

KAJIAN PENGEMBANGAN SENSOR PERINGATAN DINI BANJIR DENGAN MODIFIKASI STASIUN PENCATATAN HUJAN

Nanang Saiful Rizal, ST., MT, Agung Nilogiri, ST., M.Kom.

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: rizal.nanang@yahoo.co.id

ABSTRAK

Terjadinya bencana banjir di Kecamatan Panti Kabupaten Jember agak sulit diprediksikan sehingga akan kesulitan melakukan antisipasi. Pada tahun 2009 sekitar 8.936 hektare hutan gundul, maka tatkala turun hujan deras mudah menimbulkan banjir dan longsor, air bah yang datang berwarna coklat karena bercampur lumpur akibat longsor yang terjadi secara terus menerus. Menurut catatan Satkorlak Bencana Kabupaten Jember, kejadian banjir tahun 2009 telah menimbulkan banyak korban diantaranya 250 orang meninggal, 120 orang tidak ditemukan atau hilang dan sekitar 86 hewan piaraan hilang dan mati. Bencana banjir telah menimbulkan trauma bagi masyarakat, sehingga pada saat hujan terjadi dengan intensitas dan durasi yang tinggi timbul was-was dari masyarakat dan kekhawatiran peristiwa terjadinya bencana banjir dan longsor terulang lagi. Akhirnya secara psikologis masyarakat tidak dapat menjalani kehidupan secara tenang dan tentram.

Maka langkah antisipasi perlu dilakukan, yaitu dengan melakukan menciptakan sebuah teknologi sensor untuk peringatan dini banjir, sehingga kejadian bencana dapat diketahui beberapa jam sebelum terjadi dan kerugian akibat bencana banjir juga dapat diminimalisir. Bahkan dengan didukung ketersediaan sistem informasi, sensor ini akan memberitahukan kepada masyarakat secara otomatis berapa lama lagi banjir akan terjadi termasuk besaran debit puncak yang akan terjadi termasuk tingkatan bencana yang akan terjadi. Adapun target khusus penelitian ini adalah diperolehnya sebuah alat sensor banjir yang integrasi dengan stasiun pengukur hujan sebagai sistem informasi peringatan dini banjir.

Tahapan kegiatannya adalah pengumpulan peta administrasi wilayah, survey posisi dan tata letak stasiun hujan yang ada layout, perancangan sensor stasiun hujan, kalibrasi sensor, integrasi sistem informasi dan pemasangan sensor di lokasi penelitian. Sistem modifikasi stasiun hujan otomatis telah dibuat sebanyak 3 buah dan telah berhasil diintegrasikan dengan sistem informasi bencana banjir telah dibuat. Setelah dilakukan beberapa kali test lapangan diperoleh hasil bahwa sensor dapat merekam data tinggi hujan sampai dengan 200 mm dengan tingkat kesalahan kurang dari 10 % serta dapat menyajikan sistem informasi bencana yang terdiri dari debit banjir, tinggi air banjir dan status bencana.

Kata Kunci : Bena, Sensor, Banjir, Stasiun, Hujan.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan eksploitasi sumberdaya alam (khususnya hutan) dalam beberapa tahun ini telah menyebabkan kerusakan daerah tangkapan air (*catchment area*), akhirnya pada musim penghujan terjadi peningkatan aliran permukaan (*surface runoff*) yang menyebabkan bencana banjir dan tanah longsor. Sebaliknya saat musim kemarau terjadi penurunan ketersediaan air (*dependable discharge*) sehingga kekeringan

lebih cepat terjadi pada sebuah aliran sungai dan berkurangnya ketersediaan airtanah.

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah (BNPD) Kabupaten Jember, sejak tahun 2000 telah terjadi pembalakan liar di beberapa hutan lindung serta peralihan fungsi pada hutan lindung menjadi jagung dan kopi sekitar 600 hektare di Kecamatan Panti Kabupaten Jember. Faktor tersebut diduga menjadi penyebab terjadinya bencana banjir dan tanah longsor di Kecamatan Panti Kabupaten Jember. Trend atau pola

terjadinya waktu banjir agak sulit diprediksikan sehingga akan kesulitan melakukan antisipasi. Maka tatkala turun hujan deras mudah menimbulkan banjir akibatnya air bah bercampur lumpur datang dari kawasan hutan gundul di pegunungan Kecamatan Panti, lumpur menggelontor ke Sungai yang menerjang pemukiman penduduk serta lahan pertanian. Menurut data Satkorlak Bencana Kabupaten Jember tahun 2009, Pada saat kejadian banjir tahun 2009 telah menimbulkan banyak korban diantaranya 250 orang meninggal, 120 orang tidak ditemukan atau hilang dan sekitar 86 hewan piaran hilang dan mati. Kerugian diatas diperparah lagi dengan kerusakan berbagai infrastruktur, diantaranya sekitar 400 warga masyarakat kehilangan rumah karena diterjang banjir, fasilitas sosial masyarakat seperti pasar desa, sekolah-sekolah, puskesmas, jembatan dan lapisan jalan mengalami kerusakan yang cukup parah.

Bencana banjir dan longsor tersebut telah **menimbulkan trauma bagi masyarakat**, sehingga pada saat hujan terjadi dengan intensitas dan durasi yang tinggi **timbul was-was dari masyarakat** dan kekhawatiran bahwa peristiwa tersebut akan terulang lagi. Akhirnya secara psikologis masyarakat tidak dapat menjalani kehidupan secara tenang dan tentram. Maka langkah antisipasi perlu dilakukan, yaitu dengan melakukan menciptakan modifikasi pada stasiun hujan yang semula hanya mencatat hujan manual menjadi pencatatan hujan otomatis serta menjadi sensor untuk peringatan dini banjir. Maka saat terjadi hujan maka akan memberikan informasi secara online tentang tinggi hujan, intensitas hujan serta perkiraan debit banjir yang terjadi serta tingkat terjadinya bencana dibagian outlet bangunan. Sehingga kejadian bencana dapat diketahui beberapa jam sebelum terjadi dan masyarakat masih memiliki kesempatan melakukan evakuasi sehingga kerugian akibat bencana banjir dan longsor dapat diminimalisir

Saat ini di semua wilayah bencana sudah dipasang sekitar 120 stasiun pengukur hujan yang digunakan hanya untuk mencatat kejadian hujan secara manual. Maka agar stasiun pengukur hujan dapat dioptimalkan fungsinya, maka pada tiga stasiun pencatat yang ada di Wilayah DAS Kecamatan Panti akan dimodifikasi sehingga memiliki fungsi tambahan sebagai mencatat tinggi hujan secara online sekaligus sebagai sensor peringatan dini banjir.

Maka diperlukan penelitian tentang bentuk dan batas-batas daerah aliran sungai, kondisi tataguna lahan pada daerah aliran sungai, penentuan 3 stasiun hujan yang akan dimodifikasi serta outlet sungai, melakukan analisa hubungan antara tinggi hujan dengan limpasan permukaan, membuat hubungan antara limpasan permukaan dengan outlet dan membuat sistim informasi Dengan adanya sensor secara otomatis masyarakat akan segera melakukan relokasi atau mengungsi bila bencana banjir akan terjadi, sementara bagi pemerintah desa, kecamatan dan kabupaten dapat segera melakukan tindakan-tindakan antisipasi guna meminimalisir bencana misalnya menyediakan sarana dan prasarana evakuasi korban, penyiapan sarana pengungsian maupun penyediaan makanan bagi para pengungsi bencana banjir.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tentang pengembangan sensor peringatan dini banjir dengan modifikasi stasiun pencatatan hujan adalah :

- a. Bagaimana hubungan antara intensitas hujan, debit banjir dan status kebencanaan ?
- b. Bagaimana prototipe sensor peringatan dini banjir dengan modifikasi stasiun pencatatan hujan?
- c. Bagaimana model sistim informasi peringatan dini bencana banjir ?
- d. Bagaimana sistim integrasi stasiun pencatatan hujan dengan sistim informasi peringatan dini banjir ?

- e. Bagaimanakah teknik penerapan sistim informasi bencana banjir termasuk pola operasi atau penggunaannya oleh masyarakat ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam kegiatan penelitian ini adalah :

- a. Tidak membahas detail teknis pembuatan sensor dengan memodifikasi stasiun pencatat hujan.
- b. Tidak membahas analisis ekonomis pembuatan alat termasuk teknis pemasaran alat yang sudah dibuat.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji hubungan antara intensitas hujan dengan debit banjir yang terjadi di DAS Bedadung Kabupaten Jember. Adapun tujuan lain dari penelitian ini akan diperoleh sebuah model alat sensor sebagai alat peringatan dini bencana banjir dengan modifikasi stasiun pencatat hujan sehingga kerugian atau dampak bencana banjir dapat di-minimalisir serta menunjang kebijakan pengelolaan bencana (*distarter management*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Hidrologi

Besaran intensitas hujan (mm/jam) pada sebuah kawasan dapat diperoleh dari besaran curah hujan harian (mm) empiris dengan persamaan mononobe, intensitas hujan (I) pada persamaan rasional dapat diperoleh dengan persamaan (*Loebis, 1992*):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots$$

dengan :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- R = curah hujan rancangan (mm)
- t = lamanya curah hujan (jam)

Lama waktu hujan (t) pada sebuah kawasan adalah waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran kawasan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan

untuk memperkirakannya, diantaranya persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut (*Suripin, 2004 : 82*) :

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385} \dots\dots\dots$$

dengan :

- tc = waktu konsentrasi (jam)
- L = panjang sungai (km)
- S = kemiringan sungai (m/m)

Jumlah air yang melimpas pada sebuah kawasan ditentukan oleh jenis tata guna lahan. Besarnya diperhitungkan dari nilai koefisien limpasan. Koefisien limpasan merupakan rasio dari kecepatan maksimum pada aliran di sebuah daerah aliran sungai (DAS). Koefisien limpasan merupakan perbandingan antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan jumlah hujan yang terjadi pada sebuah kawasan. Nilai koefisien limpasan pada Persamaan Rasional disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai koefisien limpasan menurut metode rasional sesuai jenis lahan.

Jenis peruntukan lahan	Koefisien limpasan (C)
1. Hutan jenis tropis	< 3
2. Hutan jenis produksi	5
3. Semak belukar	7
4. Persawahan	15
5. Lahan pertanian	40
6. Wilayah Perkebunan	95
7. Jalan lapen (aspal)	50 – 70
8. Permukiman jarang	70 – 90
9. Pemukiman padat	30 – 70
10. Pemukiman terpencar	70 – 90
11. Atap pemukiman	13 – 50
12. Jalan porus (tanah)	35 – 70
13. Lapis keras (beton)	70 – 90
14. Pekarangan	5 – 25
15. Lapangan	10 – 30

Salah satu hidrograf satuan yang dapat digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak adalah metode hidrograf satuan sintetik yaitu Hidrograf Satuan

Sintetik Nakayasu dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots$$

dengan :

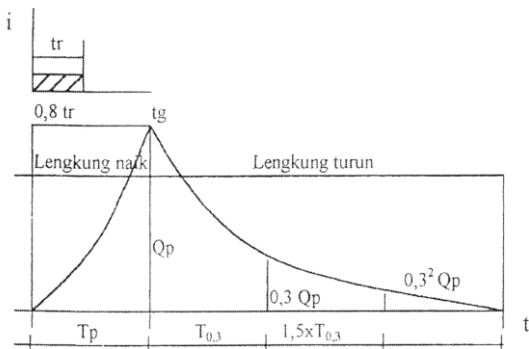
- Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dt)
- C = Koefisien pengaliran, besarnya $C < 1$
- A = Luas daerah pengaliran (km^2)
- R_o = Nilai hujan satuan (mm)
- T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

Bagian lengkung naik (*rising limb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan :

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots$$

dengan :

- Q_a = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/dt)
- t = Waktu (jam)



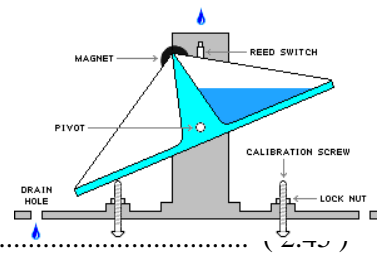
Gambar 2. Grafik debit banjir lengkung naik dan lengkung turun

2.2. Komponen Sensor

Alat pencatatan hujan sering disebut Udometer atau Pluviometer. Merupakan instrument pada bidang meteorologi dan hidrologi untuk mengukur jumlah curah hujan pada waktu tertentu. Salah satu **alat pencatat hujan** adalah

tipping bucket. Sebagaimana **pencatat hujan** yang lainnya, **tipping bucket** digunakan untuk mengukur jumlah curah hujan yang jatuh pada waktu tertentu. **Pencatat pada tipping bucket** adalah **pencatat hujan** semi elektrolit dan otomatis. Pengukuran hujan dilakukan melalui pias yang bergerak secara grafik pada setiap curah hujan yang terukur.

Maka pada setiap pengamatan, dapat langsung diperoleh data curah hujan. Pada saat pengukuran hujan, diperlukan alat pengukur yang dinamakan *raingauge*.



Gambar 3. Model alat Tipping Bucket pada stasiun hujan otomatis.

Adapun komponen yang terdapat pada **tipping bucket** adalah penyaring, corong besar, corong kecil, penahan ember, roda bentuk jantung, roda bergigi, corong penampung air, ember besar penampung air hujan. Adapun komponen penunjangnya adalah Mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang terangkai pada sebuah chip. Pada chip terdiri dari memori, mikroprosesor, jalur Input/Output (I/O) dan beberapa perangkat penunjang. Kecepatan pengolahan data pada Namun karena mikrokontroler merupakan komputer kecil, maka kecepatan pengolahan data lebih rendah dibandingkan komputer.

Kecepatan proses operasi pada mikrokontroler antara 1 – 16 MHz, sedangkan pada computer atau PC sampai dengan Gbyte. Kendati demikian, kemampuan operasi mikrokontroler cukup untuk digunakan pada beberapa aplikasi karena ukurannya tidak terlalu besar (praktis). Mikrokontroler memiliki metode

dan bahasa pemrograman yang tidak sama. Maka setiap jenis program pada mikrokontroler belum tentu data digunakan pada mikrokontroler yang jenisnya berbeda. Pada mikrokontroler juga dilengkapi dengan LCD (*Liquid Crystal Display*). LCD merupakan modul tampilan yang sering digunakan karena mampu memberikan tampilan lebih menarik. Beberapa tipe LCD yang sering digunakan, diantaranya LCD tipe M1632 sebab harganya relatif murah. LCD tipe M1632 memiliki ukuran 2×16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya listrik yang rendah.

2.3. Integrasi Sistem Informasi

Hasil analisis hidrologi dapat berupa hubungan antara intensitas hujan dengan besar debit banjir rancangan. Hasil hubungan tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penyusunan program sistem informasi. Maka saat tipping bucket mencatat tinggi hujan, maka ditampilkan dalam LCD kemudian juga dikirim ke sistem informasi bencana banjir. Kemudian sistem informasi tersebut akan melakukan kalkulasi otomatis tentang perkiraan debit banjir, waktu terjadinya banjir, tinggi banjir dan status kebencanaan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini dibuat pentahapan sebagai berikut :

1. Survey dan pengukuran kondisi stasiun pencatat hujan. Kegiatan survey dan pengukuran ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran tentang batasan DAS dan kondisi tata gunalahannya.
2. Analisis hidrologi untuk mencari hubungan antara intensitas hujan dan debit banjir rencana dan status kebencanaan.
3. Perancangan alat sensor dengan memodifikasi stasiun hujan.
4. Pembuatan sistem informasi peringatan dini bencana banjir.

5. Integrasi alat sensor dengan sistem informasi kebencanaan.

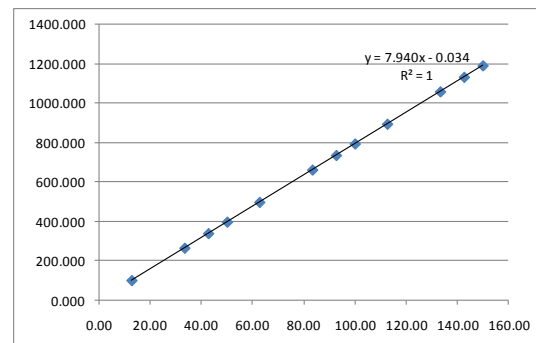
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam hasil dan pembahasan ini, dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan hubungan antara intensitas hujan dengan debit banjir rencana yang hasilnya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi Hubungan Stasiun Hujan, Intensitas Hujan dengan Debit Banjir Rencana

N	STA. Sukorejo (mm)	STA. Dam Tegal Batu (mm)	STA. Rambi Puji (mm)	STA. Unmu h Jember (mm)	Intensitas Hujan Rata-rata (mm/jam)	Debit Banjir (m ³ /det)
1	25	0	0	0	12.65	100.383
2	25	25	0	0	33.35	264.744
3	25	25	25	0	42.65	338.692
4	25	25	25	25	50.00	396.998
5	50	25	25	25	62.65	497.381
6	50	50	25	25	83.35	661.741
7	50	50	50	25	92.65	735.690
8	50	50	50	50	100.00	793.996
9	75	50	50	50	112.65	894.379
10	75	75	50	50	133.35	1058.739
11	75	75	75	50	142.65	1132.688
12	75	75	75	75	150.00	1190.993

Hasil hubungan antara variabel intensitas hujan dengan debit banjir rencana disajikan dalam grafik pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara variabel intensitas hujan dengan debit banjir rencana

Setelah dilakukan survey detail dan memperoleh kepastian posisi dana tata letak sensor, selanjutnya dibuat desain alat sensor yang sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil desain selanjutnya disajikan dalam bentuk gambar rancangan. Beberapa komponen yang dibutuhkan dalam merancang sensor Pendeteksi Banjir ini adalah :

- a. Detektor tipe tipping bucket
- b. Baterai 9 volt
- c. Mikrokontroller
- d. LCD
- e. Kabel USB
- f. CPU

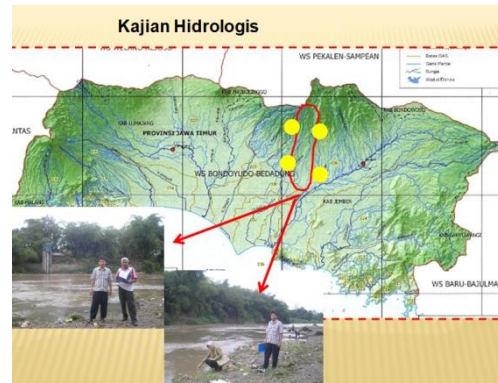
Pembuatan alat modifikasi stasiun hujan mengacu terhadap gambar desain yang sudah dibuat agar tidak menyimpang dari rencana dan alat dapat dipasang dilapangan secara tepat dan benar. Adapun cara kerja dari alat deteksi banjir ini, ketika terjadi hujan maka tipping bucket merekam proses terjadinya hujan kemudian dikirim ke mikrokontroller kemudian hasilnya ditampilkan dalam LCD. Dari LCD kemudian dikirim ke software sistim informasi peringatan dini bencana banjir untuk kemudian dianalisa secara otomatis apakah hujannya memberikan efek bencana banjir mulai dari rendah, sedang, berbahaya.



Gambar 5. Rancangan alat untuk modifikasi stasiun hujan lengkap dengan mikrokontroler dan LCD.

Setelah pembuatan sensor, maka dilakukan kalibrasi dengan jalan meneteskan air ke dalam tipping bucket lalu disesuaikan antara hasil perhitungan tinggi air dengan hasil pencatatan di LCD.

Modifikasi stasiun hujan otomatis sebagai sensor telah dibuat sebanyak 4 buah dan telah di integrasikan dengan sistim informasi bencana banjir yang telah telah dibuat.



Gambar 6. Peta penempatan beberapa sensor alat pencatat hujan.

Adapun dalam tampilan sistim informasi peringatan dini bencana banjir disajikan pada gambar 5.



Gambar 7. Tampilan sistim informasi bencana banjir

Dalam tampilan sistim informasi telah dicatat secara otomatis tinggi hujan setiap jamnya, kemudian juga tercatat perkiraan debit banjirnya serta status kebencanaannya.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari kegiatan pembuatan inovasi teknologi pengendalian bencana ini adalah :

- a. Rangkaian atau desain sistem sudah dikalibrasikan dengan kejadian hujan yang ada di lapangan.
- b. Sistem peringatan dini banjir telah selesai dibuat dan dapat mencatat kejadian hujan sampai dengan 200 mm dengan tingkat kesalahan maksimal 5% dan telah dapat diaplikasikan dalam sistem informasi peringatan dini banjir.

Adapun saran dari kegiatan pembuatan inovasi teknologi sistem peringatan dini bencana banjir adalah :

- a. Perlu penambahan beberapa titik stasiun hujan sehingga akurasi dapat lebih baik.
- b. Perlu koordinasi dengan instansi terkait agar sistem yang disusun lebih sempurna lagi guna penyesuaian dengan kebutuhan stake holder.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ary Heriyanto, dkk, 2010. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroller Atmega 8535*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
2. Chow, Te Ven, 2006, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Terjemah Suyatman, Jakarta : Erlangga.
3. Dian Artanto, 2011. *Merakit PLC dengan Mikrokontroller*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
4. Dinas Permukiman Propinsi Jawa Timur, *Studi Penelitian dan Penyiapan Rencana Tata Ruang Wilayah GKS Plus*, Laporan Pendahuluan, 2007
5. Hasmar, MT., Ir. H. A. Halim, 2002, *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta : UII Press.
6. Jhon M. Reynolds, 1997, *An Introduction to Applied and Environmental In Geophysics*, Jhon Wiley & Sons.
7. Soemarto, CD, 2004, *Hidrologi Teknik*, Surabaya : Usaha Nasional.
8. Soewarno, 2005, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Bagian 1*, Bandung : Nova.
9. Subarkah, Ir. Imam, 2001, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Bandung : PT. Idea Dharma.