanrea (Kelurahan Tamalanrea, Kelurahan Tamalanrea Indah, Kelurahan Parangloe)
- Kecamatan Manggala (Kelurahan Antang)
- Kecamatan Rappocini (Kelurahan Kassi-kassi, Kelurahan Gunung Sari, Kelurahan Karunrung)
- Kecamatan Panakukang (Kelurahan Panaikang, Kelurahan Paropo, Kelurahan Tello Baru).

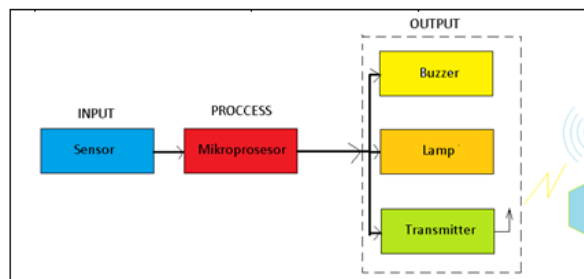
Penyebab Banjir

Faktor utama penyebab banjir di Kota Makassar adalah elevasi dataran terhadap DAS. Wilayah antang dan sekitarnya, yang memiliki elevasi terendah dari kabupaten Gowa yang menyebabkan aliran air mengarah pada wilayah tersebut sehingga terjadi peluapan dan didukung oleh kecilnya saluran menyebabkan banjir pada daerah tersebut sulit dihindari. Sedangkan wilayah terdampak banjir yang disebabkan oleh pengaruh luapan air sungai meliputi Kecamatan Panakukang yang berada pada bibir sungai yang berada pada elevasi 3 hingga 7 m dari

permukaan air sungai dengan ketinggian banjir mencapai 50 hingga 100 cm, Kecamatan Tamalanrea yang berada pada elevasi 4 hingga 6 meter dari permukaan air kanal dengan ketinggian banjir mencapai >200 cm daerah sepanjang jalan Bitoa Lama dan jalan Makio Baji yang berada pada Kecamatan Manggala dengan elevasi 3 hingga 5 m dari permukaan air kanal dengan ketinggian banjir 50 hingga 200 cm.

Sistem Deteksi Banjir

Mengingat bahwa mengatasi banjir bukan hal yang gampang, maka sistem peringatan dini ini menjadi penting, setidaknya agar kita dapat bersiap-siap jika banjir akan datang, sehingga dapat meminimalkan kerugian yang potensial akan terjadi. Untuk mengetahui secara lebih cepat datangnya banjir maka di perlukan suatu sistem peringatan dini bencana banjir yang bisa membaca tanda-tanda datangnya banjir. Gambar 3 menunjukkan sistem informasi dini bencana banjir.



Gambar 3. Sistem deteksi dini banjir

Beberapa parameter dari kinerja sistem yang perlu dipertimbangkan adalah seperti sensitif, selektif, waktu respon, waktu penyampaian berita, kestabilan sistem, ketahanan secara mekasis dan jangkauan serta sumber catu daya.

Spektrum Frekuensi Radio dan Panjang Gelombang

Panjang gelombang adalah siklus satu periode dari gelombang radio. Notasi panjang gelombang ditulis dengan huruf Yunani λ (dibaca alfa). Persamaan panjang gelombang dinyatakan dengan persamaan

$$\lambda_g = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

dimana: $c = 3 \times 10^8$ m/dtk (kecepatan cahaya)
 $f =$ frekuensi dalam Hz (detik⁻¹)

$\epsilon_r =$ konstanta dielektrik medium yang dirambati oleh gelombang.

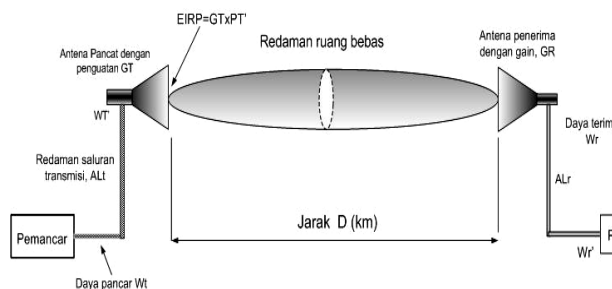
$$\epsilon_r(\text{udara}) = 1$$

Lembaga telekomunikasi dunia, ITU (*International Telecommunication Union*) membagi spektrum frekuensi berdasarkan rentang panjang gelombang atau rentang frekuensi. Pada awal perkembangan telekomunikasi radio, frekuensi 3 – 30 MHz sering disebut sebagai gelombang pendek (*short wave*). Hingga kini istilah tersebut masih digunakan, sekalipun telah diketahui bahwa istilah tersebut sudah tidak sesuai lagi. Sebab diluar band frekuensi tersebut, masih ada gelombang radio yang lebih pendek seperti pada rentang frekuensi VHF (*Very High Frequency*) atau UHF (*Ultra High Frequency*). Pengistilahan lain yang agak menyimpang seperti gelombang mikro (*microwave*), sekalipun pajang gelombang sesungguhnya dalam centimeter.

Frekuensi UHF

Sifat perambatan gelombang radio pada band frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*) relatif berbentuk "lintasan garis lurus dan saling melihat" atau sering disebut *Line-of-Sight* (LOS) antara pemancar dan penerima. Artinya antenna disebuah *base station* ke *base station* atau *station repeater* harus dalam keadaan '*saling melihat*' satu sama lain.

Keberadaan penghalang (*obstacle*) diantara pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) dapat menyebabkan terjadinya **rugi-rugi lintasan** (*path-loss*) tambahan pada jaringan komunikasi. Umumnya penghalang berupa gunung, pepohonan, atau gedung tinggi. Lintasan gelombang radio yang melintasi penghalang akan mengalami redaman sebagian atau seluruhnya dari daya yang dipancarkan. Batasan frekuensi kerja untuk microwave dibatasi pada frekuensi pembawa (*carrier frequency*) 900 MHz keatas [1]. Untuk menyederhanakan pengistilahan, maka kata '*hubungan radio*' selanjutnya dalam buku ini akan disebut sesuai istilah aslinya yaitu *radiolink*.



Gambar 4. Jaringan komunikasi radio *line-of-sight*.

Rugi – rugi ruang bebas

Selama dalam perambatannya, gelombang radio akan mengalami:

Redaman (*attenuation*) dalam medium seperti pepohonan, gunung, gedung dan benda penghalang lainnya.

Pemantulan (*reflection*) oleh permukaan bumi, gedung, gunung, pesawat terbang yang sedang melintas atau benda logam lainnya yang berada dijalar lintasan gelombang radio.

Dibelokkan/ dibiaskan (*refraction*) yang terjadi akibat perbedaan indeks bias lapisan ionosfir yang dilewati oleh gelombang radio. Umumnya terjadi pada band HF (3 – 30 MHz).

Difraksi (*defraction*), yang terjadi ketika gelombang radio membentur penghalang tajam dan keras, seperti puncak gunung atau benda-benda lain seperti gedung bertingkat.

Penyerapan (*absorbition*) yang disebabkan oleh gas atmosfer bumi.

Cacat (*distortion*) amplitudo, cacat frekuensi dan fasa.

Gangguan frekuensi lain (*interference*).

Derau (*noise*) dari alam semesta atau sumber radiasi lainnya seperti pengapian pada kendaraan bermotor atau stasiun radio lainnya yang tidak bekerja secara linier.

Jika dimisalkan bahwa tidak terjadi pantulan oleh benda sekitar antenna atau penyerapan energi diruang bebas, maka rapat daya akan seragam disetiap titik dipermukaan antenna. Rapat daya dipermukaan antenna penerima dinyatakan dengan persamaan

$$\text{Power density} = P_T / 4\pi d^2 \quad (2)$$

Jika antenna penerima memiliki luas penampang efektif sebesar A_R , maka total daya yang diterima adalah

$$P_R = P_T \times A_R / 4\pi d^2 \quad (3)$$

Jika luas penampang efektif antenna pemancar adalah A_T , maka penguatan antenna pemancar dibandingkan terhadap radiator iotropis

$$g_T = 4\pi A_T / \lambda^2 \quad (4)$$

dimana λ adalah panjang gelombang dari sinyal emisi. Bila persamaan (3) disubstitusikan kedalam (4), maka daya total yang diterima adalah

$$P_R = P_T (4\pi A_T / \lambda^2) (A_R / 4\pi d^2) \quad (5)$$

Atau

$$P_R = P_T (4\pi A_T / \lambda^2) (4\pi A_R / \lambda^2) (\lambda / 4\pi d)^2 = P_T (g_T) (g_R) (\lambda / 4\pi d)^2 \quad (6)$$

dimana $g_R = 4\pi A_R / \lambda^2$ penguatan antenna penerima mengacu pada antenna isotropis. Dalam satuan decibel:

$$10 \log(P_T / P_R) = 20 \log(4\pi d / \lambda) - 10 \log g_T - 10 \log g_R \quad (7)$$

Besaran jarak dan frekuensi pada persamaan disebut rugi-rugi ruang bebas (*free-space loss*) antara dua sumber isotropis. Free space loss (FSL) dalam satuan decibel

$$FSL_{dB} = 32.45 + 20 \log D_{km} + 20 \log F_{MHz} \quad (8)$$

Dengan rumus yang sama tetapi frekuensi dalam GHz,

$$FSL_{dB} = 92.45 + 20 \log D_{km} + 20 \log F_{GHz} \quad (9)$$

Rumus FSL sangat berguna untuk menghitung jaringan *point-to-point* dengan asumsi bahwa tidak ada penghalang dan cuaca bersih. Aturan ITU-R dalam P.525-2 memberikan rumus untuk menghitung kuat medan listrik untuk jaringan *point-to-point* sebagai berikut:

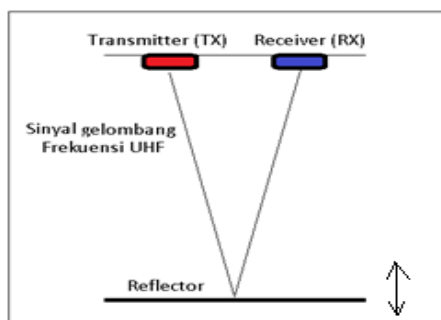
$$E = \sqrt{\frac{30P}{D}} \quad (10)$$

dimana E adalah square mean root (nilai rata-rata) dari kuat medan (*field strength*) dalam satuan volt/meter, dan p adalah daya yang diradiasikan secara isotropis ($EIRP = \text{Effective Isotropic Radiated Power}$) dalam satuan watt, dan D adalah jarak antara pemancar dan titik pengukuran dalam satuan meter.

Sensor

Sensor adalah sesuatu alat atau komponen yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala atau perubahan lingkungan fisik atau kimia, seperti mendeteksi suatu perubahan yang terjadi seperti perubahan suhu, perubahan temperatur, perubahan tekanan, atau perubahan gaya menjadi sinyal-sinyal listrik yang kemudian diproses agar bisa terbaca dan dirasakan hasil/pengaruhnya oleh manusia.

Transmitter sensor memancarkan sinyal gelombang frekuensi UHF, kemudian gelombang ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344.424 m/detik atau 1 cm setiap 29.034 μ s. Gelombang tersebut akan mengenai objek (pemantul) kemudian terpantul kembali ke sensor. Selama menunggu pantulan, sensor akan menghasilkan sebuah pulsa (high) Pulsa ini akan berhenti (low) ketika gelombang suara pantulan terdeteksi oleh sensor. Lebar pulsa tersebutlah yang dipresentasikan sebagai jarak antara sensor dengan objek. Lebar pulsa high (t_{IN}) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak ukur dengan obyek yang kemudian dapat merepresentasikan jarak antara sensor dengan objek. Sinyal yang diterima oleh rangkaian receiver dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak. Untuk menghitung jarak yang terukur dari waktu terima sensor dapat menggunakan persamaan berikut ini [40]



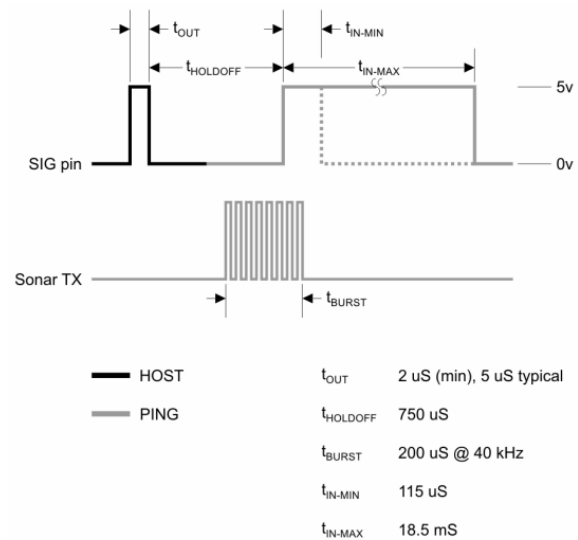
Gambar 5. Model sensor deteksi level air

$$s = \frac{V \cdot t}{2} \quad (11)$$

Di mana: V = adalah kecepatan suara 344 m/s

t = adalah waktu tempuh (s)

s = adalah jarak (m)



Gambar 6. Diagram waktu

Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor diperlukan untuk mengurangi kesalahan pembacaan jarak. Kalibrasi sensor dilakukan dengan menggunakan regresi linier dengan pengukuran menggunakan alat ukur/penggaris sampai dengan 50 cm yang diulangi sebanyak tiga kali pengulangan sehingga dihasilkan 150 nilai jarak sebenarnya dan nilai *microsecond*. Data kalibrasi dapat memperlihatkan grafik dari persamaan regresi linier pada sensor dimana fungsi $y = \text{return time}$ yang terbaca dari sensor *ultrasonic* (μ s) dan fungsi $x = \text{jarak sebenarnya}$ [41]

$$y = Ax + C \quad (12)$$

Keterangan:

$y = \text{return time}$ yang terbaca dari sensor *ultrasonic* (μ s)

$x = \text{jarak sebenarnya}$ (cm)

Pemroses Data

Untuk melakukan proses data kecepatan tinggi membutuhkan mesin penghitung seperti mikrokontroler. Mikrokontroler adalah suatu piranti yang difungsikan sebagai pengontrol utama sistem kerja rangkaian melalui software yang diprogram, yaitu untuk memproses data-

data yang berasal dari input sensor. Selanjutnya data-data tersebut diolah oleh mikrokontroler dan kemudian dapat ditampilkan dalam bentuk visualisasi, nada ataupun diintegrasikan dengan sistem lain.

Media Pengirim Data

Media pengirim data dari sistem pemroses data dapat dilakukan secara *wireless* maupun *on wire*. Untuk media *wireless* akan dapat menjangkau jarak yang jauh yang tidak dapat dijangkau melalui media *on wire*.

Program Pendukung

Program pendukung digunakan untuk mengatur kerja perangkat keras. Program ini sangat tergantung dari mikrokontroler yang digunakan, karena setiap produsen mikrokontroler telah menyiapkan program pendukungnya secara *open source* dan bersifat kompatibel.

Dalam pemrograman suatu mikrokontroler terdapat tiga tingkatan bahasa pemrograman, yaitu:

Bahasa Mesin

Assembly

Bahasa Tingkat Tinggi

metode penelitian

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian ekperimental. Penelitian dilakukan dengan lima tahapan yakni :

- 1) Melakukan identifikasi wilayah kota Makassar berdampak banjir.
- 2) Melakukan desain sistem deteksi dini banjir
- 3) Melakukan desain sensor dan pengujian respon sensitivitas level air.
- 4) Mendesain sistem prosesi data sensor berbasis mikrokontroler.
- 5) Menganalisis implementasi frekuensi UHF sebagai media transmisi informasi data dan voice.

Pada tahapan pendahuluan pertama yaitu melakukan identifikasi wilayah kota Makassar berdampak banjir. Dari identifikasi ini diharapkan dapat diperoleh titik sumber awal banjir untuk meletakkan sensor deteksi dini. Sehingga dapat dilakukan analisis terhadap jarak pancar yang diperlukan.

Pada tahapan berikut melakukan desain sistem. Diagram desain sesuai blok diagram sistem. Pada setiap blok diagram dilakukan pengujian untuk dilakukan analisis, mulai dari desain

sensor, prosesi data, indikator informasi, pengujian media transmisi UHF.

Tahapan selanjutnya akan dilakukan pengujian lapangan sesuai peta titik hasil identifikasi awal banjir. Jika pengujian lapangan tidak pada kondisi real yaitu tidak adanya musim penghujan atau musim penghujan menurun, maka akan dilakukan simulasi adanya air di lokasi.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di laboratorium keairan (laboratorium hidrolika, hidrologi atau pemodelan/sungai) Universitas Hasanuddin dan laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Rencana penelitian akan dilaksanakan selama 6 (enam) bulan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas seperangkat alat pengujian yang terdiri atas dua bagian utama yakni; 1) satu set alat pengujian simulasi DAS. 2) bak yang berfungsi sebagai wadah sampel DAS dengan berbagai variasi perubahan kecepatan level untuk pengujian sensitivitas sensor, dengan perlatan pendukung (tangki air, pompa air, stabilizer level, meter). 3) Bahan komponen elektronik, radio transceiver UHF dan antena 4) Beberapa alat ukur: *spectrum analyzer, oscilloscope, watt meter, function generator, multimeter* dan alat penunjang lainnya.

Analisis Data

Penelitian ini adalah penelitian ekperimental dilaboratorium dan lapangan. Dimana dalam menganalisis data digunakan beberapa rumus perambatan gelombang, friis FSL propagasi.

Hasil DAN PEMBAHASAN

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) pada wilayah kota Makassar dibagi menjadi empat daerah aliran sungai yang didominasi oleh DAS Tallo sebesar 10.241, Ha dan DAS Jeneberang sebesar 4.656,5 Ha dengan persentase 8,75%.

No	Daerah Aliran Sungai	Luas (Ha)
1	DAS Tallo	10.241,9
2	DAS Jeneberang	4.656,5
Total		14.898,4

Sumber; Hasil analisis data Spasial

Identifikasi Kerawanan Banjir

Dari peta kerawanan banjir yang dibuat berdasarkan peta – peta Vektor penentu banjir didapatkan sebagian wilayah kota Makassar rawan terjadi banjir, dapat dilihat pada gambar 15 dan tabel 10 berikut ini:

Tabel. 10. Daerah Rawan banjir

No	Kecamatan	Luas/Kecamatan (Ha)	Luas potensi banjir	Ket.
1	Biringkanaya	3678,17	173,35	Berpotensi banjir
2	Bontoala	173,79	-	Tidak banjir
3	Makassar	265,35	5,38	Berpotensi banjir
4	Mamajang	250,87	-	Tidak banjir
5	Manggala	2291,46	564,57	Berpotensi banjir
6	Mariso	281,88	-	Tidak banjir
7	Panakkukang	1567,64	369,45	Berpotensi banjir
8	Rappocini	1096,28	121,25	Berpotensi banjir
9	Tallo	961,52	266,45	Berpotensi banjir
10	Tamalanrea	3857,07	1.337,02	Berpotensi banjir
11	Tamalate	2413,59	-	Tidak banjir
12	Ujung Pandang	284,593		Tidak banjir
13	Ujung Tanah	233,19	-	Tidak banjir
14	Wajo	204,71	-	Tidak banjir
Total		17560,17	2.878,02	

4	40	40,32	0,32
5	50	50,4	0,4
6	70	70,4	0,4
7	90	90,38	0,38
8	110	110,33	0,33
9	130	130,3	0,3
10	150	150,3	0,3
11	170	170,3	0,3
12	200	200,41	0,41
13	220	220,48	0,48
14	240	240,6	0,6
15	250	250,67	0,67

Dari hasil pengukuran pada tabel diatas, dapat diperoleh data sebagai berikut:

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\text{error}}{n - \text{pengukuran}}$$

$$= \frac{5,59}{15}$$

= 0,37 cm

Jika distandarkan dengan tingkat kesalahan 1 cm, maka diperoleh nilai kesalahan

$$\text{Persen kesalahan} = \frac{\text{rerata error}}{\text{akurasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,59}{1 \text{ cm}} \times 100\%$$

= 55,9%

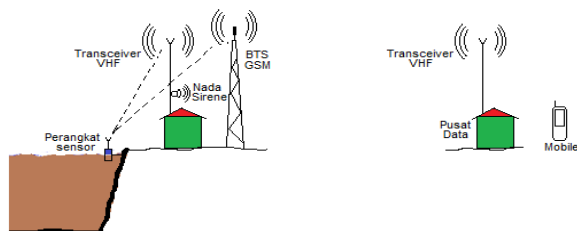
Jika distandarkan dengan tingkat kesalahan 5 cm,

$$\text{Persen kesalahan} = \frac{5,59}{6 \text{ cm}} \times 100\%$$

$$= 9,31 \%$$

Sumber: Hasil analisis data Spasial.

Rancangan dan Pengujian



Gambar 6 Model Sistem

Tabel 4. 1. pengukuran pada kondisi pemantul diam

No	Pengukuran Sessor ultrasonik		
	Alat penggaris	Air kondisi diam	Kesalahan
1	10	10,18	0,18
2	20	20,25	0,25
3	30	30,27	0,27



Gambar 6 Sensor Ultrasonic

Waktu respon system hasil uji coba secara langsung

Percobaan ke-	Waktu respon SMS	Keterangan
1	7 Detik	Percobaan dilakukan di Sungai Biringkanaya

2	5 Detik	Percobaan dilakukan di Sungai Bontoala
3	14 Detik	Percobaan dilakukan di Sungai Tallo

KESIMPULAN

Dari hasil uji coba di lokasi untuk system sensor maka didapatkan posisi sensor satu dengan yang lain adalah maksimal 1km , hal ini dikarenakan jangkauan sinyal radio yang digunakan, hanya sampai 1 km.

Sms Pemberitahuan juga memiliki delay terkirim ketika sinyal didaerah penempatan alat kurang bagus, sehinga diusahakan penempatan alat berada pada posisi yang memiliki sinyal gsm yang bagus.

REFERENSI

Asriningrum dan Gunawan, 1998 *Identifikasi Tingkat Kerentanan Banjir Menggunakan Sistem Berbasis Spasial (Studi Kasus Daerah istimewa Yogyakarta)*. (Skripsi). Fakultas Geografi UGM Yogyakarta.

Arsyad dan Rustiadi, 2008,. *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*.

Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Aronoff, S., 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa.

Baja. 2003. *GIS- Based Decision Support system*.

Barus B. 2005. *Kamus SIG (Sistem Informasi Geografis) dengan 128 Diagram*. Bogor: Studio Teknologi Informasi Spasial

Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (BRLKT) Citarum-ciliwung.2002. *Identifikasi Banjir dan Genangan di Wilayah Jabotabek*. Bogor.

Barus B, Wiradisastra U. S. 2000. *Sistem Informasi Geografi – Sarana*

Darmawijaya, 1992. *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Departemen Pekerjaan Umum RI. 2006. *Laporan Bencana Alam Banjir Sulawesi Selatan*. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta.

Dr. Ir. Suripin, M.Eng. (2004;?), Universitas Gajah Mada.

Ding, Z., Li Ji-ren, and Li Lin. 2004. *Method for flood submergence analysis based on GIS grid model*. Journal of Hydraulic Engineering (06):56-50

Fajar. 18 Oktober 2012, *Banjir*. Makassar diperkirakan potensi rawan banjir terdiri dari 14 titik yang rawan banjir dan 7 titik merupakan titik yang dianggap sangat rawan

Guting, 1994. *An Introduction to Spatial Database Systems*

Grenti L. I. 2006. *Peringatan Dini Banjir pada DAS Ciliwung dengan menggunakan Data Curah Hujan [skripsi]*. Bogor: Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Hardjoamidjojo, Sarwono, 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta

Hillel D. 1971. *Soil and Water*. New York: Academic Press.

Handoko. 1995. *Klimatologi Dasar*. Jakarta: PT. Pustaka Jaya.

Hadjarati D. 2007. *Upaya Pengamanan Data Pemetaan Digital*. Buletin Puslitbang, Departemen Pertahanan Republik Indonesia, diakses dari. [24 Juli 2007].

Kodoatie dan Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

Kompas. 7 Februari 2002. *Banjir, Akibat dari Keserakahan Ekonomi*

Lillesand, T.M., dan R.W. Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Liu, R. and Liu Nan. 2001. *A CIS Based Model For Calculating of Flood Area*. Acta Geographica Sinica 56(01):1 – 6

Linsley, R.K., M.A Kohler and J.J.H Paulhus, 1982. *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill.Inc. New York.

Nyerges, 1997. *Geographic Information System for Risk Evaluation*

Purnama A, 2008. *Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. (skripsi). Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Prahasta E. 2001. *Konsep - Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: CV. Informatika.

2004. *SIG: Tools and Plug-ins*. Bandung: CV. Informatika

Primayuda A, 2006. *Pemetaan Daerah Rawan dan Resiko Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis: studi kasus Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur* (skripsi). Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Restiana N. 2004. *Evaluasi Debit Aliran dan Debit Sedimen Akibat Perubahan Penggunaan Lahan; studi kasus Daerah Tangkapan Air (DTA) Cikumutu, Sub DAS Cimanuk Hulu* [skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Rajabidfard dan Wilson Wiliamson, 2000. *Spatial Data Infrastructures: concept, SDi Hierarchy and Future Directions*. Melbourne, Victoria: Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, The University of Melbourne

Reed, Shelia B. 1995. *Pengantar Tentang Bahaya*. Program Pelatihan Manajemen Bencana. UNDP.

Suherlan E. 2001. *Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung* [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Smith, K and Ward R, 1998, *Floods: Physical Processes and Human Impacts*. John Wiley and Sons, Chichester, USA.

Soemarto, C.D, 1987. *Hidrologi Teknik. Usaha Nasional*. Surabaya

Seyhan, 1995. *Dasar-dasar hidrologi, Universitas Gajah Mada*

Suripin, 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan air*. Penerbit Andi: Yogyakarta.

Suwardi. 1999. *Identifikasi dan Pemetaan Kawasan Rawan Banjir di Sebagian Kotamadya Semarang dengan Menggunakan Sistem informasi Geografis* [tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

Tiurma Elita Saragi, 2007, *Tinjauan Manajemen Sistem Drainase Kota*

Utomo W. Y. 2004, *Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir di DAS Kaligarang Semarang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis* [skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Wikipedia. 2007. *Ensiklopedia Bebas Berbahasa Indonesia*. diakses dari

<http://id.wikipedia.org/wiki/Pemetaan.html> [24 Des 2015

Valavanis, 2002. *Geographic information System And Science*.

https://portal.utpa.edu/portal/page/portal/utpa_main/daa_home/cosm_home/physics_home/physics_files/lab3i.pdf.

Sound travels at 331.5 m/sec in air at 0°C. As the temperature of the air increases, the speed of sound also increases. The velocity of sound at any temperature T, can be calculated using the following linear equation.

$$v_T = (0.6 * T) + v_{0^\circ\text{C}}$$

<http://yourfriendpaul.com/Music/sound-wavelength.php>.

The formula relating wavelength to frequency is: $\text{wavelength} = \text{propagation speed} / \text{frequency}$ For sound at a temperature of 72 degrees, with the frequency in hertz and the wavelength in meters, this becomes: $\text{wavelength} = 344.424 / \text{frequency}$