

SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR JAKARTA

JAKARTA-FLOOD EARLY WARNING SYSTEM (J-FEWS)

Segel Ginting¹⁾; William M. Putuhena²⁾

^{1,2)}Pusat Penelitian dan Pengembangan SumberDaya Air
Jl Ir. H. Juanda No. 193, Bandung
email: hendrycus2000@yahoo.com

Diterima: 20 Januari 2014 ; Disetujui: 28 April 2014

ABSTRAK

Indonesia seringkali mengalami bencana alam, pada tahun 2008 Indonesia termasuk dalam 10 besar negara di dunia yang selalu mengalami bencana. Bencana terbesar yang terjadi adalah bencana hidrologi yang berhubungan dengan banjir, yaitu sekitar 34 %. Ini mengindikasikan bahwa kejadian banjir perlu ditangani secara saksama oleh berbagai pihak. Pendekatan yang digunakan adalah secara nonstruktur dengan mengembangkan sistem peringatan dini banjir, menggunakan pendekatan pemodelan hidrologi dan hidraulik untuk menentukan karakteristik aliran banjir. Input yang dipakai dalam model menggunakan beberapa sumber data, seperti data pengamatan lapangan dengan sistem pengiriman data secara telemetri, data radar, satelit, dan data prakiraan hujan dari berbagai Numerical Weather Prediction (NWP), serta prakiraan muka air laut dengan menggunakan Astronomical Tide dan South China Sea Model. Penggunaan beberapa sumber data dimaksudkan untuk memperpanjang lead time yang dihasilkan oleh model. Sistem peringatan dini banjir Jakarta (J-FEWS) telah dioperasikan secara perdana untuk kejadian banjir pada akhir tahun 2012 dan awal tahun 2013. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik meskipun hasil prakiraan masih memerlukan perbaikan, terutama data curah hujan yang digunakan (baik data pengamatan maupun data prakiraan). Penggunaan hujan prakiraan dapat menghasilkan lead time yang lebih panjang, tetapi akurasi prakiraan model menjadi berkurang.

Kata kunci: Banjir, peringatan dini, numerical weather prediction, prakiraan muka air laut.

ABSTRACT

Indonesia has experienced natural disasters. In 2008 Indonesia was reported among the top 10 countries in the world with disaster threats. The biggest disaster occurred was related to hydrological disasters. The disaster type is flooding, that is about 34 %. It indicates that the incidence of flooding needs to be solved carefully by the various stakeholders. The applied approach is non-structural measures by developing a flood early warning system, using hydrologic and hydraulic modeling approaches to determine the characteristics of the flow. Inputs used in the model applies multiple sources of data, such as, observation data with telemetry system, radar data, satellite data, Numerical Weather Prediction (NWP) data, as well as sea level predictions using the Astronomical Tide and South China Sea Model. The use of multiple data sources are intended to extend the lead time generated by the model. Jakarta flood early warning system (J - FEWS) has operated in the prime of flood events in late 2012 and early 2013. The results reveal that the system has been running well though its prediction results still require improvements, especially used rainfall data (either observation or prediction data). The use rainfall prediction can produce longer lead time, however, the accuracy of the model prediction decreases.

Keywords: Flood, warning system, flood modelling, , numerical weather prediction, tidal prediction

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak sungai sehingga diperlukan pengelolaan sumber daya air yang terpadu. Pengelolaan tersebut diharapkan dapat mengurangi daya rusak air di masyarakat. Salah satu daya rusak air adalah bencana banjir.

Fenomena bencana banjir seringkali melanda wilayah Indonesia. Berdasarkan laporan yang disampaikan Rodriguez, *etal.* (2009) menyatakan bahwa, pada tahun 2008 Indonesia termasuk dalam 10 besar negara di dunia yang selalu mengalami bencana alam. Negara dalam urutan tiga besar pertama di tempati oleh China, Amerika Serikat dan Filipina, dan setelah itu ditempati oleh Indonesia. Jenis bencana terbesar yang terjadi di Indonesia pada tahun 2008 tersebut, adalah bencana hidrologi yang berhubungan dengan banjir dan bencana *geophysical*, yang berhubungan dengan gempa bumi. Sementara berdasarkan data yang dikeluarkan dari *Center for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) tahun 2010, diperoleh data kejadian bencana di Negara Indonesia mulai tahun 1900 sampai dengan 2010. Hasil analisis dari data tersebut menunjukkan bahwa bencana banjir yang terjadi di Negara Indonesia merupakan jenis bencana yang paling sering terjadi, yaitu sekitar 34 % dari seluruh kejadian bencana di Indonesia (Gambar 1). Hal ini mengindikasikan, bahwa kejadian banjir perlu ditangani secara seksama oleh pemerintah dan para pemangku kepentingan serta masyarakat yang terkena dampak.

Jakarta sejak bernama Sunda Kelapa sampai saat ini terus dilanda banjir pada saat musim hujan. Kejadian banjir yang telah dilaporkan tercatat mulai dari tahun 1699 dan terus sampai sekarang. Banjir yang terjadi di Jakarta disebabkan karena hujannya yang tinggi, drainase yang buruk dan kondisi topografi yang tidak mendukung. Secara geografis, Jakarta terletak di dataran rendah dan tempat bermuaranya 13 sungai. Fakta lain, hampir

40 persen dari luas wilayah Jakarta ini merupakan daerah rawan banjir (Deltares, *etal.*2011). Bahkan beberapa lokasi yang berada dekat daerah pantai, menunjukkan elevasi muka tanah lebih rendah dibandingkan tinggi muka air laut pada waktu pasang maksimum.

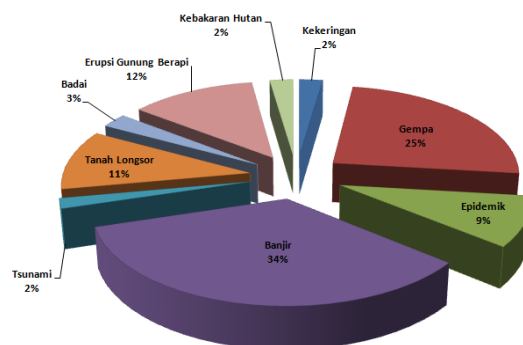
Banyak sungai yang melalui Jakarta, sehingga di satu sisi sangat menguntungkan, jika pengelolaan sumber daya air dilakukan dengan baik, karena ketersediaan air terutama pada musim kemarau tidak akan mengalami banyak masalah. Namun sebaliknya, jika pengelolaannya kurang baik maka mengalirnya belasan sungai di wilayah Jakarta sangat potensial menghadirkan bencana banjir, pada musim hujan. Upaya untuk mengantisipasi datangnya banjir telah banyak dilakukan, namun belum memberikan hasil yang maksimal. Oleh karena itu perlu disadari, bahwa sistem peringatan dini banjir perlu dibangun agar dapat dipergunakan sebagai perangkat untuk prakiraan banjir secara terpadu dan meminimalkan dampak atau resiko yang terjadi di masyarakat.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Sistem Peringatan Dini Banjir

Meminimalkan kerugian yang disebabkan oleh banjir merupakan tujuan dari dibangunnya sistem peringatan dini banjir. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa kemajuan bidang ilmu terkait sehingga memungkinkan dapat memprakirakan besarnya banjir yang mungkin terjadi beberapa hari kedepan serta daerah genangannya. Teknologi tersebut adalah *Flood Early Warning System* (FEWS) dengan memanfaatkan berbagai input data secara *real time* maupun data prakiraan beberapa hari kedepan.

Untuk melakukan peringatan dini banjir (*flood early warning*) terdapat beberapa tahapan untuk dapat tercapainya hasil secara efektif. Tahapan-tahapan tersebut: (Werner and Kwadijk, 2005).



Gambar 1 Kejadian Bencana di Indonesia dari tahun 1900 s/d 2010

Detection, tahapan ini, data tepat waktu (*real time*) di monitor dan di proses untuk mendapatkan informasi tentang banjir yang mungkin terjadi. Informasi tersebut selanjutnya diteruskan untuk melakukan peringatan (*warning*) tanpa melalui *forecasting*. Pada tahapan ini diperlukan juga filter terhadap data yang ada karena data yang diperoleh dari lapangan belum tentu memiliki kualitas yang baik.

Forecasting, tahapan ini dilakukan prakiraan terhadap curah hujan, tinggi muka air atau debit aliran banjir serta waktu datangnya banjir tersebut. Dengan diketahuinya kejadian banjir tersebut maka dapat diteruskan untuk melakukan peringatan (*warning*).

Warning dan dissemination, tahapan ini merupakan faktor kunci sukses dalam sistem peringatan dini banjir (*flood early warning*). Tahapan ini menggunakan informasi yang diperoleh dari tahapan *detection* ataupun *forecasting*. Pihak yang bertanggung jawab menyebarluaskan informasi tersebut untuk dapat meminimalisasi resiko yang ditimbulkannya.

Response, tanggap terhadap isu peringatan banjir, dan hal ini merupakan yang sangat penting untuk tercapainya tujuan pelaksanaan peringatan dini banjir. Jika tujuan dari peringatan dini banjir adalah untuk mengurangi kerugian materil maupun non materil, maka diperlukan personil yang tanggap secara cepat dan tepat dalam melakukan evakuasi apabila banjir benar-benar terjadi. Tahapan-tahapan tersebut dapat diilustrasikan melalui diagram seperti dapat dilihat pada Gambar 2.

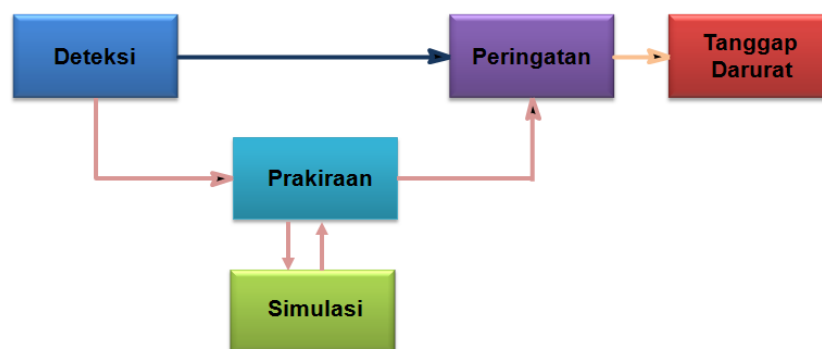
Pada tahapan *detection* perlu mempertimbangkan berbagai kemungkinan data yang dapat digunakan untuk melakukan prakiraan banjir. Untuk pengembangan Jakarta FEWS (J-FEWS) berbagai data digunakan seperti: *Australian Community Climate and Earth-System Simulator* dengan domain wilayah Australia (ACCESS-A), merupakan prakiraan curah hujan 2 hari kedepan, *The European Centre for Medium-Range Weather*

Forecasts (ECMWF) merupakan prakiraan hujan selama 10 hari kedepan, *Cubic Conformal Atmospheric Model* (CCAM) merupakan prakiraan hujan 3 hari kedepan, *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) merupakan data *satellite monitoring real time*, data Radar, dan data pengamatan dari *ground station* yang dilengkapi dengan sistem pengiriman data tepat waktu atau telemetri. Penggunaan dari berbagai data tersebut diperuntukkan bagi perpanjangan waktu dalam melakukan evakuasi atau untuk perpanjangan *lead time*-nya seperti pada Gambar 3.

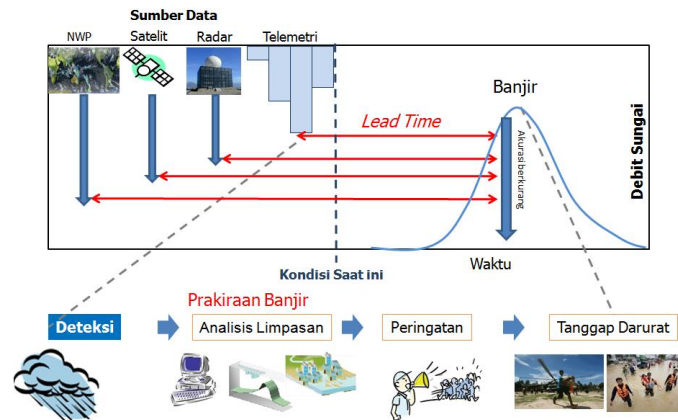
Konsep Dasar Delft-FEWS

Toolbox Delft-FEWS mempunyai kemampuan untuk mengelola dan menggabungkan data hidrologi dan hidroklimatologi (hujan, iklim dll). Data tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber (satelit, radar, pos hidrologi yang dilengkapi sistem telemetri, informasi, prakiraan hujan yg tersedia di *website*) dengan berbagai format data. Umumnya, aplikasi Delft-FEWS masih dalam bidang sumber daya air, maka data yang sering di *upload* untuk Delft-FEWS berhubungan dengan sumber daya air. Namun kedepannya, tidak menutup peluang adanya aplikasi Delft-FEWS untuk bidang lainnya, sehingga memiliki variasi data yang dapat di *upload* semakin luas.

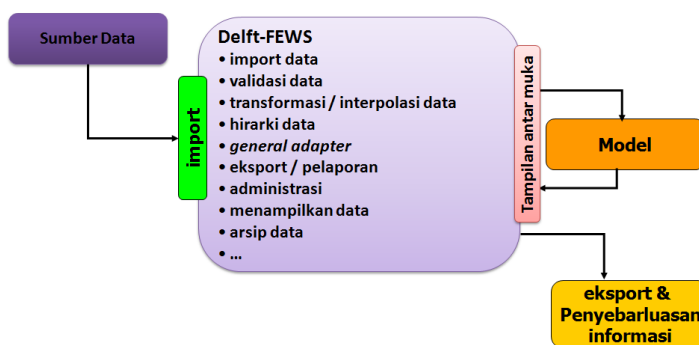
Aplikasi Delft-FEWS untuk prakiraan banjir di Jakarta, memerlukan data dengan format yang diinginkan untuk input berbagai model simulasi (*hydrologic* dan atau *hydrodynamic* model serta model simulasi lain) prakiraan banjir dengan konfigurasi sepenuhnya tergantung pengguna (Gambar 4). Data masukan yang berasal dari berbagai bentuk input dan format di import oleh Delft-FEWS untuk divalidasi, ditransformasi, diarsipkan, dan lain-lain. Selanjutnya dengan menggunakan *published interface*, data disiapkan untuk menjadi masukan model spesifik yang akan digunakan seperti SOBEK, HEC-HMS, Delwaq, HEC-RAS, Delft 3D, Ribasim, Sacramento, SSARR, dan lain sebagainya. Sistem ini dapat berjalan secara *on line*, otomatis dan berkesinambungan.



Gambar 2 Konsep Flood Early Warning System (FEWS)



Gambar 3 Ilustrasi Pemanfaat dan Berbagai Jenis Data terhadap *Lead Time*



Gambar 4 Konsep *Toolbox Delft-FEWS* (Deltares, 2009)

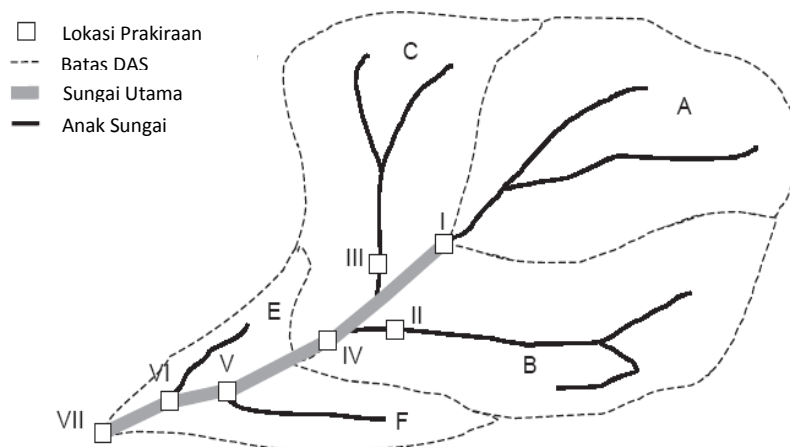
Klasifikasi Sistem Prakiraan Banjir

Klasifikasi sistem prakiraan banjir secara sederhana berdasarkan pada waktu jeda (*lead time*) antara kejadian hujan dengan waktu terjadinya banjir (T_d). Waktu jeda ini terjadi karena adanya proses siklus hidrologi yang terjadi di DAS. Proses ini terkait dengan proses terjadinya limpasan yang terjadi yang diakibatkan oleh hujan pada lahan dan diteruskan dengan penelusuran aliran di sungai. Akumulasi aliran dari setiap lahan akan menyebabkan terjadinya peningkatan aliran di sungai. Lamanya proses ini, secara hidrologi sering disebut sebagai waktu menuju ke puncak banjir (T_p). Waktu jeda (*lead time*) merupakan waktu yang diperlukan secara efektif untuk dapat melakukan dua hal yaitu waktu untuk melakukan peringatan (*warning*) dan waktu untuk melakukan tanggap darurat (*response*).

Lamanya proses hidrologi dimana hujan menjadi limpasan, dapat dibagi lagi menjadi lamanya waktu yang diperlukan air mengalir melalui sungai (T_c) dan lamanya waktu yang dibutuhkan air mengalir dari lahan ke sungai (T_s). Pembagian antara lahan dan sungai mungkin agak subjektif, tetapi umumnya, sungai dianggap sistem, sedangkan respon dari lahan adalah respon dari (sub) DAS sebelum air mengalir ke dalam sistem sungai utama.

Berdasarkan lamanya proses terjadinya limpasan pada suatu DAS, maka dapat menentukan empat kondisi yaitu (Werner and Kwadijk, 2005):

- 1 $T_d < T_c$ atau $T_s \ll T_c$. Waktu jeda yang diharapkan sedemikian rupa sehingga peringatan yang akan diinformasikan dilakukan berdasarkan air yang sudah ada dalam saluran sungai utama; atau perbandingan waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari lahan ke dalam sungai kecil terhadap waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui sungai utama. Kondisi ini mungkin terjadi untuk prakiraan titik VII pada Gambar 5, dengan asumsi bahwa DAS E dan F hanya sedikit berpengaruh terhadap kejadian banjir.
- 2 $T_d < T_p$ dan $T_c \approx T_s$. Waktu jeda yang diharapkan sedemikian rupa sehingga peringatan yang akan diinformasikan dilakukan berdasarkan air yang masih ada pada lahan, dan waktu tanggap ditentukan oleh waktu yang diperlukan untuk mengalir dari lahan dan waktu yang diperlukan untuk mengalir melalui sungai utama. Kondisi ini mungkin terjadi pada titik prakiraan titik IV Gambar 5.



Gambar 5 Skematisasi pembagian (sub) DAS.

- 3 $T_d < T_p$ dan $T_s \gg T_c$. Waktu jeda yang diharapkan adalah sedemikian rupa sehingga peringatan yang akan diinformasikan dilakukan berdasarkan air yang masih ada pada lahan, dan waktu tanggap terutama ditentukan oleh waktu yang diperlukan untuk mengalir dari lahan ke dalam saluran sungai. Kondisi ini mungkin terjadi pada titik prakiraan titik I Gambar 5.
- 4 $T_d > T_p$. Waktu jeda yang diharapkan sedemikian rupa sehingga peringatan yang akan diinformasikan dilakukan berdasarkan air yang belum jatuh sebagai hujan. Untuk kondisi ini prakiraan cuaca diperlukan juga untuk prakiraan tepat pada waktunya.

Kondisi pada butir 1 sampai 3 secara khusus digunakan untuk prakiraan jangka pendek daerah sungai yang sedang dan besar. Kondisi 4 secara khusus digunakan untuk prakiraan jangka menengah atau jangka panjang untuk daerah sungai besar atau prakiraan daerah sungai kecil.

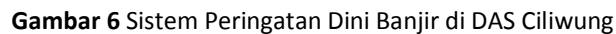
Sistim Peringatan Dini Banjir Jakarta

Sistem peringatan dini banjir yang terdapat di Jakarta saat ini khususnya untuk DAS Ciliwung dan sungai-sungai yang melintasi Jakarta telah terbentuk. Sistem ini saat ini dikelola oleh BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) Ciliwung-Cisadane dan Dinas PU DKI Jakarta. Konsep sistem peringatan dini banjir yang ada saat ini hanya mengandalkan muka air Katulampa dan beberapa muka air yang ada di hilirnya. Dengan diketahuinya muka air tersebut, maka dalam beberapa jam kemudian akan dapat memperkirakan kejadian

banjir di Jakarta. Lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan *routing* dari satu titik pemantauan dengan titik-titik lain di hilirnya dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6 tersebut merupakan dasar bagi instansi terkait untuk melakukan peringatan dini banjir kepada warga.

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa pemantauan muka air yang terdapat di Katulampa (Sta. Katulampa) merupakan pos monitoring yang signifikan dalam memberikan informasi kondisi muka air di hulu, untuk diinformasikan ke pos pemantauan muka air di hilir seperti di Depok (Sta. Depok-Jemb. Panus), di MT Haryono (Sta. MT Haryono) dan di Pintu Air Manggarai (PA Manggarai). Waktu penelusuran banjir (T_f) dari Sta. Katulampa ke Sta. Depok diperkirakan sekitar 3-4 jam, dari Sta. Depok ke Sta. MT Haryono diperkirakan 8 jam dan dari Sta. MT Haryono ke PA Manggarai sekitar 2 jam. Jadi waktu penelusuran banjir dari Sta. Katulampa sampai ke Pintu Air Manggarai berkisar antara 13-14 jam.

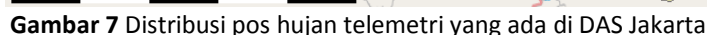
Sistem peringatan dini banjir yang telah dijelaskan sebelumnya menggunakan muka air di Katulampa sebagai dasar untuk memberikan peringatan kepada masyarakat. Dengan sistem ini, maka akan diketahui beberapa jam kemudian air dari hulu sampai di Jakarta. Sistem yang telah dibangun tersebut, jika diintegrasikan dengan konsep umum FEWS seperti terlihat pada Gambar 2, maka hanya merupakan sebagian dari sistem yang telah dibangun. Dalam tulisan ini, akan ditambahkan bagaimana konsep FEWS yang telah dikembangkan tanpa menghilangkan yang sudah dibangun. (*stakeholder*) dalam memberikan keputusan yang bermanfaat bagi masyarakat.



Instalasi Instrumentasi di Lapangan

menutup kemungkinan dari berbagai instansi lainnya yang konsern terhadap banjir. Banyaknya pos hujan telemetri untuk memantau kondisi hujan dapat dilihat pada Gambar 7.

Sistem peringatan dini bencana banjir yang lengkap dan efektif pada dasarnya mencakup empat hal, yaitu pengetahuan akan resiko bencana yang dihadapi oleh masyarakat; pelayanan peringatan melalui kegiatan monitoring yang melibatkan berbagai pihak; diseminasi peringatan-peringatan yang mudah dimengerti oleh masyarakat yang menghadapi bencana; dan kemampuan merespon dan bertindak cepat saat terjadinya bencana (Subijanto,2006).



Pengembangan J-FEWS untuk prakiraan banjir dan peringatan dini di Jakarta, menggunakan berbagai sumber data sebagai input untuk proses perhitungan hidrodinamik sungai.

Data Masukan (*Data Feed*)

Data yang digunakan sebagai input untuk J-FEWS dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori seperti terlihat pada Gambar 8. Penjelasan singkat terhadap Gambar 8 adalah sebagai berikut:

a) *Data Real Time*

Data tepat waktu adalah data yang termonitoring pada saat ini, digunakan untuk memodelkan suatu kondisi dan hasilnya pada saat yang sama, dibandingkan dengan kondisi di lapangan pada beberapa titik yang dijadikan acuan.

Data real time yang digunakan dalam J-FEWS bersumber dari: satellite, radar, dan *ground stations*. Data yang diperoleh dari satellite yaitu *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), Radar dari BPPT, dan *ground stations* diperoleh dari berbagai instansi seperti *Automatic Weather Station* (AWS) dari BMKG, Pos Hujan dan Pos Duga Air yang dilengkapi dengan sistem pengiriman data tepat waktu (telemetry) dari Kementerian PU dan Dinas PU-DKI.

b) *Data Forecasting*

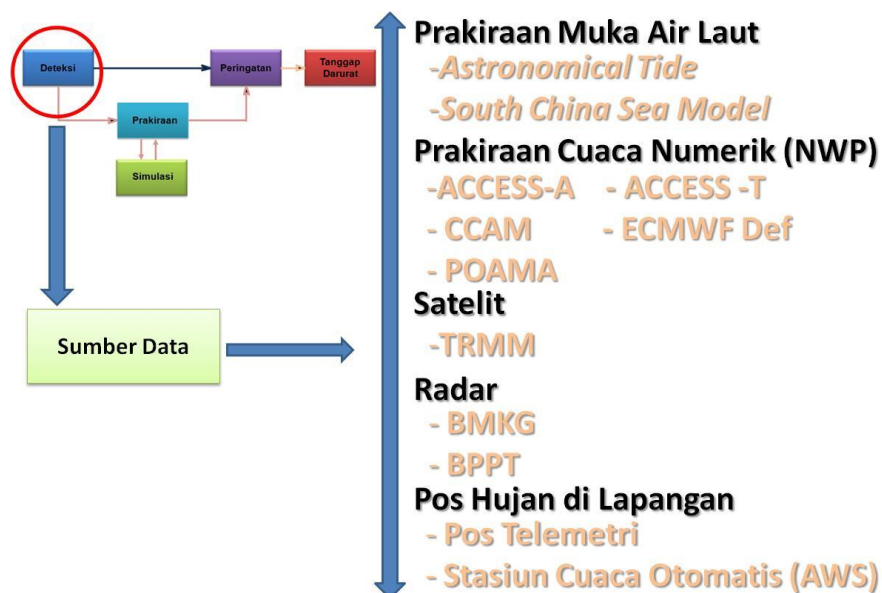
Data Forecasting (prakiraan) adalah data hidro-klimatologi yang diperoleh dari prakiraan global dengan menggunakan *Numerical Weather Prediction* untuk memodelkan gambaran kondisi iklim pada masa mendatang. Hasil dari berbagai keluaran

model tersebut menggunakan ukuran grid yang bervariasi seperti terlihat pada Gambar 9.

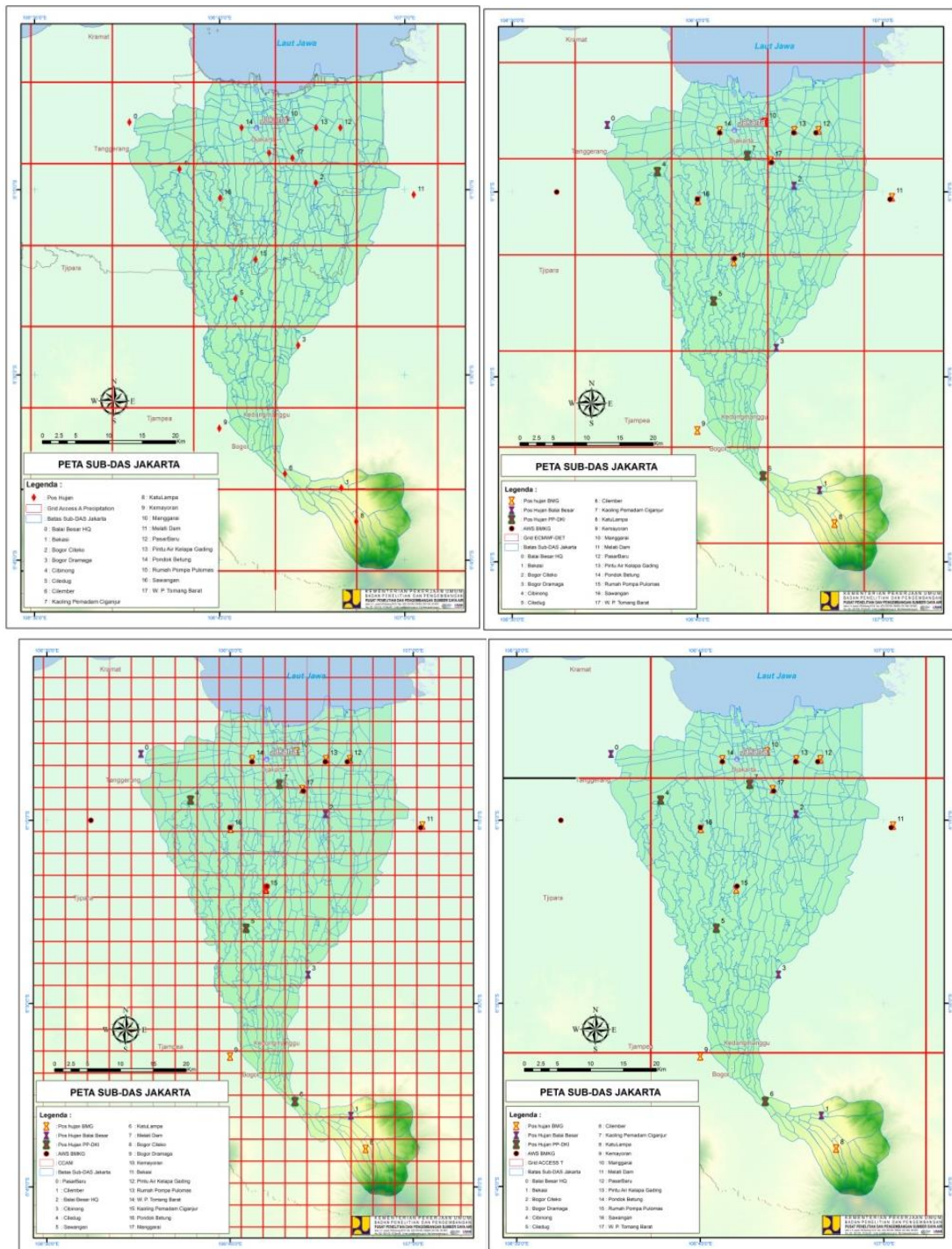
Adapun data prakiraan yang digunakan dalam J-FEWS adalah prakiraan data hujan yang dikembangkan oleh Australia yaitu Access-A (Australia) dengan ukuran grid sekitar 12 km, Access-T (*Tropical*) dengan ukuran grid 37,5 km, ECMWF oleh Eropa dengan ukuran grid sekitar 13 km, dan aplikasi C-CAM yang dikembangkan oleh BMKG dengan ukuran grid 3 km dan hanya terbatas pada wilayah Jakarta dan sekitarnya. Sementara untuk data prakiraan tinggi muka air laut menggunakan hasil *Astronomical Tide Model* dan *South China Sea Model*.

Sistem Prakiraan Banjir Jakarta

Untuk dapat melakukan prakiraan banjir, maka terlebih dahulu dibangun model hidrologi dan hidraulik di sungai yang masuk ke Jakarta. Model yang digunakan dan output yang dihasilkan diharapkan dapat melakukan prakiraan banjir seperti terlihat pada Gambar 10. Dalam membangun model tersebut, berbagai infrastruktur ke-air-an yang terdapat di sungai diikutsertakan dalam model sehingga diharapkan dapat lebih menyerupai kondisi sebenarnya. Model hidrologi berperan dalam melakukan simulasi hujan menjadi limpasan, dan limpasan tersebut akan dirambatkan secara hidraulik untuk mengetahui muka air yang terjadi di sungai dan genangannya (Putuhena dan Ginting, 2013). J-FEWS mengintegrasikan berbagai model yang sudah dikonfigurasi dalam *Toolbox Delft-FEWS*. Model-model tersebut adalah:

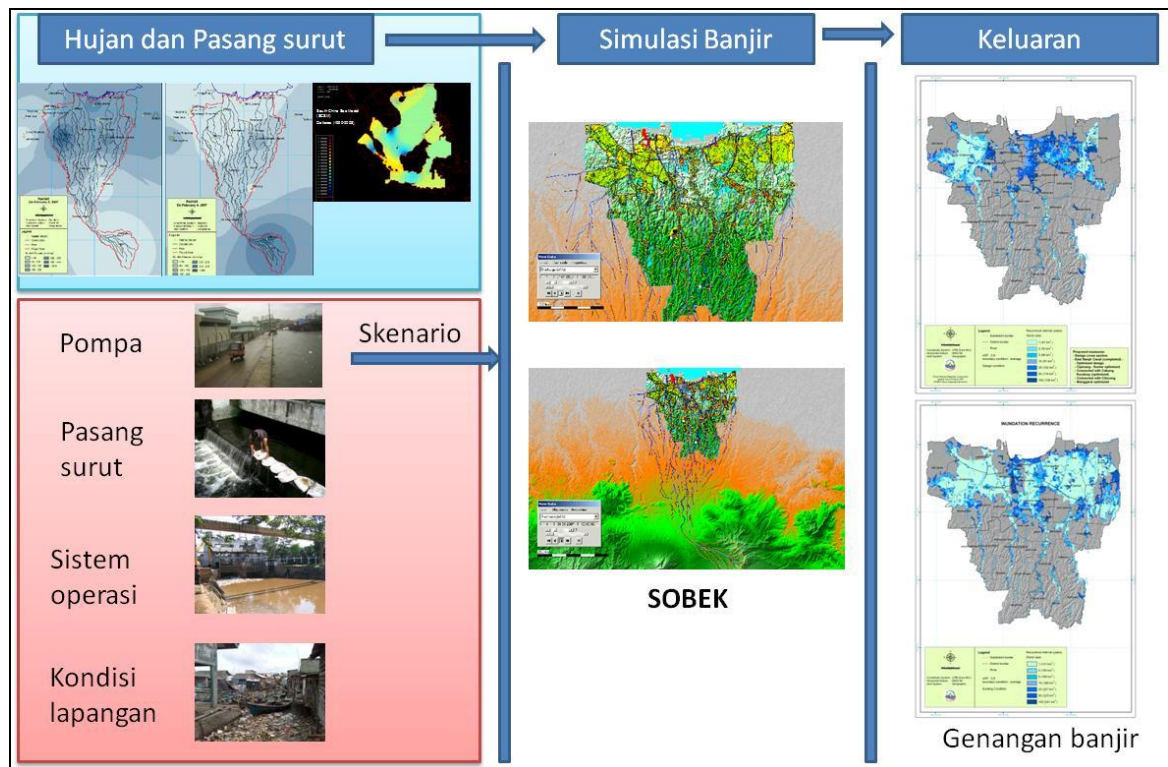


Gambar 8 Data yang digunakan JFEWS saat ini



Gambar 9 Ukuran grid dari berbagai sumber

- South China Sea Model* yang meramalkan arah dan besarnya arus yang terjadi dengan menggunakan Delft3D, yang pada akhirnya mempengaruhi pasang surut air laut di Teluk Jakarta.
- Astronomical Tide*, Model pasang surut untuk meramalkan tinggi muka air laut di Teluk Jakarta.
- Hydraulic and Hydrologic Model (SOBEK)* yang digunakan untuk merubah data hujan (*real time* dan *forecast*) yang jatuh di seluruh DAS Jakarta (13 sungai) menjadi aliran sungai dan genangan (Putuhena dan Ginting, 2013).
- Numerical Weather Prediction (NWP)* adalah model untuk prakiraan hujan yang dikembangkan oleh Badan Meteorologi seperti Australia, Eropa dan Indonesia.



Gambar 10 Konsep Model Simulasi Banjir Jakarta (Putuhena dan Ginting, 2013)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Coba dan Keluaran (*Output*) J-FEWS

J-FEWS yang telah dibangun melakukan akuisisi data secara online dari berbagai sumber, dan secara otomatis menjalankan program hidrologi dan hidraulik secara berkala untuk melihat prakiraan banjir. Program J-FEWS melakukan fungsinya melalui server yang terdapat di Pusair dan juga BMKG. Komputer yang berfungsi sebagai *Client* hanya dapat melakukan update database yang terdapat di server. Program J-FEWS sudah beroperasi sejak 2 tahun terakhir sebagai langkah ujicoba untuk melihat kehandalan dari program tersebut. Ujicoba tersebut telah berhasil dilakukan mulai dari akuisisi datanya dan juga dalam melakukan prakiraan banjir. Pada musim banjir tahun 2012, di beberapa instansi terkait telah diinstall program J-FEWS agar prakiraan banjir yang terjadi dapat dimonitor. Instansi yang telah melakukan monitoring tersebut adalah Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Dinas PU DKI Jakarta, BPPT, BPBD, BBWS Ciliwung-Cisadane, dan lainnya. Pada musim banjir, akses ke J-FEWS menjadi sangat tinggi.

Secara operasional J-FEWS cukup berhasil dalam menjalankan fungsinya, namun masih perlu dilakukan perbaikan dimasa mendatang terkait dengan model yang digunakan dan prakiraan yang dihasilkannya. Hal ini menjadi tantangan bagi pemangku kepentingan yang melakukan prakiraan

terhadap cuaca (hujan) dan juga kalibrasi terhadap model hidrologi dan hidraulik secara bertahap.

Keluaran dari J-FEWS merupakan informasi yang sangat berguna bagi para pengambil keputusan dan juga masyarakat dalam mengantisipasi banjir yang mungkin terjadi. Beberapa keluaran atau hasil dari J-FEWS yang utama adalah prakiraan hujan beberapa hari kedepan, prakiraan gelombang air laut, prakiraan banjir (muka air dan genangannya), prakiraan kondisi meteorologi dan berbagai hasil monitoring data dari instrumentasi yang telah dipasang di lapangan secara *real time*, termasuk monitoring dari *Radio Detection And Ranging* (Radar) yang dilakukan oleh BPPT dan BMKG. Berikut ini merupakan penjelasan singkat beberapa hasil keluaran (*output*) dari J-FEWS.

1. Prakiraan Hujan

Prakiraan hujan merupakan input yang sangat diperlukan dalam melakukan prakiraan banjir. Prakiraan hujan di Indonesia diperoleh dari berbagai sumber yang telah diakses secara online dan data tersimpan di server. Prakiraan hujan ini memiliki periode waktu yang berbeda dari satu sumber dengan sumber lainnya, termasuk rentang waktu prakiraan kedepannya. Sumber prakiraan hujan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) *Australian Community Climate and Earth-System Simulator (ACCESS)*

ACCESS, merupakan model NWP yang dikembangkan oleh Australia. ACCESS ini terdiri dari beberapa versi seperti ACCESS-A untuk prakiraan cuaca di daerah Australia, namun cakupannya masih melingkupi wilayah Indonesia, dan ACCESS-T untuk wilayah tropikal.

2) *Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM)*

CCAM, merupakan model NWP yang dikembangkan oleh Australia, dan aplikasi dari model tersebut telah dikembangkan oleh BMKG untuk melakukan prakiraan hujan di daerah Jakarta dan sekitarnya.

3) *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*

ECMWF, merupakan model global untuk memprakirakan cuaca yang telah dikembangkan oleh Eropa dengan interval 3 jam sepanjang 10 hari kedepannya.

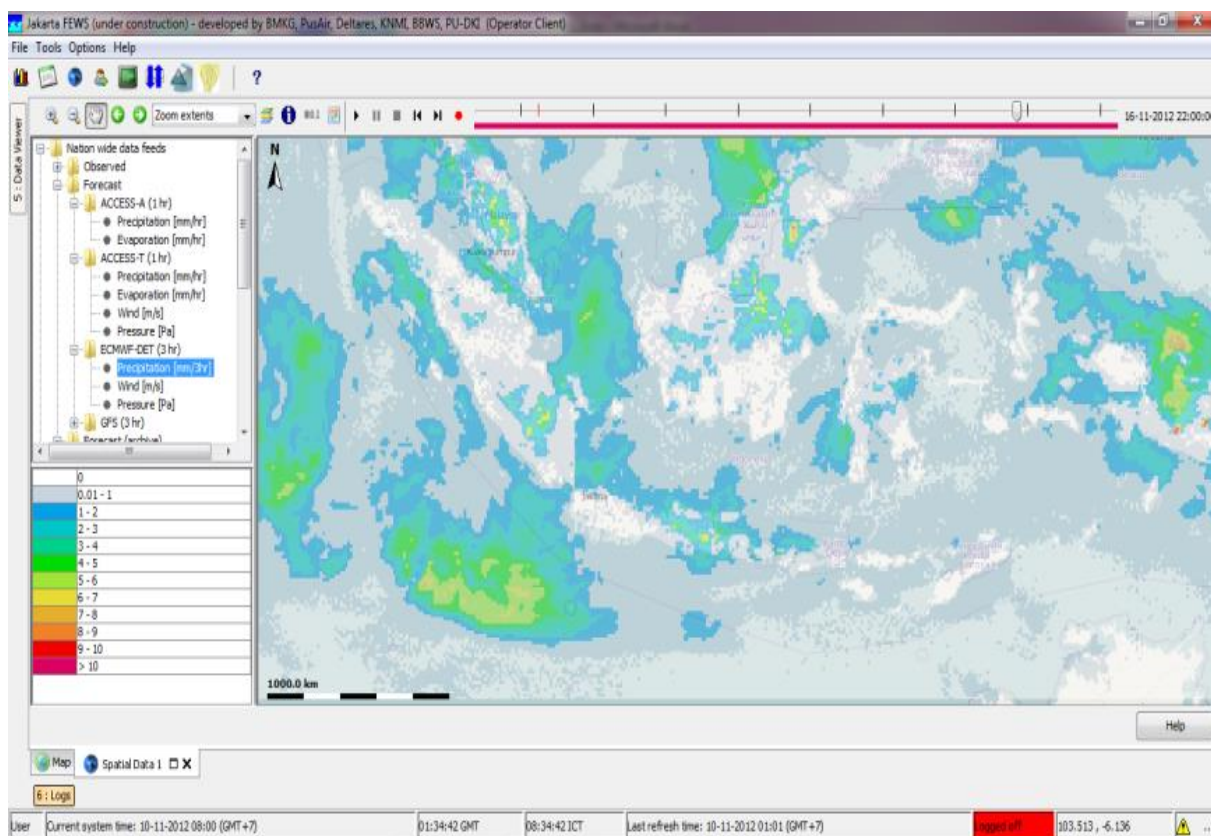
4) *Global Forecast System (GFS)*

GFS, merupakan model NWP yang dikembangkan oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

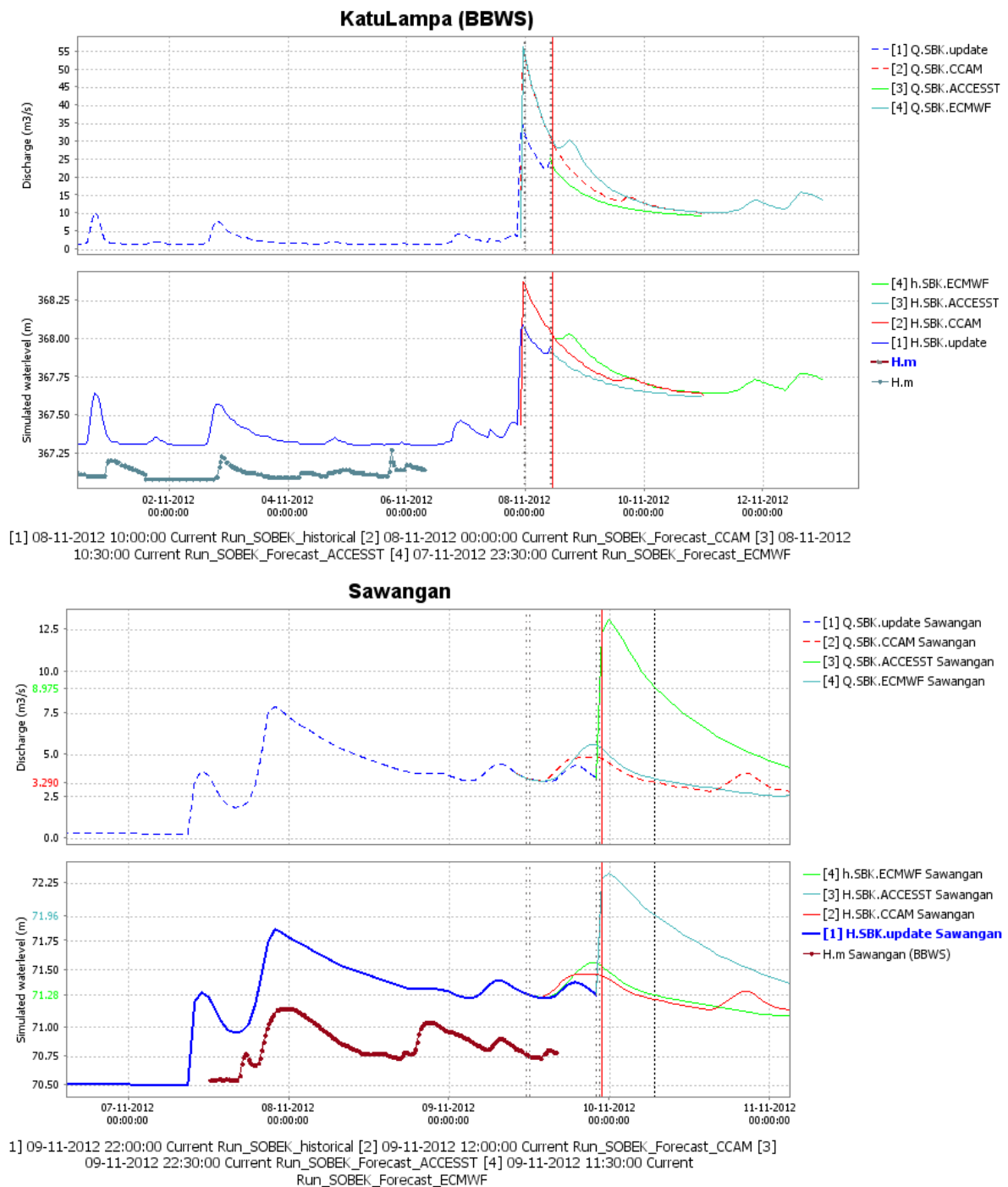
Gambar 11 merupakan salah satu keluaran J-FEWS untuk menampilkan hasil prakiraan hujan yang mencakup wilayah Indonesia yang dikeluarkan oleh *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*.

2. Prakiraan Muka Air dan Debit Sungai

Prakiraan muka air dan debit di sungai dihasilkan oleh proses pemodelan hidrologi dan hidraulik yang dilakukan dengan input data prakiraan hujan. Besaran nilai prakiraan muka air dan debit ditentukan di sepanjang sungai terutama yang telah memiliki pos duga air, dengan maksud agar dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil monitoring yang sebenarnya. Hasil prakiraan muka air dan debit terdiri dari beberapa jenis yaitu prakiraan muka air dan debit sungai dari CCAM, ACCESS-T, dan ECMWF, seperti terlihat pada Gambar 12. Jenis keluarannya seperti terlihat pada legenda di gambar tersebut yang ditunjukkan dengan simbol Q.Sbk.XXXX. dan H.Sbk.XXXX. Q dan H pada awalan dari simbol tersebut menyatakan tentang debit dan muka air, sementara XXXX di akhir simbol menyatakan tentang sumber data yang digunakan untuk pemodelan yang sesuai dengan sumber prakiraan hujan yang digunakan. Gambar 12 merupakan salah satu hasil prakiraan muka air dan debit Sungai Ciliwung di Katulampa dan Sungai Sawangan di Sawangan.



Gambar 11 Data Prakiraan Hujan dari ECMWF



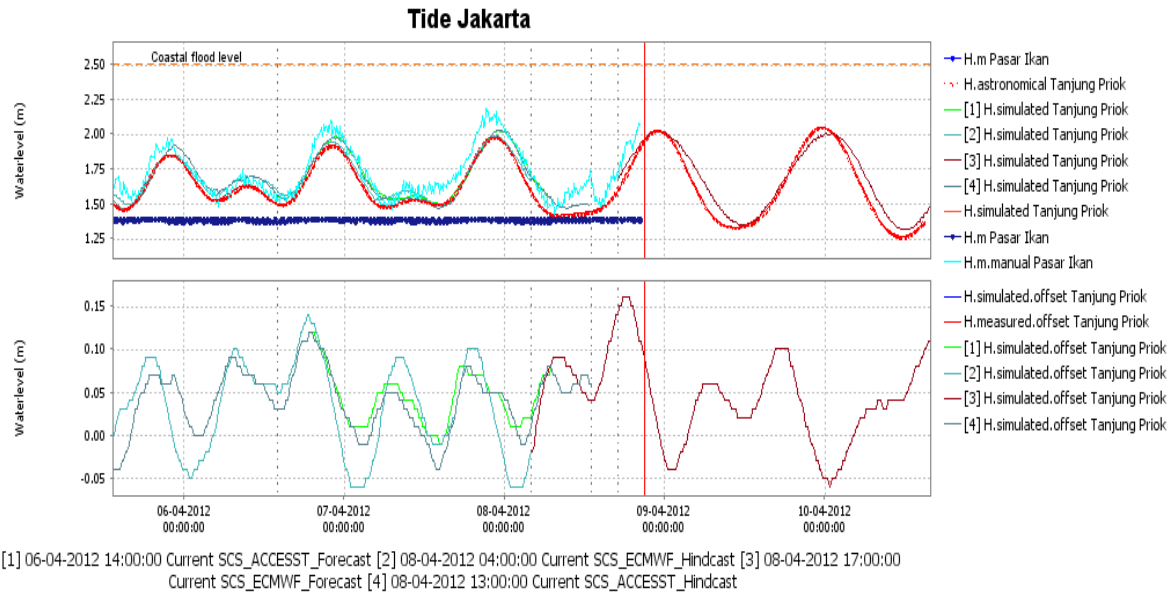
Gambar 12 Prakiraan Muka Air di Katulampa dan Sawangan

3. Prakiraan Muka Air Laut

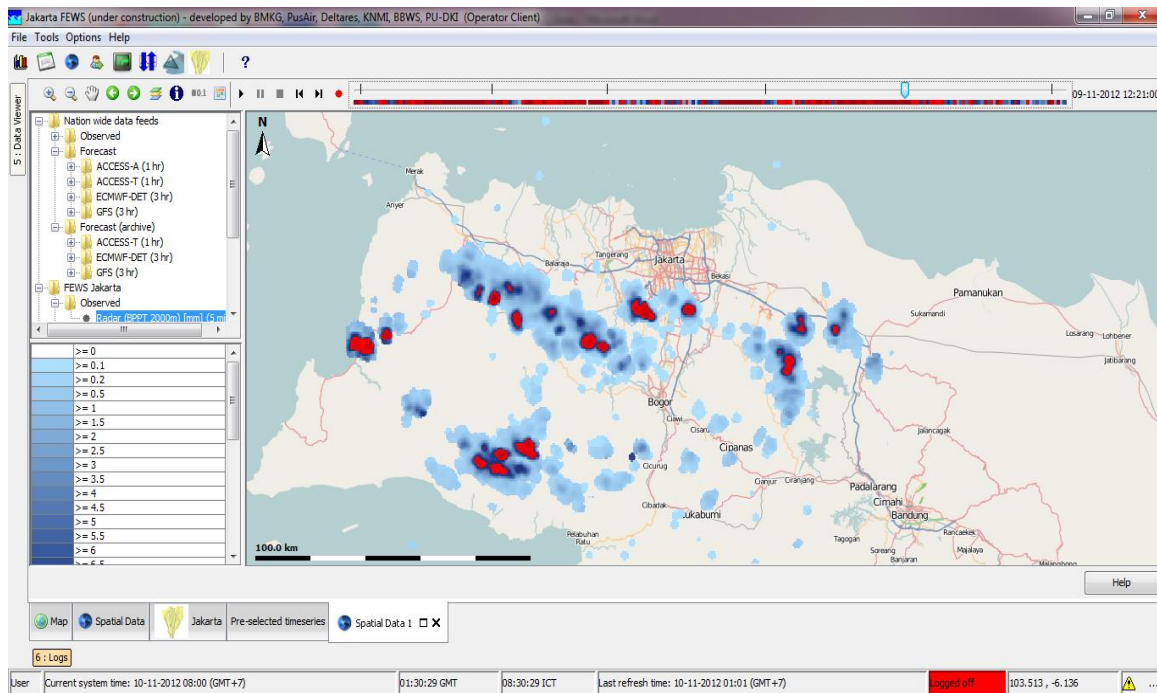
Prakiraan muka air laut dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yaitu berdasarkan *astronomical tide* dan *South China Sea Model* yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak Delft3D. Pengembangan model yang dilakukan untuk kedua sistem tersebut secara lebih detail dapat dilihat pada Zijl,(2007).

South China Sea Model memerlukan input data meteorologi yang diperoleh dari hasil NWP yang telah digunakan sebelumnya yaitu ACCESS-T,

GFS dan ECMWF. Dengan demikian, maka hasil prakiraan gelombang laut di perairan Laut Cina Selatan terdiri dari tiga keluaran (*output*) sesuai dengan input model yang digunakan. Gambar 13 merupakan hasil J-FEWS dalam memprakirakan gelombang laut yang diambil di wilayah Jakarta. Hasil prakiraan muka air laut seperti terlihat pada Gambar 13 digunakan sebagai kondisi batas di hilir sungai (*downstream boundary*) untuk digunakan dalam pemodelan banjir di Jakarta.



Gambar 13 Prakiraan Muka Air Laut



Gambar 14 Data Radar *real time*

4. Monitoring Radar

Informasi cuaca sangat bermanfaat dalam melakukan prakiraan banjir. Informasi ini dapat dilakukan dengan monitoring Radar cuaca di Jakarta yang telah dikembangkan oleh BPPT dan BMKG. Informasi cuaca di Jakarta telah diintegrasikan dengan J-FEWS sehingga dapat dimanfaatkan dalam analisis banjir. Hasil perkiraan besarnya hujan oleh Radar digunakan sebagai input untuk melakukan pemodelan banjir di Jakarta. Sebagai contoh hasil tampilan dari

Radar yang telah dihasilkan dari J-FEWS dapat dilihat pada Gambar 14.

5. Monitoring Hujan di *Ground Station*

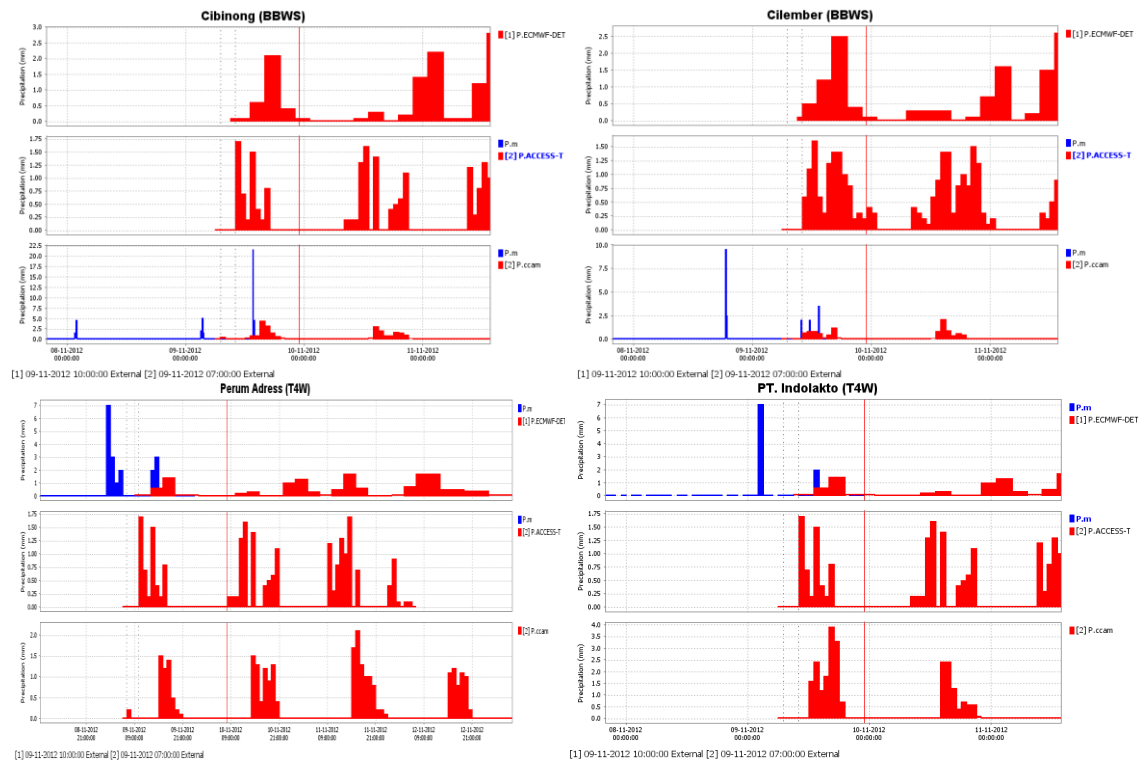
Monitoring terhadap curah hujan di lapangan juga dilakukan. Monitoring dilakukan secara *real time*, sehingga dapat dilakukan sebagai input untuk melakukan prakiraan banjir di Jakarta, selain dengan menggunakan hasil prakiraan NWP. Dengan dilakukannya monitoring tersebut, maka dapat dengan mudah diketahui validitas dari hasil prakiraan hujan yang telah dilakukan. Gambar 15 merupakan hasil perbandingan hujan dari

pengamatan dengan hujan dari NWP. Untuk membandingkan data tersebut hanya dapat dilakukan untuk waktu yang sudah berjalan.

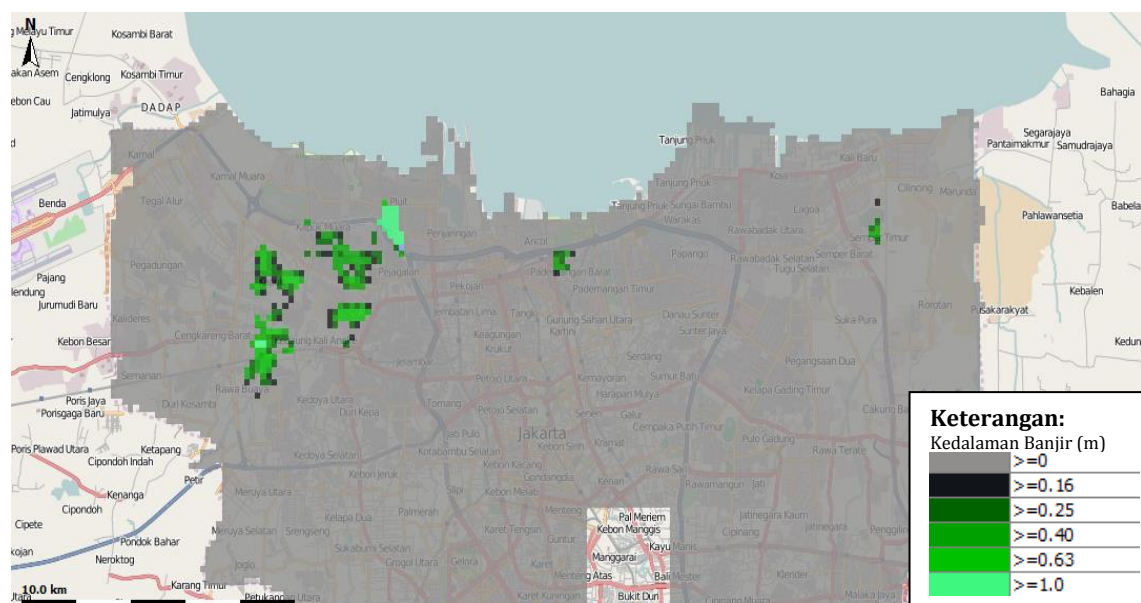
6. Prakiraan Genangan Banjir

Keluaran J-FEWS yang sangat bermanfaat dalam memberikan masukan kepada *stakeholder* untuk melakukan evakuasi pada saat banjir adalah terdapatnya prakiraan daerah yang mengalami genangan. Prakiraan daerah genangan ini berdasarkan pada keluaran model SOBEK yang

telah diintegrasikan dengan J-FEWS. Hasil prakiraan genangan ini terdiri dari beberapa keluaran yang berbeda tergantung daripada sumber input yang digunakan. Selain prakiraan genangan juga dapat dilihat genangan berdasarkan input data hujan dan radar monitoring. Gambar 16 berikut merupakan salah satu hasil prakiraan banjir yang terjadi pada tahun 2012 yang lalu. Prakiraan genangan banjir tersebut terjadi di Daerah Aliran Sungai Pesanggrahan.



Gambar 15 Prakiraan hujan (merah) dan hujan *real time* (biru)



Gambar 16 Daerah genangan yang mungkin terjadi

KESIMPULAN

Sistem prakiraan dan peringatan dini banjir merupakan salah satu pendekatan non struktur untuk pengendalian banjir. Sistem prakiraan dan peringatan dini banjir digunakan dalam rangka untuk meminimalisasi dampak resiko bencana banjir. Sistem yang telah digunakan saat ini berdasarkan informasi muka air yang terjadi di Katulampa dan diinformasikan melalui komunikasi radio ke daerah hilir. Sistem ini masih memiliki kendala apabila hujan yang terjadi setelah Katulampa dan di hilir maka kejadian banjirnya tidak dapat diperkirakan.

Perkembangan teknologi saat ini, telah banyak membantu dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Perkembangan tersebut juga mengubah paradigma sistem prakiraan banjir yang hanya berbasis pada data pengamatan muka air menjadi prakiraan banjir berbasis data numerik prakiraan cuaca. Dengan melakukan integrasi berbagai sumber data yaitu bidang atmosfer (dalam melakukan prakiraan cuaca kedepannya) dan bidang oceanografi (dalam rangka melakukan prakiraan gelombang air laut dengan berbagai unsur meteorologi). Kombinasi dari semua bidang tersebut, telah dilakukan dan diintegrasikan dalam satu kerangka kerja sistem prakiraan dan peringatan dini banjir Jakarta yang disebut sebagai *Jakarta Flood Early Warning System (J-FEWS)*.

J-FEWS telah dioperasikan pada tahun 2012 oleh Pusat Litbang Sumber Daya Air dengan melibatkan beberapa pemangku kepentingan seperti BBWS Ciliwung-Cisadane, BNPB, Dinas PU DKI Jakarta, dan BPBD serta telah melakukan prakiraan terhadap banjir yang terjadi di akhir 2012 dan diawal 2013. Berdasarkan hasil ujicoba, J-FEWS telah melakukan fungsinya dengan baik, dengan dapat memberikan informasi kejadian banjir dan daerah genangan beberapa hari sebelum kejadiannya, namun hal ini masih perlu peningkatan keakuratan nilai besaran banjir yang dihasilkan di masa mendatang. Hal ini menjadi tantangan untuk proses selanjutnya dengan melakukan kalibrasi kembali model dari prakiraan berdasarkan data kejadian banjir yang terbaru.

Dengan demikian teknologi J-FEWS akan dapat diterapkan pada kota-kota besar di Indonesia yang mengalami permasalahan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Deltares. 2009. *Introduction to Delft-FEWS*. Deltares
- Deltares, Urban Solution, Witteveen Boss, MLD, Tripple-A, Pusair, ITB. 2011. *ALTAS Pengamanan Pantai Jakarta: Strategi Pengamanan Pantai Jakarta / Jakarta Coastal Defence Strategy (JCDS)* Kerjasama antara Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Belanda.
- Putuhena, W.M., dan Ginting, S. 2013. Pemodelan Simulasi Banjir DKI Jakarta. *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol.4 no.2.
- Rodriguez, J., Femke V., Regina Below, and D. Guha Sapis. 2009. *Annual Statistical Disaster Review 2008: the numbers and trends*. Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).
- Subijanto, Tjoek W. 2006. People Centered Early Warning System: Sebuah Pemikiran dan Penerapannya di DAS Kali Brantas. *Kumpulan Makalah Seminar Nasional Hari Air Dunia 2006: "Air dan Budaya"*. Jakarta 25 April 2006.
- World Meteorological Organization (WMO). 2011. *Manual on Flood Forecasting and Warning*. WMO No. 1072.
- Werner, M G F., Schellekens, J and Kwadijk, JCJ. 2005. Flood Early Warning Systems for Hydrological (sub) Catchments. In *Encyclopedia of Hydrological Sciences vol 1*, Editors: Anderson, MG and McDonnell, J J, John Wiley & Sons Ltd.
- Zijl, F. 2007. *Dutch assistance with non-structural measures Jakarta Flood Management: Sea Water Levels*. Jakarta Flood Team Indonesia - Netherlands Partnership.