

KONDISI ATMOSFER PADA KEJADIAN BANJIR DESEMBER 2007 SAMPAI JANUARI 2008 DI KABUPATEN BOJONEGORO

ATMOSPHERIC CONDITIONS ON THE OCCURRENCE OF FLOODS ON DECEMBER 2007 UNTIL JANUARY 2008 IN THE DISTRICT BOJONEGORO

Fithriya Yuliasih Rohmawati^{1*}, Ana Turyanti², Indah Prasasti³

^{1,2}Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas MIPA, IPB, Bogor.

³LAPAN Pekayon, Jakarta Timur

*Email: fithr4103@gmail.com

Naskah masuk: 3 Mei 2015; Naskah diperbaiki: 26 November 2015; Naskah diterima: 22 Desember 2015

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana yang menimbulkan kerugian bagi manusia. Bencana tersebut biasanya didahului oleh curah hujan yang tinggi (lebat) dan lama. Proses terjadinya hujan yang tinggi dan lama memerlukan kondisi atmosfer yang mendukung seperti . Tujuan utama penelitian ini adalah menjelaskan kondisi atmosfer pada saat banjir di Kabupaten Bojonegoro tanggal 26 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi atmosfer saat banjir tidak stabil, kandungan uap air tinggi, pengangkatan massa udara intensif dan kecepatan angin rendah. Kondisi tersebut cukup potensial dalam menyebabkan hujan yang lebat, meskipun kondisi atmosfer tersebut belum termasuk kategori ekstrim. Dengan demikian banjir tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi atmosfer setempat tetapi dipengaruhi juga oleh kondisi atmosfer sekitarnya dan kondisi permukaan.

Kata kunci: Banjir, Bojonegoro, Hujan, Kondisi Atmosfer

ABSTRACT

Flood is one of the disasters that cause harm to humans. That disaster is usually preceded by heavy and long-term rainfall. The occurrence of high and long-term rainfall requires atmospheric conditions that supported it. The main objective of this study is to explain the atmospheric conditions while flood event in Bojonegoro on December 26th 2007 until January 7th 2008. The analysis showed that the atmospheric conditions are unstable during floods, high moisture content and the removal of intensive air mass and low wind speeds. The atmospheric condition during the flood was sufficient to support the heavy rain but not in extreme categories. Therefore, the flood affected by atmospheric conditions in surrounding area and surface condition in that area.

Keywords: Atmospheric Condition, Bojonegoro, Flood, Rainfall

1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana yang menimbulkan kerugian bagi manusia. Penyebabnya ada dua hal yaitu yang terkait dengan kondisi atmosfer dan kondisi di permukaan. Kondisi atmosfer yang dimaksud adalah curah hujan yang tinggi. Sedangkan kondisi di permukaan bisa berupa ukuran daerah aliran sungai (DAS), topografi DAS dan jenis penggunaan atau tutupan lahan. Walaupun demikian, kebanyakan banjir yang selama ini terjadi, didahului oleh adanya curah hujan yang tinggi (hujan lebat) dan lama [1]. Proses terjadinya hujan tersebut membutuhkan kondisi atmosfer yang mendukung seperti atmosfer yang tidak stabil dan sebagainya [2,3].

Beberapa penelitian tentang kaitan kondisi atmosfer dengan banjir telah dilakukan seperti analisis kondisi

fisis atmosfer saat terjadi hujan ekstrim dan banjir di Manado pada bulan Februari 2006 serta penelitian banjir untuk daerah Jakarta atau daerah lain baik di dalam maupun luar negeri [4,5,6,7,8]. Salah satu banjir yang menarik untuk dipelajari adalah banjir di Kabupaten Bojonegoro pada tanggal 26 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008. Banjir tersebut meliputi lebih dari setengah jumlah kecamatan di Kabupaten Bojonegoro (16 kecamatan dari 27 kecamatan yang ada di Kabupaten Bojonegoro). Kerugian yang diakibatkan oleh banjir tersebut mencapai Rp 600 miliar [9]. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan agar memperoleh gambaran spesifik terkait banjir di Kabupaten Bojonegoro tersebut.

NASA (2008) menyebutkan bahwa banjir di Indonesia terutama Pulau Jawa pada akhir Desember 2007 sampai awal Januari 2008 disebabkan oleh adanya

curah hujan yang terus-menerus (tinggi) [10]. Hal ini harus didukung oleh analisis kondisi atmosfer di atas wilayah setempat. Kondisi atmosfer dapat dianalisis salah satunya dengan memanfaatkan data hasil pengamatan udara atas. Pengamatan udara atas dapat dilakukan dengan menggunakan pilot balon, radiosonde, rawinsonde, radar dan satelit. Di antara alat-alat tersebut, yang lazim digunakan dalam melakukan pengamatan secara *in situ* (pengamatan di tempat) adalah radiosonde atau rawinsonde (radiosonde yang mengamati parameter angin).

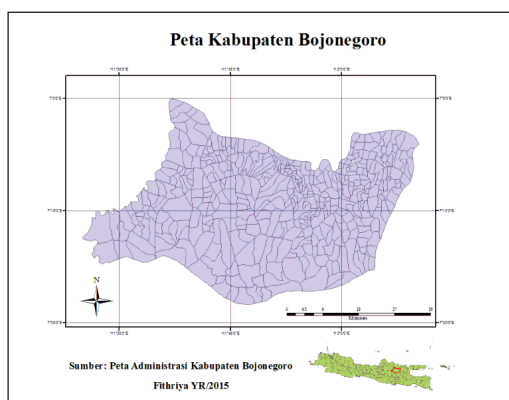
Di Indonesia, hanya ada beberapa stasiun cuaca yang melakukan peluncuran radiosonde atau rawinsonde. Khusus di pulau Jawa, stasiun cuaca yang melakukan peluncuran radiosonde atau rawinsonde secara rutin hanya Cengkareng (Jakarta) dan Juanda (Surabaya). Oleh karena itu, di daerah kajian yang tidak melakukan peluncuran radiosonde atau rawinsonde perlu ada cara lain untuk mendapatkan data dalam rangka mengamati udara atas tersebut.

Data yang dapat digunakan untuk analisis kondisi atmosfer di wilayah yang belum memiliki stasiun cuaca khusus yang meluncurkan radiosonde adalah data rawinsonde ARL-NOAA (*Air Resources Laboratory-National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan alamat <https://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php>. Data tersebut mudah diperoleh, tersedia untuk daerah seluruh dunia dan tidak memerlukan biaya. Selain itu, data rawinsonde tersebut belum banyak dikaji khususnya dalam analisis banjir.

Tujuan penelitian ini adalah menjelaskan kondisi atmosfer saat terjadi banjir tanggal 26 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008 di Kabupaten Bojonegoro.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis kondisi atmosfer Kabupaten Bojonegoro, 6°59'–7°37' LS dan 111°25'–112°09' BT (Gambar 1) saat banjir tanggal 26 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008.



Gambar 1. Peta Kabupaten Bojonegoro

Alat yang diperlukan adalah seperangkat komputer dengan *software* RAOB (*Rawinsonde Observation Programs*) versi 5.7, *Minitab* versi 14, *Microsoft Office Excel*, *Notepad*, serta *Microsoft Office Word*. Perincian data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

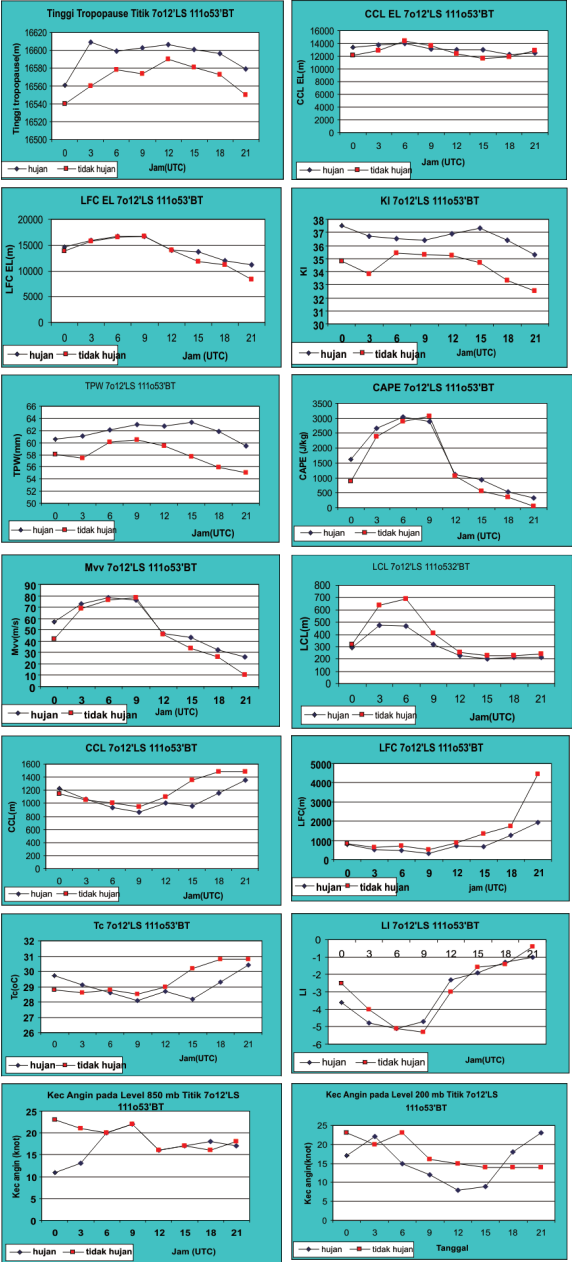
- Data rawinsonde NOAA untuk wilayah Bojonegoro dengan beberapa titik pengamatan pada jam 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC tanggal 26 Desember 2007-7 Januari 2008 (Sumber: NOAA). Data ini diperlukan untuk mendapatkan gambaran kondisi atmosfer saat terjadi banjir pada akhir Desember 2007 sampai awal Januari 2008. Data ini merupakan output model *The National Weather Services National Centers for Environmental Prediction – Global Data Assimilation System* (NCEP-GDAS). Data ini dipakai karena tidak ada data hasil pengamatan langsung (rawinsonde) di Kabupaten Bojonegoro.
- Data curah hujan harian stasiun Bojonegoro selama banjir (Sumber: DPU Kabupaten Bojonegoro). Data ini tidak untuk dianalisis lebih lanjut, akan tetapi hanya untuk melihat waktu terjadinya hujan saat banjir pada akhir Desember 2007 sampai awal Januari 2008.

Terdapat beberapa parameter dalam program RAOB 5.7 yang terkait dengan analisis kondisi atmosfer seperti tinggi tropopause (trop lvl), *convective condensation level* (CCL), *level of free convection* (LFC), *equilibrium level* (EL), *lifting condensation level* (LCL), *total precipitable water* (TPW), *lifted index* (LI), *K-index* (KI), *convective temperature* (Tc), *convective available potential energy* (CAPE) dan *maximum vertical velocity* (Mvv). Penjelasan masing-masing parameter dapat dilihat pada Rohmawati (2009) [11]. Beberapa parameter tersebut mewakili kondisi yang dibutuhkan agar terjadi hujan yaitu kondisi atmosfer tidak stabil, kondisi uap air di udara yang tinggi, pengangkatan massa udara yang intensif. Ketidakstabilan atmosfer bisa dilihat dari CAPE, LI, KI, LCL. Kondisi uap air bisa dilihat dari TPW. Pengangkatan massa udara bisa dilihat dari Mvv (11,12,13). Setelah itu, hasil ekstraksi dientry ke dalam *Microsoft Office Excel* serta dianalisis dengan *Microsoft Office Excel* dan *Minitab* versi 14.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dan Perbandingan Kondisi Atmosfer Hari Hujan dan Hari Tidak Hujan Selama Banjir. Kondisi atmosfer mempengaruhi terjadinya hujan pada hari tertentu. Analisis di bawah ini dilakukan untuk membuktikan hal tersebut. Menurut data dari stasiun penakar hujan di Kabupaten Bojonegoro, sebagian besar wilayah tersebut mengalami hujan secara merata pada tanggal 26 Desember 2007 dan tidak terjadi hujan pada tanggal 30 Desember 2007. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kondisi

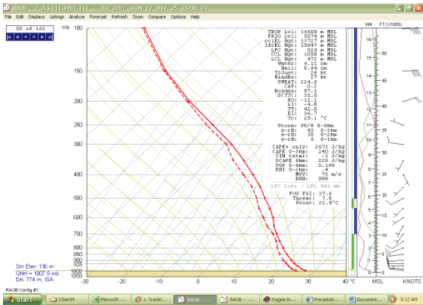
atmosfer pada tanggal-tanggal tersebut. Akan tetapi, curah hujan yang tercatat biasanya merupakan hujan yang terjadi pada hari sebelumnya sehingga analisis kondisi atmosfer dilakukan pada satu hari sebelum hari tersebut yaitu tanggal 25 Desember 2007 dan 29 Desember 2007. Analisis dilakukan di 4 titik pengamatan yaitu 7°12'LS 111°17'BT; 7°12'LS 111°53'BT; 7°48'LS 111°17'BT; dan 7°48'LS 111°53'BT. Hasil yang diperoleh dari analisis keempat titik pengamatan hampir sama sehingga yang disajikan dalam bentuk grafik hanya hasil dari satu titik pengamatan yaitu 7°12'LS 111°53'BT.



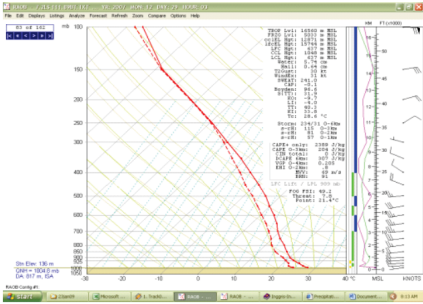
Gambar2. Perbandingan kondisi atmosfer saat hari hujan dan hari tidak hujan

Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan kondisi atmosfer antara hari hujan dengan hari tidak hujan. Saat hari hujan tinggi tropopause, puncak awan (LFC EL atau CCL EL), peluang massa udara *thunderstorm* (KI), jumlah air yang berpotensi menjadi hujan (TPW), energi yang tersedia untuk pengangkatan udara (CAPE) dan kecepatan maksimum parcel udara bergerak naik (Mv) lebih tinggi dibandingkan saat hari tidak hujan. Sedangkan dasar awan atau awan konvektif (LCL atau CCL), level konveksi bebas (LFC), suhu konvektif, dan indeks kestabilan atmosfer (LI) saat hari hujan lebih rendah dibandingkan saat hari tidak hujan.

Selain itu, kondisi angin juga mempengaruhi terjadinya hujan di suatu lokasi. Di Kabupaten Bojonegoro kecepatan angin level 850 mb saat terjadi hujan lebih rendah dibandingkan saat tidak terjadi hujan, khususnya pada jam 00-06 UTC yang merupakan waktu terjadinya konveksi atau pembentukan awan. Sementara itu, kecepatan angin level 200 mb juga menunjukkan hal yang sama dengan kecepatan angin pada level 850 mb, khususnya pada siang hari. Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa arah angin di atmosfer bawah (dari permukaan sampai level 500 mb) tidak teratur atau tidak satu arah saat terjadi hujan sedangkan saat tidak terjadi hujan arah angin pada atmosfer bawah teratur atau satu arah. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh adanya turbulensi yang cukup besar di atmosfer bawah karena adanya pemanasan intensif serta kondisi atmosfer yang tidak stabil saat hari hujan dan terjadi sebaliknya saat hari tidak hujan.



Gambar3. Output *software* RAOB terkait parameter atmosfer tanggal 25 Desember 2007 (hari hujan) jam 03 UTC



Gambar4. Output *software* RAOB terkait parameter atmosfer tanggal 29 Desember 2007 (hari tidak hujan) jam 03 UTC

Hasil uji statistika menunjukkan bahwa tinggi tropopause, tinggi dasar awan (LCL), jumlah air yang berpotensi menjadi hujan (TPW), peluang massa udara *thunderstorm* (KI), energi yang tersedia untuk pengangkatan udara (CAPE) dan kecepatan maksimum parcel udara bergerak naik (Mvv) berbeda secara nyata antara hari hujan dengan hari tidak hujan. Sementara itu, parameter selain yang telah disebutkan tidak berbeda nyata antara hari hujan dan hari tidak hujan. Hal ini memberi gambaran bahwa parameter atmosfer yang perlu dikaji secara intensif untuk melakukan prediksi cuaca jangka pendek adalah tinggi tropopause, tinggi dasar awan (LCL), jumlah air yang berpotensi menjadi hujan (TPW), peluang massa udara *thunderstorm* (KI), energi yang tersedia untuk pengangkatan udara (CAPE) dan kecepatan maksimum parcel udara bergerak naik (Mvv).

Penelitian yang hampir sama pernah dilakukan oleh Dayantolis dan Hariadi (2006) dengan lokasi Manado [4]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan di Manado bulan Februari 2006 berlangsung di atas normal (300% di atas normal), kondisi fisis atmosfer selama Februari 2006 berpotensi menyebabkan hujan deras, stabilitas atmosfer berada pada tingkat tidak stabil yang menyebabkan adanya gerak vertikal massa udara yang berperan dalam pembentukan awan jenis konvektif. Selain itu, gangguan pola sirkulasi angin yang melintasi Indonesia seperti letak ITCZ, konvergensi dan perubahan vektor arah angin selama Februari 2006 berperan dalam pembentukan cuaca dan hujan ekstrim di Manado.

Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Banjir Bojonegoro 26 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008. Banjir yang menjadi fokus kajian pada penelitian ini terjadi antara bulan Desember 2007 dan Januari 2008. Waktu kejadian banjir tersebut berbeda dengan banjir yang umumnya terjadi di Kabupaten Bojonegoro beberapa tahun terakhir yaitu pada bulan Maret atau setelahnya. Beberapa hari sebelum terjadinya banjir yaitu tanggal 20, 21 dan 22 Desember 2007 terjadi hujan di sebagian besar wilayah Kabupaten Bojonegoro. Sementara itu, selama banjir terjadi hujan yang cukup merata di Kabupaten Bojonegoro pada tanggal 26 dan 31 Desember 2007 serta tanggal 4 Januari 2008. Hal tersebut dapat diketahui dari data curah hujan selama banjir (data tersebut tidak ditampilkan dalam tulisan ini).

Data rawinsonde ARL-NOAA dapat digunakan untuk melakukan analisis kondisi atmosfer di Kabupaten Bojonegoro sebagaimana hasil dari Rohmawati (2009) [11]. Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter atmosfer saat terjadi banjir akhir Desember sampai awal Januari 2008 cukup potensial dalam menyebabkan hujan yang tinggi (Tabel 1). Nilai

kandungan uap air yang ditunjukkan oleh nilai TPW sebesar 49.9-69.5 mm, kisaran nilai tersebut termasuk kriteria kandungan embun dalam skala tinggi sampai sangat tinggi [14]. Kestabilan atmosfer yang dilihat dari LI mempunyai nilai -3.9 sampai -5.9, kisaran nilai tersebut menunjukkan kondisi atmosfer dalam keadaan tidak stabil lemah sampai kuat [15]. Selain itu, peluang masa udara *thunderstorm* yang ditunjukkan oleh KI mempunyai nilai 31.5-36.5, kisaran nilai tersebut mempunyai peluang massa udara *thunderstorm* 60–90% [16]. Energi yang tersedia untuk pengangkatan massa udara yang diwakili CAPE mempunyai nilai 2173-3416 J/kg, kisaran nilai tersebut termasuk kriteria tidak stabil sedang sampai kuat [16]. Kecepatan pengangkatan udara yang dilihat dari kecepatan vertikal maksimum (Mvv) mempunyai nilai 66-83 m/s, kisaran nilai tersebut termasuk dalam skala sangat kuat sampai ekstrim [17].

Dasar awan (LCL) berada pada ketinggian 420-803 m sedangkan dasar awan bentuk *cumuli* (CCL) berada pada ketinggian 811-1446 m. Puncak awan yang dihitung dari level konveksi bebas (LFC EL) berada pada ketinggian 10 638-14 749 m sedangkan yang dihitung dari dasar awan bentuk *cumuli* berada pada ketinggian 14 736-16 662 m. Level konveksi bebas berada pada ketinggian 420-803 m. Jika diperhatikan, dasar awan dan level konveksi bebas berada pada ketinggian yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa saat berada di ketinggian dasar awan (parcel jenuh) suhu parcel lebih tinggi dari suhu lingkungannya dan parcel akan terus naik walaupun tidak ada gaya pengangkatan dari luar parcel. Sementara itu, Tropopause berada pada ketinggian 16 568-16 612 m.

Suhu yang harus dicapai permukaan agar terjadi konveksi (suhu konvektif) tanggal 25 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008 adalah 27.9-30.1 °C. Suhu tersebut cukup rendah sehingga memungkinkan tercapai ketika terjadi pemanasan yang intensif.

Secara umum, pada kejadian banjir akhir Desember 2007–awal Januari 2008, kondisi atmosfer cukup mendukung terjadinya hujan lebat skala lokal (setempat), meskipun belum masuk kondisi ekstrim (Tabel 1). Kondisi ekstrim yang dimaksudkan adalah parameter atmosfer yang dianalisis seperti kondisi atmosfer tidak stabil, kondisi uap air di udara yang tinggi, pengangkatan massa udara yang intensif termasuk dalam kriteria tinggi/kuat. Oleh karena hasil analisis menunjukkan hal demikian maka perlu dilihat juga kondisi daya dukung lingkungan di permukaan.

Tabel 1. Parameter atmosfer tanggal 25 Desember 2007 sampai 7 Januari 2008

No.	Parameter atmosfer	Nilai	Kriteria
1	Tinggi tropopause (m)	16 568-16 612	
2	CCL EL (m)	11 998-14 457	
3	LFC EL (m)	14 736-16 662	
4	LFC (m)	420-790	
5	CCL (m)	811-1176	
6	LCL (m)	420-790	
7	TPW (mm)	49.9-69.5	Skala tinggi-sangat tinggi [14]
8	LI	(-5.9)-(-3.9)	Tidak stabil lemah-kuat [15]
9	KI	40.4-43.2	Peluang massa udara <i>thunderstorm</i> 60-90% [16]
10	Tc (°C)	27.9-29.5	
11	CAPE (J/kg)	2173-3416	Tidak stabil sedang-kuat [16]
12	Mvv (m/s)	66-83	Skala sangat kuat-ekstrim [17]

Kondisi Daya Dukung Lingkungan Kabupaten Bojonegoro dan sekitarnya. Kondisi permukaan yang mempengaruhi terjadinya banjir adalah kemiringan lereng, topografi dan jenis tanah di daerah aliran sungai (DAS), jenis tutupan lahan, sedimentasi [18]. Kemiringan lereng di Bojonegoro terutama yang dilalui sungai Bengawan Solo adalah landai [11]. Hal ini semakin mendukung terjadinya genangan yang lama ketika banjir terjadi. Penggunaan lahan di Bojonegoro tidak mengalami perubahan yang signifikan dalam hal luasannya, bahkan penggunaan untuk hutan negara semakin bertambah luas dari tahun 1997 ke tahun 2008 [11]. Secara luas memang tidak mengindikasikan perubahan yang signifikan, akan tetapi jika dilihat secara fisik, maka hutan-hutan negara yang ada di daerah tersebut semakin mengkhawatirkan (Gambar 5). Pohon yang besar cukup jarang sedangkan yang sekarang terlihat adalah pohon yang masih kecil (berdasarkan pengamatan secara langsung oleh penulis ketika berkunjung di Kabupaten Bojonegoro tahun 2007-2008). Jika pohon besar tidak ada maka hujan akan menjadi aliran permukaan secara langsung tanpa ada yang menghambat lajunya. Akibatnya banjir yang besar bisa terjadi.

Dilihat dari jenis tanahnya, tanah di Bojonegoro sebagian besar berupa tanah grumosol [11]. Saat basah tanah menjadi sangat lekat, plastis dan kedap air tetapi saat kering tanah menjadi sangat keras dan masif atau membentuk pola prisma yang terpisahkan oleh rekahan. Dilihat dari jenis tanah ini, maka ketika terjadi curah hujan yang tinggi kemudian diikuti curah hujan lainnya yang terus-menerus tanah akan lambat dalam menginfiltirasi air karena sudah jenuh. Selain itu, daerah Bojonegoro kawasan daerah aliran sungai Bengawan Solo merupakan daerah yang landai sehingga kecepatan aliran secara horisontal lambat dan genangan yang terjadi akan lama [11].



Gambar 5. Tanaman jati di kawasan hutan Kabupaten Bojonegoro (sumber: dokumen pribadi)

Banjir juga bisa diakibatkan oleh faktor di luar tempat terjadinya banjir. Faktor tersebut misalnya adanya debit air yang tinggi dari hulu sungai. Debit air yang tinggi di hulu bisa disebabkan oleh dua hal yaitu karena adanya hujan ekstrim ataupun kondisi permukaan yang mendukung terjadinya banjir (rusaknya hutan, perubahan penggunaan lahan dan sebagainya). Tutupan lahan di DAS Bengawan Solo selama tahun 2000 sampai 2007 sudah mengalami perubahan [19]. Luas rawa berkurang dari 3 212 Ha pada tahun 2000 menjadi 3 Ha pada tahun 2007. Luas semak belukar berkurang dari 63 095 Ha pada tahun 2000 menjadi 13 897 Ha pada tahun 2007. Luas hutan alam berkurang sebesar 31.57% menjadi 23 888 pada tahun 2007. Sementara itu, saat terjadinya banjir tersebut hampir seluruh daerah DAS Bengawan Solo mengalami hujan secara merata. Hujan yang merata tersebut karena adanya La Nina, *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan efek siklon tropis *Melanie* tanggal 27 Desember 2007 sampai 2 Januari 2008 [20]. Hal ini semakin menambah tingginya debit air di sungai Bengawan Solo.

4.Kesimpulan

Kondisi atmosfer pada saat banjir akhir Desember sampai awal Januari 2008 cukup potensial dalam menyebabkan hujan yang lebat. Hal ini dapat dilihat dari parameter atmosfer seperti nilai kandungan uap air (TPW) sebesar 49.9-69.5 mm, kestabilan atmosfer (LI) sebesar -3.9 sampai -5.9, peluang masa udara *thunderstorm* (KI) sebesar 31.5-36.5, energi yang tersedia untuk pengangkatan massa udara (CAPE) sebesar 2173-3416 J/kg dan kecepatan pengangkatan udara (Mvv) sebesar 66-83 m/s. Meskipun kondisi atmosfer tersebut belum termasuk kategori ekstrim. Dengan demikian banjir tersebut tidak hanya

dipengaruhi oleh kondisi atmosfer setempat tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi atmosfer sekitarnya dan kondisi permukaan.

Daftar Pustaka

- [1] Tjasyono, B., Juaeni, I., dan Harijono, S.W.B. (2007). Proses meteorologis bencana banjir di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 8(2):64-78.
- [2] Doswell III, C.A., Brooks, H.E., Maddox, R.A. (1996). Flash flood forecasting: an ingredients-based methodology. *Weather and Forecasting*. 11:560-581.
- [3] Ratnam, M.V., Santhi, Y.D., Rajeevan, M., and Rao, S.V.B. (2013). Diurnal variability of stability indices observed using radiosonde observations over a tropical station: comparison with microwave radiometer measurements. *Atmospheric Research*. 124:21-33.
- [4] Dayantolis, W., Hariadi. (2006). Analisa kondisi atmosfer pada saat hujan ekstrim dan terjadinya banjir bulan Februari 2006 di Manado. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 7(2):30-41.
- [5] Llasat, M.C., Marcos, R., Llasat-Botija, M., Gilabert J., Turco, M., Quintana-Segui, P. (2014). Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. *Atmospheric Research*. 149:230-243.
- [6] Renggono, F., Syaifullah, M.D. (2011). Kajian meteorologis bencana banjir bandang di Wasior, Papua Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(1):33-41.
- [7] Hanifah, A., Endarwin. (2011). Analisis intensitas curah hujan wilayah Bandung pada awal 2010. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(2):145-149.
- [8] Harsa, H., Linarka, U.A., Kurniawan, R., Noviati, S. (2011). Pemanfaatan sataid untuk analisa banjir dan angin putting beliung: studi kasus Jakarta dan Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(2):195-205.
- [9] Antara. (2008). Kerugian banjir hampir 600 M. (<http://www.antara.co.id/arc/2008/1/16/kerugian-banjir-bojonegoro-rp598-3-miliar>), diakses 1 April 2015.
- [10] NASA. (2008). Heavy rainfall floods Indonesia. (<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=8376>), diakses 12 Maret 2015.
- [11] Rohmawati, F.Y. (2009). *Analisis kondisi atmosfer pada kejadian banjir menggunakan data rawinsonde (studi kasus: Kabupaten Bojonegoro)*. Skripsi, Fakultas MIPA: Institut Pertanian Bogor.
- [12] Gaffin, D.M., Horts, D.G. (2006). Precipitation and flashflood climatology of WMO morristown hydrological service area. (<http://www.srh.noaa.gov/mrx/research/crimo/rainclim.php>), diakses 1 April 2015.
- [13] Brothers, D.A. (2008). Forecasting summertime convection in western north dakota using RAOB. (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/142164.pdf>), diakses 25 November 2015.
- [14] Haby, J. (2006). Skew-T : a look at PW. (<http://www.theweatherprediction.com/habyhints2/>), diakses 1 April 2015.
- [15] Haby, J. (2006). Skew-T : a look at LI. (<http://www.theweatherprediction.com/habyhints2/>), diakses 1 April 2015.
- [16] [NWSFO] National Weather Service Forecast Office. (2008). Atmospheric stability indicies. (<http://www.srh.noaa.gov/ffc/html/gloss2.shtml>), diakses 1 April 2015.
- [17] Haby, J. (2006). Skew-T : a look at storm UVV. (<http://www.theweatherprediction.com/habyhints/>), diakses 1 April 2015.
- [18] Idris, M., Sukojo, B.M. (2008). Analisis limpasan dan genangan air hujan dengan digital elevation model menggunakan *software* ArcGIS 9.2. (http://crs.itb.ac.id/media/mapin/pdf/mirzanur_idris.pdf+mirzaur_idris&hl=id&ct=cink&cd=1&9l=id), diakses 1 April 2015.
- [19] Kompas. (2008). Tutupan lahan di DAS Bengawan Solo berkurang 99 Persen. (<http://www2.kompas.com/ver1/Nasional/0801/04/143131.htm>), diakses 1 April 2015.
- [20] Paterson, L. (2008). Tropical cyclone Melanie 27 December 2007-2 January 2008. (<http://www.bom.gov.au/cyclone/history/pdf/melanie.pdf>), diakses 13 Maret 2015.