

PENERAPAN TEKNOLOGI SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR (FLOOD EARLY WARNING SYSTEM) SUNGAI CILIWUNG DI DKI JAKARTA

Heru Sri Naryanto*

Heru Sri Naryanto (2008), Penerapan Teknologi Sistem Peringatan Dini Banjir (*Flood Early Warning System*) Sungai Ciliwung di DKI Jakarta, *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, Vol. 3, No. 1, Tahun 2008, hal. 35 - 44, 10 gambar, 2 tabel.

SARI : Banjir di Jakarta merupakan masalah yang sudah ada sejak jaman dulu dan dalam perkembangannya banjir tersebut justru semakin besar, baik intensitas, frekuensi maupun distribusinya. Penyebab banjir menjadi semakin kompleks, bukan hanya faktor alam, tetapi faktor sosial, ekonomi dan budaya sangat mempengaruhi. Sungai Ciliwung mempunyai peranan sangat besar terhadap kontribusi banjir di DKI Jakarta. Daerah rawan genangan yang berada di sekitar Sungai Ciliwung berada di Rawajati, Kalibata, Pengadegan, Kebon Baru, Bidara Cina, Kampung Melayu, Bukit Duri dan Jati Pinggir. Sistem peringatan dini banjir yang ada di Jakarta dilakukan dengan pencatatan data curah hujan dan pengukuran ketinggian air sungai yang dilakukan secara manual maupun otomatis. Data radar telah dimanfaatkan untuk peringatan dini banjir, dengan melihat sebaran awan, volume awan, jumlah potensi uap air dari awan, prediksi intensitas dan tebal hujan, kecepatan angin, arah angin dan sebagainya. Dalam pengembangan teknologi tersebut, sistem tersebut akan menjadi optimal jika disinergikan dengan sistem peringatan dini banjir yang sudah dikembangkan oleh BBWSC dan Dinas PU DKI Jakarta agar terdapat kesamaan desain dan perencanaan. Inovasi teknologi SMS yang merupakan prinsip utama sistem telemetri ini dipilih dengan alasan bahwa teknologi ini banyak memberikan keuntungan, baik secara teknis maupun non-teknis.

Kata kunci : banjir, Sungai Ciliwung, Jakarta, sistem peringatan dini

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Dalam sistem hidrologi, hingga saat ini terdapat 13 buah sungai alami yang melalui wilayah Jakarta, yaitu sungai-sungai : Mookervart, Angke, Pesanggrahan, Grogol, Krukut, Kalibaru Barat, Ciliwung, Kalibaru timur, Cipinang, Sunter, Buaran, Jati Kramat, dan Cakung. Untuk mengamankan Jakarta dari ancaman banjir, dibangun saluran banjir di beberapa wilayah yaitu Cengkareng Drain (tahun 1981), Banjir Kanal Barat (tahun 1920), Cakung Drain (1981) dan Banjir Kanal Timur (masih dalam penyelesaian). Sungai-sungai tersebut sebagian besar

berhulu di daerah Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi dengan luas sekitar 850 km². Sedangkan wilayah pengelolaan sungai di bagian hilir, yaitu yang berada di DKI Jakarta mempunyai luas sekitar 650 km². Berdasarkan aliran dan topografinya sungai-sungai di Jakarta di bagi menjadi 3 (tiga) wilayah yaitu wilayah barat, wilayah tengah, dan wilayah timur.

Sungai Ciliwung termasuk dalam wilayah tengah. Hulu Sungai Ciliwung berawal dari mata air di kawasan Gunung Talaga (Mandala Wangi) di Kabupaten Bogor. Sungai tersebut berasal dari 10 anak sungai, yaitu Citamiang, Cimega Mendung, Cilember, Ciesek, Cisarua, Cibogo, Cisukabirusa dan Ciseuseupan. Luas DAS Ciliwung diperkirakan mencapai 56.062 Ha yang dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, sementara hilir Sungai Ciliwung berada di muara perairan Teluk Jakarta.

* *Peneliti Utama PTLWB-BPPT, Jl. MH Thamrin 8, Jakarta 10340, e-mail : naryanto@webmail.bppt.go.id*



Gambar 1. Tiga belas sungai utama yang melewati di DKI Jakarta (DPU DKI Jakarta, 2008)

Aliran Sungai Ciliwung dibagi menjadi dua di pengendali pintu air Manggarai, yang membagi Sungai Ciliwung ke arah saluran banjir kanal dan Sungai Ciliwung yang mengarah ke daerah utara yang terdiri dari Sungai Ciliwung kota, dan Sungai Ciliwung Gunung Sahari yang bermuara di daerah Pluit. Sungai Ciragil, Sungai Krukut dan Sungai Mampang bersatu menjadi Saluran Banjir Kanal yang bermuara di Teluk Jakarta. Sungai Cideng menuju waduk Pluit dengan mendapat aliran dari Sungai Gresik, saluran Kebun Sirih, saluran Budi Kemuliaan dan Sungai Kiri. Selain itu ada aliran Sungai Cideng juga menyatu ke saluran banjir Kanal.

Peringatan dini banjir di Jakarta dilakukan oleh 2 (dua) instansi, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC) Departemen Pekerjaan Umum dan Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta. Kesepakatan bersama antara Dirjen Pengairan-Departemen Pekerjaan Umum dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta pada tahun 1994, yaitu tentang pembagian wilayah kerja dimana Departemen Pekerjaan Umum/Pemerintah Pusat untuk wilayah sungai yang melintasi dua provinsi, atau yang dianggap strategis (sistem *macro drainage*), sedang untuk Pemerintah Provinsi DKI Jakarta pada sungai yang ada di wilayah DKI Jakarta atau sungai di hilir saluran pengendali banjir/ Banjir Kanal.

Lokasi penelitian adalah di Provinsi DKI Jakarta secara keseluruhan dan di sepanjang Sungai Ciliwung yang berawal dari daerah Puncak (kab. Bogor) melewati Cibinong, Depok dan masuk di DKI Jakarta. Lokasi penelitian bisa dijangkau mudah dengan menggunakan kendaraan roda dua dan roda empat.

1.2. Maksud dan Tujuan.

Maksud dari penelitian adalah untuk mendapatkan gambaran mengenai sistem peringatan dini bencana banjir di Jakarta yang ada saat ini serta kemungkinan pengembangan dan inovasi untuk ke depan aplikasinya terhadap keselamatan masyarakat. Tujuannya adalah untuk memberikan peringatan kepada masyarakat sebelum terjadi banjir dalam rangka mempersiapkan segala sesuatunya untuk mengurangi dampak korban jiwa dan harta yang mungkin terjadi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah :

- Studi data sekunder (referensi) maupun pengamatan langsung di lapangan
- Mereview dan analisis kondisi eksisting sistem peringatan dini saat ini yang dikembangkan oleh (Dinas PU DKI Jakarta dan Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, Departemen PU)
- Melakukan pengembangan dan inovasi terhadap sistem peringatan dini banjir yang telah eksisting di Jakarta.
- Analisis sistem peringatan dini banjir di DAS Ciliwung

2.2. Urgensi Masalah

Dalam meminimalkan dampak yang terjadi akibat banjir di Jakarta sangat dibutuhkan peringatan dini yang secepatnya sampai kepada masyarakat. Curah hujan yang sangat tinggi di daerah Puncak yang mengalir lewat Sungai Ciliwung, menjadi salah satu sumber banjir yang terjadi di Jakarta. Peringatan dini banjir bisa dilakukan berdasarkan analisis kondisi awan yang akan jatuh sebagai hujan, curah hujan serta tinggi muka air sungai sebagai penyebab banjir. Risiko banjir yang semakin membesar di Jakarta dari tahun ke tahun, perlu dibangunnya suatu sistem peringatan dini yang baik dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi yang bisa diaplikasikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Banjir di Jakarta

Masalah banjir di Jakarta sesungguhnya merupakan masalah yang sudah ada sejak jaman

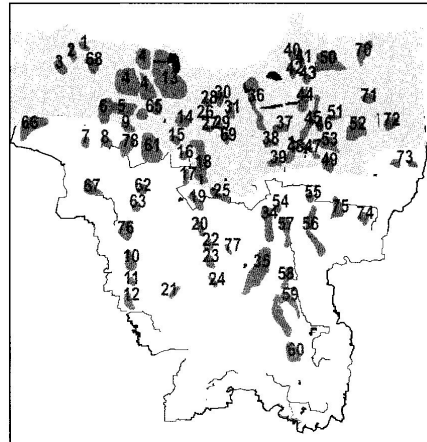
kolonial Belanda, namun dalam perkembangannya banjir tersebut justru semakin besar, baik intensitas, frekuensi maupun distribusinya. Perbedaan antara banjir-banjir yang pernah terjadi selama tahun-tahun tersebut adalah dimensi penyebab dan akibat banjir tersebut. Pada periode sebelum tahun tujuh puluhan, penyebab utama adalah faktor alam. Sesudah periode tersebut penyebab banjir menjadi semakin kompleks, bukan hanya faktor alam, tetapi faktor sosial, ekonomi dan budaya serta akibat yang ditimbulkannya juga berbeda. Dimensi banjir menjadi lebih besar akibat adanya perkembangan kawasan yang tidak didukung dengan teknologi pengendalian banjir yang memadai. Hal ini terlihat dari rendahnya kemampuan drainase mengeringkan kawasan tergenang dan rendahnya kapasitas seluruh prasarana pengendali banjir, seperti sungai, polder, pintu pengatur, bendung, dan sebagainya.

Banjir di wilayah Jakarta terjadi karena beberapa faktor. Faktor pertama yaitu hujan lokal di wilayah ibukota yang kapasitasnya melebihi daya serap permukaan tanah dan sistem saluran air (drainase) sehingga banyak terjadi genangan. Faktor kedua yaitu pengaruh air pasang di Teluk Jakarta yang mengakibatkan di beberapa wilayah elevasi permukaannya menjadi di bawah permukaan laut, sehingga bila terjadi hujan lokal dengan kapasitas ringan, maka akan timbul genangan air. Faktor ketiga yaitu hujan di wilayah selatan Jakarta (Bogor, Puncak), sehingga air mengalir melalui Sungai Ciliwung menuju Jakarta. Apabila debit air tinggi maka Jakarta akan kembali tenggelam oleh 'banjir kiriman'.

Kerugian yang ditimbulkan oleh banjir sangat besar, meliputi korban jiwa, kerusakan permukiman, kerusakan sarana dan prasarana, sampai dengan dampak ikutannya yang meliputi kerusakan lingkungan dan kerugian non material. Pemerintah pusat maupun dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah melakukan upaya penanganan banjir. Salah satunya adalah membangun sistem peringatan dini banjir. Sistem tersebut bertugas memberikan peringatan kepada masyarakat, terutama mereka yang tinggal di kawasan genangan agar segera mengungsi beberapa jam sebelum kejadian. Selain memberikan peringatan dini, sistem ini juga merekam setiap kejadian bencana sehingga informasi tersebut dapat digunakan untuk keperluan penelitian yang terkait dengan penanganan bencana khususnya bencana banjir.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari

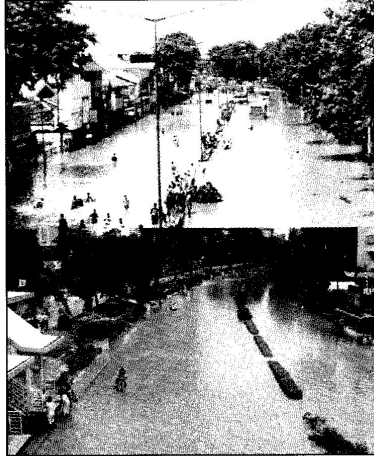
Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta terdapat 78 kawasan genangan yang ada di wilayah DKI Jakarta.



Gambar 2. Sebaran 78 kawasan genangan di DKI Jakarta (Fakhrurrazi, 2008)

Banjir besar di DKI Jakarta pernah terjadi tahun 1621, 1654, 1918, 1942, 1976, 1996, 2002, 2007 dan yang terakhir 2008. Bencana banjir yang besar tercatat pada bulan Januari dan Februari 2002. Banjir besar tersebut telah menggenangi 42 kecamatan di Jakarta dengan 168 kelurahan atau 63,4% dari jumlah kelurahan keseluruhan. Luas genangan mencapai 16.041 Ha atau 24,25% dari luas DKI Jakarta dengan ketinggian air tertinggi mencapai 5 meter. Korban banjir sebanyak 381.266 jiwa dan korban jiwa meninggal sebanyak 21 orang.

Hujan yang turun semenjak tanggal 29 Januari hingga 2 Februari 2007 adalah awal dari bencana banjir yang melanda Jakarta dan sekitarnya. Hujan yang terjadi secara terus menerus dengan intensitas tinggi pada hingga 5 Februari 2007 dan kemudian menurun mulai 8 Februari 2007 di DKI Jakarta menimbulkan korban jiwa dan kerugian yang cukup tinggi. Daerah genangan dengan variasi ketinggian 30 - 300 cm di berbagai wilayah di Jakarta dan sekitarnya. Akibat banjir yang diakibatkan hujan yang berasal dari daerah hulu (wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat) yang dibawa arus Sungai Ciliwung maupun anak-anak Sungai Cisadane ke wilayah Jakarta, telah terjadi berbagai kerusakan dan kerugian baik pada sektor pemerintah, swasta, maupun masyarakat.



Gambar 3. Jakarta tergenang akibat banjir besar 12 Februari 2002 (atas) dan Februari 2007 (bawah)

3.2. Analisis Sistem Peringatan Dini Banjir pada Sungai Ciliwung di DKI Jakarta

3.2.1. Kondisi Eksisting

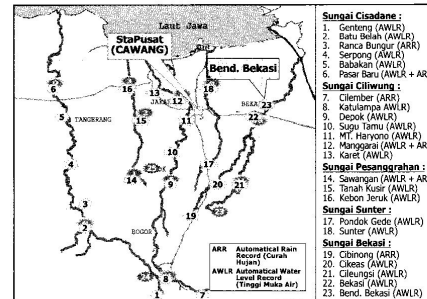
Cara pengumpulan data untuk sistem peringatan dini banjir yang ada di Jakarta dilakukan oleh 2 (dua) institusi, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC)-Dept. PU dan Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Provinsi DKI Jakarta dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu manual atau visual dan otomatis. Data yang digunakan dalam sistem peringatan dini banjir yang ada di Jakarta berupa data curah hujan dan data tinggi permukaan air. Pencatatan data curah hujan dilakukan secara manual maupun otomatis dengan peralatan *Automatic Rainfall Station (ARR)*, sementara pengukuran ketinggian air sungai dilakukan secara manual dengan mengukur *peil schall* atau secara otomatis dengan *Automatic Water Level Station (AWLR)*. Disamping itu data lain yang digunakan adalah dengan memanfaatkan prediksi curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Seluruh rangkaian peralatan di atas dipasang pada lokasi-lokasi pemantauan dan terkoneksi secara real-time melalui jaringan komunikasi data dengan pusat kendali komputer yang dipantau oleh beberapa operator secara terus-menerus.

3.2.2. Sistem Peringatan Dini Banjir di Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC)

Sistem manual dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC) untuk Sungai Ciliwung dilakukan pada Pos Pengamatan Air di Katulampa, Depok dan Manggarai. Sementara pengamatan secara telemetri dilakukan di Pos Pengamatan Air di Katulampa, Depok, Sugu Tamu, MT Haryono dan Manggarai. Sistem telemetri meliputi stasiun-stasiun lapangan baik berupa stasiun AWLR yang merupakan pencatat ketinggian muka air secara otomatis dan ARR untuk pencatat besaran curah hujan secara otomatis, kemudian dari stasiun-stasiun lapangan tersebut data-data dikirim secara langsung melalui gelombang radio kepada stasiun induk di Cawang (Kantor BBWSCC).

Data numerik curah hujan pada sistem RTMC (*real time monitoring and control run-time*) komputer monitoring di stasiun induk di Cawang tersedia dalam menu utama, untuk mengetahui besaran curah hujan yang terjadi, sedangkan data curah hujan dalam bentuk grafik secara runtun (*series*) dapat diketahui dari menu utama *rainfall*.

Stasiun-stasiun lapangan yang dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane baik berupa stasiun AWLR yang merupakan pencatat ketinggian muka air secara otomatis dan ARR untuk pencatat besaran curah hujan secara otomatis, kemudian dari stasiun-stasiun lapangan tersebut data-data dikirim



Gambar 4. Lokasi stasiun peringatan dini (telemetri) BBWSCC-Dept. PU (Subandrio, 2008)

secara langsung melalui gelombang radio kepada stasiun induk di Cawang. Pada umumnya satu unit stasiun AWLR/ARR terdiri dari pencatat muka air/curah hujan, power, antena, radio, modem radio,

data logger dan baterai yang berada pada satu stasiun. Pada stasiun Induk (*base station*) di Cawang, yang merupakan stasiun pusat dilengkapi peralatan : antena, radio, modem radio, data logger dan baterai serta dilengkapi seperangkat komputer, server, data bank dengan kapasitas cukup besar dan peralatan telemetri dioperasikan secara otomatis dan langsung (*real-time*) berdasarkan keadaan sesungguhnya di lapangan.

■ **Kelebihan Sistem**

- Memiliki frekuensi komunikasi sendiri (*dedicated channel*), sehingga memungkinkan untuk melakukan komunikasi tanpa adanya proses antrian dari pihak ketiga.
- Perangkat telemetri dapat juga difungsikan untuk komunikasi suara.

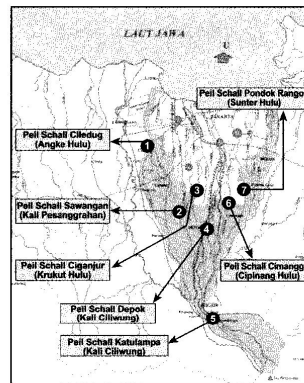
■ **Kekurangan Sistem**

- Pengoperasian perangkat telemetri radio membutuhkan biaya perawatan yang relatif mahal, hal ini disebabkan karena komponen utama (radio modem) masih diimport dari luar, bila rusak maka ongkos reparasi/penggantian relatif mahal. Ada kemungkinan bahwa *spare parts* sudah tidak diproduksi lagi.
- Sistem telemetri radio sangat rentan terhadap bahaya petir. Dari survey lapangan diperoleh informasi bahwa sering terjadi kasus pencurian kabel *ground* dari penangkal petir, sehingga bila terjadi petir maka keseluruhan perangkat akan rusak karena memang antar perangkat terhubung satu dengan yang lain.
- Sistem masih belum memiliki sistem pengamanan jarak jauh terhadap kasus pencurian, sehingga masih mengandalkan tenaga manusia untuk mengamankan stasiun monitoring.
- Metode pengambilan data yang bersifat *pooling* terpusat mengakibatkan adanya jeda waktu yang cukup signifikan antara waktu kritis di lapangan dengan keputusan yang dikeluarkan oleh RTMC atas status dari masing-masing stasiun monitoring.
- Pengolahan data di RTMC masih bersifat statis sehingga belum ada metoda penyampaian informasi ke pihak ketiga atau masyarakat yang bersifat otomatis. Hal ini disebabkan *software* yang diberikan oleh *supplier* sudah tidak dikembangkan lagi.
- Penyebaran informasi banjir dari RTMC masih dilakukan secara manual melalui posko banjir. Dengan demikian tingkat kecepatan

penyebaran informasi banjir masih sangat bergantung pada kesiapan petugas posko banjir (Naryanto et al, 2008).

3.2.3. Sistem Peringatan Dini Banjir di Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta

Dalam rangka kegiatan peringatan dini banjir, Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta mendirikan pos pengamatan air, pada 7 lokasi, yaitu : Ciledug (Sungai Angke Hulu), Sawangan (Sungai Pesanggrahan), Ciganjur (Sungai Krukut Hulu), Katulampa (Sungai Ciliwung), Depok (Sungai Ciliwung), Cimanggis (Sungai Cipinang Hulu), Pondok Rangon (Sungai Sunter Hulu). Pos pengamatan air tersebut baru dibangun tahun 2007, dan sampai sekarang belum berjalan dengan optimal.



Gambar 5. Lokasi pos pengamatan sistem peringatan dini DPU DKI Jakarta (DPU DKI Jakarta, 2008)

Pengiriman data dengan sistem manual dilakukan di beberapa Pos Pengamatan Air di Dinas PU DKI Jakarta. Pengamatan tersebut terutama adalah data curah hujan dan tinggi muka air. Sementara untuk stasiun yang lain menggunakan monitoring dengan sistem telemetri. Pengiriman data dilakukan secara manual dengan *Handy Talky* (HT) dari Pos Pengamatan Air ke Data Center Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Provinsi DKI Jakarta di Jatibaru.

Pusat pengolahan data *real time* (RTMC) memiliki jadwal untuk melakukan komunikasi ke masing-masing *remote station*. Komunikasi bertujuan untuk pengambilan data hasil perekaman yang

dilakukan oleh data logger di masing-masing lokasi monitoring (*centralized pooling*).

Interval perekaman data dapat diatur dalam menit. Data hasil pengukuran direkam oleh *data logger (OTT Logosens)* yang terhubung dengan perangkat gsm modem. *Data logger* merupakan kontrol utama yang terdapat di setiap stasiun monitoring. *Data logger* memiliki kapasitas merekam dan menyimpan dalam lokal memori. Pengiriman data ke pusat (*RTMC*) dilakukan berdasarkan permintaan (*request*) dari *RTMC*. Proses pengiriman data terjadi bila *RTMC* dan *data logger* terhubung melalui perangkat *GSM* modem.

Data tinggi muka air tersedia dalam menu utama baik numerik dan grafik yang dapat diakses dari layar utama *RTMC* sampai dengan saat ini. Metode pengambilan data yang bersifat *pooling* terpusat mengakibatkan adanya jeda waktu yang cukup signifikan antara waktu kritis di lapangan dengan keputusan yang dikeluarkan oleh *RTMC* atas status dari masing-masing stasiun monitoring. Pengolahan data di *RTMC* masih bersifat statis sehingga belum ada metoda penyampaian informasi ke pihak ketiga atau masyarakat yang bersifat otomatis. Hal ini disebabkan *software* yang diberikan oleh *supplier* sudah tidak dikembangkan lagi.

■ **Kelebihan Sistem**

- Sudah memiliki tampilan berbasis web untuk menyajikan data hasil pengukuran.
- Aman terhadap gangguan petir karena lokasi antena *GSM* berada di bangunan pelindung.

■ **Kekurangan Sistem**

- Sistem masih belum memiliki sistem pengamanan jarak jauh terhadap kasus pencurian, sehingga masih mengandalkan tenaga manusia untuk mengamankan stasiun monitoring.
- Metode pengambilan data yang bersifat *pooling* terpusat mengakibatkan adanya jeda waktu yang cukup signifikan antara waktu kritis di lapangan dengan keputusan yang dikeluarkan oleh *RTMC* atas status dari masing-masing stasiun monitoring.
- Pengolahan data di *RTMC* masih bersifat statis sehingga belum ada metoda penyampaian informasi ke pihak ketiga atau masyarakat yang bersifat otomatis. Hal ini disebabkan *software* yang diberikan oleh *supplier* sudah tidak dikembangkan lagi.
- Tingkat ketergantungan pihak *supplier* masih cukup tinggi.

3.3. Pengembangan dan Inovasi Sistem Peringatan Dini Banjir di Jakarta

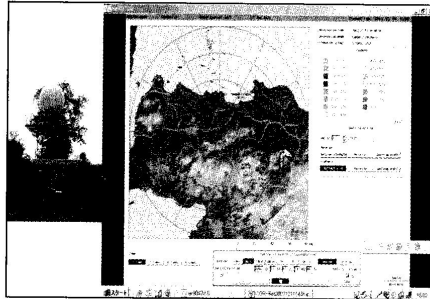
3.3.1. Sistem Peringatan Dini Banjir di Jakarta Berbasis Iklim dan Cuaca

Jumlah dan sebaran penakar hujan yang dimiliki oleh BMG, BBWSCC-Departemen PU, Pemprov. DKI Jakarta, Dept. Pertanian dan instansi lain sebenarnya sudah sangat mencukupi dalam monitoring hujan suatu wilayah. Mengingat sebaran hujan dan jumlah penakar hujan sudah memadai maka kebutuhan yang diperlukan dalam rangka peringatan dini banjir adalah perlunya koordinasi antar pengelola stasiun hujan dalam pemanfaatan data hujan, khususnya hujan otomatis untuk mengukur intensitas hujan. Dalam sistem peringatan dini banjir yang terdapat di BBWSCC Departemen PU, informasi hujan hanya dilakukan dari stasiun hujan BBWSCC Departemen PU saja. Selain itu sistem yang ada belum dikoneksikan dengan jaringan stasiun hujan BMG. Jika sistem peringatan dini banjir dilakukan keterpaduan dalam monitoring hujan secara *real time* dari jaringan stasiun hujan yang ada, baik milik BMG maupun BBWSCC Departemen PU, maka informasi yang diperoleh akan semakin akurat, baik dari aspek sebaran, magnitude maupun kecepatan informasinya.

Dalam jaringan stasiun hujan tersebut informasi yang diperoleh adalah informasi mengenai hujan pada saat kejadian. Informasi mengenai prediksi dari hujan yang akan terjadi belum dapat dilakukan. Berkaitan dengan hal tersebut, maka BPPT saat ini sedang mengembangkan peringatan dini banjir dengan mengaitkan cuaca global, regional dan lokal yang dirangkaikan (*couple*) dengan data hidrologi. Riset tersebut dikembangkan dengan istilah HARIMAU (*Hydrometeorological Array for ISV-Monsoon Automonitoring*). HARIMAU adalah proyek penelitian internasional mengenai *ISV (Intra seasonal variation)* dan *Monsoon* di wilayah ekuator Indonesia.

Dalam pemanfaatan radar, prinsip utama pemanfaatan radar untuk peringatan dini banjir adalah dikenalnya massa awan-awan potensial penyebab banjir yang akan memasuki daerah rawan banjir, misal daerah Jakarta dan sekitarnya. Radar tersebut mempunyai radius sekitar 300 km yang dapat mengetahui sebaran awan, volume awan, jumlah potensi uap air dari awan, prediksi intensitas dan tebal hujan, kecepatan angin, arah angin dan sebagainya. Selanjutnya karakteristik *real time*

mengenai potensi hujan tersebut dikombinasikan dengan model hidrologi untuk prediksi banjir sehingga peringatan dini menjadi lebih dini daripada sistem yang saat ini digunakan oleh BBWSCC. Dalam pengembangan teknologi tersebut, sistem tersebut akan menjadi optimal jika disinergikan dengan sistem peringatan dini banjir yang sudah dikembangkan oleh BBWSCC dan Dinas PU DKI Jakarta agar terdapat kesamaan desain dan perencanaan.



Gambar 6. Radar di Puspiptek Serpong yang dapat menangkap sebaran awan di atas wilayah Banten, Jakarta dan Jawa Barat untuk sistem peringatan dini banjir yang dikembangkan oleh BPPT (Syamsudin, 2008)

3.3.2. Sistem Peringatan Dini Banjir dengan SMS Online

Teknologi SMS yang merupakan prinsip utama sistem telemetri ini dipilih dengan alasan bahwa teknologi ini banyak memberikan keuntungan, baik secara teknis maupun non-teknis. Adapun alasan-alasan utama mengapa digunakan teknologi SMS ini antara lain mencakup :

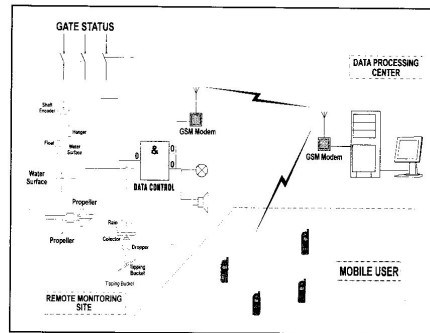
- Biaya operasional yang rendah
- Didukung oleh beberapa operator GSM/CDMA
- Availability 95%
- Akurat (Flexible Data Format : ASCII / PDU)
- Interoperabilitas tinggi *Flexible Integration*

Berikut adalah perbandingan antara sistem telemetri dengan menggunakan teknologi komunikasi data SMS dan sistem telemetri yang menggunakan teknologi komunikasi data lainnya.

- Teknologi komunikasi data konvensional :
 - Tidak ada jeda waktu (*uninterrupted*)

- Membutuhkan infrastruktur jaringan
- Sistem komunikasi SMS Online :
 - Memiliki jeda waktu
 - Tidak membutuhkan infrastruktur jaringan karena menggunakan jaringan GSM yang telah tersedia

Arsitektur sistem dapat dilihat bahwa komunikasi data dari lokasi pemantauan ke pusat pengolahan data murni dilakukan dengan perantara media SMS yang dikirim dan diterima oleh perangkat modem GSM. Di lokasi pemantauan, data kontrol terhubung dengan satu atau beberapa sensor. Pengaturan waktu pengambilan data sepenuhnya dilakukan oleh data kontrol. Demikian juga pengaturan kapan data kontrol harus mengirimkan data ke pusat pengolahan data.

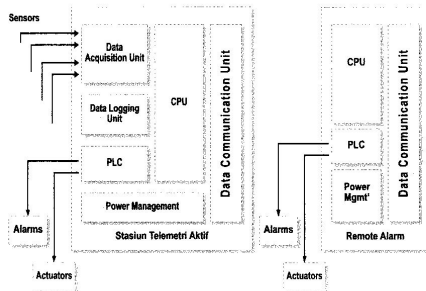


Gambar 7. Arsitektur komunikasi data via jaringan GSM

Apabila data kontrol mengirimkan data ke pusat pengolahan data, terjadi komunikasi dua arah, dimana software aplikasi akan memberikan konfirmasi bahwa data sudah diterima dengan baik. Apabila hal ini terjadi, maka data yang tadinya tersimpan di data logger dapat dihapus dengan tujuan untuk mengembalikan kapasitas memori penyimpanan data. Apabila terjadi gangguan komunikasi yang mengakibatkan data tidak diterima oleh komputer pusat pengolahan data, maka data kontrol akan mengirimkan lagi data yang sama. Hal ini akan dilakukan terus sampai data kontrol mendapat konfirmasi bahwa data sudah diterima di pusat pengolahan data dengan baik.

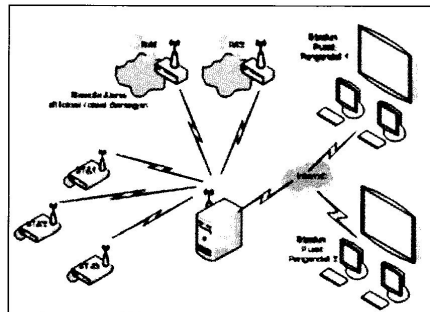
Kegiatan perancangan sistem *online monitoring* terdiri dari beberapa kegiatan perancangan komponen

online monitoring itu sendiri. Sistem *online monitoring* memiliki beberapa komponen sub-sistem di dalamnya.



Gambar 8. Elemen-elemen yang mendukung stasiun telemetri aktif dan sistem *online monitoring*

Ditempatkan di kantor-kantor pengamatan (Dinas PU DKI Jakarta, BBWSCC Departemen PU, SATKORLAK, Pusat Krisis, dsb). Dimana setiap stasiun pusat pengendali ini terhubung ke *server* layanan pusat melalui jalur intranet. Setiap stasiun pusat pengendali memperoleh data-data dari stasiun telemetri yang sama melalui *server* layanan pusat, namun masing-masing stasiun pusat pengendali dapat melakukan pengolahan data secara terpisah, hal ini terkait dengan prinsip-prinsip efisiensi, *one gate information*, integrasi dan koordinasi. Secara sederhana konfigurasi dari komponen-komponen sistem tersebut diatas dapat digambarkan melalui bagan arsitektur sistem sebagai berikut :



Gambar 9. Arsitektur sistem peringatan dini banjir berbasis teknologi *SMS*

3.4. Sistem Peringatan Dini Banjir Pada Lokasi Rawan Banjir di Sungai Ciliwung

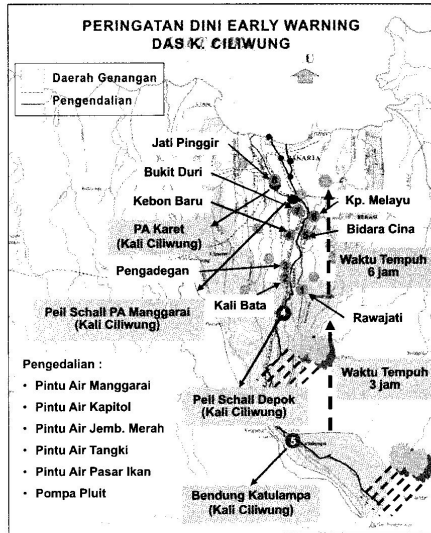
Instrumen stasiun telemetri aktif dengan pengukur ketinggian muka air otomatis (AWLR) dari BBWSCC-Dept. PU dan Dinas PU DKI Jakarta pada Sungai Ciliwung terletak di Katulampa, Depok, Sugu Tamu, MT Haryono dan Manggarai. Pada lokasi Katulampa dan Depok, BBWSCC dan Dinas PU DKI Jakarta sama-sama mempunyai stasiun pengukur ketinggian muka air otomatis pada lokasi yang bersebelahan.

Daerah rawan genangan yang berada di sekitar Sungai Ciliwung sudah dipetakan. Banjir Jakarta yang diakibatkan oleh meluapnya Sungai Ciliwung yang disebabkan oleh meluapnya Sungai Ciliwung akibat curah hujan yang sangat tinggi di daerah Puncak dan sekitarnya, akan menyebabkan daerah rawan genangan di Rawajati, Kalibata, Pengadegan, Kebon Baru, Bidara Cina, Kp. Melayu, Bukit Duri Jati Pinggir bisa terjadi banjir. Pada daerah tersebut sudah tersedia pintu air untuk pengendali banjir, yaitu : Pintu Air Manggarai, Pintu Air Kapitol, Pintu Air Jemb. Merah, Pintu Air Tangki, Pintu Air Pasar Ikan, Pompa Pluit (Tabel 1).

Tabel 1. Wilayah potensi genangan dan pintu air di sepanjang Sungai Ciliwung

Wilayah Potensi Genangan	Pintu Air
Rawajati, Kalibata, Pengadegan, Kebon Baru, Bidara Cina, Kampung Melayu, Bukit Duri, Jati Pinggir	Pintu Air Manggarai, Pintu Air Kapitol, Pintu Air Jemb. Merah, Pintu Air Tangki, Pintu Air Pasar Ikan, Pompa Pluit

Sesuai dengan prosedur tetap penanganan banjir di DKI Jakarta, tingkat kegawatan dan penanggung jawab banjir di Provinsi DKI Jakarta adalah : Siaga I (Gubernur DKI Jakarta), Siaga II (Komandan Umum/Kepala Dinas PU Prov. DKI Jakarta), Siaga III (Komandan Operasional/ Kasubdin PSDA dan Pantai Prov. DKI Jakarta), Siaga IV (Mantri Pintu Air/Petugas Rumah Pompa). Tingkat kegawatan berdasarkan ketinggian muka air sungai sebagai penyebab banjir di DKI Jakarta untuk stasiun Katulampa, Depok dan Manggarai bisa dilihat pada Tabel 2.



Gambar 10. Lokasi potensi genangan dan pemantauan di sepanjang Sungai Ciliwung yang dilengkapi dengan perangkat pengukur ketinggian permukaan air (AWLR)

Tabel 2. Tingkat kegawatan banjir di PPA Katulampa, Depok dan Manggarai

Tingkat \ PPA	Katu-lampa (cm)	Depok (cm)	Mang-garai (cm)
Siaga I	> 310	> 350	> 950
Siaga II	240-310	270-350	850-950
Siaga III	170-240	200-270	750-850
Siaga IV	s/d 170	s/d 200	s/d 750

Tugas petugas Pos Pengamatan Air adalah ketika kondisi muka air menunjukkan mulai siaga II, harus segera memberikan informasi secepatnya pada Ka. Seksi Pemeliharaan dan Pemeliharaan Air atau Kasubdin PSDA dan Pantai dan warga yang akan terkena dampak banjir. Pada kondisi siaga II, yaitu pada kondisi pos pengamatan Katulampa (240-310 cm), Depok (270-350 cm) dan Manggarai (850-950 PP), maka daerah yang perlu diwaspadai dan tindakan keputusan pengendalian banjir meliputi daerah Pangadegan, Gang Arus, Rawajati-Kalibata, Bukit Duri, Kebon Baru, Bidara Cina, Kampung Melayu,

Matraman Dalam, Kali Pasir, Kwitang, Gunung Sahari, Karang Anyar, Mangga Dua, Pinangsia, Mangga Besar, Merdeka Timur, Kwini, Krekot Bunder, Karet Pasar Baru, Gatot Subroto, Senen dan Sawah Besar.

Pada kondisi siaga III, yaitu pada saat kondisi pos pengamatan Katulampa (170-240 cm), Depok (200-270 cm) dan Manggarai (750-850 cm), maka daerah yang perlu diwaspadai dan tindakan keputusan pengendalian banjir meliputi daerah Pangadegan, Gang Arus, Rawajati, Kalibata, Kebon Baru, Bidara Cina, Kampung Melayu, Matraman Dalam dan lain-lain sepanjang aliran Sungai Ciliwung dan banjir Kanal.

Pada lokasi-lokasi potensi genangan dan pintu air pengendali banjir, instrumen telemetri khususnya AWLR sangat diperlukan di daerah tersebut yang nantinya sangat membantu dalam peringatan dini langsung ke masyarakat. Sistem telemetri maupun SMS *online* sangat diperlukan pada lokasi-lokasi tersebut. Sistem telemetri bisa dilengkapi dengan sirine/alarm yang langsung dikontrol berdasarkan ketinggian muka air pada posisi tertentu dan sistem bisa membunyikan sirine yang digerakkan oleh aktuator, atau sirine dibunyikan secara manual oleh petugas setelah mendapatkan data-data yang akurat mengenai peringatan dini banjir. Demikian pula SMS *online* bisa dikirimkan secara langsung dari instrumen yang sudah diatur sedemikian rupa, sehingga pada ketinggian muka air tertentu stasiun bisa secara otomatis mengirimkan data SMS kepada *stake holder* maupun tokoh masyarakat untuk mengambil tindakan seperlunya dalam menyelamatkan warga dan harta terhadap kemungkinan bencana banjir.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan di atas bisa disimpulkan dan disarankan sebagai berikut :

- Banjir di Jakarta merupakan masalah yang sudah ada sejak jaman dulu dan dalam perkembangannya banjir tersebut justru semakin besar, baik intensitas, frekuensi maupun distribusinya dengan penyebab bukan hanya faktor alam, tetapi faktor sosial, ekonomi serta budaya sangat mempengaruhi.
- Sungai Ciliwung mempunyai peranan sangat besar terhadap kontribusi banjir di DKI Jakarta. Daerah rawan genangan yang berada di sekitar Sungai Ciliwung sudah dipetakan. Banjir Jakarta yang diakibatkan oleh meluapnya Sungai

Ciliwung akibat curah hujan yang sangat tinggi di daerah Puncak dan sekitarnya, akan menyebabkan daerah rawan genangan di Rawajati, Kalibata, Pengadegan, Kebon Baru, Bidara Cina, Kp. Melayu, Bukit Duri Jati Pinggir bisa terjadi banjir.

- Sistem peringatan dini banjir yang ada di Jakarta dilakukan oleh 2 (dua) institusi, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (BBWSCC)-Dept. PU dan Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Provinsi DKI Jakarta, dengan cara manual dan otomatis (*Automatic Rainfall Station/ARR* dan *Automatic Water Level Station/AWLR*).
- Mengingat sebaran hujan dan jumlah penakar hujan sudah memadai maka kebutuhan yang diperlukan dalam rangka peringatan dini banjir adalah perlunya koordinasi antar pengelola stasiun hujan dalam pemanfaatan data hujan, khususnya hujan otomatis untuk mengukur intensitas hujan (Dept. PU, BMG, Dept. Pertanian, Pemprov DKI Jakarta, dan sebagainya).
- Diperlukan sistem peringatan yang sangat sangat dini untuk banjir, seperti prediksi awan yang berpotensi hujan (volume, penyebaran, lokasi, arah angin, dan sebagainya) yang telah dikembangkan oleh BPPT dengan HARIMAU (*Hydrometeorological Array for ISV-Monsoon Automonitoring*).
- Teknologi SMS untuk sistem peringatan dini banjir di Jakarta sangat penting untuk dikembangkan dengan alasan bahwa teknologi ini banyak memberikan keuntungan, baik secara teknis maupun non-teknis, seperti : biaya operasional yang rendah, didukung oleh beberapa operator GSM/CDMA, *availability* 95%, akurat (Flexible Data Format : ASCII / PDU), serta interoperabilitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pekerjaan Umum, Provinsi DKI Jakarta, 2008, *Pedoman Siaga Banjir Provinsi DKI Jakarta Tahun 2007/2008*
- Fakhrurrazi, 2008, *Penanganan Bencana Banjir di DKI Jakarta*, Bahan Presentasi pada Forum Group Discussion Permasalahan, Penanganan dan Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta, tidak diterbitkan
- Naryanto, H.S., Nugroho, S.P., Taufik, M., Budiman, B., Kurniawan, L. & Prawiradisastra, P., 2008, *Teknologi Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta*, Bahan Presentasi pada Forum Group Discussion Permasalahan, Penanganan dan Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta, tidak diterbitkan
- Ristek, 2008, *Pengembangan dan Inovasi Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta*, laporan, tidak diterbitkan
- Satkorlak PB Provinsi DKI Jakarta, 2002, *Struktur Organisasi dan Prosedur Tetap Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi Propinsi DKI Jakarta*
- Subandrio, P., 2008, *Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta*, Bahan Presentasi pada Forum Group Discussion Permasalahan, Penanganan dan Sistem Peringatan Dini Banjir di DKI Jakarta, tidak diterbitkan
- Syamsudin, F., 2008, *Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Iklim dan Cuaca*, Workshop/Forum Group Discussion Teknologi Sistem Peringatan Dini Banjir, 17 Juli 2008, KNRT, Jakarta

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bpk. Bayu Budiman, Bpk. M. Taufik dan Bpk. Lilik K. atas diskusi dan segala masukannya dalam memperkaya isi dari tulisan ini.