

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kondisi morfologi Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah didominasi daerah lembah yang rawan terkena banjir (Raharjo, 2011). Berdasarkan informasi narasumber, kejadian banjir paling besar adalah di akhir tahun 2007 hingga awal tahun 2008 dari kejadian banjir tahun 2007 sampai 2012. Banjir yang melanda Jawa Tengah dan Jawa Timur di DAS Bengawan Solo dan DAS Brantas pada akhir tahun 2007 yang lalu telah menyedot setidaknya Rp. 2,01 Trilyun yang setara dengan alokasi dana tanggap darurat untuk semua jenis bencana sepanjang tahun 2008 (DPU, 2009). Dampak paling besar dirasakan oleh penduduk, terutama yang bertempat tinggal berdekatan dengan aliran sungai dengan kondisi permukiman di daerah rendah. Selain merendam permukiman, banjir juga mengganggu kegiatan pemerintahan, pendidikan, kesehatan maupun kegiatan perekonomian penduduk. Cakupan banjir tiap tahun terus menerus mengalami perluasan wilayah. Perluasan terjadi karena banyaknya penumpukan sampah dan sedimentasi di sepanjang aliran sungai, sehingga terjadi ketidaklancaran aliran drainase yang masuk ke sungai utama yang akhirnya genangan air meluas.

Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir dapat dibagi menjadi dua yaitu : faktor teknis dan non teknis. Faktor teknis adalah penyebab banjir yang diakibatkan oleh kondisi sungai atau saluran yang sudah tidak memadai lagi, sedimentasi yang terjadi di sungai atau saluran, elevasi muka tanah yang lebih rendah daripada muka air laut pasang dan muka air banjir, penurunan muka tanah (*land subsidence*). Faktor non teknis adalah faktor penyebab banjir yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi di suatu wilayah, perubahan tata guna lahan yang mengakibatkan kenaikan debit banjir dan erosi, penyempitan atau penutupan sungai atau saluran oleh sampah dan bangunan liar (Kodoatie, 2006). Faktor non teknis yang berasal dari alam adalah ditimbulkan oleh fenomena meteorologi seperti peningkatan curah hujan yang ekstrim. Peningkatan curah

hujan ekstrim yang dapat menimbulkan banjir salah satunya fenomena *Madden-Julian Oscillation* (Evana, 2009).

*Madden-Julian Oscillation* (MJO) adalah osilasi/gelombang tekanan (pola tekanan tinggi-rendah) dengan periode 30-60 hari menjalar dari Barat ke Timur. MJO mempengaruhi aktivitas konveksi yang menyebabkan terjadinya konvergensi pada lapisan troposfer di daerah tropis antara Samudra Hindia Bagian Barat hingga Samudra Pasifik Tengah, dimana aktivitas konveksi merupakan salah satu faktor yang penting dalam pembentukan awan konvektif. Awan konvektif ialah awan yang terjadi karena kenaikan udara di atas permukaan yang nisbi panas. Dari awan kemudian muncul potensi terjadinya hujan (Tjasyono, 1999). Fenomena MJO berpengaruh signifikan ketika matahari di Belahan Bumi Selatan (BBS) terutama saat Monsun Asia kuat yaitu Bulan Desember, Januari, Februari (DJF). Sesuai periode tersebut menyebabkan penguapan tinggi di wilayah selatan khatulistiwa dan menimbulkan curah hujan tinggi di wilayah tertentu di Indonesia.

MJO menjadi salah satu pemicu hujan ekstrim 200 mm/hari dan merupakan faktor utama penyebab banjir di Jakarta tahun 1996 dan 2002. Aktifitas MJO juga berpengaruh pada curah hujan tinggi 26 Desember 2007 di laut dan pantai utara Jawa, sehingga mengakibatkan banjir dan tanah longsor di Jawa Tengah (Evana, 2009). Kejadian hujan ekstrim di Jawa Tengah dan sekitarnya pada akhir 2007 tersebut dibuktikan dengan curah hujan 142 mm/hari di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo dan 194 mm/hari di Stasiun Tawangmangu. Tingginya curah hujan mengakibatkan banjir di Sub DAS Solo Bagian Tengah bersumber dari daerah hulu Sub-Sub DAS Jlantah Walikun DS yaitu daerah Gunung Lawu (Sutardi, 2013). Kondisi ini mengakibatkan debit air di Sub-Sub DAS Jlantah Walikun DS sangat besar, sehingga menimbulkan arus balik (*backwater*) dari air bendungan Waduk Gajah Mungkur yang mengalir dalam kondisi di atas normal.

Banjir di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah menimbulkan kerugian besar sehingga diperlukan penanggulangan. Penanggulangan banjir selama ini masih dilakukan pada manajemen bawah atau konvensional (sudetan, normalisasi, talud), tetapi banjir masih terjadi. Salah satu cara penanggulangan yang dapat

dilakukan adalah melalui pendekatan meteorologi yaitu mengetahui karakter MJO penyebab curah hujan tinggi. Penelitian ini penting dilakukan, karena masih minimnya pengetahuan tentang karakteristik MJO dan belum pernah dilakukan penanggulangan dari segi meteorologis dari penyebab banjir itu sendiri. Adapun wilayah kajian dalam penelitian ini meliputi enam sub-sub DAS antara lain : Sub-subDAS Pepe, Sub-subDAS Brambang, Sub-subDAS Dengkeng, Sub-subDAS Jlantah Walikan Ds, Sub-subDAS Samin, dan Sub-subDAS Mungkung. Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik mengambil judul “Identifikasi *Madden Julian Oscillation* (MJO) Untuk Prediksi Peluang Banjir Tahunan di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah (2007–2012)”.

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana peluang banjir di daerah penelitian akibat MJO pada fase 4 tahun 2007-2012?
2. Bagaimana cara meminimalisir dampak banjir dari segi meteorologis melalui identifikasi MJO di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah pada bulan DJFM?

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui peluang banjir akibat MJO pada fase 4 tahun 2007-2012 di daerah penelitian.
2. Mengidentifikasi dan meminimalisir dampak MJO pada fase yang mempengaruhi peluang banjir tahunan di daerah penelitian pada bulan basah DJFM.

## **1.4 Kegunaan**

1. Memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains Program Geografi, Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi instansi Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dan pemerintah daerah dalam memprediksi ancaman banjir untuk pengurangan risiko bencana banjir tahunan di daerah penelitian.

## 1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

### 1.5.1 Telaah Pustaka

#### a. *Madden Julian Oscillation* (MJO)

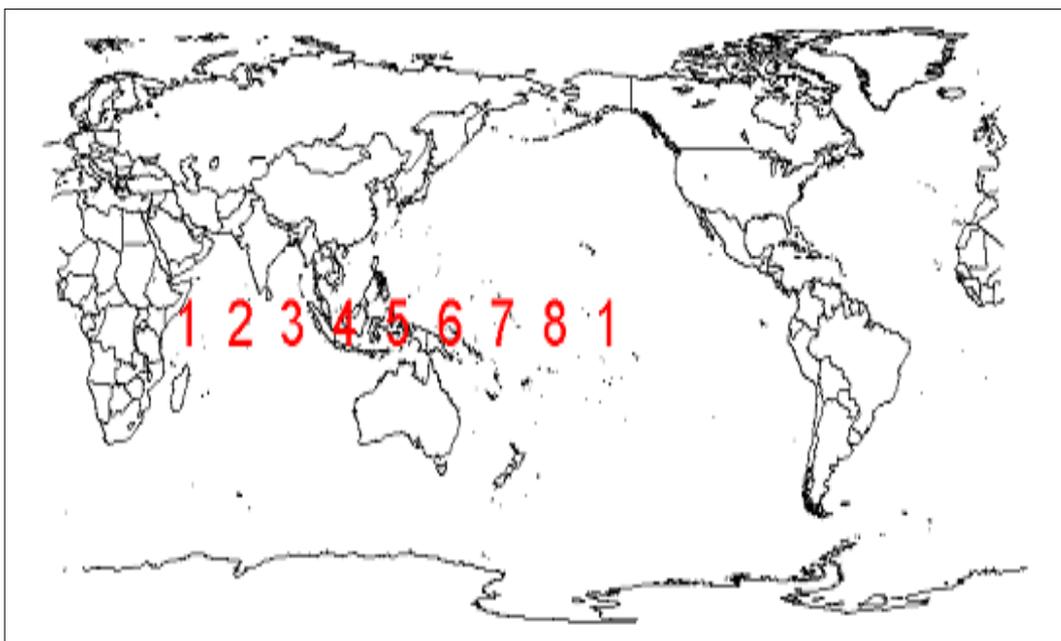
MJO adalah osilasi/gelombang tekanan (pola tekanan tinggi-rendah) dengan periode 30-60 hari menjalar dari Barat ke Timur yaitu Samudra Hindia ke Samudra Pasifik Tengah dengan rentang daerah propagasi  $15^{\circ}$  LU– $15^{\circ}$  LS. Fenomena ini pertama kali ditemukan oleh Roland Madden dan Paul Julian (1971) ketika menganalisis anomali angin zonal di Pasifik Tropis, sehingga dikenal dengan *Madden-Julian Oscillation* (MJO). Mereka menggunakan data tekanan selama 10 tahun di Pulau Canton ( $2,8^{\circ}$  LS di Pasifik) dan data angin di lapisan atas Singapura (dalam Wijaya, 2010).

MJO secara alami terbentuk dari sistem interaksi laut dan atmosfer, dengan periode osilasi kurang lebih 30-60 hari (Madden Julian 1971, 1972,1994). MJO merupakan fluktuasi utama dari sirkulasi atmosfer yang menjelaskan variasi cuaca di tropis dan meregulasi Monsun Asia Selatan (*South Asian Monsoon*). MJO mempengaruhi variasi angin, *sea surface temperature* (SST), awan, dan curah hujan (Lau dan Can, 1986 dalam Evana, 2009). Hal inilah yang menyebabkan fenomena MJO merupakan salah satu variabilitas dominan yang sangat penting di daerah tropis. MJO merupakan variasi intraseasonal (kurang dari setahun) yang terkenal di daerah tropis. Osilasi ini merupakan faktor penting saat fase aktif dan fase lemah Monsun India dan Australia, sehingga menyebabkan gelombang laut, arus, dan interaksi laut-udara. Pergerakan awan ke arah Timur diasosiasikan dengan osilasi MJO. Awal dan aktivitas Monsun Asia-Australia dipengaruhi kuat oleh pergerakan MJO ke Timur (Yasunari, 1979; Lau dan Chan, 1986 dalam Evana, 2009).

Fenomena MJO terkait langsung dengan pembentukan kolam panas di Samudra Hindia Bagian Timur dan Samudra Pasifik Bagian Barat sehingga pergerakan MJO ke arah Timur bersama Angin Baratan (*westerly wind*) sepanjang ekuator selalu diikuti dengan konveksi awan kumulus tebal. Awan konvektif ini menyebabkan hujan dengan intensitas tinggi sepanjang penjarannya yang menempuh jarak 100 kilometer dalam sehari di Samudra Hindia dan 500

kilometer per hari ketika berada di Indonesia. Pergerakan *super cloud cluster* tentu saja berkaitan dengan pergerakan pusat tekanan rendah yang akan diikuti oleh perubahan pola angin (Seto, 2002; dalam Evana, 2009).

Geerts menjelaskan bahwa karakter pergerakan MJO ke Timur dari Samudra India menuju Samudra Pasifik sekali osilasi dalam waktu 30-60 hari dibagi dalam 8 fase. Fase-1 di Afrika ( $210^{\circ}\text{BB}-60^{\circ}\text{BT}$ ), fase-2 di Samudra Hindia Bagian Barat ( $60^{\circ}\text{BT}-80^{\circ}\text{BT}$ ), fase-3 di Samudra India Bagian Timur ( $80^{\circ}\text{BT}-100^{\circ}\text{BT}$ ), fase-4 dan fase-5 di Benua Maritim Indonesia ( $100^{\circ}\text{BT}-140^{\circ}\text{BT}$ ), fase-6 di kawasan Pasifik Barat ( $140^{\circ}\text{BT}-160^{\circ}\text{BT}$ ), fase 7 di Pasifik Tengah ( $160^{\circ}\text{BT}-180^{\circ}\text{BT}$ ), dan fase-8 daerah konveksi di Belahan bumi Bagian Barat ( $180^{\circ}\text{BT}-160^{\circ}\text{BB}$ ) dalam BMKG Hang Nadim tahun 2012.



Gambar 1.1 Penjalaran MJO Fase 1-8

Karakter MJO dapat diketahui melalui analisis teknik *Real Multivariate MJO* (RMM1) dan (RMM2) untuk mengetahui perkembangan aktivitas MJO. Indeks RMM1 dan RMM2 telah digunakan dalam analisis statistik korelasi antara MJO dengan curah hujan (Wheeler dalam Hermawan, 2009). RMM indeks menghasilkan sinyal secara real time yang menunjukkan MJO itu sendiri. Fase 4 dan fase 5 merupakan fase yang perlu mendapat perhatian lebih mengingat posisinya yang terletak di kawasan maritim Indonesia.

## **b. Banjir**

Banjir adalah peristiwa atau keadaan terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat. Menurut Kodoatie (2002), banjir ada dua peristiwa. Pertama, peristiwa banjir atau genangan yang terjadi pada daerah yang biasanya tidak terjadi banjir. Kedua, peristiwa banjir terjadi karena limpasan air banjir dari sungai karena debit banjir tidak mampu dialirkan oleh alur sungai atau debit banjir lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada. Peristiwa banjir sendiri tidak menjadi permasalahan apabila tidak mengganggu terhadap aktivitas atau kepentingan manusia dan permasalahan ini timbul setelah manusia melakukan kegiatan pada daerah dataran banjir. Maka perlu adanya pengaturan daerah dataran banjir, untuk mengurangi kerugian akibat banjir (*flood plain management*).

Pengertian banjir diartikan sebagai aliran/genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa. Dalam istilah teknis, banjir adalah aliran air sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampung sungai, dan dengan demikian, aliran air sungai tersebut akan melewati tebing sungai dan menggenangi daerah sekitarnya (Asdak, 2010).

Suripin (2004) menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan untuk pengendalian banjir dibagi menjadi dua, yaitu faktor meteorologi dan karakteristik DAS. Faktor meteorologi terutama karakteristik hujan antara lain sebagai berikut:

### **i. Intensitas hujan**

Pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi. Jika intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun demikian, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya penggenangan di permukaan tanah. Intensitas hujan berpengaruh pada debit maupun volume limpasan.

ii. Durasi hujan

Total limpasan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu. Setiap DAS mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari lama hujan kritis, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

iii. Distribusi curah hujan

Laju dan volume limpasan dipengaruhi oleh distribusi dan intensitas hujan di seluruh DAS. Secara umum, laju dan volume limpasan maksimum terjadi jika seluruh DAS telah memberi kontribusi aliran. Namun demikian, hujan dengan intensitas tinggi pada sebagian DAS dapat menghasilkan limpasan yang lebih besar dibandingkan dengan hujan biasa yang meliputi seluruh DAS. Jika kondisi topografi, tanah, dan lain-lain di seluruh DAS seragam, untuk jumlah hujan yang sama, maka curah hujan yang distribusinya merata menghasilkan debit puncak paling minimum. Karakteristik distribusi hujan dinyatakan dalam koefisien distribusi yaitu nisbah antara hujan tertinggi di suatu titik dengan hujan rata-rata DAS.

Karakteristik DAS meliputi luas dan bentuk DAS, topografi, serta tata guna lahan.

i. Luas dan bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi, apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambah luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Bentuk DAS memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS

yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak di seluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya, misalnya dari hilir ke hulu DAS. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran dari hilir mengecil/habis.

ii. Topografi

Tampakan rupa bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan saluran, dan bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.

iii. Tata guna lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai  $C = 0$  menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai  $C = 1$  menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

Pada DAS yang baik, harga C mendekati nol dan semakin rusak suatu DAS, maka harga C makin mendekati satu.

### 1.5.2 Telaah Penelitian Sebelumnya

Lisa Evana tahun 2009 melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Model Prediksi *Madden Julian Oscillation* (MJO) Berbasis pada Hasil Analisis Data *Real Time Multivariate* MJO (RMM1 dan RMM2)“. Tujuan penelitian ini adalah : a. memodelkan data time series *Real Time Multivariate* (RMM1 dan RMM2), b. Menduga besarnya RMM1 dan RMM2 yang terjadi di atas wilayah Indonesia untuk beberapa dekade mendatang (2-3 hari dari data), c. menganalisis keterkaitan nilai RMM1 dan RMM2 dengan curah hujan yang terjadi di beberapa kawasan barat Indonesia (studi kasus: Jakarta, Lampung, Palembang, dan Kerinci). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa spektral, metode korelasi silang, dan metode Box-Jenkins. Adapun hasil penelitian ini adalah melalui metode Box-Jenkins, model prediksi yang mendekati untuk data deret waktu RMM1/2 adalah ARIMA (2,1,2), yang artinya bahwa prakiraan data RMM1/2 untuk waktu mendatang tergantung dari data dan galat dua hari sebelumnya. Hasil validasi nilai RMM dengan nilai prediksi untuk periode 2 Maret 2009–2 Juni 2009, menunjukkan bahwa nilai prediksi dengan model ARIMA (2,1,2) mendekati nilai RMM data asli, dengan rata-rata galat yang diperoleh yaitu 0.17 (RMM1) dan 0.15 (RMM2), MJO fase aktif tidak selalu diikuti dengan hujan deras di Indonesia. MJO aktif berpeluang menimbulkan hujan deras di Indonesia ketika terjadi pada bulan basah (DJFM). Pada tahun 1996 dan 2002 MJO menjadi salah satu penyebab hujan deras (mencapai 200 mm/hari) yang menyebabkan banjir (studi kasus: Jakarta). Namun kejadian hujan deras yang menyebabkan banjir pada Februari 2007 terjadi ketika MJO dalam fase lemah, sehingga diduga ada fenomena lain yang menyebabkan hujan deras tersebut.

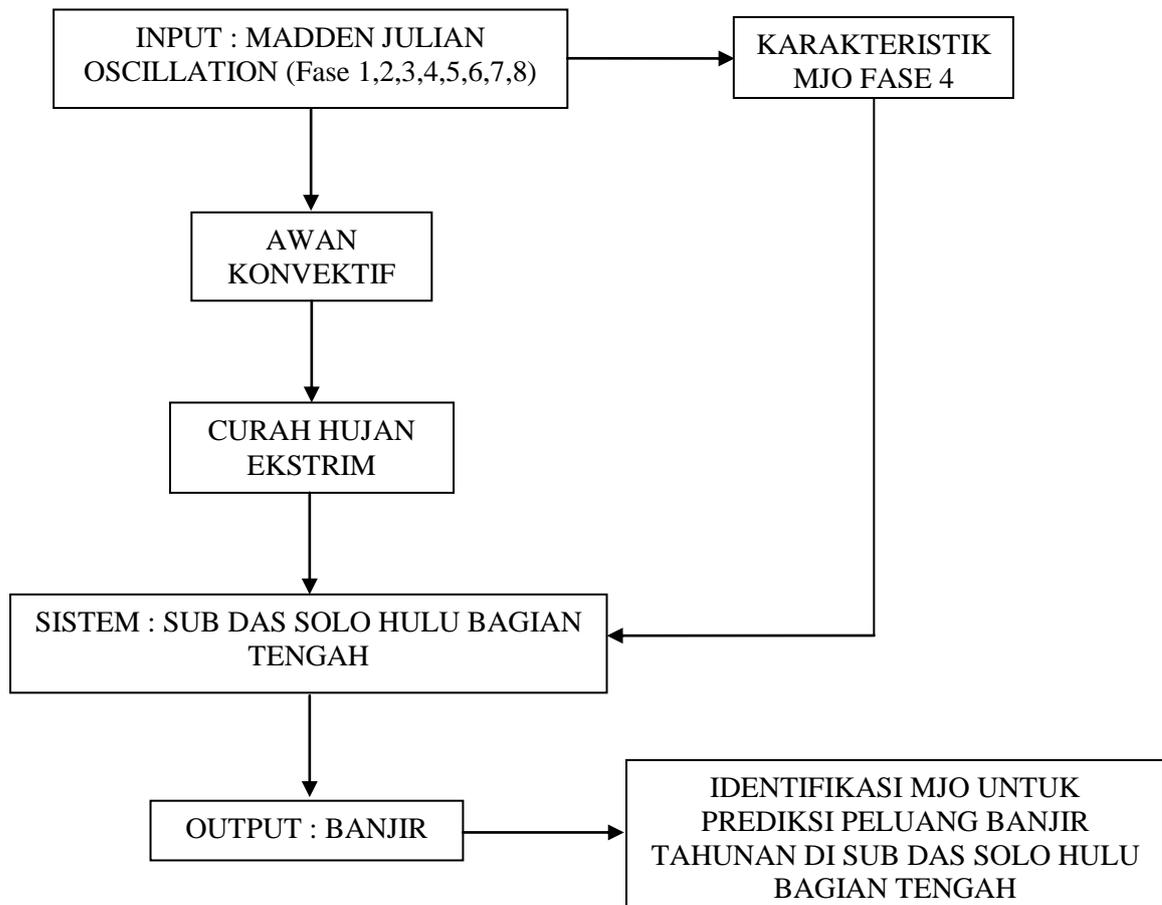
Tabel 1.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Nama & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Lisa Evana (2009)	Pengembangan Model Prediksi <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO) Berbasis pada hasil Analisis Data <i>Real Time Multivariate MJO</i> (RMM1 dan RMM2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memodelkan data time series <i>Real Time Multivariate</i> (RMM1 dan RMM2)</li> <li>2. Menduga besarnya RMM1 dan RMM2 yang terjadi di atas wilayah Indonesia untuk beberapa dekade mendatang (2-3 hari dari data)</li> <li>3. Menganalisis keterkaitan nilai RMM1 dan RMM2 dengan curah hujan yang terjadi di beberapa kawasan barat Indonesia (studi kasus : Jakarta, Lampung, Palembang, dan Kerinci)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisis Spektral</li> <li>2. Metode Korelasi Silang</li> <li>3. Metode Box-Jenkins</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melalui metode Box Jenkins, model prediksi yang mendekati untuk data deret waktu RMM1/2 adalah ARIMA (2,1,2), yang artinya bahwa prakiraan data RMM1/2 untuk waktu mendatang tergantung dari data dan galat dua hari sebelumnya.</li> <li>2. Hasil validasi nilai RMM dengan nilai prediksi untuk periode 2 Maret 2009 – 2 Juni 2009, menunjukkan bahwa nilai prediksi dengan model ARIMA (2,1,2) mendekati nilai RMM data asli, dengan rata-rata galat yang diperoleh yaitu 0.17 (RMM1) dan 0.15 (RMM2).</li> <li>3. MJO fase aktif tidak selalu diikuti dengan hujan deras di Indonesia. MJO aktif berpeluang menimbulkan hujan deras di Indonesia ketika terjadi pada bulan basah (DJFM). Pada tahun 1996 dan 2002 MJO menjadi salah satu penyebab hujan deras (mencapai 200 mm/hari) yang menyebabkan banjir (studi kasus: Jakarta). Namun kejadian hujan deras yang menyebabkan banjir pada Februari 2007 terjadi ketika MJO dalam fase lemah, sehingga diduga ada fenomena lain yang menyebabkan hujan deras tersebut.</li> </ol>
Fitriyani (2013)	Identifikasi <i>Madden Julian Oscillation</i> (MJO) Untuk Prediksi Peluang Banjir Tahunan di Sub DAS Solo Hulu bagian Tengah (2007-2012)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengetahui peluang banjir akibat MJO pada fase 4 tahun 2007-2012 di daerah penelitian.</li> <li>2. Mengidentifikasi dan meminimalisir dampak MJO pada fase yang mempengaruhi peluang banjir tahunan di daerah penelitian pada bulan basah DJFM.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisis deskriptif analitik</li> <li>2. Metode CDF</li> </ol>	

## 1.6 Kerangka Pemikiran

MJO merupakan osilasi dengan periode waktu 30-60 hari yang menjalar dari Samudera Hindia menuju Samudera Pasifik Tengah dengan daerah propagasi  $15^{\circ}\text{LU}-15^{\circ}\text{LS}$ . Dalam pergerakannya membangun kolam panas, menimbulkan awan konvektif (*cumulus* dan *cumulonimbus*) yang berpotensi terjadinya curah hujan ekstrim. Salah satu karakter *Madden Julian Oscillation* (MJO) adalah memiliki delapan fase setiap periodenya. Sifat MJO adalah dapat menimbulkan hujan lebat yang mengakibatkan banjir. Kejadian banjir di Sub Daerah Aliran Sungai Solo Hulu Bagian Tengah diduga akibat MJO, karena wilayah Sub DAS tersebut berada di fase empat.

Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah adalah bagian dari DAS terbesar di Pulau Jawa yakni Bengawan Solo. Daerah penelitian berpotensi terjadi banjir setiap tahunnya, karena daerah cekungan atau *intermountain basin* di antara gunung di sebelah Barat dan Timur serta pegunungan di sebelah Utara dan Selatan. Kondisi alih fungsi lahan konservasi menjadi lahan pertanian meningkat serta variasi kemiringan lereng curam hingga landai menimbulkan ketidakseimbangan antara peningkatan curah hujan, infiltrasi dan limpasan. Sehingga sungai tidak mampu menampung air hujan dalam kapasitas yang besar. Banjir genangan tidak bisa dihindari di daerah cekungan, karena padatnya permukiman di sepanjang aliran sungai. Beberapa upaya dari pemerintah seperti konservasi lahan dan perbaikan bangunan di sekitar DAS dilakukan seperti normalisasi aliran sungai tahun 1980an. Akan tetapi, normalisasi tersebut justru memperbesar/mempercepat aliran air dan sedimentasi. Permasalahan banjirpun belum bisa terselesaikan sampai tuntas saat ini. Karena program penanggulangan secara konvensional diketengahkan bahkan kadang tidak efektif dan memakan biaya besar. Maka dari segi meteorologis dapat dilakukan dengan identifikasi penyebab banjir. Identifikasi ini dengan melihat karakteristik fase MJO. Adapun karakteristik MJO yang dapat diidentifikasi yaitu rata-rata penjaralan fase 3 ke fase 4 maupun dari fase 4 kembali ke fase 4 dalam osilasi selanjutnya. Dengan mengetahui karakteristiknya, diharapkan pengurangan risiko dampak banjir yang berpeluang terjadi di daerah penelitian dapat ditekan.



Gambar 1.2 Diagram Alur Pemikiran

Sumber : Penulis, 2013.

## 1.7 Hipotesis

*Madden Julian Oscillation* (MJO) di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah berpotensi menimbulkan hujan deras dan menyebabkan banjir.

## 1.8 Metodologi Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah pengumpulan data sekunder. Metode pengolahan data curah hujan dan debit dengan menggunakan metode CDF (*Comulative Distribution Function*). Metode yang digunakan dalam analisa data menggunakan analisis deskriptif analitik.

### **1.8.1 Pemilihan Daerah Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah. Sub DAS ini meliputi sembilan daerah administrasi kabupaten/kota yaitu Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Boyolali, Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Klaten, Kabupaten Karanganyar, Kota Surakarta, Kabupaten Semarang, dan Kabupaten Sleman (Daerah Istimewa Yogyakarta) serta Kabupaten Gunung Kidul (Daerah Istimewa Yogyakarta). Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah dipilih menjadi lokasi penelitian, karena daerah penelitian merupakan daerah *intermountain basin* antara Gunung Merapi dan Gunung Lawu, serta di antara Pegunungan Plato Wonogiri dan Pegunungan Kendeng (Suharjo, dalam Anna 2011), sehingga sangat berpotensi terjadi banjir ketika musim penghujan.

### **1.8.2. Alat dan Data yang Digunakan**

#### **1.8.2.1 Alat yang Digunakan**

Alat yang digunakan dalam memperoleh, mengolah dan menganalisa antara lain :

1. Seperangkat komputer dengan perangkat lunak pendukung Microsoft Office 2007 untuk mengolah kata dan angka.
2. ArcGIS 9.3 untuk mengolah data spasial.
3. *Grids Analysis and Display System* (GrADS) untuk memvisualisasikan data OLR dan data curah hujan global.
4. Matlab untuk analisa nilai *threshold* data curah hujan observasi dan debit air sungai.

#### **1.8.2.2 Data**

Adapun data yang digunakan adalah data sekunder. Dalam penelitian ini data dibagi menjadi dua kelompok yaitu data utama dan data pendukung.

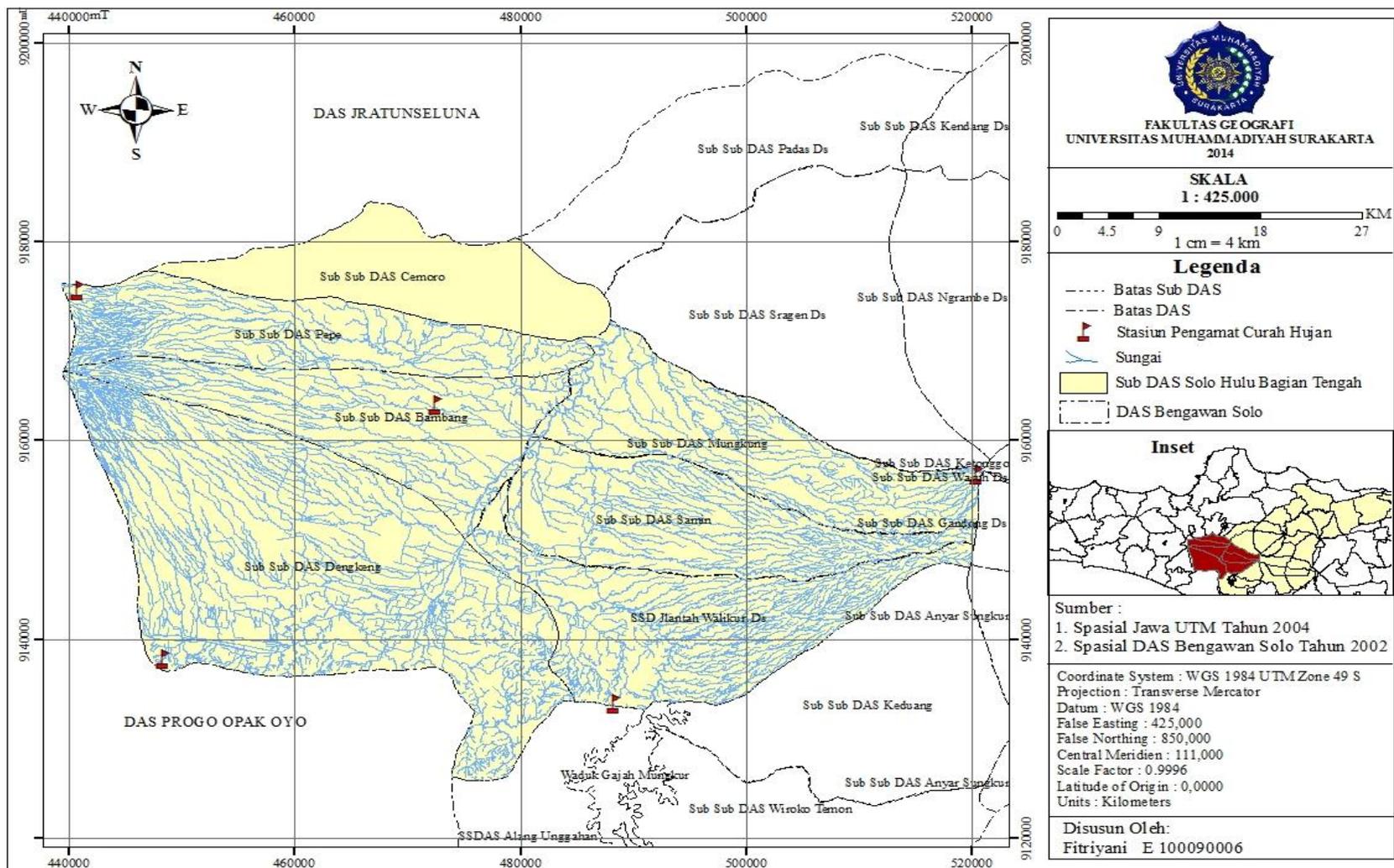
##### **A. Data utama**

Yaitu data kejadian banjir tahun 2007–2012 untuk kejadian pada bulan Desember–Januari–Februari–Maret (DJFM). Bulan tersebut dipilih dalam

penelitian ini karena peluang hari hujan lebih banyak. Data kejadian banjir diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dan Perum Jasa Tirta.

#### **B. Data Pendukung :**

- a. Data harian *Realtime Multivariate MJO* seri 1 dan 2 (RMM1/2) periode Desember-Januari-Februari-Maret tahun 2007-2012. RMM merupakan gabungan dari amplitudo dan fase MJO (Wheeler dan Hendon 2004; dalam Prakosa, 2011).
- b. Data anomali *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) global periode Desember-Januari-Februari-Maret tahun 2007-2012. OLR atau radiasi gelombang panjang adalah jumlah energi yang dipancarkan bumi ke angkasa (Juniarti, 2002; dalam Evana, 2009) serta salah satu komponen dasar yang digunakan untuk menghitung indeks MJO (Prakosa, 2011).
- c. Data curah hujan rata-rata harian global periode tahun 2007–2012 bulan Desember–Januari-Februari-Maret berbasis observasi satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) jenis 3B42.
- d. Data citra MTSAT IR1 tiap jam 00.00 UTC pada saat tanggal kejadian banjir.
- e. Indeks Pentad (lima harian) MJO Fase 4 DJFM tahun 2007-2012.
- f. Data curah hujan observasi harian wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Solo Hulu Bagian Tengah yaitu Klaten, Colo, Nepen, Tawangmangu, dan Pabelan tahun 2007–2012 untuk periode bulan Desember-Januari–Februari-Maret. Data curah hujan didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Adapun wilayah persebaran stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 1.3.
- g. Data debit harian Sungai Bengawan Solo dari pos pemantauan debit air Jurug dan Serenan tahun 2008–2012. Data debit didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.
- h. Data debit Waduk Gajah Mungkur 26 Desember tahun 2007 pendukung kejadian banjir. Data debit didapatkan dari Perum Jasa Tirta Daops IV Wonogiri.
- i. Data spasial administrasi DAS Bengawan Solo tahun 2002.
- j. Data spasial administrasi Jawa Tengah dan DIY tahun 2004.
- k. Data spasial administrasi Pulau Jawa tahun 2004.



Gambar 1.3 Peta Sebaran Pos Pengamat Curah Hujan di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah

- l. Data jenis tanah. Sumber dari BIG tahun data 2004.
- m. Data geologi. Sumber dari BIG tahun data 2004.
- n. Data penggunaan lahan. Diperoleh dari peta RBI sumber dari Balai Pengelolaan DAS Solo tahun data 2002.
- o. Data topografis. Diperoleh dari peta RBI sumber dari BIG tahun data 2004.
- p. Data jenis vegetasi. Diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS Solo tahun data 2006.

### 1.8.2.3 Langkah Penelitian

#### a) Tahap Persiapan

Tahapan persiapan yang dilakukan antara lain : 1) menyiapkan alat yang digunakan dalam penelitian baik perangkat keras maupun perangkat lunak; 2) menyiapkan data sebagai bahan yang digunakan dalam penelitian seperti data kejadian banjir, data curah hujan, data RMM1 dan RMM2, data OLR global, data curah hujan global, data debit, dan data spasial.

#### b) Tahap Pengolahan Data

- b1. Pengolahan data disini adalah melihat atau mencocokkan data kejadian banjir dengan MJO, di fase yang berpotensi menimbulkan hujan deras dan banjir di daerah Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah. Pencocokkan data ini per tanggal kejadian kemudian disesuaikan dengan data aktivitas MJO di Jawa waktunya sama atau tidak. Pencocokan data diambil data kejadian banjir besar. Karena dampak MJO sangat luas atau skala wilayah nasional (misal wilayah Indonesia Bagian Barat). Sehingga banjir skala besar yang didahulukan daripada banjir skala lokal. Dilanjutkan dengan analisis korelasi untuk melihat hubungan indeks MJO dengan indeks curah hujan. Seberapa besar pengaruh antara aktivitas MJO dengan hujan deras dengan melihat data RMM1 dan RMM2.
- b2. Identifikasi aktivitas MJO di wilayah Jawa dengan membuat spasial OLR dan curah hujan global dengan menggunakan GrADS (pengolahan fase aktif MJO dari fase 3 sampai fase 5). Indeks Multivarian Realtime MJO dikemukakan oleh Wheeler dan Hendon (2004) dalam Prakosa (2011) dan digunakan untuk

mendefinisikan berbagai fase MJO. Indeks yang dikeluarkan CACWR (*The Centre for Australian Weather and Climate Research*) ini merupakan gabungan dari amplitudo dan fase MJO periode 2001-2011. Indeks MJO ini dihitung sebagai time series *Principal Component* (PC) dari dua fungsi *Orthogonal Empiris* (EOFs) yang dikombinasikan dengan rata-rata harian angin zonal (850 hPa dan 200 hPa) dan rata-rata OLR di daerah tropis (15<sup>0</sup>S-15<sup>0</sup>N). Agar pengaruh MJO terlihat, skala variabilitas waktu yang terkait dengan ENSO dihapus sebelum menghitung EOFs (Pai, et al 2009 dalam Prakosa, 2011). Indeks MJO memperlihatkan posisi harian pada tiap-tiap fase evolusi yang kemudian dijadikan acuan dalam membuat komposit data-data pendukung lainnya.

- b3. Selanjutnya mengolah data curah hujan observasi dan data debit dengan metode CDF menggunakan software Matlab. Adapun rumus matematis yang digunakan dalam metode tersebut adalah perhitungan percentile, dengan rumus sebagai berikut:

$$R = P\% \times (N + 1)$$

dimana :

R = Ranking percentile

P = Percentile yang diinginkan

N = Banyak data (Susanto, 2010).

Untuk CDF curah hujan diambil persentase 90%, artinya curah hujan yang menyebabkan banjir adalah curah hujan ekstrim yang kejadiannya sedikit atau jarang sebesar 10%. Begitu juga dengan CDF debit diambil 90%, yang artinya besar debit sungai yang berpotensi menimbulkan banjir sebesar 10%.

#### c) Tahap Analisis Data

Mendesripsikan kesesuaian antara peristiwa *Madden Julian Oscillation* (MJO) dengan kejadian banjir. Apabila kejadian banjir di Sub DAS Solo Hulu Bagian Tengah berkorelasi dengan fase MJO di fase empat, maka diketahui penjarannya dari fase tiga ke empat selama beberapa hari serta mengetahui nilai *threshold* curah hujan ekstrim maupun debit yang dapat menimbulkan banjir.

## 1.9 Batasan Operasional

**Awan kumululus (*cumulonimbus*)** merupakan jenis awan yang terlihat gelap (warna hitam pekat dan bergumpal berbentuk bunga kol). Akibat jenis awan ini menimbulkan hujan lebat, angin kencang, dan petir/guntur berdurasi singkat (BMKG Klas I Juanda Surabaya, 2013).

**Banjir** yaitu peristiwa tergenangnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat, dan kedua yakni peristiwa meluapnya air dipermukaan yang terjadi akibat limpasan air dari sungai karena debit banjir tidak mampu dialirkan oleh alur sungai atau debit banjir lebih besar daripada kapasitas pengaliran sungai yang ada (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

**Daerah Aliran Sungai (DAS)** dapat dipandang sebagai suatu sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh peubah presipitasi (hujan) sebagai masukan ke dalam sistem. Di samping itu, DAS mempunyai karakter yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur-unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, geologi, geomorfologi, vegetasi dan tata guna lahan. Karakteristik DAS dalam merespon hujan yang jatuh di tempat tersebut, dapat memberi pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan airtanah, dan aliran sungai (Seyhan, 1977).

**Konveksi** yaitu proses pemanasan vertikal yang membawa uap air pada siang hari sehingga dapat membantu pembentukan awan tebal menjulang tinggi, biasanya terjadi hujan tiba-tiba, petir, dan angin kencang (BMKG Klas I Juanda Surabaya, 2013).

**Konvergensi** adalah gerakan angin dalam bentuk arus masuk horizontal ke suatu daerah atau mengumpulnya massa udara di suatu daerah yang membantu untuk pembentukan awan tebal. Konvergensi juga merupakan penurunan kecepatan angin (BMKG Klas I Juanda Surabaya, 2013).

**Madden Julian Oscillation (MJO)** adalah fluktuasi musiman atau gelombang atmosfer yang terjadi di kawasan tropik. MJO berkaitan dengan variabel cuaca penting di permukaan maupun lautan pada lapisan atas dan bawah. MJO mempunyai siklus sekitar 30 – 60 harian. MJO dalam pengertian awam bisa

didefinisikan dengan istilah penambahan gugusan uap air yang menyuplai dalam pembentukan awan hujan (BMKG Klas I Juanda Surabaya, 2013).

*Outgoing Longwave Radiation* (OLR) adalah ukuran atau nilai radiasi bumi yang memiliki gelombang panjang yang terdeteksi dari luar angkasa. Deteksi ini diukur untuk menggambarkan seberapa besar perawanan menghambat keluarnya radiasi bumi tersebut (Aldrian dalam Evana, 2009).