

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian dari evaluasi data hujan berbasis satelit, saat ini sudah banyak dilakukan.. Zubaidah (2012) melakukan penelitian mengenai data *TRMM* dari tahun 2009 hingga 2010 dan Gu dkk (2010) melakukan penelitian dari tahun 1998 hingga 2006. Hasil penelitian menyebutkan bahwa data curah hujan *TRMM* dapat digunakan untuk kondisi *ekstrim* (Zubaidah, 2012). Selain itu data *TRMM* juga dapat digunakan sebagai sumber data alternatif untuk model hidrologi terdistribusi skala besar (Gu dkk, 2010). Jika diterapkan pada tiga pola hujan berbeda di Indonesia maka dapat dikatakan bahwa data *TRMM* memiliki hubungan yang cukup tinggi pada pola lokal dan pola *equatorial* dan memiliki hubungan tinggi di wilayah pola *monsum* (Mamenun dkk, 2014)

Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data curah hujan. Syaifullah (2014) dan Nugroho (2014) meneliti menggunakan metode *GrADS (Grid Analysis and Display)*. Hasil menunjukkan bahwa data curah hujan *TRMM* dapat digunakan sebagai *estimasi* data curah hujan, nilai korelasi antara data satelit *TRMM* dan data pos pengamatan akan lebih baik jika analisis menggunakan data bulanan. Jika analisis menggunakan data harian memiliki koefisien korelasi dari -0.06 sampai korelasi kuat 0.78, sedangkan rata-rata korelasi koefisien 0.68 (Yang dkk, 2016 dan Giarno dkk, 2018).

Penelitian pada Daerah Tangkapan Air (DTA) menunjukkan, koefisien korelasi bulanan harus memenuhi kriteria yaitu dengan nilai lebih dari 0.6 (Orfa dan Samad, 2018). Selain observasi pada DTA, data curah hujan satelit *TRMM* juga di analisis dengan prediksi curah hujan menggunakan *GFS Meteorogam* di mana dikatakan jika semakin panjang jangka waktu prediksi maka nilai koefisien korelasi akan semakin kecil (Wirahma dkk, 2015).

Data *TRMM* merupakan data satelit yang berasal dari sistem, maka tidak bisa data satelit bisa seluruhnya digunakan sebagai data prediksi hujan, karena bisa saja terdapat kesalahan dalam sistem. Pendekatan koreksi bias statistik terhadap

data *TRMM* karena kesalahan sistematis (*systematic errors*) menggunakan fungsi transfer dapat digunakan untuk mengoreksi data hujan *TRMM* dan melengkapi ketidak lengkapan data observasi (Dasanto dkk, 2014).

2.1.2. Perbedaan dengan Peneliti Dahulu

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan angka korelasi data antara data curah pengamatan lapangan dan data curah hujan satelit *MERRA-2 Model* dan data satelit *TRMM*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis korelasi menggunakan metode korelasi *bivariate / Product Moment Pearson* dan R^2 . Korelasi dilakukan terhadap curah hujan jam-jaman, 3 jaman dan harian. Prediksi perbedaan waktu hujan data satelit terhadap data pengamatan lapangan juga dilakukan pada penelitian ini. Data hujan pengamatan lapangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9 stasiun, dan masing-masing stasiun di ambil 15 hari.

2.2. Dasar Teori

Penelitian ini membahas tentang perbandingan antara data satetelit hujan *MERRA- 2 Model* dan *TRMM* dengan data stasiun hujan *ARR* pada stasiun hujan Donoharjo, Jatisrono, Kaliadem, Ketep, Ngipiksari, Perikanan, Sipil, Sukorini, dan Turgo Di wilayah Yogyakarta.

2.2.1. Definisi dan Satuan Hujan

Hujan berasal dari uap air yang ada di *atmosfer*, di mana bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti tekanan *atmosfer* sendiri, angin dan temperatur.

Siklus terjadinya hujan dapat dimulai dari penyinaran matahari yang menyebabkan terjadinya penguapan dan biasanya disebut dengan evaporasi. Selanjutnya, uap air yang terbawa ke atmosfer mengalami kondensasi akibat dari temperatur atmosfer yang sangat dingin dan terkumpul menjadi awan. Adanya angin yang bergerak vertikal mengakibatkan awan bergumpal, sedangkan pergerakan horizontal angin akan membawa awan ke daerah yang bertekanan lebih rendah. Setelah mencapai saturasi, akan terjadi presipitasi berbentuk hujan. Hujan yang di permukaan bumi akan diserap oleh tanah dan aliran menjadi limpasan permukaan yang akhirnya masuk ke sungai, dan dialirkan kembali ke laut dan akan mengulang siklus penguapan. Hal ini umumnya disebut dengan siklus hidrologi.

Satuan curah hujan adalah mm, yaitu ketinggian atau kedalaman, atau ketebalan air hujan yang terkumpul pada tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Banyaknya curah hujan yang turun ke permukaan persatuan waktu tertentu disebut dengan intensitas hujan (satuan mm/jam). Hujan yang lebat merupakan suatu kondisi di mana hujan memiliki intensitas besar. Hujan akan mengalir dari tempat yang tinggi (gunung atau pegunungan) melalui sungai menuju ke tempat yang lebih rendah di permukaan tanah maupun yang berakhir di laut. Permukaan tanah tempat air hujan turun atau yang lebih sering dikenal dengan wilayah tangkapan air hujan disebut dengan Daerah Aliran Sungai (DAS).

Intensitas hujan, mengacu pada standar Internasional (*WMO*) (2008) disajikan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Intensitas hujan (*WMO*, 2008)

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	< 0.1 mm	< 5.0 mm
Hujan ringan	0.1 - 5.0 mm	5.0 - 20 mm
Hujan normal	5.0 mm - 10 mm	20 - 50 mm
Hujan lebat	10 - 20 mm	50 - 100 mm
Hujan sangat lebat	> 20 mm	> 100 mm

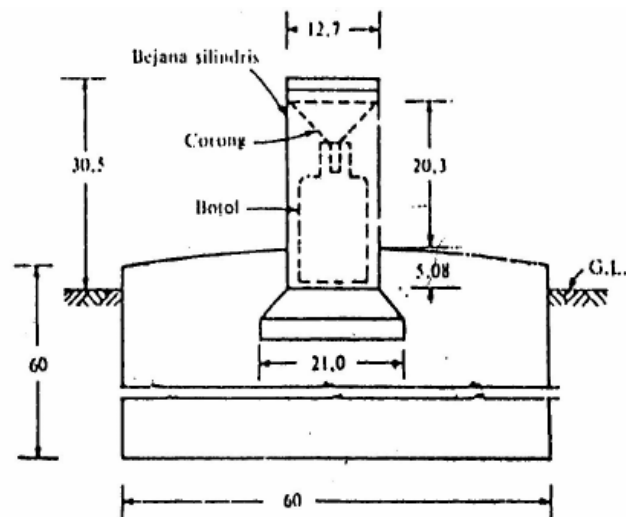
2.2.2. Pengukuran Hujan

Hujan merupakan sesuatu yang diukur, pengukuran dapat dilakukan menggunakan beberapa cara. Salah satu cara untuk mengukur hujan adalah dengan menampung air hujan yang jatuh di permukaan bumi. Alat ukur hujan, ditempatkan di beberapa titik di mana titik tersebut telah mewakili suatu luasan daerah disekitarnya. Hujan terukur dinyatakan kedalaman hujan yang jatuh pada suatu interval waktu tertentu (Triatmodjo, 2015).

Di Indonesia sendiri pengukuran hujan dilakukan oleh beberapa instansi diantaranya adalah Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), Dinas Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Dinas Pertanian, dan beberapa instansi lainnya baik pemerintahan maupun swasta. Terdapat dua macam alat penakar hujan yang digunakan yaitu penakar hujan manual dan penakaran hujan otomatis. Penakar hujan otomatis disebut *Automatic Rainfall Recorder*.

2.2.3. Alat Penakar Hujan Manual

Alat penakar hujan manual terdiri dari bejana silinder, corong dan botol. Alat ini ditempatkan pada suatu ruang terbuka di mana nantinya air hujan akan jatuh kecorong dan ditampung pada bejana silinder. Sistem pengukuran dilihat dari volume air yang ditampung dan luas corong. Selanjutnya dapat diketahui kedalaman hujan. Pengukuran menggunakan alat pengukuran manual dilakukan setiap hari. Biasanya dilakukan pembacaan pada pagi hari, dimana hujan yang tercatat adalah hujan yang terjadi pada hari sebelumnya. Kekurangan dalam alat penakar hujan manual adalah tidak dapat diketahui intensitas hujan yang turun, durasi (lama waktu) hujan dan kapan terjadinya hujan (Triatmodjo, 2015). Alat penakar hujan manual ditunjukkan pada Gambar 2.1.



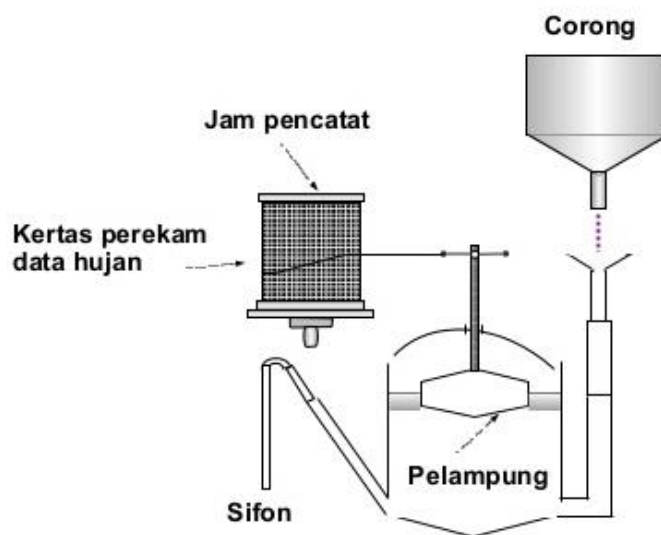
Gambar 2. 1 Gambar alat penakar hujan manual

2.2.4. Alat Penakar Hujan Otomatis

Alat penakar hujan otomatis (*Automatic Rainfall Recorder/ARR*) mengukur hujan secara kontinyu sehingga dapat diketahui intensitas hujan dan lama waktu hujan. Biasanya pencatatan dilakukan setiap 5, 10, 15 menit dan seterusnya. Alat ini dilengkapi dengan pencatatan jumlah akumulasi hujan terhadap waktu dalam bentuk grafik. Dengan menggunakan alat penakar hujan otomatis dapat diketahui intensitas hujan pada suatu daerah. Data intensitas hujan sangat penting untuk memperkirakan debit banjir. Ada beberapa macam jenis penakar hujan otomatis yaitu alat penakar hujan jenis pelampung, alat penakar hujan jenis timba jungkit, alat penakar jenis timbangan (Triatmodjo, 2015).

a. Alat penakar hujan jenis pelampung

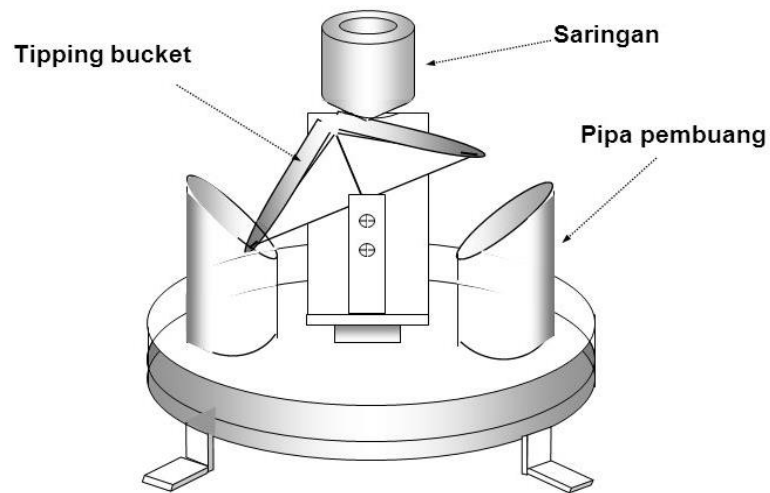
Sistem kerja alat penakar hujan jenis timba adalah hujan yang jatuh masuk kedalam tabung yang berisi pelampung. Jika muka air yang di dalam tabung naik, maka pelampung bergerak ke atas dan sebuah pena yang dihubungkan dengan pelampung melalui tali penghubung ikut gerak. Gerakan pena memberikan tanda pada kertas grafik yang digulung pada silinder. Jika tabung penuh, maka otomatis air akan keluar mealui mekanisme sifon (Triatmodjo, 2015). Berikut gambar dan desain mekanik alat penakar hujan jenis pelampung ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Alat penakar hujan jenis pelampung

b. Alat penakar hujan jenis timba jungkit

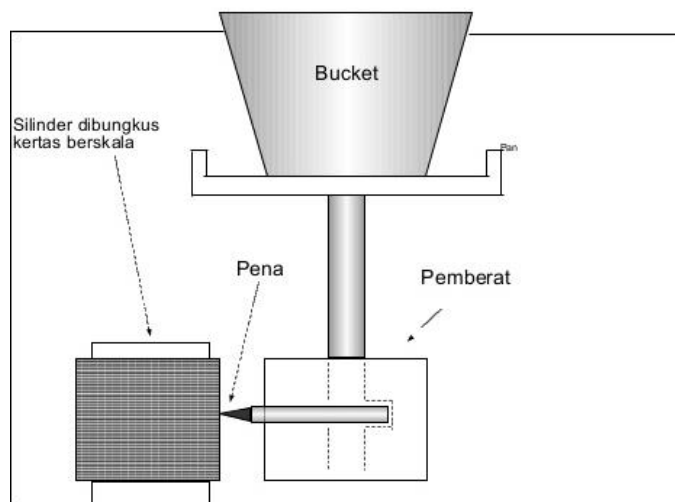
Sistem kerja alat penakar hujan jenis timba jungkit terdiri dari silinder penampung yang dilengkapi dengan corong, di bawah corong terdapat sepasang timba penakar kecil yang dipasang sedemikian rupa sehingga jika salah satu timba menerima curah hujan sebesar 0.25 mm, maka timba-timba tersebut akan menjungkit dan menumpahkan isinya kedalam tangki. Lalu timba lainnya menggantikan tempatnya. Gerakan timba nantinya mengaktifkan sirkuit listrik yang menyebabkan Bergeraknya pena pada lembaran kertas grafik yang dipasang pada tabung silinder dan berputar sesuai dengan arah jarum jam (Triatmodjo, 2015). Berikut gambar dan desain mekanik alat penakar hujan jenis timba jungkit ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Alat penakar hujan jenis timba jungkit

c. Alat penakar hujan jenis timbangan

Sistem kerja alat penakar hujan jenis timbangan di mana terdapat *bucket* yang bentuknya menyerupai jungkat-jungkit untuk menampung air hujan sebanyak volume tertentu. Semua bagian mekanik ini menggunakan bahan akrilik (Kurniawati dkk, 2017). Berikut gambar dan desain mekanik alat penakar hujan jenis timbangan ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Alat penakar hujan jenis timbangan

2.2.5. MERRA-2 Model

Analisis *Retrospektif Era Modern* untuk Penelitian dan Aplikasi versi 2 (*MERRA-2 Model*) adalah analisis ulang atmosfer NASA untuk era satelit menggunakan Model Sistem Pengamatan Bumi Goddard, Versi 5 (GEOS-5)

dengan *Atmospheric Data Assimilation System (ADAS)* , versi 5.12.4. Dalam data *Merra-2 model* menggunakan data curah hujan berbasis observasi sebagai parameterisasi permukaan tanah. Dalam sebagian besar sistem analisis ulang, curah hujan yang terlihat oleh permukaan tanah dihasilkan oleh sistem *AGCM* setelah asimilasi suhu atmosfer, kelembaban, dan pengamatan angin, namun curah hujan yang dihasilkan oleh *Merra-2 Model* dikoreksi dengan pengamatan curah hujan sebelum mencapai permukaan tanah. Koreksi curah hujan *Merra-2 Model* diimplementasikan dalam sistem *reanalysis* atmosfer darat yang digabungkan. Hal ini memungkinkan pengendapan yang diamati. Berdampak melalui evapotranspirasi, suhu, dan kelembaban udara di dekat permukaan, sehingga menghasilkan set data meteorologi permukaan yang lebih konsisten (Reichle dkk. 2017). Proyek *MERRA* berfokus pada analisis iklim *historis* untuk berbagai skala cuaca dan waktu iklim dan menempatkan rangkaian pengamatan *NASA EOS* dalam konteks iklim. *MERRA-2 Model* mencakup periode 1980-sekarang, berlanjut sebagai analisis iklim yang berkelanjutan.

2.2.6. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

Muttaqin, dkk (2014) menyebutkan *TRMM (Tropical Rainfall Measuring Missions)* merupakan misi satelit hasil kerjasama antara *NASA* (Amerika) dengan *JAXA* (Jepang) untuk memantau hujan tropis dan sub-tropis serta untuk memperkirakan pemanasan laten. Data *TRMM* adalah data *presipitasi* (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi *TRMM* dengan tiga sensornya yaitu *PR (Precipitation Radar)*, *TMI (TRMM Microwave Imager)* mengukur energi gelombang mikro yang dipancarkan oleh bumi dan atmosfernya untuk mengukur uap air, air awan, dan intensitas curah hujan di atmosfer, dan *VIRS (Visible and Infrared Scanner)*. Menurut Blakeslee (1998) *Lightning Imaging Sensor (LIS)* merupakan instrumen pada satelit *TRMM* yang digunakan untuk mendeteksi distribusi dan variabilitas total petir yang terjadi di daerah tropis dan subtropis bumi. Informasi ini dapat digunakan untuk deteksi dan analisis hujan yang ekstrim, dan juga untuk studi interaksi petir. Instrumen *LIS* melakukan pengukuran pada siang dan malam hari dengan efisien deteksi tinggi. Pengukuran hujan dalam satelit *TRMM* yang digunakan dalam penelitian ini adalah per 3 jam.

2.2.7. Korelasi

Menurut Rahmawati dkk. (2017) korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi/hubungan (*measures of association*) yang digunakan dalam mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Korelasi tidak secara otomatis menunjukkan hubungan kualitas antar variabel. Hubungan dalam korelasi dapat berupa hubungan linier positif dan negatif. Interpretasi koefisien korelasi akan menghasilkan makna kekuatan signifikansi dan arah hubungan kedua variabel yang di teliti untuk melihat kekuatan koefisien korelasi didasarkan pada jarak yang berkisar antara 0 – 1. Untuk melihat hubungan digunakan angka signifikansi atau probabilitas atau alpha. Untuk melihat arah korelasi (*gradien*) dilihat dari angka koefisien korelasi yang menunjukkan positif atau negatif. Koefisien yang bertanda positif menunjukkan bahwa arah korelasi tersebut positif. Korelasi positif diunjukkan jika variabel pertama nilai membesar, maka variabel kedua juga akan membesar. Koefisien yang bertanda negatif menunjukkan arah korelasi yang negatif. Hal ini ditunjukkan jika variabel pertama nilainya naik, maka variabel kedua nilainya akan turun. Sedangkan koefisien yang bernilai 0.00 menunjukkan tidak adanya korelasi antara dua variabel tersebut. Koefisien korelasi (r) dapat diperoleh dari Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2 berikut.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (2.1)$$

atau

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (2.2)$$

dimana :

$$x = X - \bar{X}$$

$$y = Y - \bar{Y}$$

Interpretasi terhadap korelasi bernilai 0-1. Semakin mendekati angka 1 maka hubungan antara dua variabel sangat tinggi (kuat) dan jika angka korelasi menunjukkan angka 0 maka hubungan antara variabel tidak berkorelasi.

Interpretasi terhadap koefisien korelasi secara konvensional diberikan oleh Rahmawati dkk. (2017) disajikan dalam Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Interpretasi nilai korelasi

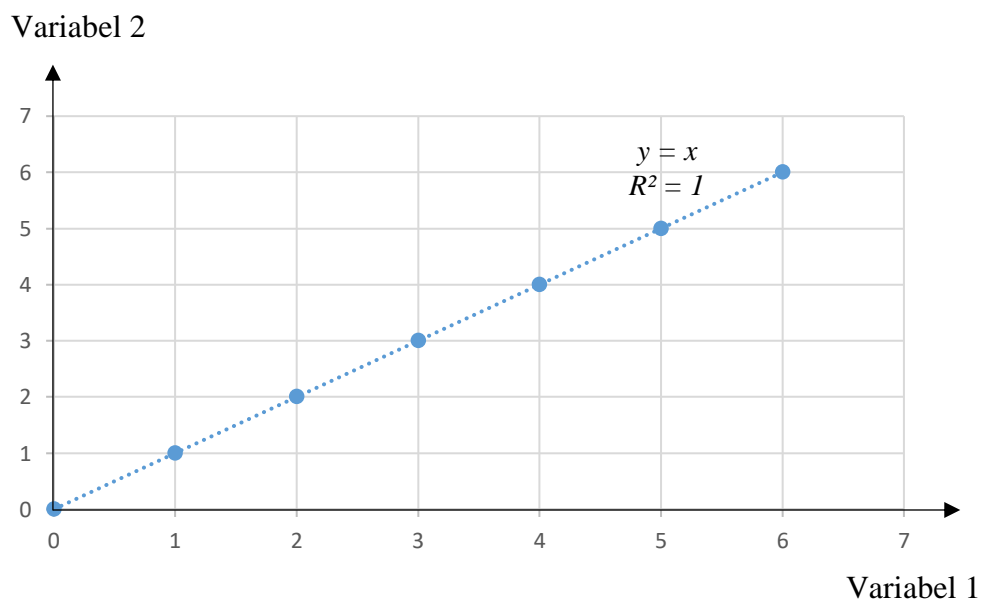
koefisien Korelasi r	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0,01 - 0,20	Korelasi Sangat Rendah
0,21 - 0,40	Korelasi Rendah
0,41 - 0,60	Korelasi Agak Rendah
0,61 - 0,80	Korelasi Cukup
0,81 - 0,99	Korelasi Tinggi
1	Korelasi Sangat Tinggi (Kuat)

2.2.8. Koefisien Determinasi (*R Square*)

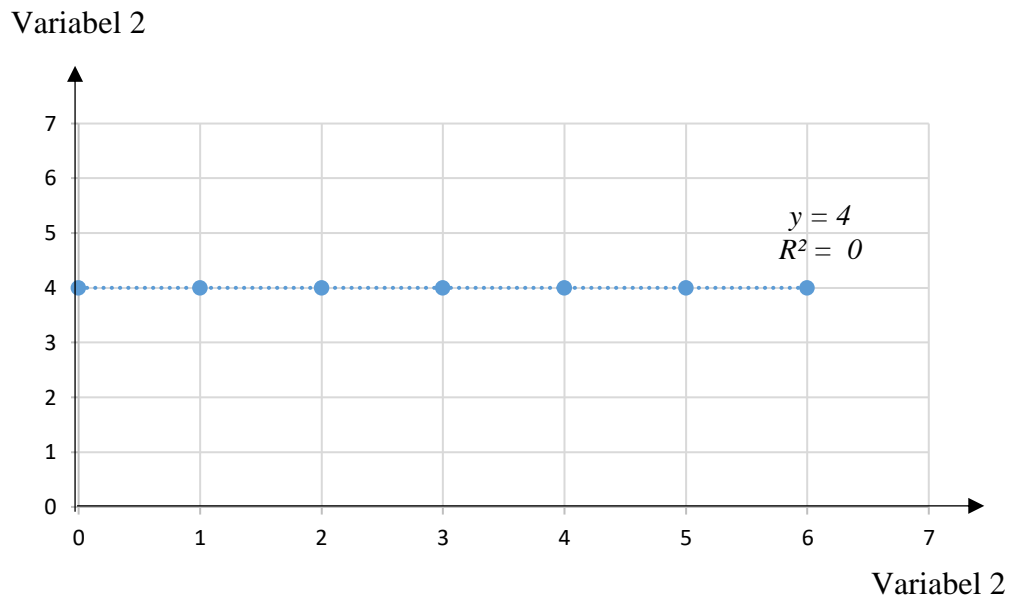
Menurut Harsanto (2007) koefisien penentu atau dalam statistik biasa disebut *coefficient of determination* adalah indek yang menyatakan seberapa dekat garis hasil regresi linier dengan data. Nilai R^2 terletak antara 0 – 1, dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1. Koefisien determinasi (R^2) dapat diperoleh dari proporsi total yang di hitung oleh regresi dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut.

$$R^2 = \frac{SSR}{SS_{yy}} = 1 - \frac{SSE}{SS_{yy}} \quad (2.3)$$

(Karena $SSR = SS_{yy} - SSE$). R^2 selalu kurang dari 1. Semakin dekat dengan 1 maka semakin ketat kesuaian kurva. $R^2 = 1$ maka kesesuaian sangat sempurna. Jika semakin dekat dengan 0 maka kesesuaian tidak ada. Kesesuaian kurva koefisien determinasi ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2. 5 Kurva yang menunjukkan nilai $R^2 = 1$



Gambar 2. 6 Kurva yang menunjukkan nilai $R^2 = 0$

2.2.9. Perbedaan Waktu

Koreksi waktu keterlambatan data satelit hujan digunakan sebagai analisis dalam perbandingan waktu yang tercatat dalam data satelit karena pada dasarnya pencatatan data satelit berdasarkan intensitas awan bukan berdasarkan hujan yang telah jatuh dipermukaan bumi. Data satelit dalam mencatat curah hujan disaat intensitas awan meningkat sedangkan data *ARR* mencatat berdasarkan hujan yang jatuh kepermukaan maka dari itu antara pencatatan data satelit dan data *ARR* memiliki perbedaan. Perbedaan waktu pada umumnya tercatat tergantung intensitas hujan yang turun jika intensitas awan meningkat dengan cepat maka hujan jatuh kepermukaan juga semakin dekat. Jarak antara intensitas awan dan saat hujan jatuh itulah yang disebut dengan perbedaan waktu antara data *ARR* dan data satelit.