

**APLIKASI MODEL PENDUGAAN HUJAN
MUSIMAN SETENGAH BULANAN
DI DAERAH TULUNGAGUNG**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**ADJI HANANTO PUTRO
NIM. 0410640002**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2009**

**APLIKASI MODEL PENDUGAAN HUJAN
MUSIMAN SETENGAH BULANAN
DI DAERAH TULUNGAGUNG**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)**



Disusun Oleh :

**ADJI HANANTO PUTRO
NIM. 0410640002**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing,

Dosen Pembimbing,

**Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng.
NIP. 131 475 835**

**Dr. Ery Suhartanto, ST, MT.
NIP. 132 231 568**

**APLIKASI MODEL PENDUGAAN HUJAN
MUSIMAN SETENGAH BULANAN
DI DAERAH TULUNGAGUNG**

Disusun Oleh :

**ADJI HANANTO PUTRO
NIM. 0410640002**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 17 Juni 2009

Majelis Penguji :

Dosen Pembimbing dan Penguji,

Dosen Pembimbing dan Penguji,

**Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng.
NIP. 131 475 835**

**Dr. Ery Suhartanto, ST, MT.
NIP. 132 231 568**

Dosen Penguji,

Dosen Penguji,

**Dr. Ir. Rispiningtati, M.Eng
NIP. 130 531 842**

**Very Dermawan, ST. MT.
NIP. 132 232 480**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Pengairan**

**Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 131 629 862**

PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dalam menyusun skripsi yang berjudul **“Aplikasi Model Pendugaan Hujan Musiman Setengah Bulanan di Daerah Tulungagung”** dapat terselesaikan.

Dalam penyelesaian skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi kesabaran dan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng dan Dr. Ery Suhartanto, ST, MT., selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam pengerjaan dan penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Ir. Rispiningtati, M.Eng dan Very Dermawan, ST, MT., selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan yang membangun dalam skripsi ini.
4. Ibu Ir. Rini Wahyu S. M.S selaku Ketua Jurusan Pengairan.
5. Dani Nurmanto, Heru Dian P., selaku rekan-rekan tim riset skripsi.
6. Ayah, Ibu, serta keluarga, atas segala doa restu perhatian dan dukungan baik moril dan spirituilnya.
7. Rekan-rekan Teknik Pengairan 2004 atas dukungan dan kerjasamanya.
8. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang belum sempat tersebut.

Demikian skripsi ini penulis susun, atas segala kekurangan penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang bijak akan sangat membantu guna penyempurnaan skripsi ini dan karya-karya mendatang. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun dalam perkembangan dan kemajuan diberbagai bidang.

Malang, Mei 2009

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi karena penguapan air, dari darat maupun permukaan laut yang naik dari atmosfer dan mendingin. Air bersirkulasi didorong oleh energi panas matahari. Kemudian menyuling dan jatuh di atas laut dan sebagian di atas daratan sebagai air hujan. Peristiwa fenomena alam ini akan terjadi sepanjang tahun pada waktu-waktu tertentu, khususnya sering terjadi pada musim penghujan. Kapan turunnya hujan pada suatu tempat dapat diduga jauh hari sebelumnya dengan melakukan peramalan yang tepat. Sistem pendugaan hujan ini akan sangat memberikan banyak manfaat di berbagai bidang.

Data hidrologi merupakan kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Data curah hujan merupakan salah satu data yang dibutuhkan guna membantu penyelidikan masalah yang berkaitan dengan bidang hidrologi maupun pertanian. Tetapi dalam kenyataannya masih jarang ditemui adanya model pendugaan hujan yang digunakan untuk meramalkan curah hujan khususnya curah hujan musiman seperti setengah bulanan. Dalam hal ini pendugaan curah hujan musiman, menjadi hal yang sangat penting dan dibutuhkan keakuratan yang cukup baik. Untuk mengatasi masalah ini maka diperlukan suatu pendugaan untuk memperkirakan nilai curah hujan di masa mendatang. Pada prinsipnya curah hujan memiliki pola yang berulang (periodik) sehingga dapat digunakan untuk membuat peramalan ke depannya.

Pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam mencari data hujan yang hilang pada suatu stasiun hujan. Hal ini bisa saja terjadi jika terdapat kerusakan alat maupun human error di suatu stasiun hujan pada suatu waktu. Dengan melakukan perhitungan yang tepat, maka data yang hilang tersebut akan lebih mudah diketahui pendugaan nilainya. Selain itu, pemanfaatan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan bermanfaat pula di bidang pertanian. Sebagai contoh, dalam penentuan jadwal masa tanam, diperlukan informasi mengenai kapan musim penghujan mulai datang maupun kapan masa-masa kemarau akan tiba. Hal ini bisa dilihat dari hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan yang telah diketahui hasilnya, berdasarkan metode yang sesuai diterapkan pada daerah yang bersangkutan.

Dalam bidang hidrologi, hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan ini juga dapat dimanfaatkan sebagai informasi peringatan dini akan terjadinya banjir. Bencana banjir merupakan kejadian alam yang sulit diduga karena datang secara tiba-tiba, dengan periodisitas yang tidak menentu. Hal ini menjadi catatan khusus yang harus lebih diperhatikan dalam mengantisipasi akan terjadinya banjir di masa-masa mendatang. Jadi, dengan mengadakan penelitian yang mendalam mengenai penyebab banjir serta dampak yang ditimbulkannya, maka peramalan dan usaha-usaha penanggulangannya diharapkan dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, gambaran kondisi curah hujan beberapa waktu ke depan merupakan kebutuhan yang semakin mendesak, tidak saja ketika muncul fenomena anomali iklim, tetapi juga perlu diperhitungkan dalam perencanaan.

Secara umum terdapat beberapa metode yang dipakai Indonesia dalam pendugaan curah hujan, baik itu yang dipakai oleh BMG maupun lembaga-lembaga terkait lainnya. Metode-metode tersebut diantaranya adalah ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), wavelet untuk peramalan dasaharian maupun bulanan, ANFIS (*Adaptive Neuro-based Fuzzy Inference System*) untuk peramalan hujan bulanan dan CPAT (IRRI) dalam bidang pertanian yang dimanfaatkan untuk peramalan masa tanam. Metode peramalan curah hujan ini menggunakan permodelan data deret waktu yang selanjutnya ditransformasikan guna meramalkan nilai karakteristik tertentu pada periode kedepan. Hal ini dikarenakan bahwa permodelan deret waktu merupakan dasar dari peramalan yang rasional, efektif dan efisien.

Selain metode-metode yang telah disebutkan di atas, terdapat juga metode lain yang dapat digunakan dalam pendugaan curah hujan disuatu daerah, dengan memanfaatkan seri data tunda dalam peramalan curah hujan kedepan. Metode yang satu ini dinamakan Multi Regresi (MR). Jika metode ARIMA hanya menggunakan sumber data historis serial dari stasiun yang akan diramal itu sendiri, metode MR ini dapat menggunakan data stasiun lain yang representatif disekitar stasiun yang diramalkan. Metode MR melibatkan banyak seri data dari beberapa stasiun dan banyak macam parameter untuk menghasilkan data pendugaan curah hujan kedepan.

1.2 Identifikasi masalah

Pendugaan curah hujan merupakan suatu solusi dalam melakukan peramalan curah hujan dalam masa mendatang. Seiring dengan manfaat yang dapat diambil dalam pendugaan hujan tersebut, maka penelitian yang berkaitan dengan peramalan hujan ini

perlu terus dikembangkan. Secara umum sistem pendugaan curah hujan memberikan informasi penting yang dapat dimanfaatkan di berbagai bidang. Agar memberikan informasi yang tepat, maka hasil pendugaan curah hujan pada suatu tempat juga harus diperkirakan secara tepat. Untuk itu, diperlukan studi lebih lanjut tentang hal-hal yang berkaitan dengan pendugaan curah hujan di suatu tempat pada suatu waktu.

Pendugaan curah hujan musiman setengah bulan merupakan suatu terobosan baru dalam peramalan curah hujan. Dengan melakukan pendugaan curah hujan setengah bulanan, akan dapat diperoleh beberapa manfaat yang nantinya berguna untuk menunjang pengembangan penelitian bidang hidrologi maupun pertanian. Dalam bidang ilmu hidrologi, pendugaan curah hujan setengah bulanan ini dapat dimanfaatkan untuk mencari data yang hilang pada suatu daerah tertentu pada suatu waktu. Dengan diperolehnya kelengkapan data pada suatu tempat, maka informasi yang diberikan akan lebih akurat. Secara tidak langsung, pendugaan curah hujan setengah bulanan ini berguna untuk menunjang Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA). Pemanfaatan ini digunakan sebagai informasi sistem peringatan dini tentang akan terjadinya banjir. Dengan menggunakan pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan, maka informasi akan terjadinya banjir akan lebih cepat diketahui. Dengan demikian, upaya dalam mengantisipasi terjadinya banjir dapat dilakukan lebih awal.

Penggunaan metode yang tepat pada suatu daerah, akan sangat berpengaruh guna memberikan informasi yang lebih akurat dalam pendugaan curah hujan. Dalam studi ini akan dilakukan peramalan curah hujan musiman setengah bulanan, dengan menggunakan pendekatan pemodelan deret waktu yaitu metode Naif, metode *Autoregressive* dan metode Multi Regresi (MR). Uji perbandingan antara model pendugaan hujan, penting dilakukan guna memberikan informasi akurat tentang metode pendugaan hujan yang lebih sesuai.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah maka dalam penyusunan skripsi ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Pemilihan lokasi studi adalah Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.
2. Data yang diambil adalah data curah hujan musiman setengah bulanan dari tahun 1980 – 2007, pada 17 stasiun hujan yang tersebar di daerah Tulungagung.
3. Stasiun-stasiun hujan yang digunakan letaknya relatif berdekatan serta memiliki kelengkapan seri data yang tak terputus.

4. Studi ini untuk pendugaan nilai curah hujan musiman setengah bulanan dari suatu stasiun tertentu untuk lima tahun depan berdasarkan data historis dari tahun-tahun sebelumnya.
5. Studi ini membandingkan hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan metode Naif, metode *Autoregressive* dan metode Multi Regresi (MR).
6. Data historis yang digunakan hanya seri data hujan setengah bulanan dari sejumlah stasiun hujan yang ada.
7. Studi ini untuk memodelkan curah hujan setengah bulanan, dan tidak untuk memodelkan curah hujan harian, dikarenakan terdapat banyak nilai nol pada curah hujan harian oleh sebab itu akan sangat sulit dimodelkan dalam statistika.
8. Karena keterbatasan waktu maka hanya memodelkan curah hujan setengah bulanan yaitu pada setengah bulan Januari periode 1 (hari ke 1 s/d 15) dan setengah bulan Februari periode 1 (hari ke 1 s/d 15).

1.4 Rumusan Masalah

Sesuai dengan batasan masalah yang ada, maka dapat dirumuskan beberapa masalah antara lain :

1. Bagaimana hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan metode Naif?
2. Bagaimana hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dari stasiun hujan itu sendiri dengan menggunakan metode *Autoregressive*?
3. Bagaimana hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan beberapa data curah hujan dari stasiun hujan lain yang berdekatan berdasarkan metode MR?
4. Bagaimana perbandingan antara hasil pendugaan metode *Autoregressive* dengan hasil pendugaan metode MR?

1.5 Tujuan

Studi ini dilakukan penulis dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan model Naif.
2. Mengetahui hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dari stasiun hujan itu sendiri dengan menggunakan metode *Autoregressive*.

3. Mengetahui hasil pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan beberapa data curah hujan dari stasiun hujan lain yang berdekatan berdasarkan metode MR.
4. Mengetahui perbandingan antara hasil pendugaan metode *Autoregressive* dengan hasil pendugaan metode MR.

1.6 Manfaat

Studi ini dilakukan penulis dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Curah hujan musiman setengah bulanan bermanfaat untuk mengetahui karakteristik dan potensi curah hujan di daerah yang bersangkutan.
2. Curah hujan musiman setengah bulanan juga dimanfaatkan untuk menunjang penelitian bidang hidrologi, serta pemanfaatan dalam bidang pertanian, misalnya untuk penentuan jadwal masa tanam.
3. Bagi mahasiswa penulisan ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk memperdalam ilmu tentang pendugaan hujan, pendugaan curah hujan setengah bulanan.
4. Bagi Pemerintah Kabupaten Tulungagung penulisan ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang metode pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan di daerah Tulungagung pada masa mendatang sebagai acuan perencanaan di daerah yang bersangkutan.
5. Serta bagi perkembangan ilmu peramalan atau pendugaan hujan, hasil yang dicapai dalam penulisan studi ini dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan khususnya tentang pendugaan curah hujan setengah bulanan.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Air ada di mana-mana di muka bumi, tetapi sebagian besar merupakan air asin yang ada di lautan. Hanya tiga persennya merupakan air tawar (*fresh water*). Dari tiga persen ini sebagian besar terperangkap dalam bentuk es di kutub, sisanya sebagian besar ada di bawah tanah sebagai air tanah. Hanya seperseratus dari satu persen air yang ada di Bumi ini mudah diambil karena ada di atmosfer, sungai, danau, maupun rawa. Jumlah air di dunia ini tidak dapat berkurang, tetapi juga tidak bisa bertambah. Air di dunia ini hanya akan mengalami suatu siklus yang disebut siklus hidrologi. Dalam siklus hidrologi dapat diketahui bahwa air di dunia ini hanya akan mengalami perputaran ruang dan waktu.

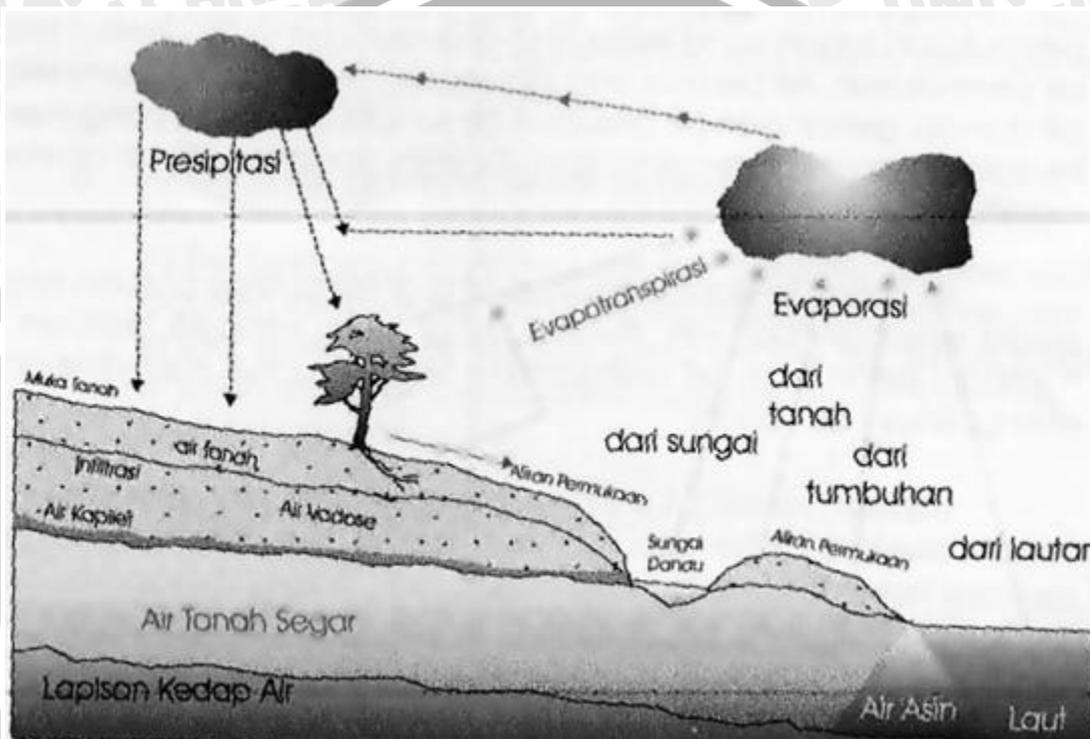
Meski porsi air tawar dibandingkan dengan keseluruhan air sedikit sekali, akan tetapi jumlah air tawar di dunia ini masih cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia sehari-hari. Tetapi yang menjadi permasalahan selanjutnya adalah seberapa besar debit air yang dapat digunakan untuk keperluan hidup, karena tidak semua air yang ada di dunia ini dapat digunakan untuk memenuhi keperluan hidup. Sebagian belahan dunia kekurangan air hanya karena air tidak terbagi dengan merata.

2.2 Presipitasi (Hujan)

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi karena penguapan air, dari darat maupun permukaan laut yang naik dari atmosfer dan mendingin. Air bersirkulasi didorong oleh energi panas matahari. Kemudian menyuling dan jatuh di atas laut dan sebagian di atas daratan sebagai air hujan. Selama air bersirkulasi, air dimurnikan oleh alam. Jadi, alam memiliki kekuatan untuk memurnikan air. Rata-rata air permukaan tergantikan dengan cepat melalui water cycle, air menguap dari danau, sungai, tumbuhan, permukaan tanah, lalu tergantikan dengan air baru oleh air hujan.

Air hujan yang jatuh ke daratan sebagian meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian ditahan tumbuh-tumbuhan (intersepsi), sebagian menguap kembali (evaporasi). Air yang meresap ke dalam tanah juga menguap melalui pori-pori tanah (evaporasi), sedangkan air yang ditahan tumbuh-tumbuhan sebagian juga akan menguap (transpirasi).

Air yang meresap ke dalam tanah, sebagian ada juga yang mengalir melalui pori-pori tanah (perkolasi) dapat menjadi air tanah. Proses penyerapan air ke dalam tanah menjadi air tanah adalah proses penjernihan air oleh alam paling efisien. Air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir ke tempat yang lebih rendah, menjadi aliran air permukaan, sungai, danau, rawa dll. Dari sungai air akan disalurkan kembali ke laut. Demikian seterusnya yang dinamakan dengan siklus hidrologi. Berikut merupakan gambar ilustrasi dari siklus hidrologi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Secara singkat, siklus hidrologi panjang dapat dituliskan sebagai berikut:

Air laut menguap → terjadi awan → didesak oleh angin → hujan (salju) → limpasan – sebagian: infiltrasi → perkolasi → sungai (laut).

Sehingga terdapat 4 proses penting dalam siklus Hidrologi, yaitu:

1. Presipitasi, meliputi: hujan, embun, kabut, kondensasi, yang merupakan jumlah hujan yang tercatat dalam pencatat hujan.
2. Evaporasi, merupakan penguapan air bebas.
3. Infiltrasi, masuknya air dari permukaan tanah ke daerah tidak jenuh.
4. Limpasan permukaan dan limpasan air tanah.

Hal-hal penting lain yang perlu diketahui tentang hujan :

1. Dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera kembali ke laut.
2. Tidak ada keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu siklus. Pada musim kemarau kelihatannya siklus berhenti, sedangkan musim hujan berjalan kembali.
3. Intensitas dan frekuensi siklus tergantung pada keadaan geografi dan iklim. Hal ini disebabkan oleh letak matahari yang berubah-ubah terhadap meridian sepanjang tahun.
4. Berbagai bagian siklus dapat menjadi sangat kompleks. Dengan demikian kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan bumi selama periode tertentu yang diukur dalam satuan tinggi diatas permukaan horizontal yang dimungkinkan tidak terjadi kehilangan tinggi akibat penguapan, pengaliran dan peresapan. Tinggi air hujan 1 mm, berarti air hujan pada bidang seluas 1 m² berisi 1 liter (100 cm x 100 cm x 0,1 cm = 1000 cm³ = 1 dm³ = 1 liter)

Curah hujan harian adalah jumlah air yang jatuh dipermukaan selama 24 jam dan dinyatakan dalam mm. Curah hujan setengah bulanan adalah jumlah air yang jatuh dipermukaan selama setengah bulan dinyatakan dalam mm dan merupakan total jumlah hujan harian selama setengah bulan. Sedangkan curah hujan bulanan adalah jumlah air yang jatuh dipermukaan selama satu bulanan dinyatakan dalam mm dan merupakan total jumlah hujan harian selama satu bulan. Curah hujan Tahunan adalah jumlah air yang jatuh dipermukaan selama satu tahun dinyatakan dalam mm dan merupakan total jumlah hujan harian selama satu tahun.

Karakteristik yang membedakan hujan setengah bulanan, bulanan dan tahunan adalah jika curah hujan tahunan hampir dipastikan tidak ada nilai nol (0)-nya, sedangkan curah hujan bulanan ada yang bernilai nol (0) ada yang tidak, demikian pula curah hujan setengah bulanan. Hal ini dikarenakan, pada saat memasuki musim kemarau, hampir tidak terjadi hujan sama sekali di bulan-bulan tertentu. Nilai 0 ini dapat mempersulit proses pendugaan curah hujan, karena dapat mengacaukan nilai pendugaan.

Dalam berbagai bidang keairan, data curah hujan setengah bulanan memang masih jarang ditemui. Walaupun demikian, jika dilihat dari segi manfaat, data curah hujan ini akan sangat banyak memberi manfaat bagi kehidupan, terutama bagi yang membutuhkan data

yang lebih detail daripada data curah hujan tahunan ataupun data curah hujan bulanan. Hal ini dikarenakan data curah hujan setengah bulanan memberikan gambaran yang lebih spesifik dibandingkan dengan data curah hujan tahunan ataupun data curah hujan bulanan. Sebagai contoh, data curah hujan setengah bulanan dapat digunakan untuk mencari data yang hilang, yang nantinya dijadikan sebagai informasi peringatan dini tentang penyelidikan banjir. Besarnya akumulasi curah hujan setengah bulanan yang tinggi, dapat memberikan informasi tentang akan terjadinya banjir datang lebih awal. Pemanfaatan lain di bidang pertanian, untuk penentuan jadwal masa tanam. Selain itu, bagi daerah-daerah tertentu yang memanfaatkan sawah tadah hujan, data ini akan membantu kapan saat-saat tertentu hujan akan turun. Dalam penyusunan pola operasi waduk data setengah bulanan ini juga akan memberikan kontribusi yang penting untuk mengetahui ketersediaan air dalam waduk. Data yang dipakai merupakan data hujan rata-rata bukan data hujan maksimum karena hal ini berhubungan dengan output yang diharapkan adalah debit andalan untuk ketersediaan air waduk.

2.2.1 Analisis data curah hujan

Terdapat 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata di atas areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat (Subarkah, 1980).

1. Cara tinggi rata-rata

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan. Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari penakar hujan dalam areal tersebut, secara umum persamaannya sebagai berikut :

$$d = (d_1 + d_2 + \dots d_n) / n \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

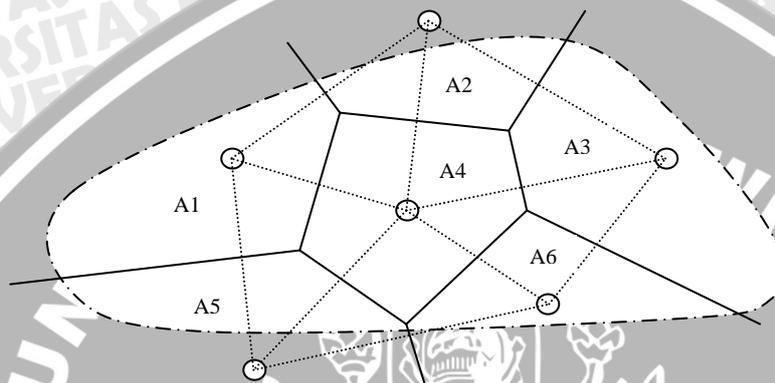
- d = tinggi curah hujan rata-rata areal (mm).
- d₁,d₂,d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,....,n
- n = jumlah titik pos-pos penakar.

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak jauh berbeda dari hasil yang didapat dengan cara lain. Cara ini memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi merata di areal tersebut, dan hujan di semua area relatif sama.



2. Cara Poligon Thiessen

Pada penerapan metode poligon thissen ada anggapan bahwa pos hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu. Luas tertentu itu adalah luas daerah yang dibatasi garis tegak lurus yang melalui dan membagi menjadi dua bagian yang sama dari setiap garis lurus yang menghubungkan setiap dua pos hujan yang berdekatan, sehingga bila digambar setiap pos hujan akan terletak di dalam suatu poligon. Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang (weighted average).



Gambar 2.2 Metode Thiessen

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , pos penakar 2 menakar d_2 hingga pos penakar n menakar d_n , maka:

$$d = (A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + \dots + A_n \cdot d_n) / A \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

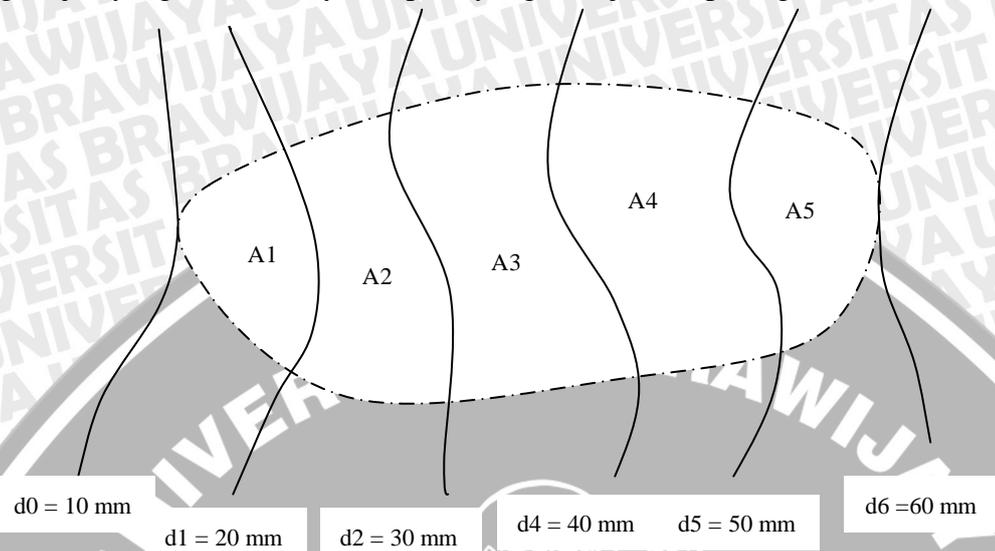
d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ... n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah pengaruh di pos 1, 2, ... n

Penerapan metode ini tidak mempertimbangkan bentuk topografi DPS, sehingga tidak disarankan digunakan pada DPS yang berbukit-bukit atau bergunung-gunung karena adanya pengaruh orografis terjadinya hujan. Meskipun demikian, cara ini dapat dianggap lebih baik daripada metode aritmatik, karena telah mempertimbangkan luas daerah yang dianggap mewakili, sebagai bobot dalam perhitungan tebal hujan rata-rata. (Soewarno, 2000).

3. Cara Isohyet

Isohyet mengandung arti garis yang menghubungkan daerah-daerah yang memiliki tinggi hujan yang sama. Dalam hal ini harus digambar dahulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (Isohyet) seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Metode Isohyet

Kemudian luas bagian di antara isohyets-isohyets yang berdekatan diukur, dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai kontur sbb:

$$\bar{d} = [0.5(d_0+d_1)A_1 + 0.5(d_1+d_2)A_2 + \dots + 0.5(d_{n-1}+d_n)A_n] / (A_1+A_2+\dots+A_n) \dots(2.3)$$

dimana :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

d_0, d_1, \dots, d_n = tinggi curah pada isohyets 0, 1, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas bagian areal yang dibatasi oleh Isohyets-isohyets ybs

Keuntungan dari penggunaan cara ini yaitu menghasilkan perhitungan yang akurat. Akan tetapi di sisi lain cara ini sangat membutuhkan jaringan stasiun hujan yang banyak, serta peta DAS yang lengkap.

2.2.2 Memperkirakan data curah hujan yang hilang

Untuk menghindari kesimpulan-kesimpulan yang keliru kiranya penting untuk memberikan interpretasi yang tepat terhadap data curah hujan yang sering tidak dapat diterima begitu saja. Cara ini dipakai untuk mengisi data yang hilang atau kesenjangan (gap) data pada pos penakar hujan tertentu dan pada saat tertentu, dengan bantuan data yang tersedia pada pos-pos penakar di sekitarnya pada saat yang sama. Perhitungan data hujan yang hilang umumnya paling mendekati kenyataan untuk hujan lebat tipe umum di atas lereng pegunungan dengan arah angin yang relatif halus. Cara yang dipakai

dikenal dengan **metode perbandingan normal (normal-ratio metode)**, yang dinyatakan sbb:

$$r = 1/3 \left(\frac{R}{R_A} r_A + \frac{R}{R_B} r_B + \frac{R}{R_C} r_C \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

R = Curah hujan rerata setahun di tempat pengamatan yang datanya harus dilengkapi

rA, rB, rC = curah hujan di tempat-tempat pengamatan RA, RB, RC

RA, RB, RC = curah hujan rerata setahun di A, B, dan C

2.3 Analisis Model Regresi

Analisis model regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dan untuk memprediksi variabel tergantung dengan menggunakan variabel bebas. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas (*Independent Variable*) dan variabel yang dipengaruhi disebut variabel terikat atau tidak bebas (*Dependent Variable*).

Tujuan menggunakan analisis regresi antara lain :

- Membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung dengan didasarkan pada nilai variabel bebas.
- Menguji hipotesis karakteristik dependensi
- Untuk meramalkan nilai rata-rata variabel bebas dengan didasarkan pada nilai variabel bebas diluar jangkauan sample.

Langkah awal dari analisis regresi maupun korelasi adalah menentukan data fenomena hidrologi $\{(X_i, Y_i); i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ yang dipilih sebagai variabel bebas (VB) dan variabel tidak bebas (VTB), selanjutnya :

- menentukan bentuk kurva dan persamaan yang cocok dengan sebaran data (X_i, Y_i) .
- malakukan interpolasi nilai VTB bedasarkan nilai VB yang telah diketahui.
- Bila diperlukan melakukan ekstrapolasi nilai VTB bedasarkan nilai Vb yang telah diketahui.

Pekerjaan tersebut umumnya dikenal sebagai penyesuaian kurva (*curve fitting*). Metode *curve fitting* dapat dilaksanakan dengan :

- Analisis grafis

- **Prosedur grafis**

Dengan analisis grafis (*freehand method of curve fitting*), merupakan cara yang paling mudah untuk menentukan bentuk kurva, yaitu dengan membuat kurva secara visual (dengan perasaan). Meskipun cara ini praktis tetapi sangat subjektif, dan cenderung dapat membuat kesalahan, terutama apabila penyebaran titik-titik cukup besar.

Prosedur analisis, memberikan suatu metode yang lebih pasti untuk mendapatkan kurva yang diinginkan. Salah satu caranya adalah dengan melaksanakan prosedur yang disebut dengan metode kuadrat terkecil (*least-square method*). Dengan metode kuadrat terkecil memilih garis regresi yang membuat jumlah kuadrat jarak vertikal dari titik-titik (X_i, Y_i) ke garis regresi tersebut sekecil mungkin, jadi apabila ΔY_i menyatakan simpangan vertikal dari titik-titik ke-1 ke garis regresi Y, maka jumlah kuadrat Y_i harus minimum, dimana :

$$\Delta Y_i = Y_i - \hat{Y} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

ΔY_i = simpangan vertikal dari titik-titik (X_i, Y_i) ke garis regresi, sering disebut juga dengan nilai residu.

\hat{Y} = dibaca Y topi, untuk menyatakan bahwa nilai Y yang diperoleh dari garis regresi $Y = f(X)$, dan untuk membedakan dari nilai Y yang diperoleh dari pengukuran.

Y_i = nilai Y pengukuran untuk $X = X_i$

Apabila nilai $(\Delta Y_i)^2$ untuk semua titik (X_i, Y_i) adalah minimum maka kurva yang diperoleh dapat disebut sebagai *a best fitting curve*.

Beberapa alternatif analisis regresi yang umum digunakan dalam analisis data hidrologi diantaranya adalah model regresi :

- Linier sederhana (*simple linier*)
- Fungsi eksponensial (*exponential function*)
- Fungsi logaritma (*logarithmic function*)
- Fungsi polinomial (*Polynomial function*)
- Fungsi berganda (*multiple function*)

Berbagai model regresi untuk membuat hubungan pasangan data pengamatan $\{(X_i, Y_i); i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ antara lain :



- 1) Model sederhana (garis lurus)

$$Y = b_1 + a_1 X$$

$$Y = b_1 + a_1 \left(\frac{1}{X} \right)$$

- 2) Model eksponensial

$$Y = b_1 + e^{a_1 x}$$

$$Y = a_1 b^X + c$$

- 3) Model logaritmik

$$Y = b_1 + a_1 \log X$$

$$\log Y = b_1 + a_1 X$$

$$\log Y = a + b^X$$

$$\log Y = b_1 + a_1 \log X$$

- 4) Model polinomial

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3 + \dots + b_m X^m$$

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dx^3$$

$$\log Y = a + bX + cX^2$$

- 5) Model hiperbol

$$Y = \frac{1}{a_1 + b_1 X}$$

$$\frac{1}{Y} = a_1 + b_1 \left(\frac{1}{X} \right)$$

- 6) Model logistik

$$Y = \frac{1}{a_1 b_1^x + c}$$

$$Y = a_1 + b_1^x + c$$

Model regresi berganda umumnya digunakan untuk membuat hubungan yang lebih kompleks dari (m) buah variabel, misalkan :

- 1) Regresi linier berganda :

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + \dots + A_i X_i + \dots + A_{m-1} X_{m-1}$$

- 2) Regresi tidak linier berganda

$$Y = A_0 \cdot X_1^{A_1} \cdot X_2^{A_2} \dots \dots \dots X_{m-1}^{A_{m-1}}$$

yang dapat ditransformasikan ke dalam model linier :

$$\log Y = \log b_0 + A_1 \log X_1 + A_2 \log X_2 + \dots + A_{m-1} X_{m-1}$$

atau

$$\ln Y = \ln b_0 + A_1 \ln X_1 + A_2 \ln X_2 + \dots + A_{m-1} \ln X_{m-1}$$

Berikut ini akan disajikan beberapa model regresi yang umumnya digunakan dalam analisis hidrologi, berikut dengan penentuan koefisien korelasinya.

Pada prinsipnya, sembarang model yang digunakan apakah sederhana atau kompleks dengan lebih dari 2 variabel yang penting bahwa model tersebut cocok dengan permasalahan hidrologi yang dianalisis. Dengan kata lain model tersebut harus tidak memberikan penyimpangan yang nyata apabila diuji. Kalibrasi model dengan data pengukuran langsung di lapangan harus selalu dilaksanakan. Apabila terjadi penyimpangan haruslah dibuat persamaan yang baru, sesuai model yang digunakan, atau mungkin model yang digunakan diubah sesuai dengan perolehan data yang baru. Hal ini mengingat jumlah pos hidrologi yang semakin bertambah banyak dan periode waktu pengamatan bertambah lama.

2.3.1 Model Regresi Linier Sederhana

2.3.1.1 Penentuan Persamaan

Fenomena hidrologi yang terdiri dari dua variabel berpasangan $\{(X_i, Y_i); i = 1, 2, 3, \dots, n\}$, bila dibuat hubungan maka akan dapat merupakan garis linier sederhana dengan dua model persamaan regresi garis lurus sebagai berikut : (Soewarno, 1995)

$$\hat{Y} = a_1 X + b_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\hat{X} = a_2 X + b_2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

\hat{Y} = persamaan garis lurus Y atas X

\hat{X} = persamaan garis lurus X atas Y

a_1, a_2 = koefisiensi regresi merupakan koefisien arah dari garis regresi

b_1, b_2 = koefisiensi yang merupakan titik potong datu garis regresi.

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil maka besarnya koefisiensi a_1, b_1, a_2 dan b_2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (2.8)$$



$$b_1 = \bar{Y} - a_1 (\bar{X}) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$b_2 = \bar{X} - a_2 (\bar{Y}) \dots\dots\dots (2.11)$$

keterangan :

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots (2.13)$$

Besarnya koefisien korelasi, yang menunjukkan derajat hubungan antara variabel X_i , Y_i , adalah :

$$R = [(a_1) (a_2)]^{1/2} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dan dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.8) sampai (2.11) sebagai persamaan berikut ini :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left[\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right\} \right]^{1/2}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Besarnya koefisien penentu atau koefisien determinasi (*determination coeficient*), yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran Y_i dan varian dari garis persamaan regresi untuk nilai X_i adalah :

$$R^2 = (a_1) (a_2) \dots\dots\dots (2.16a)$$

Untuk persamaan regresi Y terhadap X, nilai R^2 dapat juga dihitung sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\hat{Y} - \bar{Y} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \dots\dots\dots (2.16b)$$

Nilai residu adalah merupakan ukuran perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai dari persamaan regresi seperti telah dijelaskan pada rumus 2.15, (persamaan regresi Y atas X atau sebaliknya). Deviasi standar dari nilai residu dapat dihitung dengan rumus :



$$\sigma_x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\sigma_y = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{(n-1)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Perhitungan koefisiensi regresi a₁ dan a₂, selain dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.8) dan (2.10) dapat juga ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi (R) sebagai berikut :

$$a_1 = R \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$a_2 = R \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_y} \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

Sehingga persamaan (2.6), persamaan garis lurus Y pada X, yaitu persamaan untuk meramalkan Y jika X diketahui, menjadi :

$$\hat{Y} = \bar{Y} + R \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right) (X - \bar{X}) \dots\dots\dots (2.21)$$

Sedangkan persamaan (2.7), persamaan garis lurus X pada Y, yaitu persamaan untuk meramalkan X jika Y diketahui, menjadi :

$$\hat{X} = \bar{X} + R \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_y} \right) (Y - \bar{Y}) \dots\dots\dots (2.22)$$

Persamaan garis lurus (2.21) dan (2.22), memerlukan perhitungan nilai rata-rata dari variabel, Y, X, deviasi standar variabel X dan Y serta koefisien korelasi, sehingga dapat diketahui bahwa :

- a) persamaan regresi selalu melalui titik (\bar{X} , \bar{Y}).
- b) apabila pasangan (X_i, Y_i) mempunyai koefisien korelasi = 1 dan -1, maka persamaan (2.21) dan (2.22) akan berimpit.
- c) apabila pasangan (X_i, Y_i) mempunyai koefisien korelasi = 0, maka persamaan (2.21) dan (2.22) saling tegak lurus.
- d) Apabila pasangan (X_i, Y_i) mempunyai koefisien korelasi yang terletak antara -1 dan 0, atau 0 dan +1, maka persamaan (2.21) akan membuat sudut tertentu terhadap persamaan (2.22).



2.3.1.2 Batas Daerah Kepercayaan Garis Regresi

Apabila nilai koefisien tidak sama dengan +1 atau -1, maka perkiraan / ramalan tentang nilai Y jika X diketahui atau sebaliknya akan dapat berbeda dengan nilai yang terukur. Jika nilai dari suatu garis regresi adalah \hat{Y} , sedangkan yang terukur adalah Y_i , dimana nilai $Y_i = \hat{Y} + \Delta Y$, atau dalam memperkirakan \hat{Y} jika X_i diketahui dan ΔY harus minimum, karena garis regresi diperoleh dengan metode kuadrat kecil, oleh karena itu :

$$\Delta Y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 \dots \dots \dots (2.23)$$

adalah minimum.

Besarnya kesalahan tersebut, dinyatakan sebagai nilai kesalahan standar dari perkiraan (*standard error of estimate*). Nilai yang dimaksud dapat digunakan untuk memperkirakan atau meramalkan Y jika nilai X diketahui adalah :

$$SEY = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{n-1} \right] \dots \dots \dots (2.24)$$

Apabila dinyatakan dengan koefisien korelasi :

$$SEY = \sigma_Y (1 - R^2)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Sedangkan kesalahan standar dari perkiraan untuk memperkirakan atau meramal X jika Nilai Y telah diketahui adalah :

$$SEX = \sigma_X (1 - R^2)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dan dapat dinyatakan juga sebagai :

$$SEX = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X})^2}{n-1} \right] \dots \dots \dots (2.27)$$

Apabila nilai SEY dan SEX, semakin besar berarti titik koordinat (X, Y) semakin jauh dari garis kurvanya. Apabila nilai SEY atau SEX, semakin kecil berarti titik koordinat (X, Y) semakin dekat dari garis kurvanya dan berarti nilai Y perkiraan atau ramalannya akan semakin teliti. Interval kepercayaan (*confidence interval*).

$$\hat{Y} - t\alpha(SEY) < \hat{Y} < \hat{Y} + t\alpha(SEY) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\hat{X} - t\alpha(SEY) < \hat{X} < \hat{X} + t\alpha(SEY) \dots\dots\dots (2.29)$$

Nilai $t\alpha$, ditentukan pada batas daerah kepercayaan 95 % diterima dari tabel pada bagian akhir, pada derajat kebebasan $n-2$ dengan uji dua sisi.

2.3.1.3 Pengujian Titik Potong

Dari persamaan regresi $\hat{Y} = a_1X + b_1$, dalam hal ini nilai a_1 adalah koefisien regresi atau koefisien arah, dan nilai b_1 adalah titik potong garis regresi. Kedua parameter tersebut perlu diuji apakah nilainya = 0 atau tidak melalui titik asal nol. Uji statistik dengan menggunakan uji-t dapat digunakan untuk menguji nilai b_1 .

$$t = \frac{b_1 - B}{S_b} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Sb^2 = SEY^2 \left\{ \frac{1}{n} + \frac{(\bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right\} \dots\dots\dots (2.31a)$$

Keterangan :

- t = nilai uji-t, dengan derajat kebebasan sebesar $n-2$
- b_1 = titik potong garis regresi
- B = nilai titik potong yang diketahui
- S_b = deviasi standar titik potong ($S_b <$
- Sb^2 = varian titik potong
- SEY = Kesalahan standar dari perkiraan nilai Y
- SEY^2 = varian atau variasi residual dari garis regresi

Interval kepercayaan nilai b_1 , untuk $t\alpha = 95\%$

$$b_1 - t\alpha(Sb) < b_1 < b_1 + t\alpha(Sb) \dots\dots\dots (2.31b)$$

dengan derajat kepercayaan $n-2$.

2.3.1.4 Pengujian Koefisiensi Regresi

Dari persamaan regresi $Y = a_1X + b_1$, maka bagi para hidrologi parameter a_1 jauh lebih penting dalam analisa data jika dibandingkan dengan parameter b_1 . Apabila nilai $a_1 = 0$, maka garis regresinya akan mendatar dan variabel X dan Y adalah variabel bebas. Pertambahan atau pengurangan nilai X tidak merubah nilai Y, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian apakah nilai $a_1 = 0$ atau tidak. Metode statistik uji-t dapat digunakan untuk melakukan pengujian.

$$t = \frac{a_1 - A}{S_a} \dots\dots\dots (2.32)$$



$$S_a = \frac{SEY}{\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2.33)$$

Keterangan :

- t = nilai uji-t, dengan derajat kebebasan sebesar n-2
- a₁ = koefisien regresi
- A = koefisien regresi yang diketahui
- Sa = deviasi koefisien regresi

Perkiraan nilai a₁ dapat menggunakan interval kepercayaan :

$$a_1 - t\alpha (S_a) < a_1 < a_1 + t\alpha (S_a) \dots\dots\dots (2.34)$$

Nilai umumnya 95 % dari derajat kebebasan = n – 2.

2.4 Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dapat didasarkan dengan menggunakan dua hal, yaitu: tingkat signifikansi atau probabilitas (α) dan tingkat kepercayaan atau *confidence interval*. Didasarkan tingkat signifikansi pada umumnya orang menggunakan 0,05. Kisaran tingkat signifikansi mulai dari 0,01 sampai dengan 0,1. Yang dimaksud dengan tingkat signifikansi adalah probabilitas melakukan kesalahan tipe I, yaitu kesalahan menolak hipotesis ketika hipotesis tersebut benar. Tingkat kepercayaan pada umumnya ialah sebesar 95%, yang dimaksud dengan tingkat kepercayaan ialah tingkat dimana sebesar 95% nilai sample akan mewakili nilai populasi dimana sample berasal. Dalam melakukan uji hipotesis terdapat dua hipotesis, yaitu: (<http://www.w3.org/TR/REC-html>)

- H₀ (hipotesis nol) dan H₁ (hipotesis alternatif)

Contoh uji hipotesis misalnya rata-rata produktivitas pegawai sama dengan 10 ($\mu = 10$), maka bunyi hipotesisnya ialah:

- H₀: Rata-rata produktivitas pegawai sama dengan 10
- H₁: Rata-rata produktivitas pegawai tidak sama dengan 10

Hipotesis statistiknya:

- H₀: $\mu = 10$
- H₁: $\mu > 10$ Untuk uji satu sisi (*one-tailed test*) atau
- H₁: $\mu < 10$
- H₁: $\mu \neq 10$ Untuk uji dua sisi (*two-tailed test*)

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam uji hipotesis ialah;

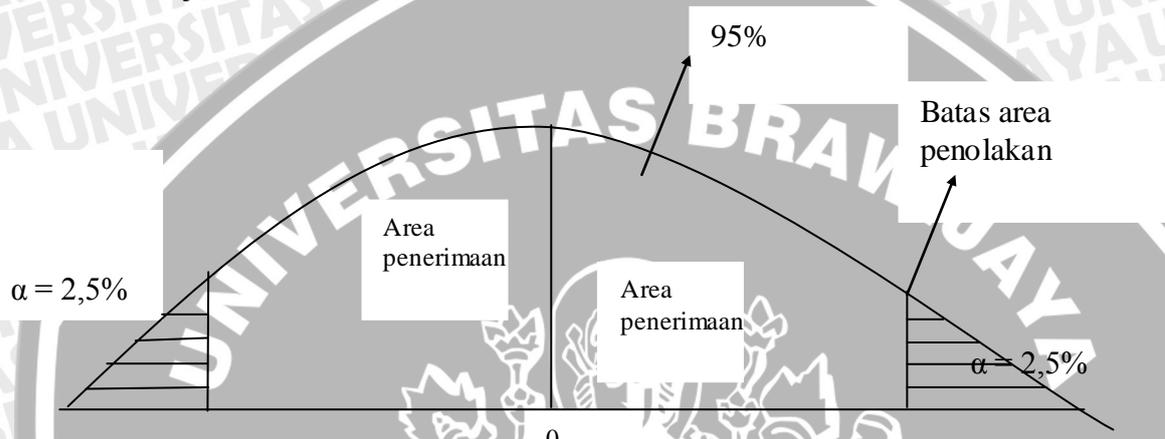
- Untuk pengujian hipotesis kita menggunakan data sample.



- Dalam pengujian akan menghasilkan dua kemungkinan, yaitu pengujian signifikan secara statistik jika kita menolak H_0 dan pengujian tidak signifikan secara statistik jika kita menerima H_0 .
- Jika kita menggunakan nilai t , maka jika nilai t yang semakin besar atau menjauhi 0, kita akan cenderung menolak H_0 ; sebaliknya jika nilai t semakin kecil atau mendekati 0 kita akan cenderung menerima H_0 .

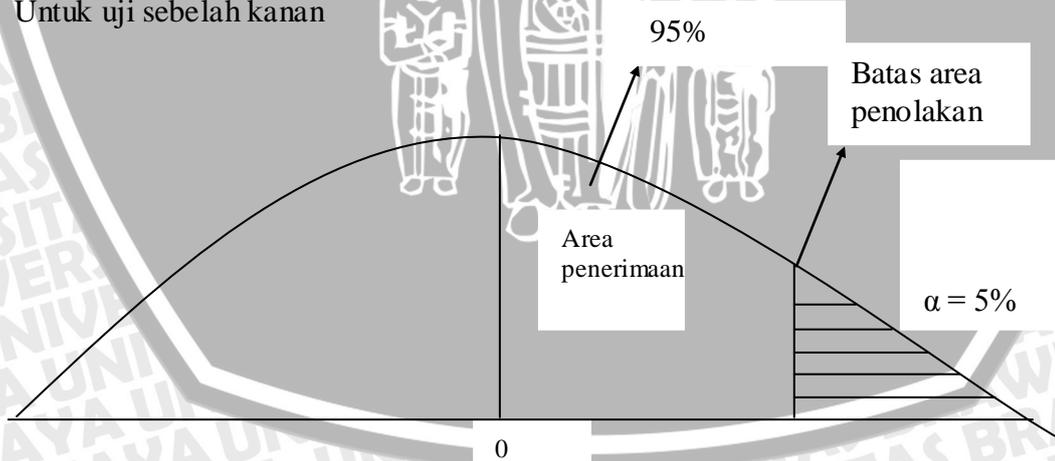
Menggunakan kurva untuk menguji hipotesis dapat digambarkan sebagai berikut:

Untuk uji dua sisi



Gambar 2.4 Uji Dua Sisi dengan $\alpha = 5\%$

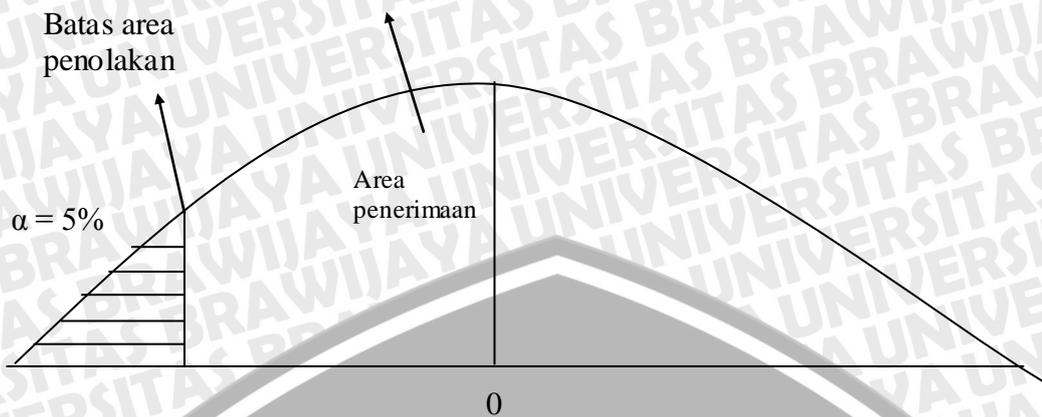
Untuk uji sebelah kanan



Gambar 2.5 Uji Satu Sisi Kanan dengan $\alpha = 5\%$

Untuk uji sebelah kiri

95%



Gambar 2.6 Uji Satu Sisi Kiri dengan $\alpha = 5\%$

2.5 Korelasi

Penelitian dilakukan untuk mengetahui mengenai ada dan tidaknya hubungan antara dua hal, fenomena, kejadian atau lainnya. Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi / hubungan (*measures of association*). Pengukuran asosiasi merupakan istilah umum yang mengacu pada sekelompok teknik dalam statistik bivariat yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Diantara sekian banyak teknik-teknik pengukuran asosiasi, terdapat dua teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang, yaitu Korelasi Pearson Product Moment dan Korelasi Rank Spearman. Selain kedua teknik tersebut, terdapat pula teknik-teknik korelasi lain, seperti Kendal, Chi-Square, Phi Coefficient, Goodman-Kruskal, Somer, dan Wilson.

Pengukuran asosiasi mengenakan nilai numerik untuk mengetahui tingkatan asosiasi atau kekuatan hubungan antara variabel. Dua variabel dikatakan berasosiasi jika perilaku variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain. Jika tidak terjadi pengaruh, maka kedua variabel tersebut disebut independen.

Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu, misalnya Pearson data harus berskala interval atau rasio; Spearman dan Kendal menggunakan skala ordinal; Chi Square menggunakan data nominal. Kuat lemah hubungan diukur diantara jarak (range) 0 sampai dengan 1. (<http://www.w3.org/TR/REC-html>)

Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi ditemukan positif; sebaliknya jika nilai koefisien korelasi negatif, korelasi disebut tidak searah. Yang dimaksud dengan

koefisien korelasi ialah suatu pengukuran statistik kovariansi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefisien korelasi ditemukan tidak sama dengan nol (0), maka terdapat ketergantungan antara dua variabel tersebut. Jika koefisien korelasi ditemukan +1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) positif. Jika koefisien korelasi ditemukan -1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) negatif.

Dalam korelasi sempurna tidak diperlukan lagi pengujian hipotesis, karena kedua variabel mempunyai hubungan linear yang sempurna. Artinya variabel X mempengaruhi variabel Y secara sempurna. Jika korelasi sama dengan nol (0), maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut.

Dalam korelasi sebenarnya tidak dikenal istilah variabel bebas dan variabel tergantung. Biasanya dalam penghitungan digunakan simbol X untuk variabel pertama dan Y untuk variabel kedua. Dalam contoh hubungan antara variabel remunerasi dengan kepuasan kerja, maka variabel remunerasi merupakan variabel X dan kepuasan kerja merupakan variabel Y.

Pengukuran ini hubungan antara dua variabel untuk masing-masing kasus akan menghasilkan keputusan, diantaranya:

- Hubungan kedua variabel tidak ada
- Hubungan kedua variabel lemah
- Hubungan kedua variabel cukup kuat
- Hubungan kedua variabel kuat
- Hubungan kedua variabel sangat kuat

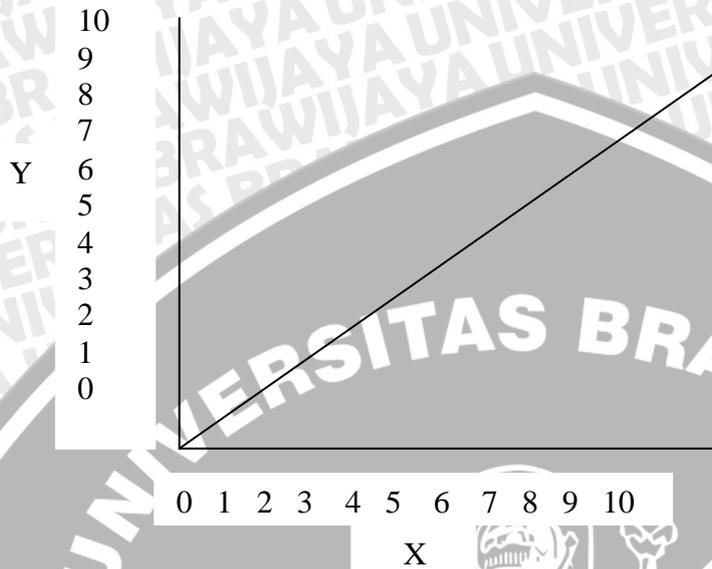
Penentuan tersebut didasarkan pada kriteria yang menyebutkan jika hubungan mendekati 1, maka hubungan semakin kuat; sebaliknya jika hubungan mendekati 0, maka hubungan semakin lemah.

2.5.1 Teori Korelasi

2.5.1.1 Korelasi dan Linieritas

Terdapat hubungan erat antara pengertian korelasi dan linieritas. Korelasi Pearson, misalnya, menunjukkan adanya kekuatan hubungan linier dalam dua variabel. Sekalipun demikian jika asumsi normalitas salah maka nilai korelasi tidak akan memadai untuk membuktikan adanya hubungan linieritas. Linieritas artinya asumsi adanya hubungan dalam bentuk garis lurus antara variabel. Linearitas antara dua

variabel dapat dinilai melalui observasi *scatterplots* bivariat. Jika kedua variabel berdistribusi normal dan berhubungan secara linier, maka *scatterplot* berbentuk oval; jika tidak berdistribusi normal *scatterplot* tidak berbentuk oval.



Gambar 2.7 Hubungan Linear Sempurna

Dalam kenyataannya data yang digunakan akan menghasilkan korelasi tinggi tetapi hubungan tidak linier, atau sebaliknya korelasi rendah tetapi hubungan linier. Agar linieritas hubungan dipenuhi, maka data yang digunakan harus mempunyai distribusi normal. Dengan kata lain, koefisien korelasi hanya merupakan statistik ringkasan sehingga tidak dapat digunakan sebagai sarana untuk memeriksa data secara individual.

2.5.1.2 Korelasi dan Kausalitas

Ada perbedaan mendasar antara korelasi dan kausalitas. Jika kedua variabel dikatakan berkorelasi, maka kita terdoda untuk mengatakan bahwa variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain atau dengan kata lain terdapat hubungan kausalitas. Kenyataannya belum tentu. Hubungan kausalitas terjadi jika variabel X mempengaruhi Y. Jika kedua variabel diperlakukan secara simetris (nilai pengukuran tetap sama seandainya peranan variabel-variabel tersebut ditukar) maka meski kedua variabel berkorelasi tidak dapat dikatakan mempunyai hubungan kausalitas. Dengan demikian, jika terdapat dua variabel yang berkorelasi, tidak harus terdapat hubungan kausalitas.

Terdapat dictum yang mengatakan “*correlation does not imply causation*”. Artinya korelasi tidak dapat digunakan secara valid untuk melihat adanya hubungan

kausalitas dalam variabel-variabel. Dalam korelasi aspek-aspek yang melandasi terdapatnya hubungan antar variabel mungkin tidak diketahui atau tidak langsung. Oleh karena itu dengan menetapkan korelasi dalam hubungannya dengan variabel-variabel yang diteliti tidak akan memberikan persyaratan yang memadai untuk menetapkan hubungan kausalitas kedalam variabel-variabel tersebut. Sekalipun demikian bukan berarti bahwa korelasi tidak dapat digunakan sebagai indikasi adanya hubungan kausalitas antar variabel. Korelasi dapat digunakan sebagai salah satu bukti adanya kemungkinan terdapatnya hubungan kausalitas tetapi tidak dapat memberikan indikasi hubungan kausalitas seperti apa jika memang itu terjadi dalam variabel-variabel yang diteliti, misalnya model *recursive*, dimana X mempengaruhi Y atau *non-recursive*, misalnya X mempengaruhi Y dan Y mempengaruhi X.

2.5.2 Asumsi dasar korelasi

Asumsi dasar korelasi diantaranya sebagai berikut :

1. Kedua variabel bersifat independen satu dengan lainnya, artinya masing-masing variabel berdiri sendiri dan tidak tergantung satu dengan lainnya. Tidak ada istilah variabel bebas dan variabel tergantung.
2. Data untuk kedua variabel berdistribusi normal. Data yang mempunyai distribusi normal artinya data yang distribusinya simetris sempurna. Jika digunakan bahasa umum disebut berbentuk kurva bel. Menurut Johnston (2004) ciri-ciri data yang mempunyai distribusi normal ialah sebagai berikut:
 - Kurva frekuensi normal menunjukkan frekuensi tertinggi berada di tengah-tengah, yaitu berada pada rata-rata (*mean*) nilai distribusi dengan kurva sejajar dan tepat sama pada bagian sisi kiri dan kanannya. Kesimpulannya, nilai yang paling sering muncul dalam distribusi normal ialah rata-rata (*average*), dengan setengahnya berada dibawah rata-rata dan setengahnya yang lain berada di atas rata-rata.
 - Kurva normal, sering juga disebut sebagai kurva bel, berbentuk simetris sempurna.
 - Karena dua bagian sisi dari tengah-tengah benar-benar simetris, maka frekuensi nilai-nilai diatas rata-rata (*mean*) akan benar-benar cocok dengan frekuensi nilai-nilai di bawah rata-rata.

- Frekuensi total semua nilai dalam populasi akan berada dalam area dibawah kurva. Perlu diketahui bahwa area total dibawah kurva mewakili kemungkinan munculnya karakteristik tersebut.
- Kurva normal dapat mempunyai bentuk yang berbeda-beda. Yang menentukan bentuk-bentuk tersebut adalah nilai rata-rata dan simpangan baku (standard deviation) populasi.

2.5.3 Karakteristik Korelasi

Korelasi mempunyai karakteristik-karakteristik diantaranya:

1. Kisaran Korelasi

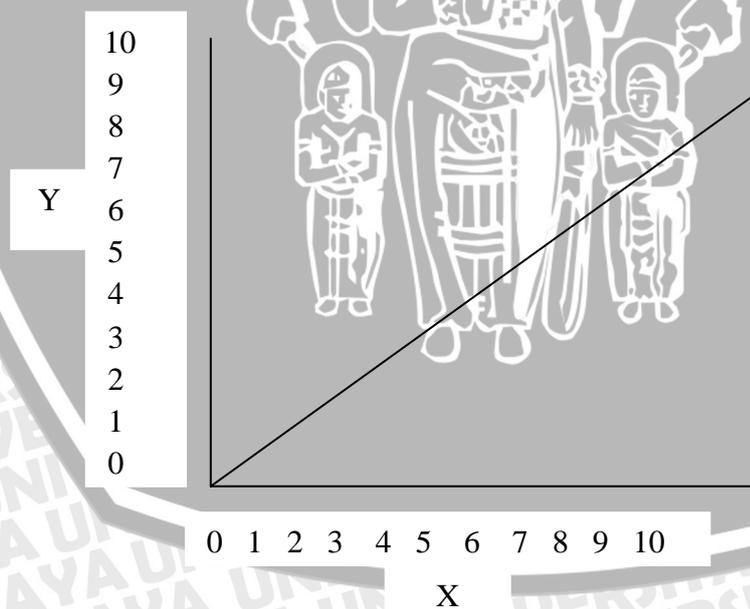
Kisaran (*range*) korelasi mulai dari 0 sampai dengan 1. Korelasi dapat positif dan dapat pula negatif.

2. Korelasi Sama Dengan Nol

Korelasi sama dengan 0 mempunyai arti tidak ada hubungan antara dua variabel.

3. Korelasi Sama Dengan Satu

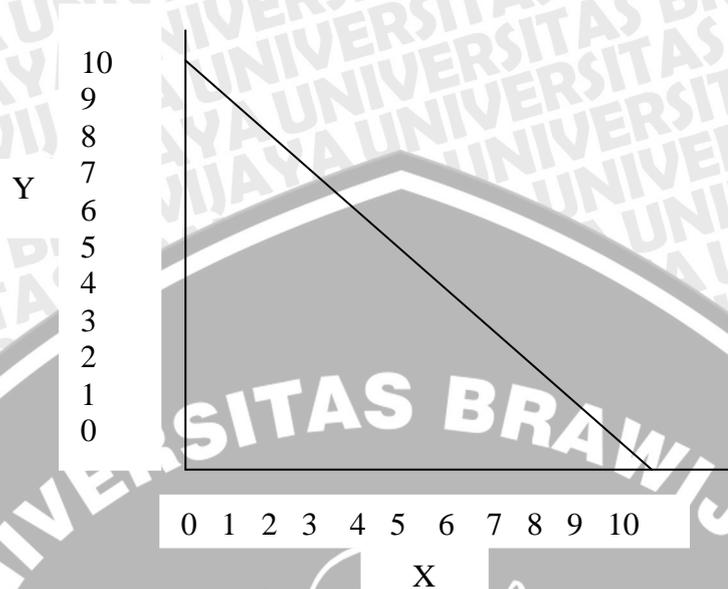
Korelasi sama dengan + 1 artinya kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna (membentuk garis lurus) positif. Korelasi sempurna seperti ini mempunyai makna jika nilai X naik, maka Y juga naik seperti pada gambar yang tertera di bawah ini:



Gambar 2.8 Korelasi dimana $r = + 1$

Korelasi sama dengan -1 artinya kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna (membentuk garis lurus) negatif. Korelasi sempurna seperti ini mempunyai

makna jika nilai X naik, maka Y turun (dan sebaliknya) seperti pada gambar yang tertera di bawah ini:



Gambar 2.9 Korelasi dimana $r = -1$

2.5.4 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara $+1$ s/d -1 . Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono:2006):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
- 1: Korelasi sempurna

2.5.5 Signifikansi

Dalam bahasa Inggris umum, kata, "*significant*" mempunyai makna penting; sedang dalam pengertian statistik kata tersebut mempunyai makna "benar" tidak didasarkan secara kebetulan. Hasil riset dapat benar tapi tidak penting. Signifikansi / probabilitas / α memberikan gambaran mengenai bagaimana hasil riset itu mempunyai kesempatan untuk benar. Jika kita memilih signifikansi sebesar 0,01, maka artinya kita menentukan hasil riset nanti mempunyai kesempatan untuk benar sebesar 99% dan untuk salah sebesar 1%.

Secara umum kita menggunakan angka signifikansi sebesar 0,01; 0,05 dan 0,1. Pertimbangan penggunaan angka tersebut didasarkan pada tingkat kepercayaan (*confidence interval*) yang diinginkan oleh peneliti. Angka signifikansi sebesar 0,01 mempunyai pengertian bahwa tingkat kepercayaan atau bahasa umumnya keinginan kita untuk memperoleh kebenaran dalam riset kita adalah sebesar 99%. Jika angka signifikansi sebesar 0,05, maka tingkat kepercayaan adalah sebesar 95%. Jika angka signifikansi sebesar 0,1, maka tingkat kepercayaan adalah sebesar 90%.

Pertimbangan lain ialah menyangkut jumlah data (*sample*) yang akan digunakan dalam riset. Semakin kecil angka signifikansi, maka ukuran *sample* akan semakin besar. Sebaliknya semakin besar angka signifikansi, maka ukuran *sample* akan semakin kecil. Untuk memperoleh angka signifikansi yang baik, biasanya diperlukan ukuran *sample* yang besar. Sebaliknya jika ukuran *sample* semakin kecil, maka kemungkinan munculnya kesalahan semakin ada.

2.5.6 Interpretasi Korelasi

Ada tiga penafsiran hasil analisis korelasi, meliputi: pertama, melihat kekuatan hubungan dua variabel; kedua, melihat signifikansi hubungan; dan ketiga, melihat arah hubungan.

Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dilakukan dengan melihat angka koefisien korelasi hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria sbb:

- Jika angka koefisien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan.
- Jika angka koefisien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat.
- Jika angka koefisien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah.

- Jika angka koefisien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.
- Jika angka koefisien korelasi sama dengan -1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna negatif.

Interpretasi berikutnya melihat signifikansi hubungan dua variabel dengan didasarkan pada angka signifikansi yang dihasilkan dari penghitungan. Interpretasi ini akan membuktikan apakah hubungan kedua variabel tersebut signifikan atau tidak.

Interpretasi ketiga melihat arah korelasi. Dalam korelasi ada dua arah korelasi, yaitu searah dan tidak searah. Pada SPSS hal ini ditandai dengan pesan *two failed*. Arah korelasi dilihat dari angka koefisien korelasi. Jika koefisien korelasi positif, maka hubungan kedua variabel searah. Searah artinya jika variabel X nilainya tinggi, maka variabel Y juga tinggi. Jika koefisien korelasi negatif, maka hubungan kedua variabel tidak searah. Tidak searah artinya jika variabel X nilainya tinggi, maka variabel Y akan rendah.

2.5.7 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dengan simbol r^2 merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Definisi berikutnya menyebutkan bahwa r^2 merupakan rasio variabilitas nilai-nilai yang dibuat model dengan variabilitas nilai data asli. Secara umum r^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Dalam regresi r^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika r^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna.

Interpretasi lain ialah bahwa r^2 diartikan sebagai proporsi variasi tanggapan yang diterangkan oleh regresor (variabel bebas / X) dalam model. Dengan demikian, jika $r^2 = 1$ akan mempunyai arti bahwa model yang sesuai menerangkan semua variabilitas dalam variabel Y. jika $r^2 = 0$ akan mempunyai arti bahwa tidak ada hubungan antara regresor (X) dengan variabel Y. Dalam kasus misalnya jika $r^2 = 0,8$ mempunyai arti bahwa sebesar 80% variasi dari variabel Y (variabel tergantung / response) dapat diterangkan dengan variabel X (variabel bebas / explanatory); sedang sisanya 0,2 dipengaruhi oleh variabel-variabel yang tidak diketahui atau variabilitas yang inheren. (Rumus untuk menghitung koefisien determinasi (KD) adalah $KD = r^2 \times 100\%$) Variabilitas mempunyai makna penyebaran / distribusi seperangkat nilai-nilai tertentu.

Dengan menggunakan bahasa umum, pengaruh variabel X terhadap Y adalah sebesar 80%; sedang sisanya 20% dipengaruhi oleh faktor lain.

Dalam hubungannya dengan korelasi, maka r^2 merupakan kuadrat dari koefisien korelasi yang berkaitan dengan variabel bebas (X) dan variabel Y (tergantung). Secara umum dikatakan bahwa r^2 merupakan kuadrat korelasi antara variabel yang digunakan sebagai predictor (X) dan variabel yang memberikan response (Y). Dengan menggunakan bahasa sederhana r^2 merupakan koefisien korelasi yang dikuadratkan. Oleh karena itu, penggunaan koefisien determinasi dalam korelasi tidak harus diinterpretasikan sebagai besarnya pengaruh variabel X terhadap Y mengingat bahwa korelasi tidak sama dengan kausalitas. Secara bebas dikatakan dua variabel mempunyai hubungan belum tentu variabel satu mempengaruhi variabel lainnya. Lebih lanjut dalam konteks korelasi antara dua variabel maka pengaruh variabel X terhadap Y tidak nampak. Kemungkinannya hanya korelasi merupakan penanda awal bahwa variabel X mungkin berpengaruh terhadap Y. Sedang bagaimana pengaruh itu terjadi dan ada atau tidak kita akan mengalami kesulitan untuk membuktikannya. Hanya menggunakan angka r^2 kita tidak akan dapat membuktikan bahwa variabel X mempengaruhi Y.

Dengan demikian jika kita menggunakan korelasi sebaiknya jangan menggunakan koefisien determinasi untuk melihat pengaruh X terhadap Y karena korelasi hanya menunjukkan adanya hubungan antara variabel X dan Y. Jika tujuan riset hanya untuk mengukur hubungan maka sebaiknya berhenti saja di angka koefisien korelasi. Sedang jika kita ingin mengukur besarnya pengaruh variabel X terhadap Y sebaiknya menggunakan rumus lain, seperti regresi atau analisis jalur. (<http://www.w3.org/TR/REC-html>)

2.6 Uji - F

Uji - F digunakan untuk menguji nilai varian, dan untuk menguji sample dalam analisis varian. Apabila σ_1^2 dan σ_2^2 adalah varian dari dua populasi, maka kedua nilai tersebut untuk diuji, harus membuat hipotesis statistik : (Soewarno, 1995)

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$$

Apabila perbandingan itu menyangkut lebih dari dua sampel, maka dapat digunakan Analisis Variansi (*Analysis of Variance* atau disingkat ANOVA). Dengan

menggunakan distribusi F yang telah dikembangkan oleh Fisher, nilai F ini kemudian dibandingkan dengan nilai F kritis (F_{cr}) dari tabel F.

Adapun yang diuji adalah Ketidaktergantungan (*independence*) atau Keseragaman (homogenitas). Uji Analisis Variansi dapat bersifat satu arah (*one way*) atau dua arah (*two way*). Besaran F berupa nisbah (*ratio*). Oleh karenanya ada dua parameter derajat bebas yaitu v_1 (derajat bebas pembilang) dan v_2 (derajat bebas penyebut). Nilai F_{cr} dapat diperoleh dari tabel F untuk berbagai nilai *Level of Significance* (α), dengan menggunakan kedua parameter derajat bebas v_1 dan v_2 tersebut. Apabila varian kedua sample tersebut setelah diuji ternyata tidak terdapat perbedaan nyata maka dapat disebut varian sama jenis (*homogeneous variances*).

Distribusi F dapat dirumuskan sebagai berikut : (Shahin, 1976)

1. Analisis Variansi satu arah (*one way*)

$$F = \frac{(n - k) \cdot \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{(k - 1) \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2} \dots\dots\dots(2.35)$$

dimana: \bar{X}_i = harga rerata untuk kelas i

\bar{X} = harga rerata keseluruhan

X_{ij} = pengamatan untuk kelas i pada tahun j

n_i = banyak pengamatan untuk kelas i

n = banyak pengamatan keseluruhan

k = banyak kelas

Dengan hipotesa : H_0 : hujan di DAS adalah homogen

H_1 : hujan di DAS adalah tidak homogen

Dengan memperbandingkan nilai F dan nilai F_{cr} yang dicari pada tabel distribusi F : jika $F <$ dari F_{cr} , maka H_0 diterima.

Tabel distribusi F tercantum pada Tabel II-4 yang terdapat pada lampiran.

2. Analisis Variansi dua arah (*two way*)

Dalam analisis satu arah tersebut di atas, maka masing-masing individu pada tiap kelas dianggap replika satu sama lain yang hanya bervariasi secara acak (*random*). Akan tetapi ada kemungkinan terjadinya variasi hujan secara nyata (*significant*) dari tahun ke tahun dalam tiap kelas. Untuk menyelidiki kemungkinan sumber variasi ini, maka dihitung rerata hujan tiap tahun.



Jadi ada dua nilai F yang perlu dihitung dengan rumus-rumus berikut:

$$F_1 = \frac{(n-1) \cdot \sum_{i=1}^k n \cdot (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2} \quad (2.36)$$

dan

$$F_2 = \frac{(k-1) \cdot \sum_{j=1}^n k \cdot (\bar{X}_j - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2} \quad (2.37)$$

dimana: \bar{X}_i = harga rerata untuk kelas i

\bar{X}_j = harga rerata untuk tahun j

\bar{X} = harga rerata keseluruhan

X_{ij} = pengamatan untuk kelas i pada tahun j

n = banyak pengamatan per kelas

k = banyak kelas

Dengan Hipotesa 1 : H_0 : hujan homogen antar kelas

H_1 : hujan tidak homogen antar kelas

Hipotesa 2 : H_0 : hujan homogen antar tahun

H_1 : hujan tidak homogen antar tahun

Dengan memperbandingkan nilai F dan nilai Fcr yang dicari pada tabel distribusi F, masing-masing dicari Fcr 5% maupun Fcr 1% . Jika ternyata :

$F_1 >$ baik dari **Fcr 5%** maupun **Fcr 1%**. Maka H_0 ditolak (Hipotesa 1). Dan

$F_2 >$ baik dari **Fcr 5%** maupun **Fcr 1%**. Maka H_0 ditolak (Hipotesa 2).

Penggunaan distribusi F adalah sama dengan penggunaan distribusi-t. Tabel distribusi F tercantum pada Tabel II-4 yang terdapat pada lampiran.

2.7 Analisis Data Deret Waktu

Data deret waktu adalah data yang merupakan fungsi atas waktu atau tempat, sehingga himpunan data deret waktu merupakan sebuah barisan. Sekumpulan data ini didapatkan dari pengamatan sebuah fenomena yang terjadi berdasarkan indeks waktu dengan selang waktu yang tetap atau sama (Cryer, 1986). Deret berkala ini merupakan

serangkaian data pengamatan yang disusun menurut urutan waktu. Data pengamatan dilambangkan dengan Z_t dimana $t=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ menyatakan pengamatan sepanjang waktu, bersifat acak dan saling berhubungan (tidak bebas) secara statistika. Serangkaian peubah acak $\{Z_1, Z_2, \dots\}$ atau $\{\dots, Z_{-1}, Z_0, Z_1, \dots\}$ merupakan proses stokastik.

Analisis deret waktu ini bertujuan antara lain untuk :

1. mengetahui kecenderungan nilai suatu variabel dari waktu ke waktu
2. meramal (to forcast) nilai suatu variabel pada suatu waktu tertentu

Makridakis dkk menyatakan bahwa statistik atau penduga penentu di dalam analisis deret waktu adalah koefisien autokorelasi, yaitu hubungan deret berkala dengan deret berkala itu sendiri dengan selisih waktu (lag) 0, 1, 2 periode atau lebih. Sedangkan menurut pengertian lainnya, suatu koefisien autokorelasi menggambarkan hubungan antar nilai – nilai dari peubah yang sama tetapi pada periode waktu yang berbeda. Autokorelasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah data bersifat acak, stasioner atau musiman.

Agar perkembangan nilai variabel dari waktu ke waktu mudah diketahui, maka pola perubahannya digambarkan dengan sebuah grafik (garis). Garis yang dihasilkan merupakan garis yang menggambarkan hubungan antara waktu dengan nilai variabel dari waktu ke waktu. (*Jonathan D. Cryer, 1986*)

Analisis deret berkala menurut anggapan klasik bahwa terdapat 4 komponen yang dapat memengaruhi perubahan nilai suatu variabel dari waktu ke waktu. Komponen-komponen tersebut adalah :

1. Gerakan Trend jangka panjang, adalah gerakan perubahan nilai variabel yang relatif stabil dari waktu ke waktu. Arah perubahan ini dapat digambarkan dengan suatu garis linier yang memiliki kecenderungan naik atau turun
2. Variasi musiman, merupakan perubahan nilai suatu variabel dari waktu ke waktu sebagai akibat dari adanya musim tertentu, variasi ini hanya berlaku untuk jangka waktu yang relatif pendek, misalnya sebulan, seminggu, atau sehari.
3. Fluktuasi siklis, adalah perubahan nilai suatu variabel dari waktu ke waktu yang biasanya disebabkan oleh faktor-faktor ekonomi. Atau variasi jangka panjang disekitar garis trend (berlaku untuk data tahunan).

4. Variasi yang tidak teratur, merupakan perubahan variabel dari waktu ke waktu yang bergerak tidak menentu, tidak mengikuti pola trend., fluktuasi siklis, ataupun variasi musiman. (www.google.com/DeretWaktu)

Apabila gerakan trend, siklis, musiman, dan acak masing-masing diberi simbol T, C, S, dan I, maka data deret berkala Y merupakan hasil kali dari 4 komponen tersebut, yaitu

$$Y = T \times C \times S \times I \text{ atau } Y = T + C + S + I$$

Garis trend dapat dipergunakan untuk membuat ramalan yang sangat diperlukan untuk dasar perumusan perencanaan. Dalam membuat suatu model yang akan digunakan untuk meramal suatu nilai variabel pada waktu tertentu biasanya berasumsi bahwa variabel-variabel yang tidak dapat diidentifikasi adalah konstan (tetap).

(http://id.wikipedia.org/wiki/time_series1.htm)

2.8 Peramalan Deret Waktu

Peramalan merupakan sasaran utama dari analisis data deret waktu, yang prosesnya bisa berdasarkan karakter dari komponen data, atau model regresi deret waktu. Peramalan diperlukan untuk mengetahui kapan dan bagaimana suatu peristiwa akan terjadi, sehingga dapat dipersiapkan tindakan yang lebih tepat yang dapat dilakukan. Peramalan berdasarkan sifatnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Metode peramalan kuantitatif dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu metode peramalan deret waktu dan metode kausal, sedangkan metode kualitatif dibagi menjadi metode eksploratoris dan normatif. Teknik peramalan kuantitatif sangat beragam, dikembangkan dari berbagai disiplin ilmu dan untuk berbagai maksud. Setiap teknik yang akan dipilih memiliki sifat, ketepatan, tingkat kesulitan dan biaya tersendiri yang harus dipertimbangkan.

Makridakis, Wheelwright dan McGee (1992) menjelaskan bahwa pada umumnya peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut :

- Tersedia informasi tentang masa lalu (data historis),
- Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik,
- Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

Peramalan dengan menggunakan metode deret waktu didasarkan pada pendugaan masa depan yang dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu

variabel dan / atau kesalahan peramalan di masa lalu. Tujuan metode peramalan deret waktu seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola dalam deret data tersebut ke masa depan.

Pengklasifikasian metode peramalan adalah dengan memperhatikan model yang mendasarinya. Terdapat dua jenis model peramalan yang utama, yaitu model deret berkala dan model kausal/eksplanatoris.

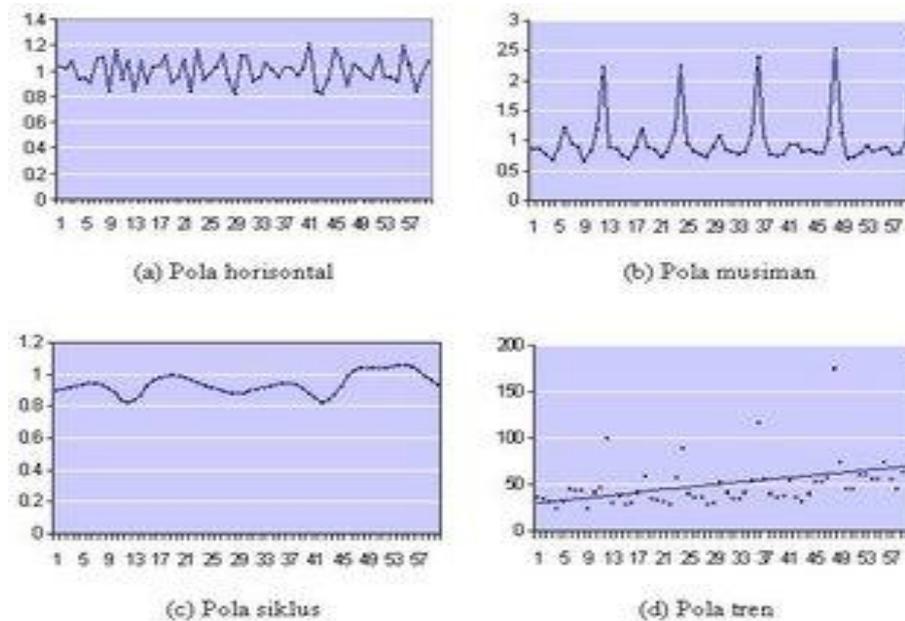
1. Model deret berkala, pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan metode peramalan deret berkala seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan.

Metode peramalan dengan model deret berkala terdiri dari:

1. Metode Smoothing
 2. Metode Box Jenkins (ARIMA)
 3. Metode Proyeksi Trend dengan Regresi (Makridakis, dkk., 1988)
2. Model kausal atau eksplanatoris, mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Maksud dari model kausal adalah menemukan bentuk hubungan tersebut dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas.

Menurut Makridakis, Wheelwright dan McGee (1992), langkah penting dalam memilih suatu metode deret waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola datanya. Pola data dapat dibedakan menjadi empat, yaitu :

1. Pola horisontal, terjadi bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan atau stasioner terhadap nilai rata-ratanya.
2. Pola musiman, terjadi bilamana suatu deret data dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan atau hari pada minggu tertentu)
3. Pola siklis, terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis atau ekonomi.
4. Pola tren, terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan jangka panjang dalam data.



Gambar 2.10 Jenis-Jenis Pola Data

Jika terdapat deret data yang mencakup kombinasi dari pola-pola data tersebut, maka metode peramalan yang dapat membedakan setiap pola harus digunakan bila diinginkan adanya pemisahan komponen pola tersebut.

2.9 Peramalan Hujan Model ARIMA

Model deret waktu ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) biasa ditetapkan dalam pemodelan dan peramalan data deret waktu. Metode ini lebih dikenal dengan metode Box-Jenkins. Pada metode ini ada tiga tahapan iteratif dalam melakukan pemodelan deret waktu (Montgomery, 1990). Yaitu:

1. Spesifikasi model berdasarkan data historis
2. Pendugaan parameter
3. Diagnostik model untuk memeriksa kelayakan model

Tahapan selanjutnya adalah peramalan berdasarkan model yang diperoleh. Asumsi dalam pemodelan data deret waktu didasarkan pada *white noise* atau galat acak (Montgomery, 1990). Asumsi tersebut menyatakan bahwa:

1. Galat atau sisaan menyebar normal dengan rata-rata nol dan ragam σ^2
2. Galat atau rata-rata bersifat bebas atau tidak berkorelasi

2.9.1 Proses Stasioner

Berdasarkan sifat ada atau tidaknya kepastian terjadinya suatu keadaan di waktu-waktu yang akan datang, maka deret waktu terbagi dalam dua kelompok, yaitu deret waktu yang merupakan proses deterministik dan proses stokastik. Jika dari pengamatan yang lalu, keadaan yang akan datang dari suatu deret waktu dapat diramalkan secara pasti, maka deret waktu dinamakan proses yang deterministik, dan dalam hal ini tidak memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Sebaliknya, jika dari pengalaman yang lalu hanya dapat menunjukkan struktur probabilistik dari suatu keadaan yang akan datang dari suatu deret waktu, maka deret waktu yang semacam ini dinamakan proses stokastik.

Proses stasioner merupakan salah satu syarat untuk pemodelan data deret waktu. Kestasioneran merupakan syarat dalam identifikasi dan penarikan kesimpulan. Suatu data dikatakan stasioner jika memiliki nilai tengah dan ragam yang konstan. Bila data tidak stasioner pada nilai tengah perlu dilakukan pembedaan atau differensiasi derajat d yang didefinisikan sebagai berikut:

$$X'_t = X_t - X_{t-1} \quad (2.38)$$

Sedangkan untuk mengatasi ketidakstasioneran ragam dilakukan transformasi Box Cox dengan rumus sebagai berikut:

$$T(Z_t) = Z_t^{(\lambda)} = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.39)$$

2.9.2 Model Regresi Diri (*Autoregressive*)

Proses regresi diri menggambarkan pengamatan yang merupakan peubah tak bebas yang dipengaruhi oleh pengamatan itu sendiri pada waktu sebelumnya. Proses *Autoregressive* dengan ordo p dinotasikan dengan AR (p) dan diformulasikan sebagai berikut (Makridakis, 1999):

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2.40)$$

dimana:

Z_t = nilai peubah tak bebas pada waktu t

ϕ = parameter dari model AR

a_t = sisaan waktu t

2.9.3 Model Rataan Bergerak (*Moving Average*)

Proses *Moving Average* dengan ordo q dinotasikan dengan MA (q). Proses rata-rata bergerak menggambarkan peubah bebas yang merupakan nilai sisaan pada periode sebelumnya. Pengamatan pada waktu ke- t dengan q periode sebelumnya tidak

bebas. Tetapi pengamatan pada waktu ke- t dengan $q+1, q+2, \dots$ periode sebelumnya bebas. Proses ini diformulasikan sebagai berikut (Makridakis, 1999):

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.41)$$

dimana:

- Z_t = nilai peubah tak bebas pada waktu t
- θ = koefisien atau parameter dari model MA
- a_t = sisaan waktu ke t

2.9.4 Model Regresi Diri-Rataan Bergerak

Model ARMA merupakan model campuran antara model regresi diri dan model rataan bergerak. Model umum dari ARMA (p, q) adalah sebagai berikut Makridakis, 1995):

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} + a_t \quad (2.42)$$

Model ARMA merupakan model yang stasioner. Tapi bila data deret waktu yang terbentuk tidak stasioner dilakukan pembedaan, transformasi atau keduanya agar kestasioneran terbentuk.

Model untuk deret waktu yang tidak stasioner setelah pembedaan derajat d dinotasikan dengan ARIMA (p, d, q). Alat yang digunakan dalam spesifikasi model untuk menentukan nilai p, d dan q adalah fungsi korelasi diri dan fungsi korelasi diri parsial.

2.9.5 ARIMA Musiman

Musiman didefinisikan sebagai suatu pola yang berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap. Sebagai contoh, penjualan minyak untuk alat pemanas, adalah tinggi pada musim dingin dan rendah pada musim panas yang memperlihatkan suatu pola musim 12 bulan. Apabila pola tersebut konsisten, maka koefisien korelasi diri dalam lag 12 bulan akan mempunyai nilai positif yang tinggi yang memperlihatkan adanya pengaruh musiman. Apabila signifikansinya tidak berbeda dari nol, ini akan memperlihatkan bahwa bulan-bulan didalam satu tahun adalah tidak berhubungan (*random*) dan tanpa pola yang konsisten dari satu tahun ke tahun berikutnya. Data seperti ini bukanlah data musiman (*seasonal*).

Untuk data yang stasioner, faktor musiman dapat ditentukan dengan mengidentifikasi koefisien korelasi diri pada dua atau tiga *time lag* yang berbeda nyata dari nol. Korelasi diri yang secara signifikan berbeda dari nol menyatakan adanya suatu pola dalam data. Untuk mengenali adanya faktor musiman harus dilihat pada korelasi diri yang tinggi semacam ini.

Adanya faktor musiman dapat dengan mudah dilihat didalam grafik korelasi diri atau dilihat sepintas pada korelasi diri dari *time lag* yang berbeda, apabila hanya pola ini yang ada. Namun, hal ini tidaklah selalu mudah apabila dikombinasikan dengan pola lain seperti trend. Semakin kuat pengaruh trend akan semakin tidak jelas adanya faktor musim, karena secara relatif besarnya korelasi diri yang positif merupakan hasil dari adanya ketidakstasioneran data (adanya trend). Sebagai pedoman, data tersebut harus ditransformasikan ke bentuk yang stasioner sebelum adanya faktor musim (Makridakis, 1999).

2.9.6 Korelasi Diri (*Autocorrelation*) dan Korelasi Diri Parsial (*Partial Autocorrelation*)

Fungsi korelasi diri (ACF) dan fungsi korelasi diri parsial (PACF) dari data yang stasioner merupakan alat yang digunakan untuk menentukan spesifikasi model. Fungsi korelasi diri dinotasikan sebagai berikut (Makridakis, 1999):

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (z_t - \bar{z})(z_{t-k} - \bar{z})}{\sum_{t=1}^N (z_t - \bar{z})^2} \quad (2.43)$$

Dimana :

- r_k = nilai korelasi diri pada lag ke-k
- Z_t = banyaknya pengamatan deret waktu
- k = lag yang diamati
- t = 1,2,3,...,N

Korelasi diri parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan (association) antara X_t dan X_{t-k} , apabila pengaruh dari time lag 1, 2, 3,..., dan seterusnya sampai k-1 dianggap terpisah. Satu-satunya tujuan didalam analisis deret berkala adalah untuk membantu menetapkan model ARIMA yang tepat untuk peramalan. Kenyataannya, mereka memang dibentuk hanya untuk tujuan ini.

Koefisien korelasi diri parsial berorde m didefinisikan sebagai koefisien autoregresif terakhir dari model AR (m). Sebagai contoh, persamaan-persamaan (2.44) sampai (2.48) masing-masing digunakan untuk menetapkan AR(1), AR(2), AR(3), ..., AR(m-1) dan proses AR(m). Koefisien X yang terakhir pada masing-masing persamaan merupakan koefisien korelasi diri parsial. Ini berarti notasi $\hat{\Phi}_1, \hat{\Phi}_2, \hat{\Phi}_3, \dots, \hat{\Phi}_{m-1}$, dan

$\hat{\Phi}_m$ adalah m buah koefisien korelasi diri parsial yang pertama untuk deret berkala tersebut (Makridakis, 1999).

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + e_t \quad (2.44)$$

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + \hat{\Phi}_2 X_{t-2} + e_t \quad (2.45)$$

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + \hat{\Phi}_2 X_{t-2} + \hat{\Phi}_3 X_{t-3} + e_t \quad (2.46)$$

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + \hat{\Phi}_2 X_{t-2} + \dots + \hat{\Phi}_{m-1} X_{t-m+1} + e_t \quad (2.47)$$

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + \hat{\Phi}_2 X_{t-2} + \dots + \hat{\Phi}_{m-1} X_{t-m+1} + \hat{\Phi}_m X_{t-m} + e_t \quad (2.48)$$

Dari persamaan-persamaan ini dapat dicari nilai-nilai $\hat{\Phi}_1, \hat{\Phi}_2, \hat{\Phi}_3, \dots, \hat{\Phi}_{m-1}, \hat{\Phi}_m$. Penghitungan yang diperlukan akan memakan banyak waktu, oleh karena itu lebih memuaskan untuk memperoleh taksiran $\hat{\Phi}_1, \hat{\Phi}_2, \hat{\Phi}_3, \dots, \hat{\Phi}_{m-1}, \hat{\Phi}_m$ berdasarkan pada koefisien korelasi diri. Penaksiran tersebut dapat dilakukan dengan metode dibawah ini.

Apabila ruas kiri dan kanan persamaan (2.48) dikalikan dengan X_{t-1} , hasilnya adalah:

$$X_{t-1}X_t = \phi_1 X_{t-1}X_{t-1} + X_{t-1}e_t \quad (2.49)$$

Dengan mengambil nilai ekspektasi pada persamaan (2.48) akan menghasilkan:

$$E(X_{t-1}X_t) = \phi_1 E(X_{t-1}X_{t-1}) + E(X_{t-1}e_t)$$

yang dapat ditulis ulang sebagai:

$$\gamma_1 = \phi_1 \gamma_0 \quad (2.50)$$

karena berdasarkan definisi $E(X_{t-1}X_t) = \gamma_1, E(X_{t-1}X_{t-1}) = \gamma_0$, dan $E(X_{t-1}e_t) = 0$.

Apabila kedua ruas persamaan (2.50) dibagi γ_0 , hasilnya adalah:

$$\rho_1 = \phi_1 \quad (2.51)$$

karena $\rho_1 = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_0} \right)$ merupakan cara untuk menetapkan korelasi diri pertama. Jadi

$\hat{\phi}_1 = \hat{\rho}_1$. Ini berarti bahwa korelasi diri parsial yang pertama adalah sama dengan korelasi diri pertama dan keduanya ditaksir didalam sampel dengan r_1 . Secara umum,

karena $\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$, maka operasi yang terlihat pada persamaan (2.48) sampai (2.51)

dapat diperluas sebagai berikut. Kalikan kedua ruas persamaan (2.43) dengan X_{t-k} ,

hitung nilai ekspektasi dan bagilah dengan γ_0 , sehingga menghasilkan sekumpulan persamaan simultan (disebut persamaan Yule-Walker), yang dapat dipakai untuk mencari $\hat{\Phi}_1, \hat{\Phi}_2, \hat{\Phi}_3, \dots, \hat{\Phi}_{m-1}, \hat{\Phi}_m$. Nilai-nilai ini dapat digunakan sebagai penduga nilai-nilai korelasi diri parsial sampai m *time lag*. Untuk mendapatkan jawaban-jawaban persamaan-persamaan tersebut terdapat prosedur-prosedur penaksiran rekursif (Makridakis, 1999).

2.9.7 Identifikasi model

Pengidentifikasian model ARIMA, ada dua hal, yaitu melihat plot data dan pemeriksaan stasioneritas. Langkah awal dalam memilih suatu model deret waktu adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Dengan melihat plot data beserta fungsi autokorelasi sampel dapat diketahui apakah data sudah stasioner atau belum, dan apakah terdapat unsur musiman.

Langkah identifikasi selanjutnya yaitu pemeriksaan stasioneritas data. Deret waktu nonstasioner terindikasi apabila deret muncul dengan pertumbuhan atau penurunan sepanjang waktu dan autokorelasi sampel tidak dapat mendekati nol dengan cepat.

Stasioneritas ada dua macam, yaitu :

1. Stasioneritas pada ragam

Data dikatakan stasioner terhadap ragam, apabila ragam dari data tidak berfluktuasi terlalu besar dari waktu ke waktu. Jika data tidak stasioner pada ragam, maka harus ditransformasi terlebih dahulu dengan transformasi Box-Cox sebagai berikut :

$$T(Z_t) = Z_t^{(\lambda)} = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \tag{2.52}$$

di mana λ adalah parameter transformasi. Nilai λ yang digunakan adalah nilai λ yang menghasilkan jumlah kuadrat sisaan terkecil. Beberapa nilai λ dan bentuk transformasi yang berhubungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Nilai λ dan Bentuk Transformasi

Nilai λ	-1	-0.5	0	0.5	1
-----------------	----	------	---	-----	---

Bentuk Transformasi	$\frac{1}{Z_t}$	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$	$\ln Z_t$	$\sqrt{Z_t}$	Z_t
---------------------	-----------------	------------------------	-----------	--------------	-------

Sumber : makridakis 1988

2. Stasioneritas pada nilai tengah

Data dikatakan stasioner pada nilai tengah apabila pada plot autokorelasi, 95% dari data masuk pada selang $\pm 1.96 \left(\frac{1}{\sqrt{n}} \right)$. Menurut Makridakis, dkk. (1988), data stasioner terhadap nilai tengah adalah data dimana nilai – nilai autokorelasi turun sampai nilai nol sesudah time lag kedua dan ketiga, atau dapat dikatakan bahwa stasioneritas berarti tidak terdapat pertumbuhan dan penurunan pada data. Apabila suatu data tidak stasioner pada nilai tengah, maka data dapat dikonversikan menjadi deret stasioner melalui differencing (pembedaan), yaitu deret asli diganti dengan deret selisih. Banyaknya differencing yang dilakukan untuk mencapai keadaan stasioner dinotasikan sebagai d .

Bentuk differencing pertama ($d = 1$) adalah :

$$\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1} \tag{2.53}$$

sedangkan bentuk differencing kedua ($d = 2$) adalah :

$$\nabla^2 Z_t = \nabla Z_t - \nabla Z_{t-1} \tag{2.54}$$

Di mana:

Z_t : pengamatan pada periode waktu ke $- t$

Z_{t-1} : pengamatan pada periode waktu ke $- t-1$

∇Z_t : data hasil *differencing* pertama periode waktu ke $- t$

∇Z_{t-1} : data hasil *differencing* pertama periode waktu ke $- t-1$

$\nabla^2 Z_t$: data hasil *differencing* kedua periode waktu ke $- t$

Proses *differencing* dapat dilakukan sampai data hasil *differencing* menunjukkan kondisi stasioner pada nilai tengah dan autokorelasi *sample* menghilang agak cepat (menurun secara eksponensial).

Identifikasi model ARIMA dapat dilakukan dengan membuat plot ACF dan PACF dari data deret waktu. Terdapat beberapa macam proses yang terjadi pada data deret waktu model ARIMA, yaitu :

- a. AR(1), apabila ACF menurun secara eksponensial dan PACF berbeda nyata pada lag-1
- b. AR(2), apabila ACF menurun mengikuti gelombang sinus teredam dan PACF berbeda nyata pada lag-1 dan lag-2
- c. MA(1), apabila PACF menurun secara eksponensial dan ACF berbeda nyata pada lag-1
- d. MA(2), apabila PACF berbentuk gelombang sinus teredam dan ACF berbeda nyata pada lag-1 dan lag-2
- e. ARMA(1,1), apabila ACF dan PACF mendekati nol secara eksponensial (turun secara eksponensial)

Data yang tidak stasioner diciri – cirikan dengan nilai autokorelasinya berbeda nyata dari nol untuk beberapa periode waktu. Ciri dari stasioneritas dalam suatu deret berkala dapat dengan mudah diidentifikasi dengan memeriksa ACF dan PACF. Setiap model ARIMA mempunyai ciri–ciri dengan pola ACF dan PACF yang memiliki bentuk tertentu.

Tabel 2.2 Ciri-ciri ACF dan PACF model ARIMA (p,d,q)

Model	ACF	PACF
MA(1)	Beda nyata pada lag-1	Turun eksponensial
MA(2)	Beda nyata pada lag-1 dan lag-2	Turun eksponensial/ gelombang sinus
MA(q)	Beda nyata pada lag-1 sampai k	Turun eksponensial/ gelombang sinus
AR(1)	Turun eksponensial	Beda nyata pada lag-1
AR(2)	Turun eksponensial/ gelombang sinus	Beda nyata pada lag-1 dan lag-2
AR(p)	Turun eksponensial/ gelombang sinus	Beda nyata pada lag-1 sampai p
ARMA(1,1)	Turun eksponensial	Turun eksponensial

2.9.8 Diagnosa Model Dugaan

Sebelum menggunakan model untuk peramalan, model hendaknya diperiksa kecukupannya. Secara mendasar, model sudah memadai apabila residualnya tidak dapat dipergunakan untuk memperbaiki ramalan. Dengan kata lain, residual hendaknya bersifat acak.

- a. Kebanyakan dari plot residual yang sama bermanfaat pada analisis regresi dapat dikembangkan untuk residual dari model ARIMA. Histogram dan plot peluang normal (pemeriksaan normalitas) dan plot rangkaian waktu (pemeriksaan outlier) secara khusus akan membantu
- b. Masing – masing autokorelasi residual $r_k (e)$ sebaiknya kecil dan umumnya berkisar antara $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$ dari nol. Autokorelasi residual yang signifikan pada selang rendah atau selang musiman menunjukkan model yang tidak memadai dan harus dipilih model modifikasi.
- c. Autokorelasi residual dalam satu kesatuan hendaknya konsisten dengan yang dihasilkan oleh galat acak.

Pemeriksaan menyeluruh terhadap kecukupan model disediakan oleh uji chi-square (χ^2) yang berbasis pada statistic Ljung-Box Q. Uji ini mencari ukuran residual autokorelasi sebagai suatu kelompok. Uji kelayakan model tersebut menggunakan hipotesis :

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_k \neq 0$$

Uji statistic ini menggunakan uji Q yaitu :

$$Q_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k} \dots \dots \dots (2.55)$$

dimana :

n = banyaknya data

r_k = koefisien autokorelasi residual pada lag k

k = lag maksimum

Yang diperkirakan berdistribusi sebagai variable acak chi-square dengan derajat bebas $m - r$ dimana r sebagai jumlah total parameter estimasi dalam model ARIMA. Dari persamaan tersebut, $r_k(e)$ adalah residual autokorelasi pada selang k , n adalah jumlah residual dan m adalah jumlah selang waktu yang disertakan dalam pengujian

Apabila nilai p terkait dengan statistic Q kecil ($p < \alpha$) maka diputuskan model tersebut tidak memadai. Analisis hendaknya mempertimbangkan model baru atau modifikasi dan melanjutkan analisis sampai model yang memuaskan didapat.

Kebijakan memegang peranan besar dalam penentuan model. Dua model yang saling bersaing semuanya memadai menjelaskan data, dan suatu pilihan harus dibuat berdasarkan sifat alami ramalan.



2.10 Peramalan Curah Hujan Setengah Bulanan

Data curah hujan setengah bulanan dapat digolongkan ke dalam pola musiman. Seri hujan seperti ini bervariasi menurut ruang dan waktu dan dapat diperkirakan dengan jumlah seri periodik dan seri stokastik. Komponen musiman (*seasonality*) didefinisikan pada data deret waktu dengan waktu pengamatannya bukan tahunan (bulanan, setengah bulanan, mingguan, harian), yaitu suatu siklus yang sama dalam setiap selang pengamatan satu tahun. Misalnya data curah hujan di daerah tropis, adalah data deret waktu yang memiliki komponen musiman dengan periode satu, sebab dalam setiap tahunnya yang ada musim hujan, yaitu kondisi dengan curah hujan tinggi, dan musim kemarau, yaitu kondisi dengan curah hujan rendah. Jika siklus (kondisi tinggi dan rendah) ini berulang dalam setiap selang satu tahunnya, maka komponen musiman seperti ini dinamakan komponen musiman periodik. (http://resources.unpad.ac.id/unpad-content/uploads/publikasi_dosen)

Komponen periodik ini turut diperhitungkan, yang berulang setelah durasi tertentu. Komponen stokastik dapat terjadi karena pengaruh random yang bervariasi, tidak dapat diperkirakan dengan pasti. Hal ini disebabkan adanya perubahan nilai suatu variabel dari waktu ke waktu sebagai akibat dari adanya musim tertentu, variasi ini hanya berlaku untuk jangka waktu yang relatif pendek, misalnya sebulan, seminggu, atau sehari.

Tujuan prinsip dari analisis ini adalah untuk mendapatkan model yang layak untuk memperkirakan proses generasinya dan parameter-parameternya dengan menyusun kembali seri data orisinal menjadi komponennya yang beragam berdasarkan formulasi model prediktif yang digunakan. Umumnya seri waktu dapat disusun menjadi komponen deterministik, yang dapat diformulasikan dengan tata cara yang memperbolehkan nilai prediksi yang tepat dan sebuah komponen stokastik yang selalu ada dalam data dan tidak dapat dicatat/dihitung dengan suatu aturan yang pasti karena adanya pengaruh random. Seri waktu, $X_{(t)}$, diwakili oleh model dekomposisi berikut:

$$X_{(t)} = T_{(t)} + P_{(t)} + S_{(t)} \dots\dots\dots(2.56)$$

Dengan:

$T_{(t)}$ = komponen trend, $t = 1, 2, 3 \dots\dots\dots N$

$P_{(t)}$ = komponen periodik

$S_{(t)}$ = komponen stokastik, termasuk bagian - bagian dependent dan independent

Untuk mendapat model stokastik representatif dari seri waktu, identifikasi dan deteksi dari tiap – tiap komponen yang ada di persamaan di atas sangat perlu. Prosedur identifikasi sistematis dan reduksi untuk tiap – tiap komponen $X_{(t)}$ digambarkan sebagai berikut:

2.10.1 Komponen stokastik

Komponen stokastik terdiri dari beragam pengaruh random, yang tidak dapat diperkirakan dengan pasti. Dalam kasus seri waktu curah hujan berbagai parameter iklim bereaksi terhadap nilai komponen tanpa mengubah peredaran/siklus itu sendiri, sehingga menambahkan keacakan seri waktu tersebut. Model stokastik dalam bentuk model *Autoregressive* (AR), digunakan sebagai presentasi seri waktu. Dalam model ini, nilai dari proses diungkapkan dengan nilai kumpulan yang linear dan terbatas dan sebuah varian yang benar – benar acak. Model ini menggunakan $S_{(t)}$ yang dianggap sebagai variabel acak misalnya komponen deterministic dihilangkan dan residualnya tetap pada dasarnya. Secara matematis, model *autoregressive* dengan orde p, AR (p) dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_{(t)} = \sum_{K=1}^P \phi_{P,K} S_{(t-K)} + a_{(t)}$$

$$= \phi_{p,1} S_{(t-1)} + \phi_{p,2} S_{(t-2)} + \dots + \phi_{p,p} S_{(t-p)} + a_{(t)} \dots\dots\dots(2.57)$$

dimana :

$\phi_{P,K}$ = parameter model *autoregressive*

$K = 1, 2, \dots, p$

$a_{(t)}$ = angka acak independen

Prosedur mencocokkan model AR(p) pada seri parameter meteorologi melibatkan pemilihan orde (p) dari model.

2.10.2 Komponen trend

Komponen trend mengindikasikan perubahan nilai variabel yang relatif stabil dari waktu ke waktu. Arah perubahan ini dapat digambarkan dengan suatu garis linier yang memiliki kecenderungan naik atau turun dan berlangsung selama jangka waktu observasi, tanpa mempertimbangkan fluktuasi singkat yang terjadi. Konsep dasarnya adalah untuk mengamati hanya selama $T_{(t)}$ sementara menghilangkan efek dari



komponen lainnya. Ini mengarah kepada penggunaan dari total data musiman Z_t , untuk identifikasi $T_{(t)}$ sehingga komponen lainnya dianggap tidak ada. Untuk mendeteksi trend, hipotesa tidak ada trend digunakan. Dengan test *turning point* dan test korelasi ranking Kendall ditentukan apabila nilai hasil perhitungan Z berada di dalam nilai table maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada trend pada seri waktu tersebut.

2.10.3 Komponen periodik

Komponen periodik menyangkut pergerakan osilasi (goyangan) yang terjadi berulang kali selama interval waktu yang ditetapkan (Kottegoda 1980). Keberadaan $P_{(t)}$ diidentifikasi dengan *correlogram*, plot dari koefisien autokorelasi, r_1 , versus lag 1. Bentuk osilasi dari *correlogram* memverifikasi keberadaan $P_{(t)}$, dengan periode musiman, pada kelipatan tiap puncak estimasi dapat diketahui dengan analisis Fourier diikuti dengan serangkaian tes untuk perpaduan yang cukup signifikan. *Correlogram* dari seri waktu menunjukkan keberadaan dari variasi periodik mengindikasikan deteksinya. Komponen periodik $X_{(t)}$ ditunjukkan dalam bentuk Fourier sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 X_{(t)} &= A_o + \sum_{K=1}^{\infty} \left[A_K \cos\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right) + B_K \sin\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right) \right] \\
 A_o &= \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_{(t)} \\
 A_K &= \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_{(t)} \cos\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right) \\
 B_K &= \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_{(t)} \sin\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right)
 \end{aligned} \tag{2.58}$$

dimana:

K = jumlah perpaduan signifikan

p = periode dasar

N = jumlah titik observasi

A_K dan B_K = koefisien Fourier

Kofisien di atas didapat dari kuadrat yang paling sedikit dari data komponen sampai perpaduan ke K, kemudian perkiraan kuadrat dapat diberikan dengan seri terbatas:

$$P_{(t)} = A_0 + \sum_{k=1}^M \left[A_k \cos\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right) + B_k \sin\left(\frac{2\pi Kt}{p}\right) \right] \dots\dots\dots(2.59)$$

dimana :

M = jumlah paduan signifikan (maksimum, P/2).

Pada persamaan di atas, jika $M \rightarrow \infty$, $P_{(t)} \rightarrow X_{(t)}$, maka $X_{(t)}$ dapat diwakili hanya dengan persamaan di atas. Namun bagaimanapun tidaklah mudah atau diperlukan untuk mengijinkan kondisi seperti itu $M \rightarrow \infty$. Maka pendekatan yang sesuai adalah seleksi nilai M yang mengandung hanya paduan yang memiliki kontribusi yang penting kepada $X_{(t)}$. Dengan tujuan tersebut maka dilaksanakan tes analisis variansi dan dekomposisi Fourier rata – rata.

2.10.4 Penentuan parameter autoregressive

Penentuan parameter *autoregressive* berhubungan dengan persamaan di atas. Parameter-parameter ini dapat diungkapkan dengan koefisien korelasi seri sesuai dengan persamaan Yule-Walker (Bhakar, 2000). Formula umum untuk menentukan parameter berikut ($\phi_{p,k}$), dimana akhiran p dan k menunjukkan orde dan nomor dari parameter dalam urutan model AR (p), secara berurutan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\phi_{p,p} = \frac{r_p - \sum_{k=1}^{p-1} (\phi_{p-1,k}) (r_{p-k})}{1 - \sum_{k=1}^{p-1} (\phi_{p-1,k}) (r_k)}$$

$$\phi_{p,k} = \phi_{p-1,k} - \phi_{p,p} \cdot \phi_{p-1,p-k}; k = 1,2,3,\dots,p-1 \dots\dots\dots(2.60)$$

Pada persamaan di atas, r_k adalah koefisien autokorelasi. Koefisien seri untuk K dan dihitung untuk semua seri Y(t) pada semua lag, 1, sebagai berikut:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} [Y_{(t)} - \bar{Y}_{(t)}][Y_{(t+1)} - \bar{Y}_{(t)}]}{\sum_{t=1}^N [Y_{(t)} - \bar{Y}_{(t)}]^2} = c_1 / c_0 \dots\dots\dots(2.61)$$

dimana

$Y_{(t)}$ = rata – rata dari $Y_{(t)}$



N = total jumlah nilai diskrit $X_{(t)}$

C_l = fungsi autokovarians pada lag $l, l= 0, 1, \dots, p$

Setelah memperkirakan parameter AR $\Phi_{p,k}, S_{(t)}$, jumlah komponen periodik dan stokastik membentuk nilai turunan dari data yang diamati. Perbedaannya disebut residual yang diuji, gunanya untuk mengetahui apakah model yang diformulasi telah memenuhi syarat.

2.10.5 Pemeriksaan diagnostik model

Pemeriksaan diagnostik menyangkut verifikasi kesesuaian model. Pemeriksaan dari struktur autokorelasi dari residual berguna dalam pemeriksaan diagnostik. Residual diperiksa untuk tanda-tanda keacakan. Jika residual tidaklah acak atau ternyata memiliki sifat autokorelasi, model harus dimodifikasi sampai residual tidak berkorelasi.

2.10.6 Pemilihan urutan model

Metode variansi residual digunakan untuk menentukan urutan dari model yang cukup mewakili komponen non-deterministik stokastik tetap. Maka dilakukan perhitungan variansi residual pada lag yang berbeda. Residual minimum, maka variansi didapat pada urutan pertama. Nilai variansi residual setelah yang pertama tidak menunjukkan trend tertentu.

Setelah dilakukan identifikasi dan dengan koefisien autoregresi yang telah diperkirakan, maka komponen stokastik dari seri waktu curah hujan musiman dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S_t = 0.457 S_{t-1} + a_t \dots\dots\dots(2.62)$$

Dengan S_t dan S_{t-1} adalah komponen stokastik pada waktu t dan $(t-1)$.

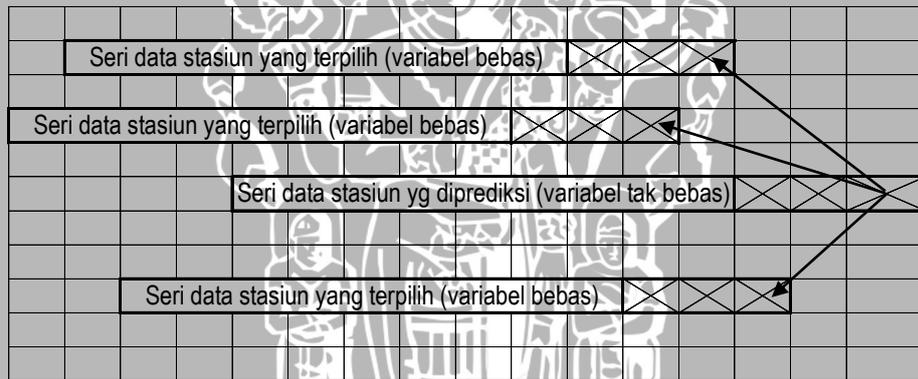
2.11 Pendugaan Hujan Model Seri Data Tunda (Multi Regresi)

Seri data tunda merupakan suatu terobosan baru dalam bidang Pendugaan hujan. Model peramalan hujan yang dikembangkan dalam suatu penelitian ini (Soetopo, 2007), telah mengembangkan suatu model pendugaan curah hujan tahunan yang memanfaatkan informasi yang tersimpan dalam seri-seri data curah hujan di sekitar stasiun yang akan dilakukan pendugaan. Berbeda dengan penerapan model ARMA maupun model ARIMA tersebut di atas yang hanya terisolasi pada masing-masing stasiun, maka model



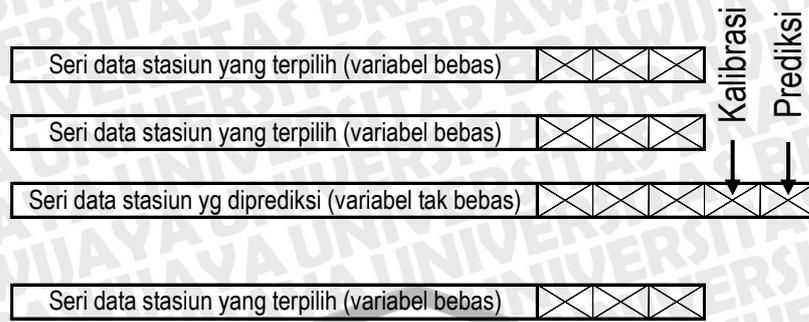
pendugaan setiap stasiun hujan yang ditinjau di sini akan melibatkan 3 stasiun yang berbeda sebagai prediktor.

Model pendugaan yang telah dikembangkan pada dasarnya adalah model Regresi Linier. Metode yang digunakan dalam analisa pengembangan model pendugaan ini adalah cara statistika dan simulasi. Cara statistika yang digunakan adalah korelasi dan regresi Linier. Sedangkan cara simulasi digunakan untuk mengkalibrasi parameter-parameter pendugaan. Analisa pengembangan model pendugaan dibagi menjadi 2 tahap. Tahap 1 adalah analisa korelasi untuk memilih stasiun-stasiun yang mewakili variabel bebas (ada tiga buah) dari model Regresi Linier. Stasiun-stasiun ini berfungsi sebagai prediktor. Kemudian pada Tahap 2 adalah tahap kalibrasi dan pendugaan berdasarkan 3 stasiun-stasiun prediktor yang terpilih. Adapun tahap 1 dapat dinyatakan sebagai diagram pada Gambar berikut.



Gambar 2.11 Model Regresi Linier dengan variabel bebas dan tak bebas

Pada Tahap 1 dilakukan simulasi dengan menghitung koefisien determinasi Regresi Linier (Haan, 1977) antara seri data stasiun variabel tak bebas (yang diduga) dengan berbagai kombinasi 3 dari 17 stasiun yang ada (680 kombinasi) pada berbagai selisih waktu (tunda/lag). Yang dipilih adalah kombinasi stasiun dengan koefisien determinasi (r^2) tertinggi. Selanjutnya pada Tahap 2, dilakukan kalibrasi dan sekaligus pendugaan seperti yang dapat dinyatakan pada dia gram Gambar berikut.



Gambar 2.12 Ekstrapolasi/Proyeksi seri data sebagai nilai prediksi

Simulasi ini bersifat stokastik, karenanya untuk mendapatkan nilai kalibrasi yang dapat diterima telah diterapkan suatu transformasi baik terhadap variabel tak bebas (Y) maupun variabel-variabel bebas (Xi) sebagai berikut.

$$V_T = M \frac{V-K}{N} \dots\dots\dots(2.63)$$

dimana :

- V_T = variabel yang telah ditransformasi,
- V = variabel yang asli,
- M, K, N = parameter-parameter transformasi.

Nilai parameter-parameter transformasi M , K , dan N telah dicoba-coba secara stokastik untuk mendapatkan nilai kalibrasi yang dapat diterima. Nilai yang dikalibrasi adalah nilai tepat sebelum nilai pendugaan. Jadi misalnya apabila yang diramal adalah curah hujan tahunan 2006, maka nilai yang dikalibrasi adalah curah hujan tahunan 2005.

Akan tetapi akibat sampingan dari diterapkannya transformasi ini, ketersebaran data menjadi berubah, seperti munculnya satu nilai ekstrim yang terpisah. Hal ini tentunya akan mengganggu validitas nilai pendugaan dari model regresi. Karenanya telah dimasukkan suatu faktor ketersebaran K_t (nilai $K_t=0$ berarti seri data tersebar sempurna) K_t dari seri data yang didefinisikan sebagai berikut.

$$K_t = \text{Rerata} \left(\frac{\left| \text{selisih masing - masing elemen seri data terhadap nilai yang tersebar seragam} \right|}{\text{Nilai tengah kisaran elemen seri data}} \right) \dots\dots\dots(2.64)$$

2.12 Ketepatan Metode Peramalan

Salah satu hal yang mendasar dari sebuah proses peramalan adalah bagaimana mengukur ketepatan suatu metode peramalan tertentu untuk suatu kumpulan data yang diberikan. Dalam banyak situasi peramalan, ketepatan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan. Dalam banyak hal, kata “ketepatan



(*accuracy*)” pada akhirnya menunjukkan seberapa jauh model peramalan tersebut mampu mereproduksi data yang telah diketahui. Dalam pemodelan eksplanatoris (kausal), ukuran kebaikan suai cukup menonjol.

Dalam pemodelan dengan deret berkala, sebagian data yang diketahui dapat digunakan untuk meramalkan sisa data berikutnya sehingga memungkinkan orang untuk mempelajari ketepatan ramalan secara lebih langsung. Bagi pemakai ramalan, ketepatan ramalan yang akan datang adalah yang paling penting. Bagi pembuat model, kebaikan suatu model untuk fakta (kuantitatif dan kualitatif) yang diketahui harus diperhatikan.

2.12.1 Ukuran Statistik Standar

Jika X_i merupakan data aktual untuk periode i dan F_i merupakan ramalan (atau nilai kecocokan/*fitted value*) untuk periode yang sama, maka kesalahan didefinisikan sebagai berikut (Makridakis, 1999) :

$$e_i = X_i - F_i \dots\dots\dots(2.65)$$

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, maka akan terdapat n buah kesalahan dan ukuran statistik standar berikut ini dapat di definisikan (Makridakis, 1999):

Nilai Tengah Kesalahan (*Mean Error*)

$$ME = \sum_{i=1}^n e_i / n \dots\dots\dots(2.66)$$

Nilai Tengah Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \sum_{i=1}^n |e_i| / n \dots\dots\dots(2.67)$$

Jumlah Kuadrat Kesalahan (*Sum Of Squared Error*)

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \dots\dots\dots(2.68)$$

Nilai Tengah Kesalahan Kuadrat (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 / n \dots\dots\dots(2.69)$$

Deviasi Standar Kesalahan (*Standard Deviation Of Error*)

$$SDE = \sqrt{\sum e_i^2 / (n - 1)} \dots\dots\dots(2.70)$$

Dalam bidang peramalan, tak jarang kita menemui beberapa keterbatasan. Sebagai contoh, dalam mencapai tujuan optimasi statistik sering sekali untuk memilih suatu model agar MSE (SSE minimum), tetapi ukuran ini mempunyai dua kelemahan. Pertama, ukuran ini menunjukkan pencocokan (fitting) suatu model terhadap data historis. Pencocokan (fitting) dengan menggunakan polinomi berorde tinggi atau suatu transformasi Fourier yang tepat. Suatu model yang terlalu cocok (over fitting) dengan



deret data, yang berarti sama dengan memasukkan unsur random sebagai bagian proses bangkitan, adalah sama buruknya dengan tidak berhasil mengenali pola non – random dalam data. Perbandingan nilai MSE yang terjadi selama fase pencocokan (fitting) peramalan mungkin memberikan sedikit indikasi ketepatan model dalam peramalan.

Kekurangan kedua pada MSE sebagai ukuran ketepatan model adalah berhubungan dengan kenyataan bahwa metode yang berbeda akan menggunakan prosedur yang berbeda pula dalam fase pencocokan (fitting). Sebagai contoh, metode pemulusan (smoothing) sangat bergantung pada taksiran peramalan awal, metode dekomposisi memasukkan unsur trend siklus dalam tahap pencocokannya seakan – akan unsur itu diketahui. Metode regresi meminimumkan MSE dengan memberikan bobot yang sama pada semua nilai pengamatan dan metode Box – Jenkins meminimumkan MSE dari suatu prosedur optimasi non – linier. Jadi, perbandingan metode atas suatu kriterium tunggal seperti itu yaitu MSE mempunyai nilai yang terbatas.

Dalam fase peramalan, penggunaan MSE sebagai suatu ukuran ketepatan juga dapat menimbulkan masalah. Ukuran ini tidak memudahkan perbandingan antar deret berkala yang berbeda dan untuk selang waktu yang berlainan, karena MSE merupakan ukuran absolut. Lagi pula, interpretasinya tidak bersifat intuitif bahkan untuk para spesialis sekalipun, karena ukuran ini menyangkut pengkuadratan sederetan nilai.

2.12.2 Ukuran-ukuran relatif

Sehubungan dengan alasan yang telah dikemukakan tersebut diatas, berikut ini alternative lain sebagai parameter ukur ketepatan model:

Persentasi Error (PE)

$$PE = \left(\frac{X_t - Ft}{X_t} \right) (100) \dots\dots\dots(2.71)$$

Nilai Tengah Kesalahan Persentase (MPE)

$$MPE = \sum_{t=1}^n PE_i / n \dots\dots\dots(2.72)$$

Nilai Tengah Kesalahan Persentase Error Absolut (MAPE)

$$MAPE = \sum_{t=1}^n |PE_i| / n \dots\dots\dots(2.73)$$

Persamaan (2.71) dapat digunakan untuk menghitung kesalahan persentase setiap periode waktu. Nilai – nilai ini kemudian dapat dirata-ratakan seperti dalam persamaan (2.72) untuk memberikan nilai tengah kesalahan persentase. Namun MPE mungkin mengecil karena PE yang positif dan negative cenderung saling meniadakan. Dari sana MAPE didefinisikan dengan menggunakan nilai absolut dari PE dalam persamaan (2.73).



2.12.3 Metode Naif

Salah satu dasar untuk membuat perbandingan yang baik untuk tingkat ketepatan yang dibuat dengan menerapkan suatu metode peramalan tertentu adalah dengan menetapkan suatu metode naif yang sangat sederhana dimana performansi metode yang lebih canggih dapat dibandingkan.

Akan bermanfaat bila ditetapkan dua metode peramalan naif yang berbeda untuk digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi metode lain dalam situasi tertentu. Yang pertama disebut dengan Ramalan Naif 1 atau NF1. Metode ini menggunakan informasi terakhir mengenai nilai aktual yang tersedia sebagai nilai ramalan. Jadi, jika ramalan dipersiapkan untuk suatu horison waktu satu periode, maka nilai aktual terakhir dapat digunakan sebagai ramalan untuk periode berikutnya. Bila hal ini dilakukan, maka MAPE metode ini dapat dinyatakan sebagai berikut : (Makridakis, 1999)

$$NF1 = \frac{\sum_{i=2}^n \left| \frac{X_i - X_{i-1}}{X_i} \right|}{n-1} \quad (100) \quad \dots\dots\dots(2.74)$$

Hanya (n-1) unsur dimasukkan dalam perhitungan MAPE ramalan naif ini, karena peramalan dimulai dengan periode 2 bukan periode 1. Perbedaan antara MAPE yang diperoleh dari metode peramalan yang lebih formal dengan yang diperoleh dari pemakaian NF1, memberikan suatu ukuran peningkatan yang dapat dicapai melalui penggunaan metode peningkatan yang dapat dicapai melalui penggunaan metode peramalan formal tersebut. Jenis perbandingan ini lebih banyak berguna daripada hanya menghitung MAPE metode formal atau MSE – nya, karena hal ini memberikan suatu dasar untuk menilai ketepatan relatif dari hasil – hasil tersebut.

Metode peramalan naif kedua juga dirasakan sangat bermanfaat sebagai dasar untuk mengevaluasi metode peramalan yang lebih formal. Metode ini disebut sebagai Ramalan Naif 2 atau NF2 dan mengungguli NF1 dalam hal bahwa NF2 memperhitungkan kemungkinan adanya unsur musiman dalam deret. Karena musiman sering menyebabkan persentase fluktuasi yang besar dalam suatu deret, metode ini seringkali dapat lebih baik daripada NF1 dan sekalipun demikian masih merupakan pendekatan yang sangat sederhana dan mudah dimengerti. Prosedurnya adalah menghilangkan unsur musiman dari data semula agar diperoleh data yang disesuaikan dengan musim. Bila unsur musiman telah dihilangkan NF2 dapat dibandingkan dengan NF1 dalam hal bahwa NF2 menggunakan nilai terakhir yang disesuaikan dengan musiman sebagai ramalan untuk nilai berikutnya yang disesuaikan dengan musim. Jika NF2 digunakan maka MAPE dapat dihitung sebagai berikut : (Makridakis, 1999)



$$NF2 = \frac{\sum_{i=2}^n \left| \frac{X_i^t - X_{i-1}^t}{X_i^t} \right|}{n-1} \quad (100) \dots\dots\dots(2.75)$$

dimana X_i^t adalah nilai X_i yang disesuaikan dengan musiman.

Dalam praktek, NF2 memungkinkan seseorang untuk memutuskan apakah perbaikan yang diperoleh dari penyesuaian data musiman sederhana lebih lanjut adalah sebanding atau tidak dengan waktu dan biaya yang disediakan.

2.12.4 Statistik-U dari Theil

Ukuran relatif dalam bagian sebelumnya, memberikan bobot yang sama pada semua unsur kesalahan yang berlawanan dengan MSE, dimana unsur kesalahannya dikuadratkan dan dengan demikian menekankan pada unsur kesalahan yang besar. Akan lebih bermanfaat jika terdapat suatu ukuran yang mempertimbangkan baik ketidakseimbangan dari unsur kesalahan yang besar maupun memberikan dasar perbandingan relatif dengan metode Naif. Salah satu ukuran yang memiliki karakteristik ini adalah statistik-U yang dikembangkan oleh Theil (1966).

Statistik ini memungkinkan suatu perbandingan relative antara metode peramalan formal dengan pendekatan naif dan juga mengkuadratkan kesalahan yang terjadi sehingga kesalahan yang besar diberikan lebih banyak bobot daripada kesalahan yang kecil. Karakteristik positif yang ditimbulkan dalam menggunakan statistik U dari Theil sebagai ukuran ketepatan adalah mengenai interpretasi yang intuitif. Kesulitan ini akan menjadi lebih jelas dengan memeriksa perhitungan dan penggunaan statistik ini. Secara matematis, statistik-U dari Theil didefinisikan sebagai berikut: (Makridakis, 1999)

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{F_{i+1} - F_i}{X_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{X_{i+1} - X_i}{X_i} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots(2.76)$$

Dengan membandingkan pembilang dengan persamaan (2.76) dengan persamaan (2.73) menunjukkan bahwa hal itu serupa dengan apa yang dinyatakan sebelumnya sebagai MAPE dari suatu metode peramalan tertentu. Juga penyebutnya sangat serupa dengan persamaan (2.74) yaitu MAPE dan NF. Jadi statistik-U merupakan ukuran ketepatan yang memadukan kedua konsep.

Statistik-U dari Theil dapat lebih dimengerti dengan memeriksa interpretasinya. Nilai yang dihasilkan dari persamaan akan 0 hanya jika $FPE_{i+1} = APE_{i+1}$. Hal itu terjadi hanya jika semua ramalan tepat (menghasilkan nol kesalahan). Sebaliknya, statistik-U

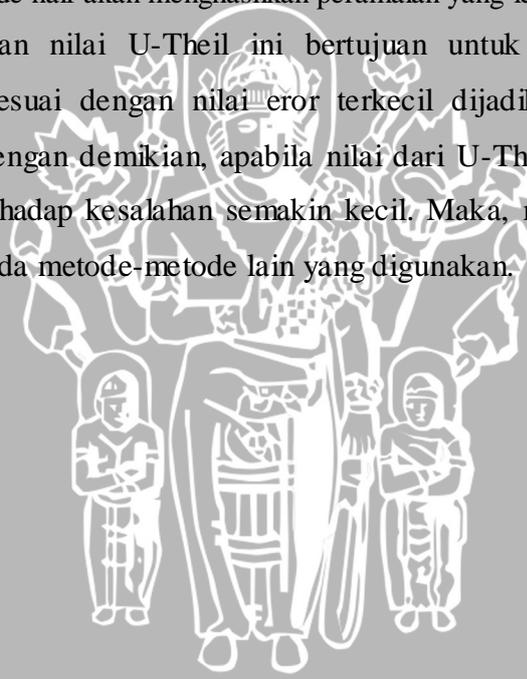


akan bernilai 1 hanya jika FPE_{i+1} sama dengan 0. Kasus ini hanya terjadi jika nilai kesalahan dalam metode peramalan itu sama dengan nilai kesalahan yang akan diperoleh dengan meramalkan nilai aktual sama sekali tidak mengalami perubahan. Hal itu dapat dibandingkan dengan mengasumsikan suatu pendekatan NF1. Jika FPE_{i+1} mempunyai arah yang berlawanan dengan APE_{i+1} , maka statistik- U akan bernilai lebih besar daripada satu karena pembilangnya akan lebih besar daripada penyebutnya.

Kisaran nilai Statistik- U dapat disimpulkan sebagai berikut :

- $U = 1$: metode naïf sama baiknya dengan teknik peramalan yang dievaluasi
- $U < 1$: teknik peramalan yang digunakan adalah lebih baik daripada metode naïf. Makin kecil nilai statistik- U , makin baik teknik peramalan dibanding model naïf secara relatif.
- $U > 1$: tidak ada gunanya menggunakan metode peramalan formal, karena menggunakan metode naïf akan menghasilkan peramalan yang lebih baik.

Hasil dari perhitungan nilai U -Theil ini bertujuan untuk mengetahui metode peramalan yang lebih sesuai dengan nilai eror terkecil dijadikan sebagai patokan terhadap data historis. Dengan demikian, apabila nilai dari U -Theil mendekati 0 (nol) berarti penyimpangan terhadap kesalahan semakin kecil. Maka, metode tersebut lebih baik peramalannya daripada metode-metode lain yang digunakan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penetapan Daerah Studi

Studi ini dilakukan di Kabupaten Tulungagung, Propinsi Jawa Timur. Selain memiliki stasiun hujan yang cukup banyak, daerah ini juga menyediakan data curah hujan yang cukup panjang dan lengkap. Pentingnya kelengkapan data, akan sangat membantu dalam keakuratan pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan pada masa mendatang di daerah bersangkutan. Jarak serta kerapatan antara masing-masing stasiun itu sendiri juga dapat mempengaruhi hasil pendugaan nantinya. Hal itu ditunjukkan dengan apakah ada perbedaan atau tidak setiap variat pada setiap kelompok data dan apakah ada kesamaan jenis dari data itu sendiri. Melihat dari beberapa kriteria yang telah dikemukakan, maka dalam penelitian ini mengambil lokasi di daerah Tulungagung sebagai studi dalam pendugaan hujan.

Kabupaten Tulungagung merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di sebelah selatan Propinsi Jawa Timur. Luas wilayah Kabupaten Tulungagung adalah sebesar 1.150,41 km² atau sekitar 2,2% luas Propinsi Jawa Timur secara keseluruhan. Secara geografis kabupaten Tulungagung terletak antara 1110 43' s/d 1120 07' Bujur Timur dan 70 51' s/d 080 18' Lintang Selatan. Batas administrasi Kabupaten Tulungagung adalah sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Kediri, sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Trenggalek, dan sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Blitar. (www.tulungagung.go.id)

Kabupaten Tulungagung termasuk daerah dataran rendah dengan rata-rata ketinggian dari permukaan laut kurang dari 500 m. Daerah ini memiliki banyak sungai baik besar maupun kecil dan telah dikelola oleh pemerintah diantaranya oleh Pusat, Perum Jasa Tirta, Dinas PU Pengairan Propinsi Jawa Timur, maupun oleh Dinas Pengairan Kab. Tulungagung sendiri. Diantara beberapa sungai yang ada di Tulungagung, terdapat sungai besar yang secara umum telah dikenal oleh masyarakat luas, yakni Sungai Brantas. Sungai Brantas merupakan salah satu sungai yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta, yang mengalir melewati Kabupaten Tulungagung dengan panjang mencapai 37,250 km. Tulungagung juga memiliki sebuah bendungan besar yakni Bendungan Wonorejo. Selain untuk pengendalian banjir, salah satu waduk terbesar di Asia Tenggara dengan debit 15.000 m³ per detik ini juga berfungsi sebagai

pembangkit tenaga listrik, pengairan, perikanan, olah raga air dan tempat rekreasi. Dengan kondisi curah hujan yang cukup tinggi sepanjang tahun, Bendungan Wonorejo diharapkan mampu untuk mengendalikan terjadinya banjir. Walaupun demikian, tidak jarang masalah banjir masih saja terjadi di beberapa daerah di Tulungagung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 17 set data hujan musiman setengah bulanan (15 harian) pada 17 stasiun hujan, dengan rentang waktu 28 tahun, yaitu mulai tahun 1980 – 2007 di Kabupaten Tulungagung, Propinsi Jawa Timur. Dalam hal ini, data yang digunakan merupakan data hujan setengah bulanan yang berasal dari pengolahan data hujan harian dari masing-masing stasiun hujan. Data ini diperoleh langsung dari BMG, maupun Dinas Pengairan Kab. Tulungagung, dan merupakan data siap pakai yang telah dipublikasikan oleh instansi terkait.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahapan berdasarkan model pendugaan yang digunakan.

3.3.1 Tahapan Analisis Model Naif

1. Mempersiapkan data hujan setengah bulanan selama tahun 1980 sampai 2007 (series data 28). Data tahun 1980–2002 digunakan untuk pemodelan, sedangkan data tahun 2003-2007 digunakan untuk uji keandalan model. Model ini dipilih karena disesuaikan dengan pembandingnya nanti, yakni model *Autoregressive* maupun model Multi Regresi (MR).
2. Dalam peramalan curah hujan dengan model pendugaan Naif dengan cara meramalkan curah hujan suatu bulan tertentu sama dengan nilai curah hujan yang sudah terjadi pada bulan dan tahun yang lalu.
3. Untuk peramalan curah hujan setengah bulanan menggunakan metode ini, data yang digunakan yakni data historis (tercatat) bulan tertentu pada tahun 2002 untuk meramalkan nilai curah hujan bulan tersebut pada tahun berikutnya (2003), dan menggunakan data historis (tercatat) pada tahun 2003 untuk meramalkan pada tahun 2004, demikian seterusnya hingga tahun peramalan tahun 2007.

Tabel 3.1 Cara Paramalan Naif Stasiun Bandung Bulan Februari 1

Periode i	Observasi Xi	Ramalan Naif F=Xi+1
2002	169	
2003	115	169
2004	68	115
2005	90	68
2006	53	90
2007	91	53

Sumber: Contoh Perhitungan

Untuk hasil pendugaan data hujan setengah bulanan stasiun selengkapnya dengan menggunakan metode Naif, dapat dilihat pada Bab IV.

3.3.2 Tahapan Analisis Model Autoregressive

1. Mempersiapkan data hujan setengah bulanan selama tahun 1980 sampai 2007 (panjang data 28). Data tahun 1980–2002 digunakan untuk pemodelan, sedangkan data tahun 2003-2007 digunakan untuk uji keandalan model.
2. Data yang telah ada selanjutnya dimasukkan pada *software microsoft office excel* versi 2007, untuk tahun 1980 sampai 1990 digunakan sebagai lag dan untuk tahun 1991 sampai 2002 sebagai Y.

Tabel 3.2 Data curah hujan setengah bulanan pada stasiun Bolorejo Bulan Januari 1

No.	Tahun St.Y	St. Y	Stasiun Y dengan Lag (tahun):										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1991	217	167	118	111	139	52	114	160	161	133	66	216
2	1992	302	217	167	118	111	139	52	114	160	161	133	66
3	1993	172	302	217	167	118	111	139	52	114	160	161	133
4	1994	84	172	302	217	167	118	111	139	52	114	160	161
5	1995	161	84	172	302	217	167	118	111	139	52	114	160
6	1996	175	161	84	172	302	217	167	118	111	139	52	114
7	1997	141	175	161	84	172	302	217	167	118	111	139	52
8	1998	128	141	175	161	84	172	302	217	167	118	111	139
9	1999	153	128	141	175	161	84	172	302	217	167	118	111
10	2000	114	153	128	141	175	161	84	172	302	217	167	118
11	2001	80	114	153	128	141	175	161	84	172	302	217	167
12	2002	114	80	114	153	128	141	175	161	84	172	302	217

Sumber : BMG dan Dinas Pengairan Kab. Tulungagung

3. Selanjutnya menghitung nilai B dan A₁ dimana nilai B merupakan parameter dari model AR dan nilai A₁ merupakan peubah tak bebas pada waktu t, maka akan didapat nilai B dan A₁. Sehingga selanjutnya dapat dihitung nilai pendugaan (Ypred)

dengan cara menggunakan formula linest pada *software microsoft office excel* versi 2007.

4. Dengan demikian maka dapat ditentukan nilai peramalan dengan rumus :

$$Y_{\text{pred}} = B + A_1 \times X_1 \text{ (data historis pada tahun sebelumnya)}$$

Contoh perhitungan peramalan curah hujan setengah bulanan menggunakan model *Autoregressive* untuk stasiun Bolorejo :

$$\begin{aligned} Y_{\text{pred}} \text{ (pendugaan tahun 2003)} &= b + A_1 \times X_1 \\ &= 84,36516603 + 0,4375 \times 114 \\ &= 134,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 3.3 Contoh perhitungan nilai pendugaan (Y_{pred}) pada stasiun Bolorejo

B	Y pred.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
84.36516603	134.2	0.4375										
136.2486574	166.2	0.60321	0.4847									
104.726862	161.0	0.70031	0.5934	0.20963								
138.7865545	165.8	0.74502	-0.748	0.36999	0.2632							
154.0480824	169.6	0.70946	0.7022	0.29215	0.1838	-0.1122						
223.7345229	174.9	0.64599	0.7843	0.374	0.4092	0.10546	0.3773					
168.4964012	172.2	0.76044	0.8198	0.47742	0.4707	0.22746	0.4903	0.22984				
266.6833675	189.7	0.90173	1.1906	0.65797	0.7536	0.408	0.7722	0.5267	0.4955			
409.2644222	233.5	0.61427	0.9531	0.19597	0.5804	0.17303	-0.625	0.19437	0.2121	-0.4401		
540.0650205	143.3	0.58695	1.3882	1.00322	1.6163	0.84628	1.1706	0.6315	0.9614	0.45087	0.9104	
273.8489429	182.7	1.11708	1.6946	1.62554	2.1746	1.72959	1.6768	1.26507	-1.284	0.91533	1.2412	0.6672

Sumber: Contoh Perhitungan

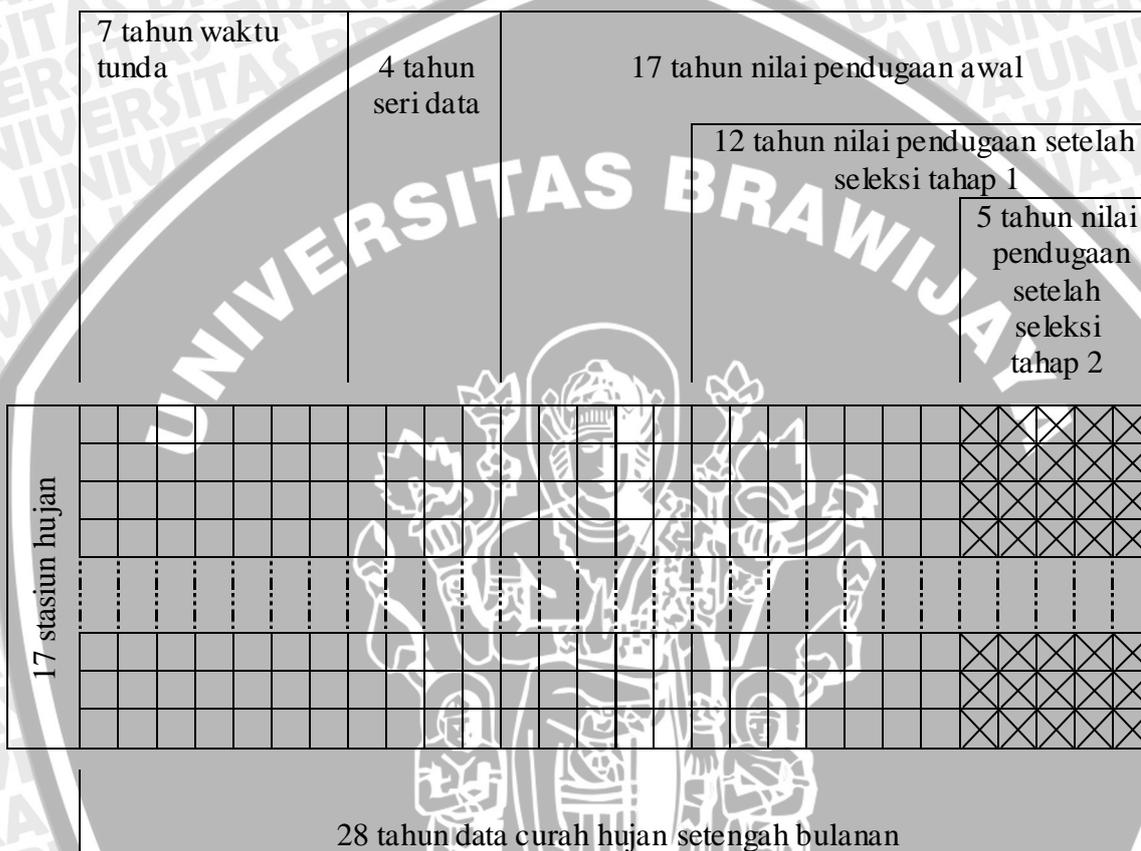
Untuk hasil pendugaan data hujan setengah bulanan stasiun selengkapnya dengan menggunakan metode *Autoregressive* dapat dilihat pada Bab IV.

3.3.3 Tahapan Analisis Model Multi Regresi (MR)

Model ini sangat tergantung dari banyak dan panjangnya data yang tersedia. Dari data yang diperoleh pada daerah Tulungagung terdapat 17 stasiun yang mempunyai data lengkap sepanjang 28 tahun, jumlah data ini dianggap sudah cukup memenuhi persyaratan dalam peramalan. Berdasarkan panjangnya seri data yang tersedia sepanjang 28 tahun (tahun 1980 – tahun 2007), maka ditetapkan bahwa banyaknya ruang waktu tunda/ *time lag* sebanyak 7 buah dengan panjang seri data 4 buah dan variabel bebas sebanyak 21 buah. Selanjutnya curah hujan yang diramalkan ada lima nilai pendugaan (setengah bulanan).

Hasil tersebut diperoleh apabila digunakan panjang seri data 4 tahun dan maksimum waktu tunda 7 tahun, maka dihasilkan $28 - (4 + 7) = 17$ nilai pendugaan (setengah bulanan). Proses seleksi selanjutnya, dimana setiap kalinya dibutuhkan 5 tahun ke belakang untuk kriteria seleksi. Dengan tersisa 17 tahun nilai pendugaan, maka dari seleksi ini dihasilkan $17 - 5 = 12$ nilai pendugaan (setengah bulanan). Selanjutnya, dimana setiap kalinya dibutuhkan 7 tahun sebelumnya. Maka dari hasil seleksi dihasilkan $12 - 7 = 5$ nilai pendugaan dari tahun terakhir (tahun 2003 s/d 2007).

Rancangan pembagian data menurut proses yang telah diuraikan ini dapat dilihat pada Gambar 3.1. berikut



Gambar 3.1 Rancangan pembagian data untuk model pendugaan

Model pendugaan yang telah dikembangkan pada dasarnya adalah model Regresi Linier. Metode yang digunakan dalam analisa pengembangan model pendugaan ini adalah cara Statistika dan Simulasi. Cara statistika yang digunakan adalah Regresi Linier untuk memproyeksikan nilai-nilai pendugaan satu periode (tahun) ke depan. Sedangkan cara simulasi digunakan untuk menyeleksi nilai-nilai pendugaan. Metode penelitian ini menggunakan simulasi stokastik karena model pendugaan ini mengandung komponen acak (Law dan Kelton, 1991). Program yang digunakan untuk menjalankan simulasi stokastik ini adalah program komputer *spreadsheet*. Sementara cara statistika yang digunakan adalah Regresi Linier yang ada pada program

spreadsheet. Panjang seri data dari model regresi linier yang digunakan adalah 4 tahun. Hal ini dikarenakan untuk penelitian tahap sekarang, maka ukuran model inilah paling fleksibel dalam menghasilkan nilai-nilai ekstrim untuk kedua arah.

Dari 680 kombinasi yang dibentuk dari ke-17 stasiun yang ada di Kab. Tulungagung, setiap kombinasi stasiun akan diproses dalam 343 macam kombinasi dari waktu tunda/ *time lag*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dalam contoh perhitungan berikut :

PARAMETER TETAP MODEL	
Banyak stasiun	17
Panjang seri data	28
Panjang seri regresi tersedia	11
Tahun Awal seri data	1980
Batas Tahun akhir Y	1990
n kisaran lag St.st.X	7
No.kolom St.Y	2
Panjang seri regresi terpakai	4

Besuki

PARAMETER HITUNG MODEL	
Offset r: St.Y	0
Batas bawah iterasi Lag-r: St.Xi	1
Batas atas iterasi Lag-r: St.Xi	7

PARAMETER ITERASI MODEL	dari	ke
Iterasi kombinasi St.Xi	680	1 - 680
Iterasi Lag-r St.X1	7	1 - 7
Iterasi Lag-r St.X2	7	1 - 7
Iterasi Lag-r St.X3	7	1 - 7
Iterasi Lag-r St.X4		

MODEL REGRESI LINIER					
Offset r	0	-7	-7	-7	-7
c	1	15	16	17	
Tahun	No.	Y	X1	X2	X3
1980	1	Unused	Unused	Unused	Unused
1981	2	Unused	Unused	Unused	Unused
1982	3	Unused	Unused	Unused	Unused
1983	4	Unused	Unused	Unused	Unused
1984	5	Unused	Unused	Unused	Unused
1985	6	Unused	Unused	Unused	Unused
1986	7	Unused	Unused	Unused	Unused
1987	8	108	185	85	303
1988	9	90	295	235	95
1989	10	236	124	190	80
1990	11	135	210	303	130
1991	12	184	183	217	191
1992	13	291	327	273	15
1993	14	139	168	19	131
1994	15	92	332	203	122
1995	16	96	207	297	109
1996	17	100	84	154	186
1997	18	169	207	121	114
1998	19	48	188	121	114
1999	20	119	463	201	260
2000	21	0	472	74	185
2001	22	41	124	53	43
2002	23	97	137	33	145
2003	24	269	334	119	76
2004	25	59	169	117	106

7 tahun waktu tunda

4 tahun seri data

12 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 1

17 tahun nilai pendugaan awal



2005	26	37	225	31	44
2006	27	104	345	70	
2007	28	4	214	2	146

LANGKAH SELANJUTNYA

No.	Nilai Record	Nilai Model	Δ	Δ Abs.	
11	----	135	135	0.0	0.0
12	1,000	184	141	-43.2	43.2
13	1,000	291	52	-239.2	239.2
4	1,000	139	423	284.3	284.3
15	1,000	92	482	389.6	389.6
16	1,000	96	323	227.0	227.0
17	1,000	100	-12	-112.0	112.0
18	1,000	169	124	-44.6	44.6
19	1,000	48	174	125.7	125.7
20	1,000	119	3246	3127.1	3127.1
21	1,000	0	21583	21582.9	21582.9
22	1,000	41	105	64.5	64.5
23	1,000	97	-901	-997.8	997.8
24	1,000	269	6	-263.4	263.4
25	1,000	59	542	482.7	482.7
26	1,000	37	194	156.6	156.6
27	1,000	104	277	173.5	173.5
28	1,000	4	1140	1136.0	1136.0

5 tahun nilai perbandingan setelah seleksi tahap 2

12 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 1

17 tahun nilai pendugaan awal

LANGKAH SELANJUTNYA

Temp 65°
Temp 62°
Max
Min

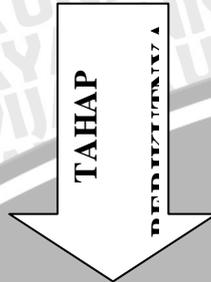
12 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 1

5 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 2

No.	Komb.St.	KOMBINASI St.				HANYA DIBATASI MAX & MIN SELISIH PADA TAHUN PENDUGAAN KE-											
		X1	X2	X3	X4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	2	3		182.3	-47.8	106.0	1.6	32.8	184.1	-68.7	-194.5	-52.5	145.7	4.3	37.4
2	2	1	2	4		112.8	-69.9	167.4	120.2	203.0	24.2	-58.5	-176.0	34.2	64.4	202.8	165.0
3	3	1	2	5		122.8	-83.7	70.6	25.2	76.4	207.0	-159.3	-252.7	-99.1	99.5	-9.0	89.0
4	4	1	2	6		259.0	-55.3	60.1	-48.4	90.5	33.6	-106.3	-107.5	78.8	211.7	20.8	198.7



678	678	1	2	9	-20.4	-146.3	121.6	31.2	145.8	28.6	97.5	-250.1	135.4	48.2	-22.9	-49.8
679	679	1	2	10	-30.6	-62.0	32.1	81.4	193.5	-37.6	68.3	-273.2	135.8	47.9	391.2	-51.1
680	680	1	2	11	77.6	-5.7	20.9	114.0	116.7	130.8	118.3	-381.8	43.7	70.7	86.8	121.1



12 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 1												
7 tahun sebagai (n seri)							5 tahun nilai pendugaan setelah seleksi tahap 2					
							7	7	7	7	7	
Δ							-181.4	194.1	101.8	13.8	178.1	
Δ												
n							100	100	100	100	100	
[+]	501	130	526	300	630	408	288	48	541	465	347	561
[-]	179	550	154	380	50	272	392	632	139	215	333	119
	133.9	47.4	99.9	25.2	70.9	11.2	12.6	72.1	52.5	28.8	4.2	178.1
	133.9	47.4	99.9	25.2	70.9	11.2	12.6	72.1	52.5	28.8	4.2	178.1
Ave	86.4											
Max	178.5											
Min	5.8											
Abs	108.7	51.1	92.4	5.9	137.0	41.0	20.1	178.5	151.1	78.0	5.8	167.1
Ave	108.7	-51.1	92.4	-5.9	137.0	41.0	-20.1	-178.5	151.1	78.0	5.8	167.1

141.2
SumSq
141.2
0

Dalam penjelasan ini yang dibahas adalah contoh perhitungan dari hasil *running* data hujan stasiun nomer 2 yaitu stasiun Besuki. Dalam setiap kombinasi waktu tunda ini, dilakukan dua tahap seleksi. Adapun penjelasan dari proses seleksi dalam perhitungan di atas dilakukan dalam dua tahap.



3.3.3.1 Seleksi Tahap I

Pada Seleksi Tahap 1 ini data hasil pendugaan diseleksi dengan menggunakan 12 kriteria yang ada dalam tabel berikut :

Tabel 3.4 Dua belas Macam kriteria dalam seleksi tahap I

No.	Nilai Kriteria	Nilai Ranking
1	Kesalahan ($ \Delta $) pada 1 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
2	Rerata Kesalahan selama 2 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
3	Rerata Kesalahan selama 3 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
4	Rerata Kesalahan selama 4 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
5	Rerata Kesalahan selama 5 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
6	Maksimum dari Kesalahan selama 5 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
7	Selisih Maksimum dan Minimum dari Kesalahan selama 5 tahun Sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
8	Slope (tren) Kesalahan selama 5 tahun sebelumnya	Semakin kecil semakin tinggi
9	Nisbah (Kesalahan pada 2 tahun lalu) / (Kesalahan pada 1 tahun lalu)	Semakin mendekati 1 semakin tinggi
10	Nisbah (Kesalahan pada 2 s/d 3 tahun lalu) / (Kesalahan pada 1 tahun lalu)	Semakin mendekati 1 semakin tinggi
11	Nisbah (Kesalahan pada 2 s/d 4 tahun lalu) / (Kesalahan pada 1 tahun lalu)	Semakin mendekati 1 semakin tinggi
12	Nisbah (Kesalahan pada 2 s/d 5 tahun lalu) / (Kesalahan pada 1 tahun lalu)	Semakin mendekati 1 semakin tinggi

Sumber: Soetopo 2007

Dari 17 hasil data yang terduga, 5 data dipakai oleh 12 kriteria tersebut diatas untuk menghasilkan 12 hasil data pendugaan. Dari ke-12 kriteria diatas menghasilkan 12 macam data yang masing-masing akan dirata-rata. Hasil dari ke-12 data yang memiliki rerata terkecil lah yang akan dipilih, untuk stasiun Besuki dipilih hasil sortir data dari sortir no 1. Selanjutnya data yang terpilih akan digabungkan dengan 679 data lainnya (juga melewati seleksi tahap I) untuk diproses dalam seleksi tahap II.

3.3.3.2 Seleksi Tahap II

Pada seleksi tahap 2 ini, ke 680 data hasil seleksi tahap I disimulasikan dimana pada setiap iterasinya dilakukan proses kalibrasi dan pendugaan. Apabila hasil

kalibrasinya dapat diterima (memenuhi syarat), maka dihitung nilai pendugaannya. Simulasi dilakukan terus sampai banyaknya nilai pendugaan yang ada mencapai jumlah tertentu yang cukup besar (200 nilai pendugaan dalam hal ini). Selanjutnya ke-200 nilai pendugaan ini diambil harga reratanya (*expected value*) sebagai nilai pendugaan yang mewakili.

Untuk menyeleksi hingga didapatkan 200 macam data, parameter yang digunakan adalah (SumSquare)^{0.5} dari 7 seri data tahun sebelumnya. Maksudnya adalah dari 680 data hasil seleksi tahap I yang paling mendekati dengan hasil (Sum Square)^{0.5} dari 7 seri data tahun sebelumnya, hanya 200 data yang akan dipilih. Selanjutnya hasil pendugaan diperoleh dengan cara merata-rata ke-200 data hasil seleksi tahap II ini. Untuk hasil pendugaan data curah hujan setengah bulanan stasiun selengkapnya dengan menggunakan metode Multi Regresi dapat dilihat pada Bab IV.

3.3.4 Membandingkan Hasil Pendugaan Model Naif, Model Autoregressive dan Model Multi Regresi (MR)

Hasil pendugaan dari Model Naif, Model Autoregressive, Model Multi Regresi dibandingkan, dengan tujuan untuk mengetahui metode peramalan yang lebih sesuai dengan nilai eror terkecil dijadikan sebagai patokan terhadap data historis. Untuk mengetahui metode peramalan yang lebih sesuai dengan melihat nilai U-Theil yang membandingkan antara nilai error dengan data record dengan keterangan sebagai berikut : (Makridakis, 1999)

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{F_{i+1} - F_i}{X_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{X_{i+1} - X_i}{X_i} \right)^2}} \quad (3.1)$$

Dimana :

F_i = Nilai ramalan

X_i = Nilai Observasi

Nilai Statistik-U yang didapat, dapat disimpulkan sebagai berikut :

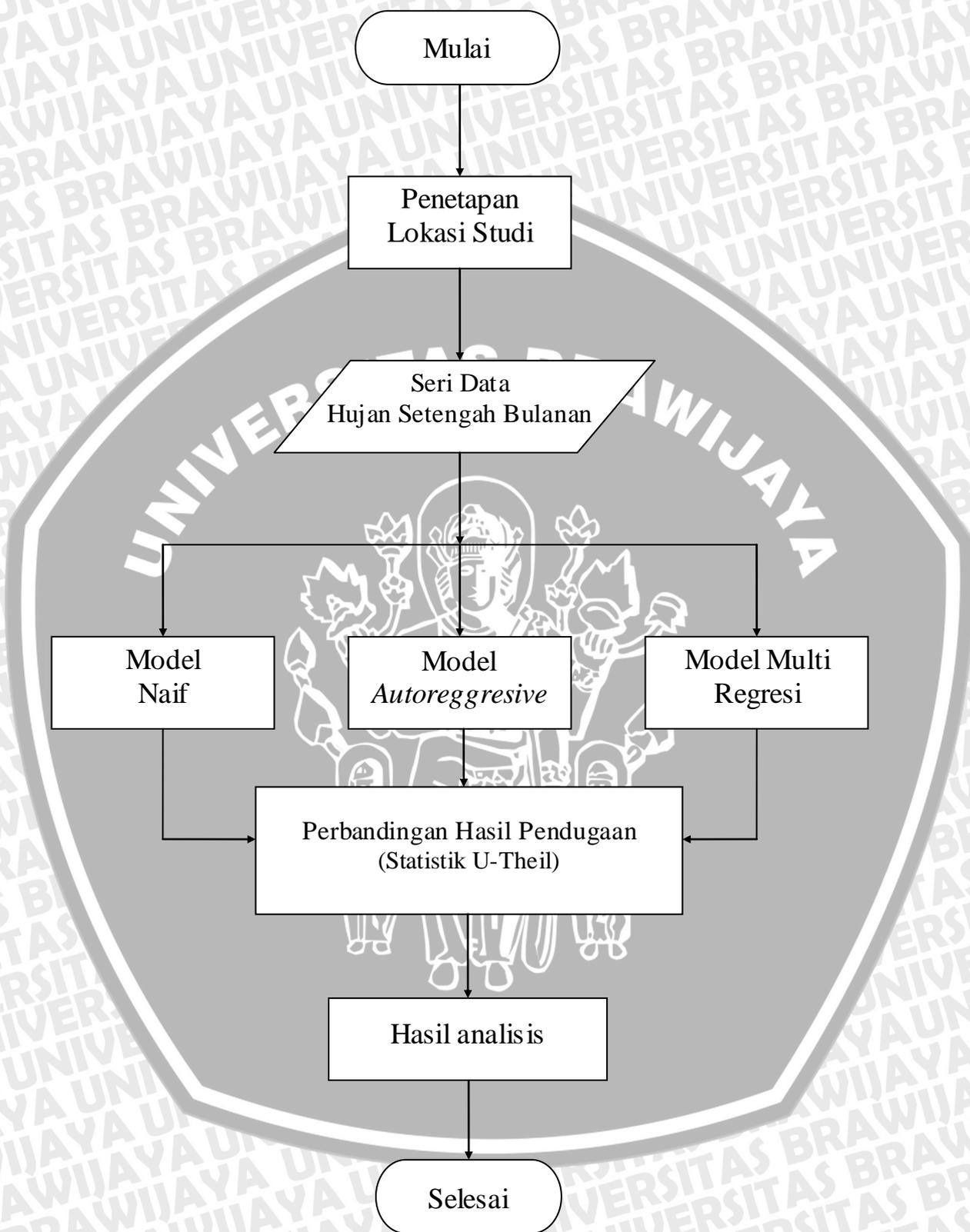
1. $U = 1$; model Naif sama baiknya dengan teknik peramalan yang dievaluasi
2. $U < 1$; teknik peramalan yang digunakan adalah lebih baik daripada model Naif. Makin kecil nilai statistik- U, makin baik teknik peramalan dibanding model naif secara relatif.
3. $U > 1$; tidak ada gunanya menggunakan metode peramalan formal, karena menggunakan model Naif akan menghasilkan ramalan yang lebih baik

Hasil dari perhitungan nilai U-Theil ini bertujuan untuk mengetahui metode peramalan yang lebih sesuai dengan nilai eror terkecil dijadikan sebagai patokan terhadap data historis. Dengan demikian, apabila nilai dari U-Theil mendekati 0 (nol) berarti penyimpangan terhadap kesalahan semakin kecil. Maka, metode tersebut lebih baik peramalannya daripada metode-metode lain yang digunakan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Untuk lebih memudahkan dalam pelaksanaan penelitian, maka diperlukan suatu diagram alir mulai dari pengolahan data sampai didapatkan kesimpulan. Secara terperinci dijelaskan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.4.





Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Hipotesa

4.1.1 Analisis Variansi satu arah (*one way*)

Sample data yang diuji terdiri dari 10 stasiun hujan di daerah Tulungagung. Curah hujan setengah bulanan (dalam mm) selama periode 23 tahun untuk masing-masing dari stasiun hujan adalah sebagai berikut

Tabel 4.1 Uji sample data curah hujan setengah bulanan Bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) untuk Analisis Variansi satu arah

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nama Stasiun	Bandung	Besuki	Bolorejo	Boyolangu	Campurdarat	K.D.PU.AIR	Kalidawir	Mojopanggung	Ngantru	Ngantup	
Tahun											
1980	206	262	216	200	117	277	108	251	49	100	
1981	133	194	66	226	190	197	101	159	101	194	
1982	26	68	133	71	250	43	31	505	102	261	
1983	121	176	161	385	270	176	138	125	246	345	
1984	26	276	160	68	183	251	22	253	298	132	
1985	115	233	114	208	155	147	193	149	164	147	
1986	90	167	52	95	20	68	168	413	108	95	
1987	161	108	139	203	89	142	213	196	107	259	
1988	136	90	111	136	59	172	234	45	160	80	
1989	230	236	118	136	140	197	76	112	142	125	
1990	114	135	167	24	147	81	116	105	121	136	
1991	347	184	217	187	78	81	213	245	270	136	
1992	291	291	302	227	154	248	271	333	384	252	
1993	103	139	172	114	129	131	74	411	131	254	
1994	53	92	84	91	44	88	45	72	76	207	
1995	33	96	161	117	111	156	207	297	219	86	
1996	169	100	175	139	190	107	118	289	337	142	
1997	137	169	141	132	95	112	110	402	82	101	
1998	16	48	128	119	60	98	14	11	90	176	
1999	62	119	153	168	86	80	255	207	120	379	
2000	223	0	114	123	0	54	0	196	0	132	
2001	66	41	80	157	116	94	179	149	85	73	
2002	59	97	114	118	31	108	61	98	143	73	
Total	2917	3321	3278	3444	2714	3108	2947	5023	3535	3885	34172
Rerata	126.826	144.391	142.521	149.739	118	135.130	128.130	218.391	153.695	168.913	148.574

Sumber: Hasil Perhitungan

Hipotesa : H_0 : hujan di daerah Tulungagung adalah homogen
 H_1 : hujan di daerah Tulungagung adalah tidak homogen

Untuk menguji hipotesa ini dihitung nilai **F** dengan rumus berikut:

$$F = \frac{(n - k) \cdot \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{(k - 1) \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}$$

- dimana: \bar{X}_i = harga rerata untuk kelas i
 \bar{X} = harga rerata keseluruhan (= 148,574)
 X_{ij} = pengamatan untuk kelas i pada tahun j
 n_i = banyak pengamatan untuk kelas i (= 23)
n = banyak pengamatan keseluruhan (= 230)
k = banyak kelas (= 10)

Pembilang = (230-10) × [23.(126,826-148,574)² + 23.(144,391-148,574)² +
.....+ 23.(168,913-148,574)²] = 37323857,04

Penyebut = (10-1) × [(206-126,826)² + (133-126,826)² + (26-126,826)² + (121-
126,826)² + (26-126,826)² ++ (73-168,913)²]
= 14149605,13

Hasilnya F = 37323857,04/14149605,13 = 2,6378

Nilai kritis **F_{cr}** dicari dari tabel **F** dengan **v₁** = (n-k) = 220 dan **v₂** = (k-1) = 9.

Untuk $\alpha = 5\%$ maka **F_{cr}** = 2,7

Karena **F** < dari **F_{cr}**, maka H_0 diterima. Jadi menurut Analisis Variansi Satu Arah ini maka hujan di daerah Tulungagung adalah homogen.

4.1.2 Analisis Variansi dua arah (two way)

Pada analisis variansi dua arah (*two way*) dengan menggunakan data yang sama seperti kasus diatas. Dalam analisis satu arah tersebut di atas, maka masing-masing individu pada tiap kelas atau dalam hal ini stasiun hujan dianggap replika satu sama lain yang hanya bervariasi secara acak (*random*). Akan tetapi ada kemungkinan terjadinya variasi hujan secara nyata (*significant*) dari tahun ke tahun dalam tiap kelas. Untuk menyelidiki kemungkinan sumber variasi ini, maka lebih lanjut perlu dihitung rerata hujan pada masing-masing tahun, sebagai berikut.

Tabel 4.2 Uji sample data curah hujan setengah bulanan Bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) untuk Analisis Variansi dua arah

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nama Stasiun	Bandung	Besuki	Bolarejo	Boyolangu	Campurdarat	K.D.PU.AIR	Kalidawir	Mojopanggung	Ngantru	Ngantup	Rerata Per Tahun
Tahun											
1980	206	262	216	200	117	277	108	251	49	100	178.6
1981	133	194	66	226	190	197	101	159	101	194	156.1
1982	26	68	133	71	250	43	31	505	102	261	149
1983	121	176	161	385	270	176	138	125	246	345	214.3
1984	26	276	160	68	183	251	22	253	298	132	166.9
1985	115	233	114	208	155	147	193	149	164	147	162.5
1986	90	167	52	95	20	68	168	413	108	95	127.6
1987	161	108	139	203	89	142	213	196	107	259	161.7
1988	136	90	111	136	59	172	234	45	160	80	122.3
1989	230	236	118	136	140	197	76	112	142	125	151.2
1990	114	135	167	24	147	81	116	105	121	136	114.6
1991	347	184	217	187	78	81	213	245	270	136	195.8
1992	291	291	302	227	154	248	271	333	384	252	275.3
1993	103	139	172	114	129	131	74	411	131	254	165.8
1994	53	92	84	91	44	88	45	72	76	207	85.2
1995	33	96	161	117	111	156	207	297	219	86	148.3
1996	169	100	175	139	190	107	118	289	337	142	176.6
1997	137	169	141	132	95	112	110	402	82	101	148.1
1998	16	48	128	119	60	98	14	11	90	176	76
1999	62	119	153	168	86	80	255	207	120	379	162.9
2000	223	0	114	123	0	54	0	196	0	132	84.2
2001	66	41	80	157	116	94	179	149	85	73	104
2002	59	97	114	118	31	108	61	98	143	73	90.2
Total	2917	3321	3278	3444	2714	3108	2947	5023	3535	3885	34172
Rerata	126.826	144.391	142.521	149.739	118	135.130	128.130	218.391	153.695	168.913	148.574

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk menguji hipotesa bahwa hujan di seluruh stasiun hujan di daerah Tulungagung adalah homogen (kasus pada sub bab 4.1.1), maka diuji dua hipotesa berikut :

Hipotesa 1 : H_0 : hujan homogen antar kelas

H_1 : hujan tidak homogen antar kelas

Hipotesa 2 : H_0 : hujan homogen antar tahun

H_1 : hujan tidak homogen antar tahun

Jadi diperlukan dua nilai **F** yang dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$F_1 = \frac{(n-1) \cdot \sum_{i=1}^k n \cdot (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2}$$

dan

$$F_2 = \frac{(k-1) \cdot \sum_{j=1}^n k \cdot (\bar{X}_j - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})^2}$$

- dimana: \bar{X}_i = harga rerata untuk kelas i
 \bar{X}_j = harga rerata untuk tahun j
 \bar{X} = harga rerata keseluruhan (= 148,574)
 X_{ij} = pengamatan untuk kelas i pada tahun j
n = banyak pengamatan per kelas (= 23)
k = banyak kelas (= 10)

Pembilang (**F**₁) = (23-1) × [23.(126,826-148,574)² + 23.(144,391-148,574)² + + 23.(168,913-148,574)²] = 3732385,704

Pembilang (**F**₂) = (10-1) × [10.(178,6-148,574)² + 10.(156,1-148,574)² + 10.(149-148,574)² + + 10.(90,2-148,574)²] = 4200375,991

Penyebut = (206-126,286-178,6+148,574)² + (133-126,286-156,1+148,574)² + (26-126,286-149+148,574)² + (121-126,286-214,3+148,574)² + + (73-168,913-90,2+148,574)² = 1105469,9043

Jadi, **F**₁ = 3732385,704/1105469,9043 = 3,3763

F_{cr} dicari di tabel F dengan **v**₁ = (k-1) = 9 dan **v**₂ = (k-1)(n-1) = 198.

Untuk α = 5% maka **F**_{cr} = 1,88

Untuk α = 1% maka **F**_{cr} = 2,41

F₁ > baik dari **F**_{cr} 5% maupun **F**_{cr} 1%. Maka H₀ ditolak (Hipotesa 1).

Jadi, $F_2 = 4200375,991/1105469,9043 = 3,7996$

Fcr dicari di tabel F dengan $v_1 = (n-1) = 22$ dan $v_2 = (k-1)(n-1) = 198$

Untuk $\alpha = 5\%$ maka **Fcr** = 1,55

Untuk $\alpha = 1\%$ maka **Fcr** = 1,84

$F_2 >$ baik dari **Fcr 5%** maupun **Fcr 1%**. Maka H_0 ditolak (Hipotesa 2).

Dari hasil pengujian di atas, maka kita akan **menolak** hipotesa keseluruhan bahwa hujan di daerah Tulungagung adalah homogen.

Jadi analisis variansi satu arah menerima hujan di daerah Tulungagung homogen, sedangkan analisis variansi dua arah menolaknya. Hal ini berarti bahwa analisis dua arah lebih membedakan daripada analisis satu arah, oleh karena itu hasil analisis dua arah yang berlaku.

4.2 Hasil Metode Naif

Dalam peramalan curah hujan dengan model pendugaan Naif dengan cara mempendugaan curah hujan suatu bulan tertentu sama dengan nilai curah hujan yang sudah terjadi pada bulan dan tahun yang lalu. Jadi, jika ramalan dipersiapkan untuk suatu horizon waktu satu periode, maka nilai actual terakhir dapat digunakan sebagai ramalan untuk periode berikutnya. Metode Naif ini dirasakan sangat bermanfaat sebagai dasar untuk mengevaluasi metode peramalan yang lebih formal.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), serta Dinas Pengairan Kab. Tulungagung, didapatkan 28 seri data curah hujan dari 17 stasiun hujan di Kabupaten Tulungagung. Data asli sebelumnya merupakan data curah hujan harian mulai tahun 1980 s/d 2007. Dari data curah hujan harian selanjutnya dijadikan data curah hujan setengah bulanan. Adapun ilustrasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Adapun hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan selama lima tahun terakhir (dari 2003 s/d 2007) menggunakan metode Naif, yang ditampilkan dalam bentuk kesalahan (selisih) terhadap nilai tercatat (historis), memberikan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pendugaan Model Naif pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Januari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	133	-123	-46	89	-102
2	172	-210	-22	67	-100
3	-10	-67	-13	139	-155
4	-84	39	-28	50	-95
5	112	-45	-35	108	-159
6	2	-3	-52	124	-171
7	80	-115	3	67	-82
8	2	-7	-74	162	-170
9	41	-85	-58	322	-363
10	41	24	66	183	-387
11	26	6	-60	117	-143
12	-75	-13	-52	224	-307
13	-47	-38	8	259	-284
14	83	-63	94	118	-337
15	82	-5	90	74	-215
16	64	-150	-33	66	-83
17	95	-202	3	97	-111

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Hasil Pendugaan Model Naif pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Februari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	-154	-47	22	-37	38
2	-46	-24	13	-32	73
3	80	-182	135	-158	-17
4	-56	-62	95	-142	123
5	-102	-57	0	-44	41
6	-134	-18	199	-184	-51
7	-173	-39	-54	-66	81
8	-115	-78	211	-220	-13
9	-59	-145	74	-81	-33
10	239	-359	109	-256	-24
11	-225	-82	74	-96	55
12	109	-145	55	-54	-28
13	-104	-21	164	-62	-9
14	43	-168	44	28	-75
15	-94	-191	38	52	-131
16	-212	-39	65	-97	37
17	14	-77	24	-51	116

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Hasil Metode *Autoregressive*

Proses pengerjaan pendugaan curah hujan dengan metode *Autoregressive*, dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel versi 2007. Berikut adalah data curah hujan setengah bulanan beserta hasil pendugaan yang diperoleh.

Tabel 4.5 Data curah hujan setengah bulanan Bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nama Stasiun	Bandung	Besuki	Bdorejo	Bojolangu	Campurdarat	K.D.PU AIR	Kalidawir	Mojopanggung	Ngartru	Ngartup	Ngunut	Pagenwojo	Paingan	Sendang	Sumber Pandan	Song Jambu II	Tumpak Mergo
Tahun																	
1980	206	262	216	200	117	277	108	251	49	100	235	72	125	200	185	85	303
1981	133	194	66	226	190	197	101	159	101	194	65	99	84	170	295	235	95
1982	26	68	133	71	250	43	31	505	102	261	226	253	121	57	124	190	80
1983	121	176	161	385	270	176	138	125	246	345	333	181	170	100	210	303	130
1984	26	276	160	68	183	251	22	253	298	132	239	77	123	283	183	217	191
1985	115	233	114	208	155	147	193	149	164	147	166	188	209	151	327	273	15
1986	90	167	52	95	20	68	168	413	108	95	146	219	54	80	168	19	131
1987	161	108	139	203	89	142	213	196	107	259	285	56	16	144	332	203	122
1988	136	90	111	136	59	172	234	45	160	80	155	193	270	91	207	297	109
1989	230	236	118	136	140	197	76	112	142	125	267	123	262	96	84	154	186
1990	114	135	167	24	147	81	116	105	121	136	108	98	211	237	207	121	114
1991	347	184	217	187	78	81	213	245	270	136	227	98	204	60	188	121	114
1992	291	291	302	227	154	248	271	333	384	252	164	476	374	186	463	201	260
1993	103	139	172	114	129	131	74	411	131	254	226	273	254	272	472	74	185
1994	53	92	84	91	44	88	45	72	76	207	18	124	83	265	124	53	43
1995	33	96	161	117	111	156	207	297	219	86	124	201	90	82	137	33	145
1996	169	100	175	139	190	107	118	289	337	142	19	193	174	104	334	119	76
1997	137	169	141	132	95	112	110	402	82	101	6	188	179	194	169	117	106
1998	16	48	128	119	60	98	14	11	90	176	2	298	147	207	225	31	44
1999	62	119	153	168	86	80	255	207	120	379	15	149	99	326	345	100	70
2000	223	0	114	123	0	54	0	196	0	132	30	119	114	158	214	266	146
2001	66	41	80	157	116	94	179	149	85	73	107	140	85	0	164	42	84
2002	59	97	114	118	31	108	61	98	143	73	56	223	114	117	141	151	141
2003	192	269	104	34	143	110	141	100	184	114	82	148	67	200	223	215	236
2004	69	59	37	73	98	107	26	93	99	138	88	135	29	137	218	65	34
2005	23	37	24	45	63	55	29	19	41	204	28	83	37	231	308	32	37
2006	112	104	163	95	171	179	96	181	363	387	145	307	296	349	382	98	134
2007	10	4	8	0	12	8	14	11	0	0	2	0	12	12	167	15	23

Sumber : BMG dan Dinas Pengairan Kab. Tulungagung

Tabel 4.6 Data curah hujan setengah bulanan Bulan Februari 1 (hari ke 1s/d15)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nama Stasiun	Bandung	Besuki	Bolorejo	Boyolangu	Campurdarat	K.D.PU-AIR	Kalidawir	Mojopanggung	Ngantru	Ngantup	Nguntur	Pagenwojo	Paingan	Sendang	Sumber Pandan	Song Jambu II	Tumpak Mergo
Tahun																	
1980	31	136	267	61	179	169	182	201	301	104	152	118	41	163	143	111	125
1981	77	71	51	60	135	78	85	173	92	48	185	123	65	114	156	146	59
1982	136	175	76	270	175	67	158	301	109	353	60	182	216	99	320	254	160
1983	158	250	330	119	308	54	88	76	199	362	192	221	360	434	136	282	218
1984	66	113	78	202	85	134	160	358	201	165	232	164	101	173	119	246	92
1985	134	215	82	248	288	291	193	99	85	322	133	233	194	216	131	190	59
1986	243	154	158	169	358	40	205	153	214	208	60	98	113	104	205	311	73
1987	149	101	58	177	116	84	172	59	89	90	63	115	352	113	202	355	419
1988	202	79	143	126	99	236	122	216	215	100	240	252	94	115	223	193	66
1989	261	165	220	159	199	78	121	134	124	55	118	163	179	210	65	334	217
1990	45	60	50	76	200	117	151	147	118	122	182	108	124	175	229	45	109
1991	290	61	132	105	151	117	160	111	129	122	158	108	130	135	131	45	109
1992	335	279	280	351	124	304	281	213	284	262	173	234	298	148	336	268	271
1993	62	48	46	28	110	58	82	66	103	107	242	68	48	66	61	39	79
1994	71	114	31	118	114	75	48	55	136	282	77	275	72	217	275	71	80
1995	207	280	232	329	238	295	222	336	284	315	63	251	178	281	389	207	267
1996	76	81	87	82	56	62	67	183	67	71	25	136	110	121	202	80	138
1997	61	135	282	212	82	192	168	307	154	92	203	374	261	272	334	274	106
1998	67	116	182	118	38	169	104	45	209	243	98	304	173	207	195	58	87
1999	113	78	40	63	142	74	366	73	83	93	30	74	66	58	90	160	70
2000	146	182	157	128	182	118	0	149	91	509	254	144	184	82	113	189	18
2001	250	262	167	195	227	241	157	213	204	420	88	190	183	169	238	65	243
2002	269	168	184	216	237	245	355	260	299	420	372	184	194	242	412	329	119
2003	115	122	264	160	135	111	182	145	240	659	147	293	90	285	318	117	133
2004	68	98	82	98	78	93	143	67	95	300	65	148	69	117	127	78	56
2005	90	111	217	193	78	292	89	278	169	409	139	203	233	161	165	143	80
2006	53	79	59	51	34	108	23	58	88	153	43	149	171	189	217	46	29
2007	91	152	42	174	75	57	104	45	55	129	98	121	162	114	86	83	145

Sumber : BMG dan Dinas Pengairan Kab. Tulungagung

Adapun hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan selama lima tahun terakhir (dari 2003 s/d 2007) menggunakan metode *Autoregressive*, yang ditampilkan dalam bentuk kesalahan (selisih) terhadap nilai tercatat (historis), memberikan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 Hasil Pendugaan Metode *Autoregressive* pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Januari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	82.3	-63.5	-82.7	3.4	-82.3
2	161.7	-107.4	-66.4	3.5	-89.8
3	-30.2	-84.9	-67.0	106.8	-124.5
4	-108.4	-20.0	-59.5	23.0	-103.2
5	45.3	10.0	28.7	78.3	65.6
6	3.0	8.5	47.2	85.4	71.1
7	17.8	92.2	130.7	46.1	90.6
8	144.1	125.6	172.8	11.0	160.4
9	26.5	61.3	84.8	255.9	133.4
10	-35.1	-16.4	54.7	227.5	-226.4
11	11.3	17.5	-40.3	93.8	-52.0
12	-58.5	-83.0	-85.6	136.9	-149.2
13	-66.6	-72.3	-29.5	218.9	-124.1
14	43.6	-46.0	67.9	169.7	-202.0
15	-14.2	-30.6	83.4	182.8	-101.1
16	115.1	-39.0	-83.1	-11.6	-91.2
17	116.6	-108.7	-77.1	22.2	-75.5

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.8 Hasil Pendugaan Metode *Autoregressive* pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Februari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	-72.5	-66.2	-28.4	-61.4	-6.9
2	-22.3	-67.5	-40.9	-66.7	8.0
3	123.6	-50.9	48.0	-86.3	-171.3
4	22.8	-69.6	24.1	-98.7	-23.0
5	36.6	60.8	42.6	82.5	15.0
6	17.5	90.1	126.9	12.6	135.3
7	117.4	21.1	78.2	157.2	94.6
8	13.4	105.9	112.8	104.3	169.7
9	110.7	75.1	5.7	81.0	116.8
10	361.2	-185.2	113.2	-199.0	-136.2
11	77.7	-83.0	-16.0	-87.0	-46.2
12	97.5	-46.7	-12.4	-65.7	-87.3
13	-56.9	-107.5	82.9	27.2	6.8
14	116.0	-81.8	-12.9	4.8	-68.3
15	115.4	-118.6	-64.9	-11.1	-142.0
16	92.8	-95.9	-35.6	-99.8	-122.1
17	-2.0	-78.1	-50.6	-91.0	27.0

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4 Hasil Metode Multi Regresi (MR)

Proses pengerjaan pendugaan curah hujan dengan metode MR, dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel versi 2007. Berdasarkan panjangnya seri data yang tersedia sepanjang 28 tahun (tahun 1980 s/d 2007), maka ditetapkan bahwa banyaknya ruang waktu tunda/ *time lag* sebanyak 7 buah dengan panjang seri data 4 buah dan variabel bebas sebanyak 21 buah. Panjang seri data dari model regresi linier yang digunakan adalah 4 tahun. Hal ini dikarenakan untuk penelitian tahap sekarang, maka ukuran model inilah paling fleksibel dalam menghasilkan nilai-nilai ekstrim untuk kedua arah.

Selanjutnya curah hujan yang diduga ada lima nilai pendugaan (setengah bulanan), yaitu tahun 2003 hingga tahun 2007. Dari 680 kombinasi yang dibentuk dari ke-17 stasiun yang ada di Kab. Tulungagung, setiap kombinasi stasiun akan diproses dalam 343 macam kombinasi dari waktu tunda/ *time lag*. Adapun ilustrasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Adapun hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan selama lima tahun terakhir (dari 2003 s/d 2007) menggunakan metode MR, yang ditampilkan dalam bentuk kesalahan (selisih) terhadap nilai tercatat (historis), memberikan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Pendugaan Model MR pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Januari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	0.6	125.3	91.4	78.1	120.5
2	-181.4	194.1	101.8	13.8	178.1
3	20.0	65.8	53.4	-114.4	144.6
4	125.2	17.1	63.1	-43.0	97.9
5	-67.2	6.6	83.8	-46.2	152.3
6	1.2	16.2	47.7	-88.3	157.0
7	50.7	108.3	130.8	-51.1	95.6
8	72.9	53.6	81.0	-166.9	165.5
9	-86.3	53.4	100.0	-268.6	279.2
10	42.5	-22.1	-68.7	-211.6	443.4
11	-15.6	-4.5	70.1	-68.3	132.3
12	62.4	31.6	113.6	-149.6	268.5
13	44.8	88.1	29.2	-246.2	271.8
14	-13.0	43.3	-64.1	-95.1	272.4
15	0.3	34.9	-66.7	-89.7	245.9
16	-28.3	161.3	121.6	64.7	146.6
17	-87.1	175.7	83.4	39.4	126.5

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Hasil Pendugaan Model MR pada 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Februari 1)

No Stasiun	Kesalahan Pendugaan (mm) pada tahun				
	2003	2004	2005	2006	2007
1	49.9	28.1	-18.7	-12.6	-37.2
2	178.5	78.0	11.3	44.5	-55.0
3	-14.8	201.0	3.6	175.6	131.3
4	94.6	122.3	-23.4	133.6	-11.4
5	140.8	151.5	62.2	102.2	-34.9
6	201.4	119.1	-110.6	205.4	109.7
7	8.4	160.1	148.3	98.8	-77.9
8	186.3	204.7	-128.1	230.5	145.3
9	-9.7	35.3	-16.3	8.0	-13.7
10	-37.2	300.5	217.6	389.3	311.0
11	142.9	246.2	71.0	145.7	-35.9
12	-81.2	169.6	18.7	99.5	46.0
13	153.8	143.9	-119.9	69.7	19.6
14	-49.1	209.9	51.2	30.5	101.4
15	12.1	326.8	57.0	50.2	136.2
16	74.1	193.5	47.7	110.4	-29.1
17	49.4	92.1	56.8	58.9	-92.8

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5 Perbandingan Hasil Pendugaan

Setelah diketahui hasil pendugaan dari masing-masing metode yang ditampilkan dalam bentuk kesalahan (selisih) terhadap nilai tercatat (historis), selanjutnya dapat diketahui metode mana yang memberikan informasi lebih akurat dengan melihat selisih kesalahan pendugaan dari masing-masing metode.

Pada setengah bulan pertama Bulan Januari (Bulan Januari 1), apabila nilai absolut dari kesalahan pendugaan direrata, maka dari ketiga metode tersebut di atas menghasilkan selisih nilai :

Model Naif : 101,3 mm

Model *Autoregressive* : 81,7 mm

Model Multi Regresi : 101,2 mm

Apabila dihitung berapa kali pendugaan (dari $17 \times 5 = 85$ pendugaan) dari ketiga metode di atas, maka diperoleh hasil seperti tabel berikut :

Tabel 4.11 Frekwensi Pendugaan 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Januari 1)

Tahun No Stasiun	Rank Hasil Pendugaan														
	2003			2004			2005			2006			2007		
	Metode			Metode			Metode			Metode			Metode		
	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR
1	3	2	1	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3
2	2	1	3	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	3
3	1	3	2	2	3	1	1	3	2	3	1	2	3	1	2
4	1	2	3	3	2	1	1	2	3	3	1	2	1	3	2
5	3	1	2	3	2	1	2	1	3	3	2	1	3	1	2
6	2	3	1	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
7	3	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	1	2	3
8	1	3	2	1	3	2	1	3	2	2	1	3	3	1	2
9	2	1	3	3	2	1	1	2	3	3	1	2	3	1	2
10	2	1	3	3	1	2	2	1	3	1	3	2	2	1	3
11	3	1	2	2	3	1	2	1	3	3	2	1	3	1	2
12	3	1	2	1	3	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2
13	2	3	1	1	2	3	1	3	2	3	1	2	3	1	2
14	3	2	1	3	2	1	3	2	1	2	3	1	3	1	2
15	3	2	1	1	2	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
16	2	3	1	2	1	3	1	2	3	3	1	2	1	2	3
17	2	3	1	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	3

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila angka 1 pada tabel di atas adalah rangking pertama dimana mempunyai tingkat akurasi tertinggi (yang paling mendekati benar) diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 24 kali (dari 85 pendugaan) atau 28,24%

Model *Autoregressive* : 43 kali (dari 85 pendugaan) atau 50,59%

Model Multi Regresi : 18 kali (dari 85 pendugaan) atau 21,18%

Apabila angka 2 pada tabel di atas adalah rangking kedua dimana mempunyai tingkat akurasi diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 21 kali (dari 85 pendugaan) atau 24,71%

Model *Autoregressive* : 25 kali (dari 85 pendugaan) atau 29,41%

Model Multi Regresi : 39 kali (dari 85 pendugaan) atau 45,88%

Apabila angka 3 pada tabel di atas adalah rangking ketiga dimana mempunyai tingkat akurasi paling jauh mendekati benar diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 40 kali (dari 85 pendugaan) atau 47,06%

Model *Autoregressive* : 17 kali (dari 85 pendugaan) atau 20,00%

Model Multi Regresi : 28 kali (dari 85 pendugaan) atau 32,94%

Pada setengah bulan pertama Bulan Februari (Bulan Februari 1), apabila nilai absolut dari kesalahan pendugaan direrata, maka dari ketiga metode tersebut menghasilkan selisih nilai :

Model Naif : 90,3 mm

Model *Autoregressive* : 76,1 mm

Model Multi Regresi : 103,3 mm

Apabila dihitung berapa kali pendugaan (dari $17 \times 5 = 85$ pendugaan) dari ketiga model di atas, maka diperoleh hasil seperti tabel berikut :

Tabel 4.12 Frekwensi Pendugaan 17 Stasiun selama 5 tahun (Bulan Februari 1)

Tahun	Kesalahan Pendugaan (mm)														
	2003			2004			2005			2006			2007		
	Metode			Metode			Metode			Metode			Metode		
No Stasiun	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR	Naif	AR	MR
1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2
2	2	1	3	1	2	3	2	3	1	1	3	2	3	1	2
3	2	3	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2
4	2	1	3	1	2	3	3	2	1	3	1	2	3	2	1
5	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	1	2
6	2	1	3	1	2	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2
7	3	2	1	2	1	3	1	2	3	1	3	2	2	3	1
8	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3	1	3	2
9	2	3	1	3	2	1	3	1	2	2	3	1	2	3	1
10	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	1	3	1	2	3
11	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	3	3	2	1
12	3	2	1	2	1	3	3	1	2	1	2	3	1	3	2
13	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3	2	1	3
14	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
15	2	3	1	2	1	3	1	3	2	3	1	2	1	3	2
16	3	2	1	1	2	3	3	1	2	1	2	3	2	3	1
17	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2	3	1	2

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila angka 1 pada tabel di atas adalah rangking pertama dimana mempunyai tingkat akurasi tertinggi (yang paling mendekati benar) diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 27 kali (dari 85 pendugaan) atau 31,76%

Model *Autoregressive* : 36 kali (dari 85 pendugaan) atau 42,35%

Model Multi Regresi : 22 kali (dari 85 pendugaan) atau 25,88%

Apabila angka 2 pada tabel di atas adalah rangking kedua dimana mempunyai tingkat akurasi diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 34 kali (dari 85 pendugaan) atau 40,00%



Model *Autoregressive* : 27 kali (dari 85 pendugaan) atau 31,76%

Model Multi Regresi : 24 kali (dari 85 pendugaan) atau 28,24%

Apabila angka 3 pada tabel di atas adalah ranking ketiga dimana mempunyai tingkat akurasi paling jauh mendekati benar diantara ketiga model yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapat hasil sebagai berikut :

Model Naif : 24 kali (dari 85 pendugaan) atau 28,24%

Model *Autoregressive* : 22 kali (dari 85 pendugaan) atau 25,88%

Model Multi Regresi : 39 kali (dari 85 pendugaan) atau 45,88%

Untuk mengetahui sejauh mana ketepatan masing-masing metode peramalan dalam memberikan informasi, maka dalam penelitian ini digunakan statistik U-Theil yang telah dibandingkan dengan data record (data historis) sebagai patokan. Dengan melihat kisaran nilai statistik-U dari hasil pendugaan masing-masing metode peramalan, yakni metode Naif, *Autoregressive*, dan Multi Regresi (MR), maka akan diketahui metode mana yang lebih baik dan lebih sesuai digunakan, dalam penelitian ini adalah peramalan curah hujan musiman setengah bulanan di Kab. Tulungagung.

Berikut tabel hasil perbandingan metode Naif, metode *Autoregressive* serta metode Multi Regresi (MR) atau biasa juga disebut Regresi Multi Stasiun (RMS), menggunakan Statistik U-Theil untuk Bulan Januari I dan Bulan Februari 1.

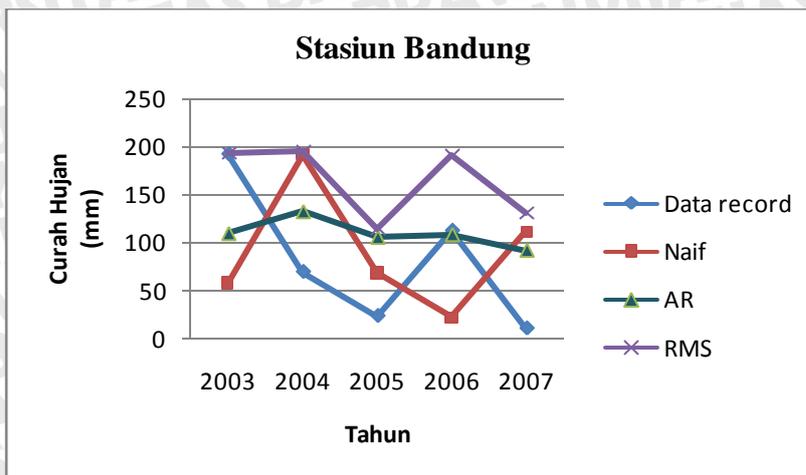
4.5.1 Perbandingan Hasil Pendugaan Bulan Januari 1 (hari 1s/d15)

Tabel 4.13 Stasiun Bandung Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error	Error	Error
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut	Pendugaan Naif	Pendugaan AR	Pendugaan RMS
2003	192	59	109.7	192.6	0.109	0.410	0.426	0.410	133.0	82.3	0.6
2004	69	192	132.5	194.3	1.438	0.444	1.756	0.444	-123.0	-63.5	125.3
2005	23	69	105.7	114.4	0.022	14.974	11.534	14.974	-46.0	-82.7	91.4
2006	112	23	108.6	190.1	0.540	0.829	1.158	0.829	89.0	3.4	78.1
2007	10	112	92.3	130.5					-102.0	-82.3	120.5
jumlah					2.109	16.658	14.874	16.658			
U-Theil					0.127		0.893				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Bandung lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,127 dan Model Multi Regresi = 0,893.



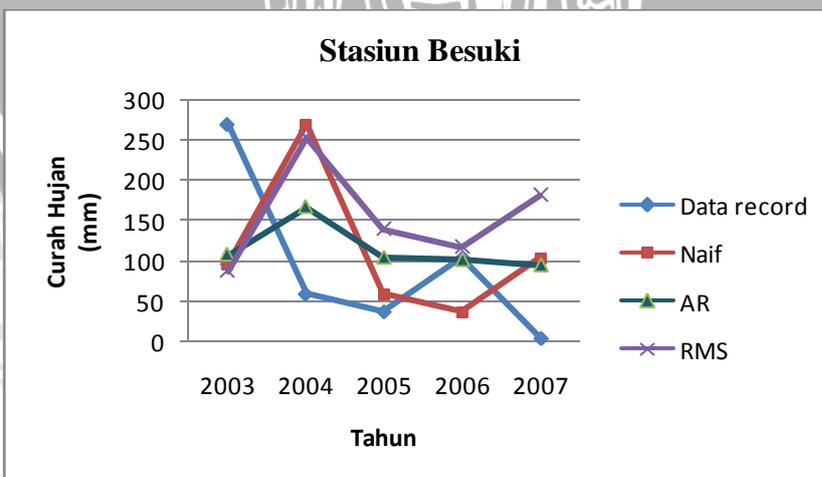
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Bandung pada Bulan Januari 1

Tabel 4.14 Stasiun Besuki Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	269	97	107.3	87.6	0.159	0.609	0.521	0.609	172.0	161.7	-181.4
2004	59	269	166.4	253.1	1.267	0.139	2.976	0.139	-210.0	-107.4	194.1
2005	37	59	103.4	138.8	0.009	3.279	0.138	3.279	-22.0	-66.4	101.8
2006	104	37	100.5	117.8	0.746	0.925	2.933	0.925	67.0	3.5	13.8
2007	4	104	93.8	182.1					-100.0	-89.8	178.1
jumlah					2.181	4.952	6.569	4.952			
U-Theil					0.441		1.326				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Besuki lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan terhadap semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,441 dan Model Multi Regresi = 1,326.



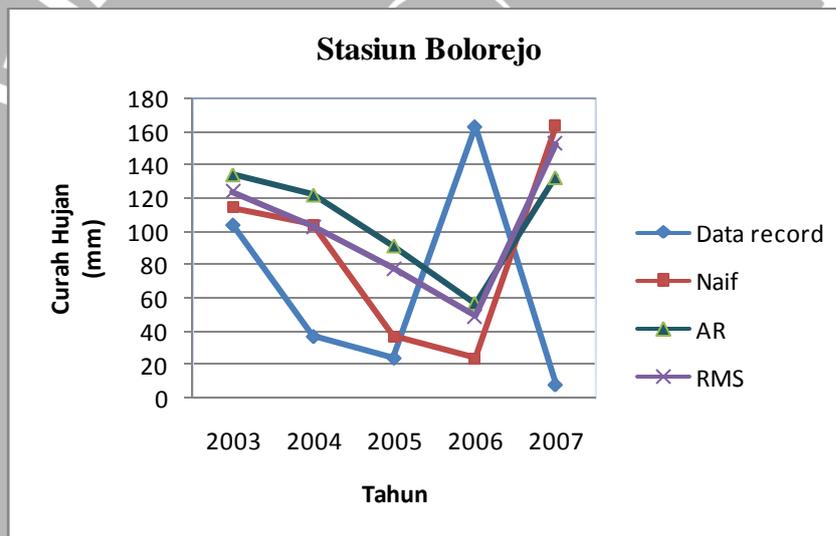
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Besuki pada Bulan Januari 1

Tabel 4.15 Stasiun Bolorejo Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	104	114	134.2	124.0	0.667	0.415	0.400	0.415	-10.0	-30.2	20.0
2004	37	104	121.9	102.8	3.278	0.123	2.080	0.123	-67.0	-84.9	65.8
2005	24	37	91.0	77.4	19.820	33.543	22.709	33.543	-13.0	-67.0	53.4
2006	163	24	56.2	48.6	0.583	0.904	0.787	0.904	139.0	106.8	-114.4
2007	8	163	132.5	152.6					-155.0	-124.5	144.6
jumlah					24.348	34.986	25.976	34.986			
U-Theil					0.696		0.742				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Bolorejo lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,696 dan Model Multi Regresi = 0,742.



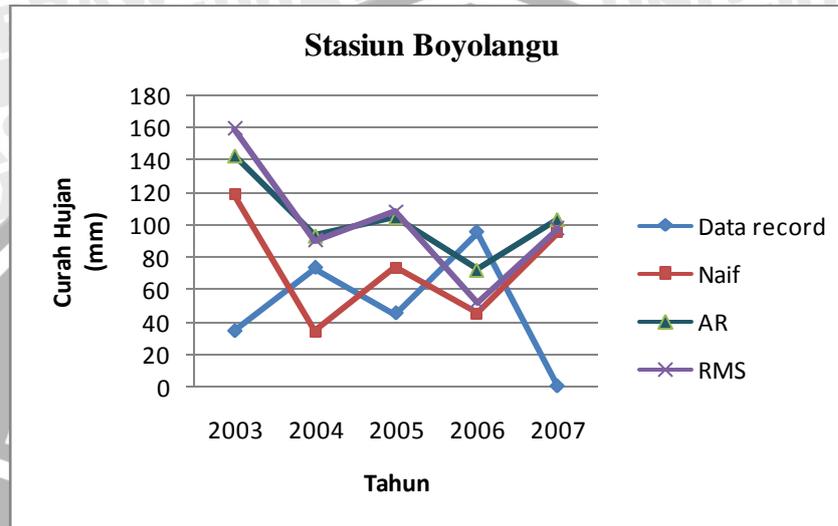
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulan di Stasiun Bolorejo pada Bulan Januari 1

Tabel 4.16 Stasiun Boyolangu Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	34	118	142.4	159.2	0.348	1.316	0.254	1.316	-84.0	-108.4	125.2
2004	73	34	93.0	90.1	0.664	0.147	0.747	0.147	39.0	-20.0	17.1
2005	45	73	104.5	108.1	0.262	1.235	0.913	1.235	-28.0	-59.5	63.1
2006	95	45	72.0	52.0	1.181	1.000	1.061	1.000	50.0	23.0	-43.0
2007	0	95	103.2	97.9					-95.0	-103.2	97.9
jumlah					2.454	3.697	2.976	3.697			
U-Theil					0.664		0.805				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Boyolangu lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,664 dan Model Multi Regresi = 0,805.



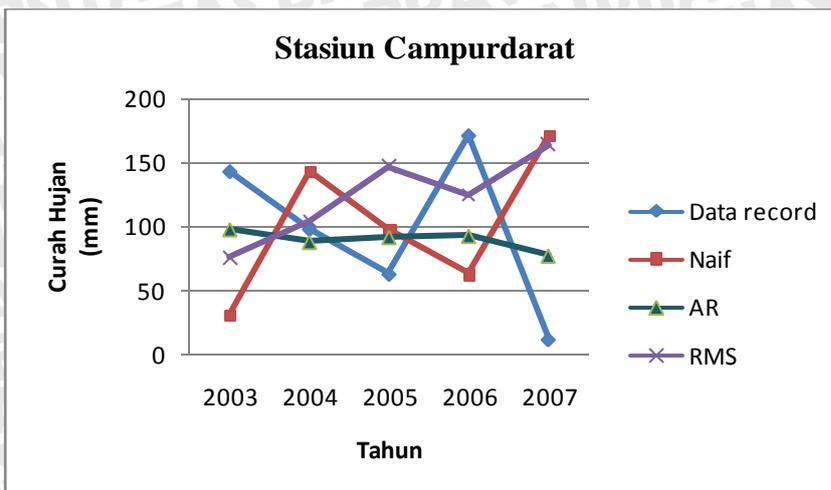
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Boyolangu pada Bulan Januari 1

Tabel 4.17 Stasiun Campurdarat Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	143	31	97.7	75.8	0.005	0.099	0.002	0.099	112.0	45.3	-67.2
2004	98	143	88.0	104.6	0.086	0.128	0.731	0.128	-45.0	10.0	6.6
2005	63	98	91.7	146.8	1.545	2.939	0.539	2.939	-35.0	28.7	83.8
2006	171	63	92.7	124.8	0.147	0.865	0.793	0.865	108.0	78.3	-46.2
2007	12	171	77.6	164.3					-159.0	65.6	152.3
				jumlah	1.783	4.030	2.065	4.030			
				U-Theil	0.442		0.512				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Campurdarat lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,442 dan Model Multi Regresi = 0,512.



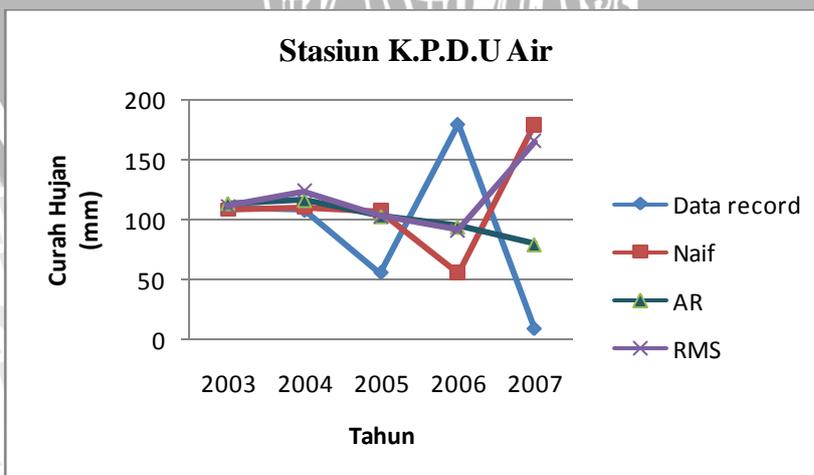
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Campurdarat pada Bulan Januari 1

Tabel 4.18 Stasiun K.P.D.U.Air Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	110	108	113.0	111.2	0.006	0.001	0.022	0.001	2.0	3.0	1.2
2004	107	110	115.5	123.2	0.195	0.236	0.198	0.236	-3.0	8.5	16.2
2005	55	107	102.2	102.7	2.410	5.083	2.579	5.083	-52.0	47.2	47.7
2006	179	55	93.6	90.7	0.158	0.913	-0.769	0.913	124.0	85.4	-88.3
2007	8	179	79.1	165.0					-171.0	71.1	157.0
jumlah					2.768	6.233	3.569	6.233			
U-Theil					0.444		0.573				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun K.P.U.D.Air lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,444 dan Model Multi Regresi = 0,573.



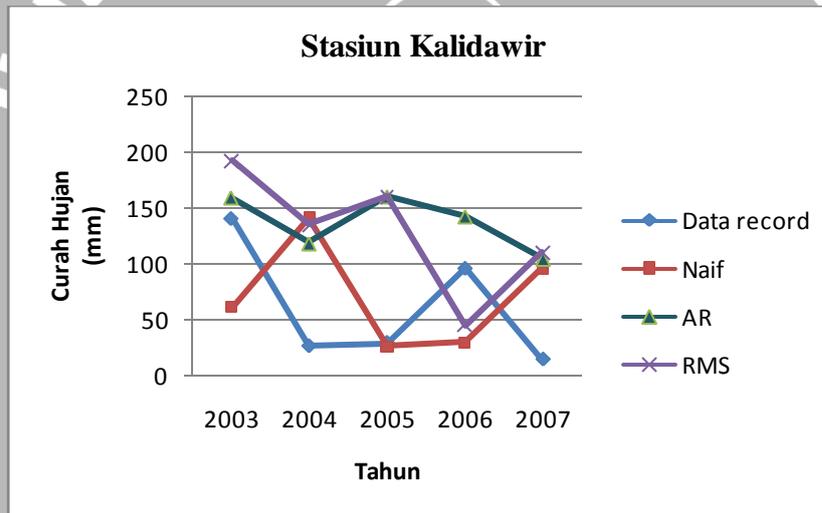
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun K.P.U.D Air pada Bulan Januari 1

Tabel 4.19 Stasiun Kalidawir Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	141	61	158.8	191.7	0.428	0.665	0.590	0.665	80.0	17.8	50.7
2004	26	141	118.2	134.3	25.285	0.013	25.304	0.013	-115.0	92.2	108.3
2005	29	26	159.7	159.8	2.526	5.338	3.102	5.338	3.0	130.7	130.8
2006	96	29	142.1	44.9	0.890	0.730	0.991	0.730	67.0	46.1	-51.1
2007	14	96	104.6	109.6					-82.0	90.6	95.6
jumlah					29.129	6.746	29.987	6.746			
U-Theil					4.318		4.445				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Kalidawir lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 4,318 dan Model Multi Regresi = 4,445



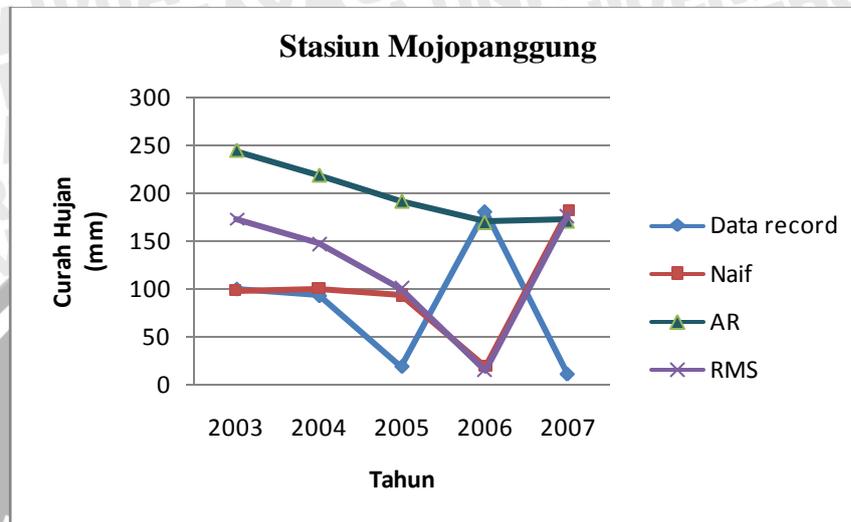
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Kalidawir pada Bulan Januari 1

Tabel 4.20 Stasiun Mojopanggung Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	100	98	244.1	172.9	1.578	0.005	0.287	0.005	2.0	144.1	72.9
2004	93	100	218.6	146.6	3.454	0.633	0.759	0.633	-7.0	125.6	53.6
2005	19	93	191.8	100.0	0.338	72.698	77.122	72.698	-74.0	172.8	81.0
2006	181	19	170.0	14.1	0.785	0.882	0.836	0.882	162.0	11.0	-166.9
2007	11	181	171.4	176.5					-170.0	160.4	165.5
jumlah					6.155	74.218	79.005	74.218			
U-Theil					0.083		1.064				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Mojopanggung lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,083 dan Model Multi Regresi = 1,064.



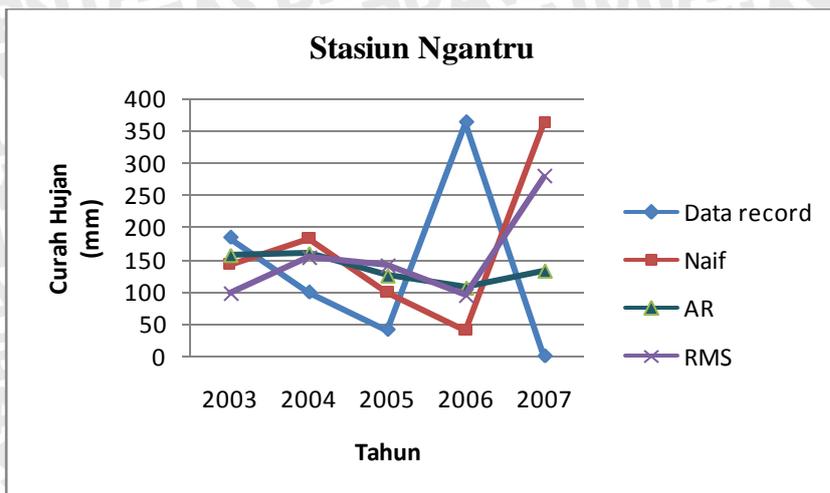
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulan di Stasiun Mojopanggung pada Bulan Januari 1

Tabel 4.21 Stasiun Ngantru Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	184	143	157.5	97.7	0.111	0.213	0.084	0.213	41.0	26.5	-86.3
2004	99	184	160.3	152.4	0.734	0.343	1.021	0.343	-85.0	61.3	53.4
2005	41	99	125.8	141.0	38.960	61.680	42.920	61.680	-58.0	84.8	100.0
2006	363	41	107.1	94.4	0.135	1.000	0.591	1.000	322.0	255.9	-268.6
2007	0	363	133.4	279.2					-363.0	133.4	279.2
jumlah					39.940	63.237	44.617	63.237			
U-Theil					0.632		0.706				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngantru lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,632 dan Model *Multi Regresi* = 0,706.



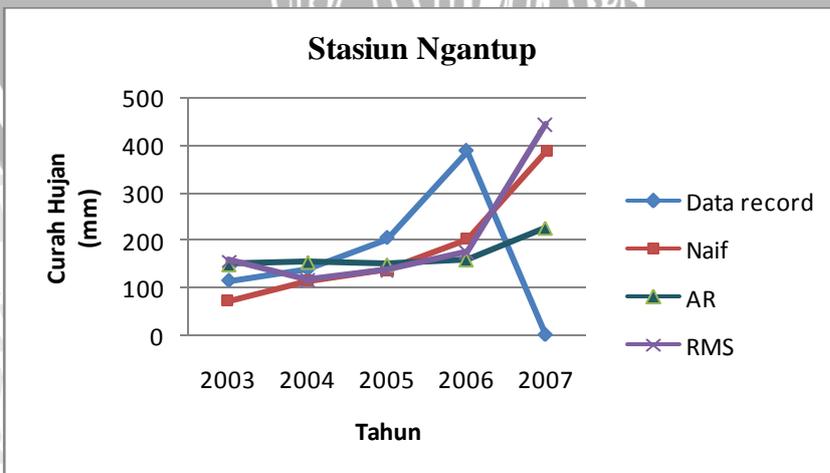
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngantru pada Bulan Januari 1

Tabel 4.22 Stasiun Ngantup Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	114	73	149.1	156.5	0.021	0.044	0.038	0.044	41.0	-35.1	42.5
2004	138	114	154.4	115.9	0.157	0.229	0.248	0.229	24.0	-16.4	-22.1
2005	204	138	149.3	135.3	1.244	0.805	1.076	0.805	66.0	54.7	-68.7
2006	387	204	159.5	175.4	0.342	1.000	1.313	1.000	183.0	227.5	-211.6
2007	0	387	226.4	443.4					-387.0	-226.4	443.4
jumlah					1.764	2.078	2.675	2.078			
U-Theil					0.849		1.287				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngantup lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,849 dan Model Multi Regresi = 1,287.



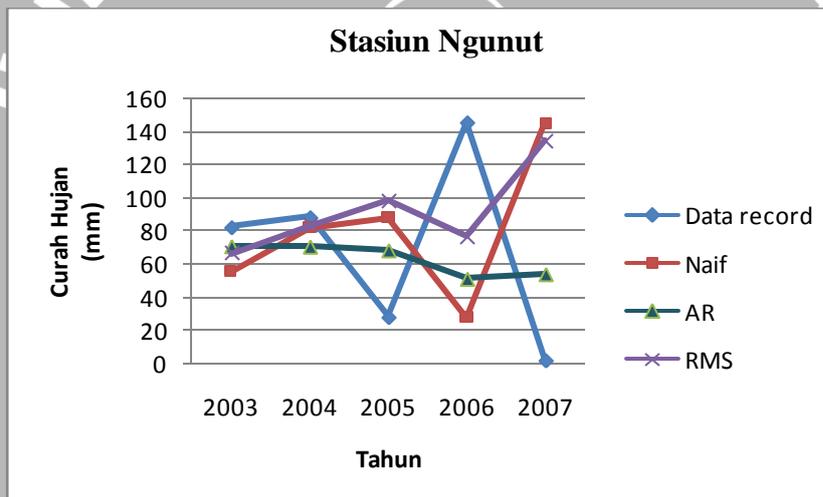
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngantup pada Bulan Januari 1

Tabel 4.23 Stasiun Ngunut Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	82	56	70.7	66.4	0.046	0.005	0.003	0.005	26.0	11.3	-15.6
2004	88	82	70.5	83.5	0.210	0.465	0.635	0.465	6.0	17.5	-4.5
2005	28	88	68.3	98.1	11.220	17.460	5.956	17.460	-60.0	-40.3	70.1
2006	145	28	51.2	76.7	0.128	0.973	0.833	0.973	117.0	93.8	-68.3
2007	2	145	54.0	134.3					-143.0	-52.0	132.3
jumlah					11.603	18.903	7.426	18.903			
U-Theil					0.614		0.393				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngunut lebih sesuai dengan menggunakan Model Multi Regresi. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,614 dan Model Multi Regresi = 0,393.



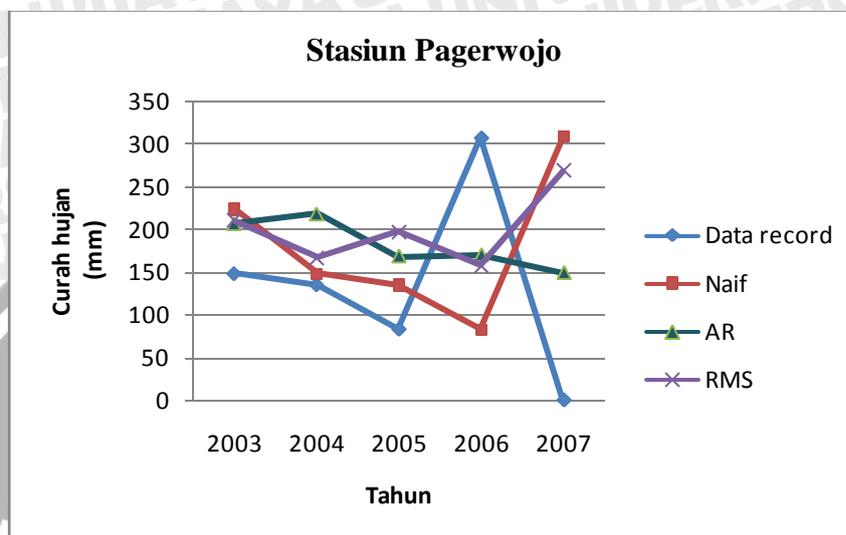
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngunut pada Bulan Januari 1

Tabel 4.24 Stasiun Pagerwojo Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	148	223	206.5	210.4	0.314	0.008	0.045	0.008	-75.0	-58.5	62.4
2004	135	148	218.0	166.6	0.402	0.148	0.708	0.148	-13.0	-83.0	31.6
2005	83	135	168.6	196.6	2.720	7.283	3.248	7.283	-52.0	-85.6	113.6
2006	307	83	170.1	157.4	0.236	1.000	0.765	1.000	224.0	136.9	-149.6
2007	0	307	149.2	268.5					-307.0	-149.2	268.5
jumlah					3.672	8.440	4.767	8.440			
U-Theil					0.435		0.565				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Pagerwojo lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,435 dan Model Multi Regresi = 0,565.



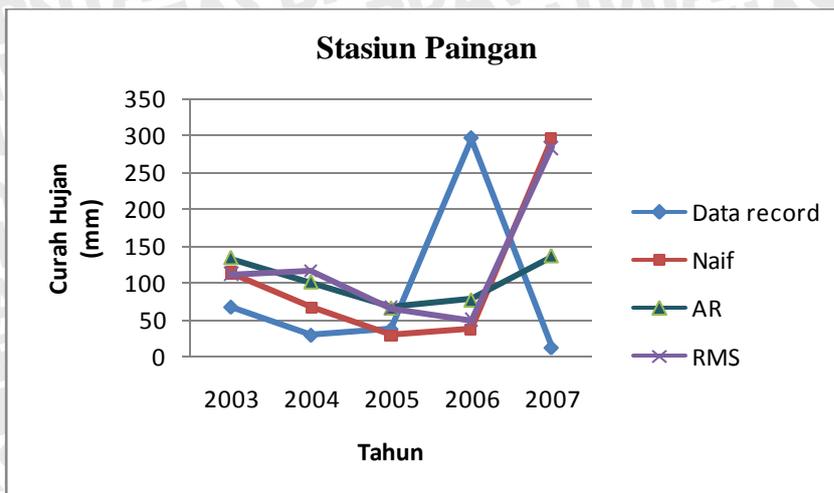
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Pagerwojo pada Bulan Januari 1

Tabel 4.25 Stasiun Paingan Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	67	114	133.6	111.8	1.163	0.322	1.728	0.322	-47.0	-66.6	44.8
2004	29	67	101.3	117.1	1.034	0.076	1.014	0.076	-38.0	-72.3	88.1
2005	37	29	66.5	66.2	35.015	49.000	44.276	49.000	8.0	-29.5	29.2
2006	296	37	77.1	49.8	0.176	0.921	0.843	0.921	259.0	218.9	-246.2
2007	12	296	136.1	283.8					-284.0	-124.1	271.8
				jumlah	37.389	50.318	47.861	50.318			
				U-Theil	0.743		0.951				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Paingan lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,743 dan Model Multi Regresi = 0,951.



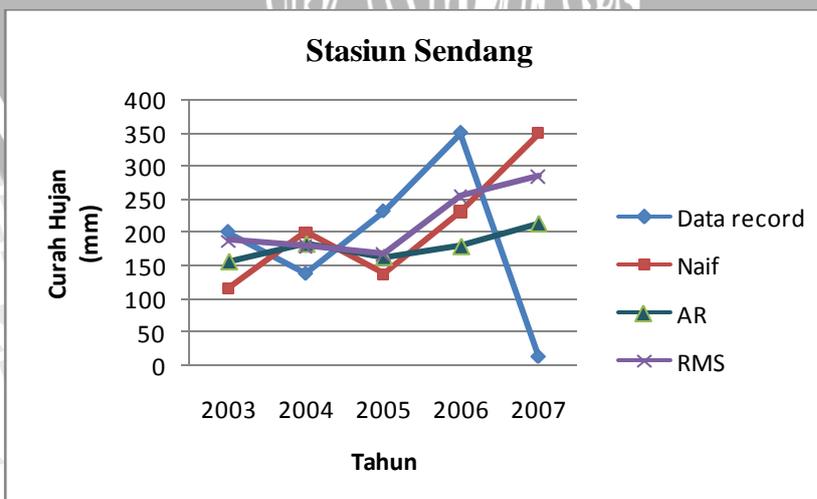
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Paingan pada Bulan Januari 1

Tabel 4.26 Stasiun Sendang Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS	
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut				
2003	200	117	156.4	187.0	0.053	0.099	0.047	0.099	83.0	43.6	-13.0	
2004	137	200	183.0	180.3	0.246	0.471	0.219	0.471	-63.0	-46.0	43.3	
2005	231	137	163.1	166.9	0.540	0.261	0.170	0.261	94.0	67.9	-64.1	
2006	349	231	179.3	253.9	0.335	0.932	0.609	0.932	118.0	169.7	-95.1	
2007	12	349	214.0	284.4					-337.0	-202.0	272.4	
jumlah					1.173	1.763	1.045	1.763				
U-Theil					0.665		0.592					

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Sendang lebih sesuai dengan menggunakan Model Multi Regresi. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,665 dan Model Multi Regresi = 0,592.



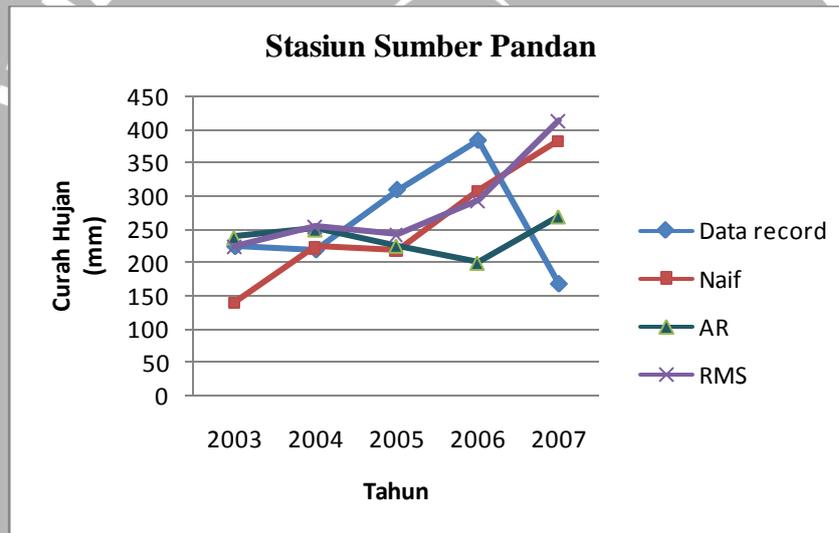
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Sendang pada Bulan Januari 1

Tabel 4.27 Stasiun Sumber Pandan Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	223	141	237.2	223.3	0.019	0.001	0.024	0.001	82.0	-14.2	0.3
2004	218	223	248.6	252.9	0.146	0.170	0.094	0.170	-5.0	-30.6	34.9
2005	308	218	224.6	241.3	0.352	0.058	0.085	0.058	90.0	83.4	-66.7
2006	382	308	199.2	292.3	0.070	0.317	0.414	0.317	74.0	182.8	-89.7
2007	167	382	268.1	412.9					-215.0	-101.1	245.9
jumlah					0.588	0.545	0.617	0.545			
U-Theil					1.077		1.131				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Sumber Pandan lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,077 dan Model Multi Regresi = 1,131.



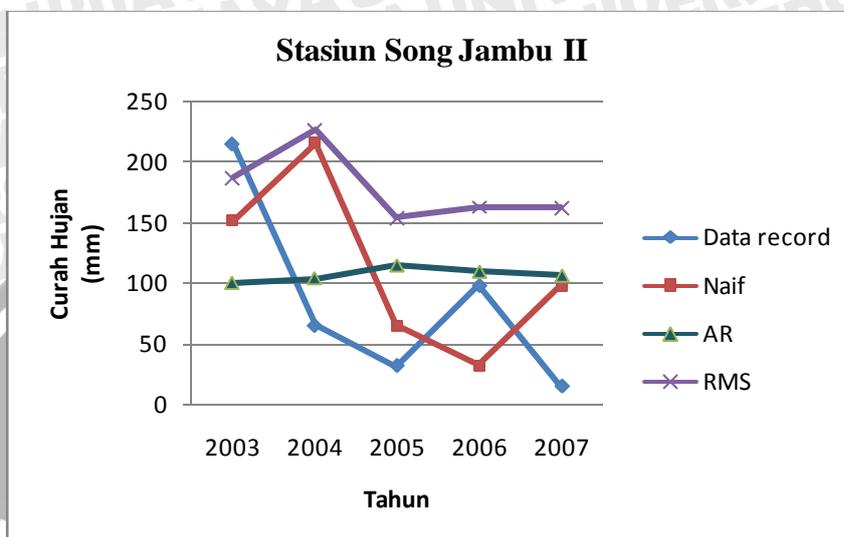
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Sumber Pandan pada Bulan Januari I

Tabel 4.28 Stasiun Song Jambu II Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	215	151	99.9	186.7	0.033	0.487	0.563	0.487	64.0	115.1	-28.3
2004	65	215	104.0	226.3	1.633	0.258	3.501	0.258	-150.0	-39.0	161.3
2005	32	65	115.1	153.6	0.132	4.254	4.083	4.254	-33.0	-83.1	121.6
2006	98	32	109.6	162.7	0.866	0.717	2.238	0.717	66.0	-11.6	64.7
2007	15	98	106.2	161.6					-83.0	-91.2	146.6
jumlah					2.663	5.716	10.386	5.716			
U-Theil					0.466		1.817				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Song Jambu II lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,466 dan Model Multi Regresi = 1,817.



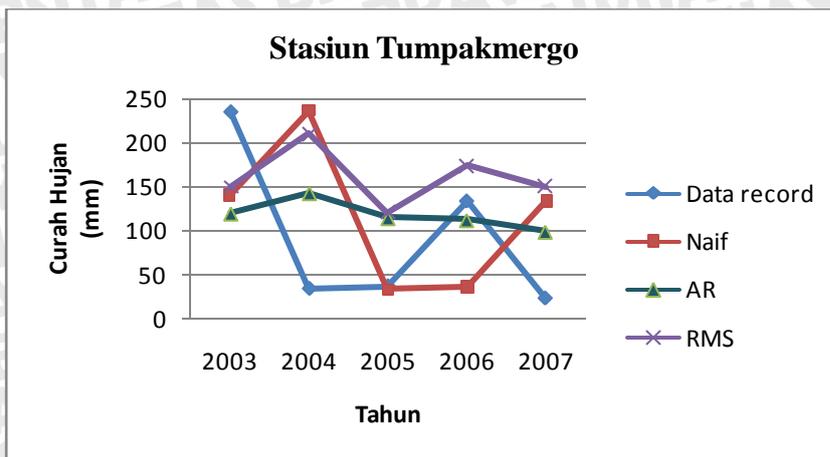
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Song Jambu II pada Bulan Januari 1

Tabel 4.29 Stasiun Tumpakmergo Bulan Januari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	236	141	119.4	148.9	0.212	0.733	0.554	0.733	95.0	116.6	-87.1
2004	34	236	142.7	209.7	5.144	0.008	6.015	0.008	-202.0	-108.7	175.7
2005	37	34	114.1	120.4	0.358	6.873	1.137	6.873	3.0	-77.1	83.4
2006	134	37	111.8	173.4	0.318	0.686	0.892	0.686	97.0	22.2	39.4
2007	23	134	98.5	149.5					-111.0	-75.5	126.5
				jumlah	6.032	8.299	8.597	8.299			
				U-Theil	0.727		1.036				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Tumpakmergo lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,727 dan Model Multi Regresi = 1,036.



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Tumpakmergo pada Bulan Januari 1

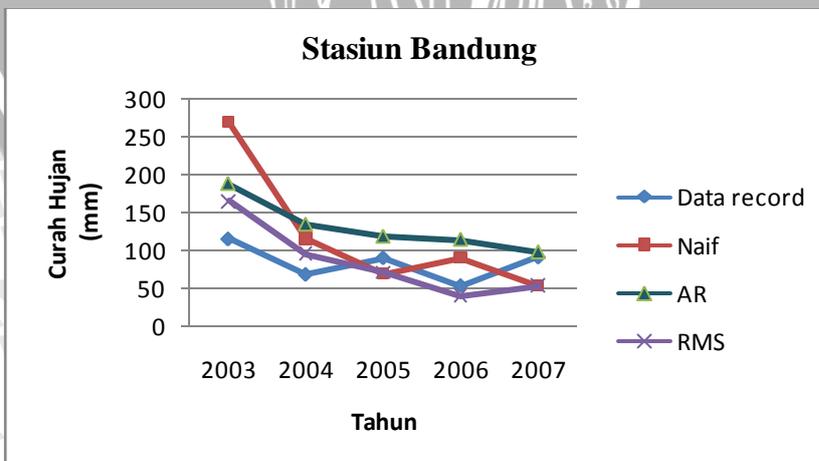
4.5.2 Perbandingan Hasil Pendugaan Bulan Februari 1 (hari 1s/d15)

Tabel 4.30 Stasiun Bandung Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	115	269	187.5	164.9	0.332	0.167	0.060	0.167	-154.0	-72.5	49.9
2004	68	115	134.2	96.1	0.175	0.105	0.076	0.105	-47.0	-66.2	28.1
2005	90	68	118.4	71.3	0.466	0.169	0.020	0.169	22.0	-28.4	-18.7
2006	53	90	114.4	40.4	0.017	0.514	0.493	0.514	-37.0	-61.4	-12.6
2007	91	53	97.9	53.8					38.0	-6.9	-37.2
jumlah					0.989	0.955	0.649	0.955			
U-Theil					1.036		0.679				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Bandung lebih sesuai dengan menggunakan Model Multi Regresi. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,036 dan Model Multi Regresi = 0,679.



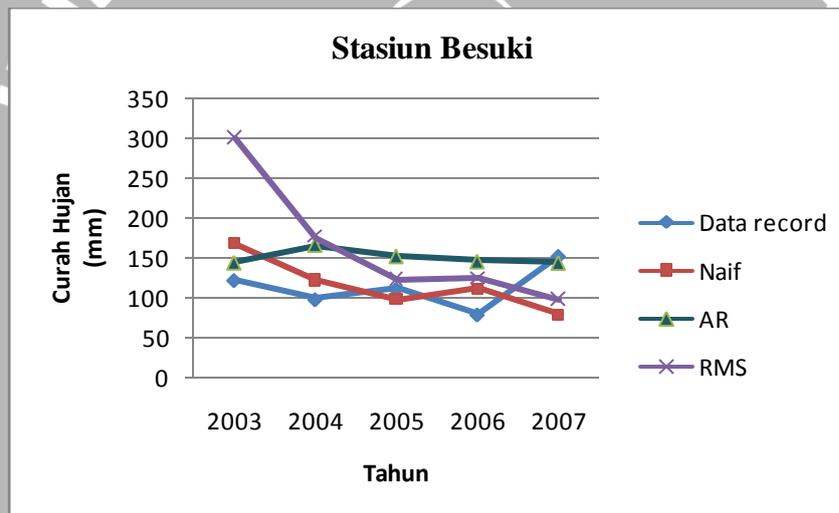
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Bandung pada Bulan Februari 1

Tabel 4.31 Stasiun Besuki Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	122	168	144.3	300.5	0.306	0.039	0.409	0.039	-46.0	-22.3	178.5
2004	98	122	165.5	176.0	0.174	0.018	0.013	0.018	-24.0	-67.5	78.0
2005	111	98	151.9	122.3	0.361	0.083	0.160	0.083	13.0	-40.9	11.3
2006	79	111	145.7	123.5	0.010	0.854	0.485	0.854	-32.0	-66.7	44.5
2007	152	79	144.0	97.0					73.0	8.0	-55.0
jumlah					0.851	0.993	1.068	0.993			
U-Theil					0.857		1.075				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Besuki lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,857 dan Model Multi Regresi = 1,075.



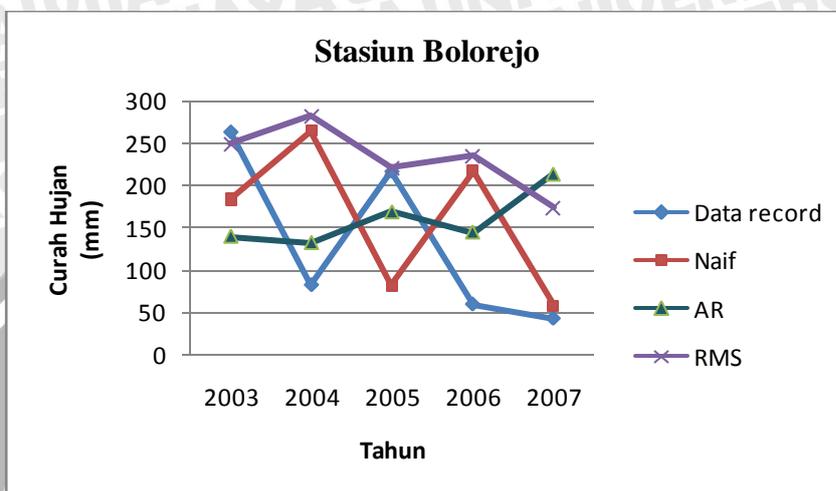
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Besuki pada Bulan Februari 1

Tabel 4.32 Stasiun Bolorejo Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	264	184	140.4	249.2	0.037	0.475	0.580	0.475	80.0	123.6	-14.8
2004	82	264	132.9	283.0	0.343	2.710	0.002	2.710	-182.0	-50.9	201.0
2005	217	82	169.0	220.6	0.158	0.530	0.655	0.530	135.0	48.0	3.6
2006	59	217	145.3	234.6	8.430	0.083	4.949	0.083	-158.0	-86.3	175.6
2007	42	59	213.3	173.3					-17.0	-171.3	131.3
jumlah					8.968	3.799	6.186	3.799			
U-Theil					2.361		1.628				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Bolorejo lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 2,361 dan Model Multi Regresi = 1,628



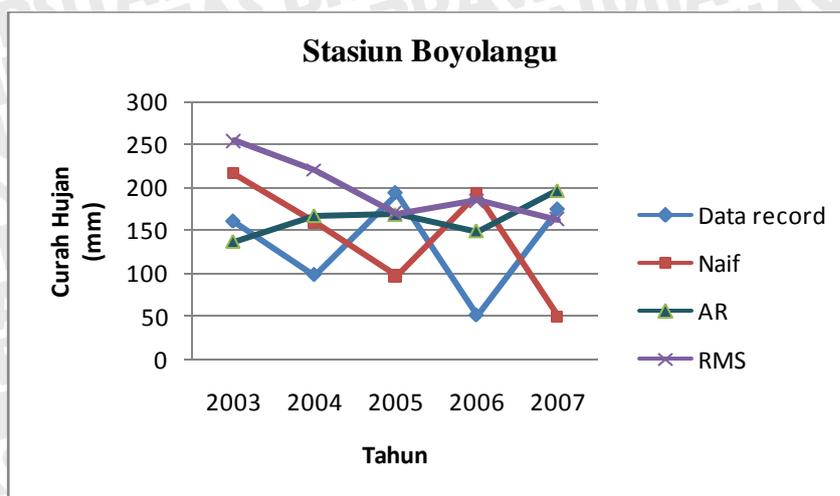
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Bolorejo pada Bulan Februari 1

Tabel 4.33 Stasiun Boyolangu Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	160	216	137.2	254.6	0.189	0.150	0.584	0.150	-56.0	22.8	94.6
2004	98	160	167.6	220.3	0.061	0.940	0.057	0.940	-62.0	-69.6	122.3
2005	193	98	168.9	169.6	0.262	0.541	0.479	0.541	95.0	24.1	-23.4
2006	51	193	149.7	184.6	0.203	5.817	0.050	5.817	-142.0	-98.7	133.6
2007	174	51	197.0	162.6					123.0	-23.0	-11.4
					jumlah	0.715	7.448	1.170	7.448		
					U-Theil	0,096		0,157			

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Boyolangu lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,096 dan Model Multi Regresi = 0,157.



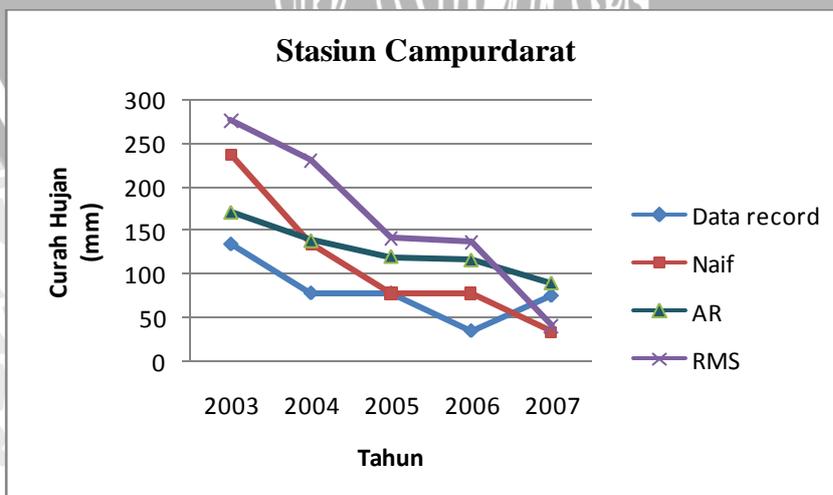
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Boyolangu pada Bulan Februari 1

Tabel 4.34 Stasiun Campurdarat Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	135	237	171.6	275.8	0.203	0.178	1.259	0.178	-102.0	36.6	140.8
2004	78	135	138.8	229.5	0.298	0.000	0.635	0.000	-57.0	60.8	151.5
2005	78	78	120.6	140.2	1.119	0.318	1.716	0.318	0.0	42.6	62.2
2006	34	78	116.5	136.2	0.195	1.454	1.055	1.454	-44.0	82.5	102.2
2007	75	34	90.0	40.1					41.0	15.0	-34.9
jumlah					1.815	1.951	4.665	1.951			
U-Theil					0.930		2.392				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Campurdarat lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,930 dan Model Multi Regresi = 2,392.



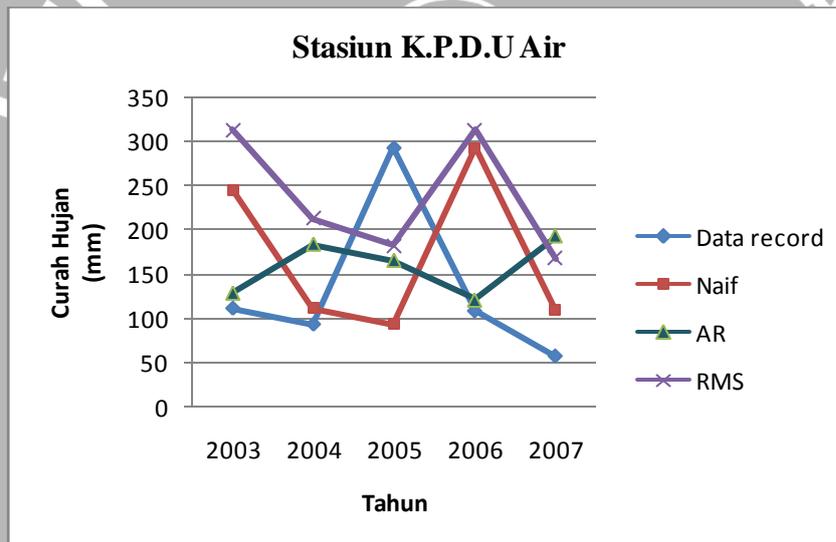
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Campurdarat pada Bulan Februari 1

Tabel 4.35 Stasiun K.P.D.U. Air Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	111	245	128.5	312.4	0.659	0.026	1.151	0.026	-134.0	17.5	201.4
2004	93	111	183.1	212.1	1.862	4.579	1.414	4.579	-18.0	90.1	119.1
2005	292	93	165.1	181.4	0.002	0.397	0.495	0.397	199.0	126.9	-110.6
2006	108	292	120.6	313.4	1.569	0.223	1.032	0.223	-184.0	12.6	205.4
2007	57	108	192.3	166.7					-51.0	135.3	109.7
jumlah					4.091	5.225	4.092	5.225			
U-Theil					0.783		0.783				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun K.P.U.D.Air sedikit lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,783 dan Model Multi Regresi = 0,783.



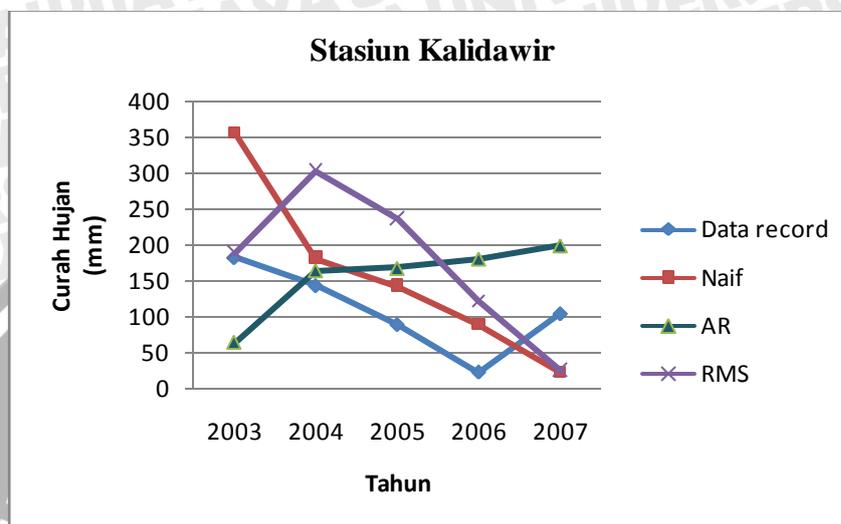
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun K.P.U.D Air pada Bulan Februari 1

Tabel 4.36 Stasiun Kalidawir Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	182	355	64.6	190.4	0.013	0.046	0.774	0.046	-173.0	117.4	8.4
2004	143	182	164.1	303.1	0.299	0.143	1.076	0.143	-39.0	21.1	160.1
2005	89	143	167.2	237.3	3.120	0.550	1.233	0.550	-54.0	78.2	148.3
2006	23	89	180.2	121.8	16.916	12.403	11.471	12.403	-66.0	157.2	98.8
2007	104	23	198.6	26.1					81.0	94.6	-77.9
jumlah					20.349	13.141	14.554	13.141			
U-Theil					1.549		1.108				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Kalidawir lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,549 dan Model Multi Regresi = 1,108.



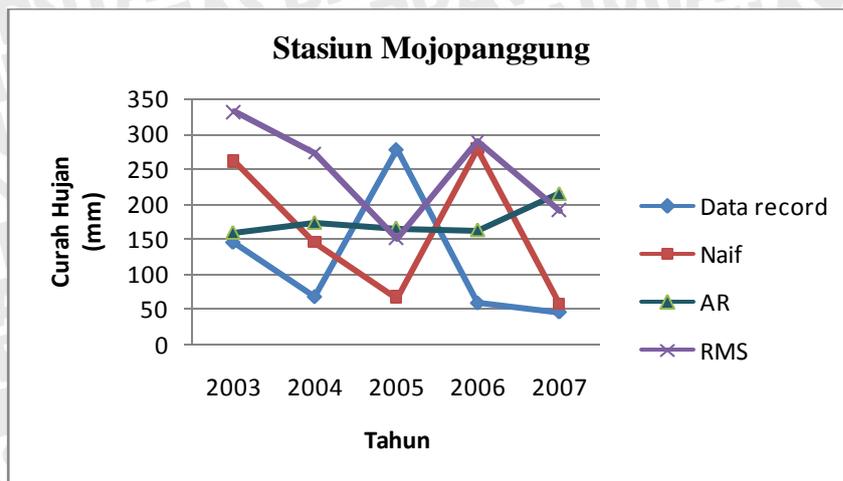
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Kalidawir pada Bulan Februari 1

Tabel 4.37 Stasiun Mojopanggung Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	145	260	158.4	331.3	0.534	0.289	1.992	0.289	-115.0	13.4	186.3
2004	67	145	172.9	271.7	2.835	9.918	3.655	9.918	-78.0	105.9	204.7
2005	278	67	165.2	149.9	0.141	0.626	0.688	0.626	211.0	112.8	-128.1
2006	58	278	162.3	288.5	8.565	0.050	6.279	0.050	-220.0	104.3	230.5
2007	45	58	214.7	190.3					-13.0	169.7	145.3
jumlah					12.075	10.884	12.615	10.884			
U-Theil					1.109		1.159				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Mojopanggung lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,109 dan Model Multi Regresi = 1,159.



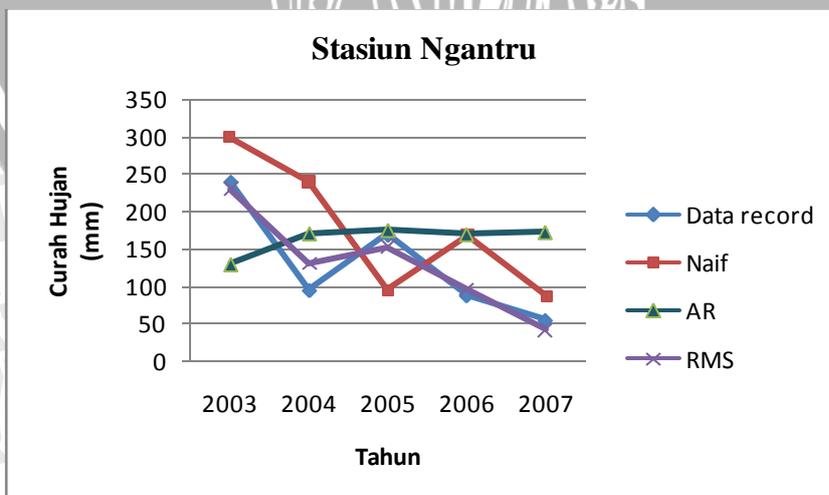
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Mojopanggung pada Bulan Februari 1

Tabel 4.38 Stasiun Ngantru Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	240	299	129.3	230.3	0.098	0.365	0.022	0.365	-59.0	110.7	-9.7
2004	95	240	170.1	130.3	0.004	0.607	0.029	0.607	-145.0	75.1	35.3
2005	169	95	174.7	152.7	0.230	0.230	0.002	0.230	74.0	5.7	-16.3
2006	88	169	169.0	96.0	1.761	0.141	0.024	0.141	-81.0	81.0	8.0
2007	55	88	171.8	41.3					-33.0	116.8	-13.7
jumlah					2.092	1.342	0.077	1.342			
U-Theil					1.559		0.058				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngantru lebih sesuai dengan menggunakan Model Multi Regresi. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,559 dan Model Multi Regresi = 0,058.



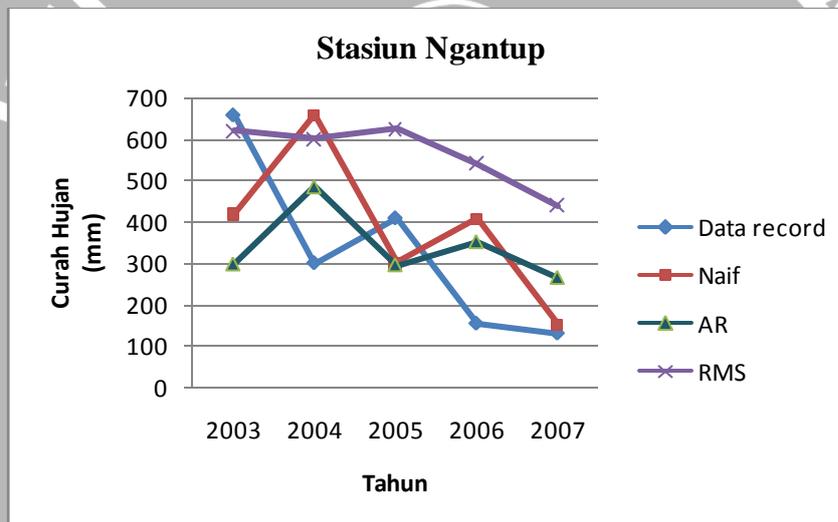
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngantru pada Bulan Februari 1

Tabel 4.39 Stasiun Ngantup Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	659	420	297.8	621.8	0.079	0.297	0.208	0.297	239.0	361.2	-37.2
2004	300	659	485.2	600.5	0.142	0.132	0.526	0.132	-359.0	-185.2	300.5
2005	409	300	295.8	626.6	0.237	0.392	0.906	0.392	109.0	113.2	217.6
2006	153	409	352.0	542.3	0.792	0.025	4.131	0.025	-256.0	-199.0	389.3
2007	129	153	265.2	440.0					-24.0	-136.2	311.0
jumlah					1.250	0.845	5.771	0.845			
U-Theil					1.479		6.829				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngantup lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 1,479 dan Model Multi Regresi = 6,829.



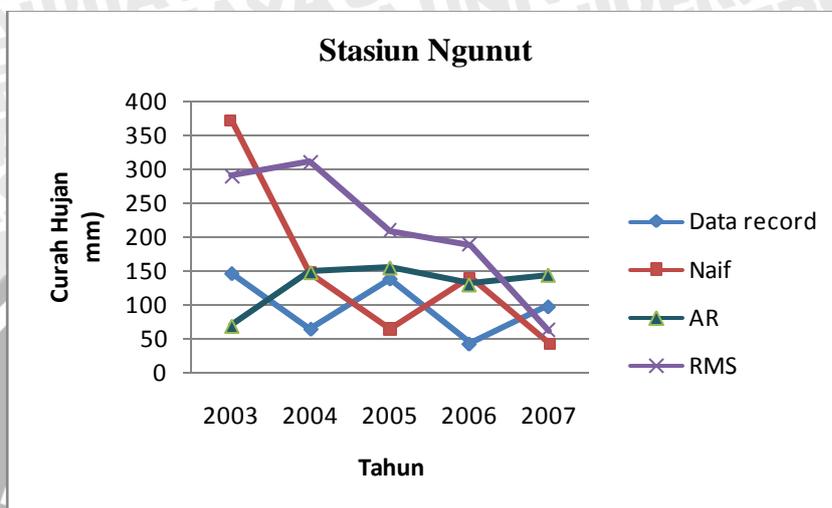
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngantup pada Bulan Februari 1

Tabel 4.40 Stasiun Ngantup Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	147	372	69.3	289.9	0.319	0.311	2.804	0.311	-225.0	77.7	142.9
2004	65	147	148.0	311.2	0.060	1.296	1.192	1.296	-82.0	-83.0	246.2
2005	139	65	155.0	210.0	0.392	0.477	1.099	0.477	74.0	-16.0	71.0
2006	43	139	130.0	188.7	1.153	1.636	0.697	1.636	-96.0	-87.0	145.7
2007	98	43	144.2	62.1					55.0	-46.2	-35.9
jumlah					1.924	3.720	5.792	3.720			
U-Theil					0.517		1.557				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Ngunut lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,517 dan Model Multi Regresi = 1,557.



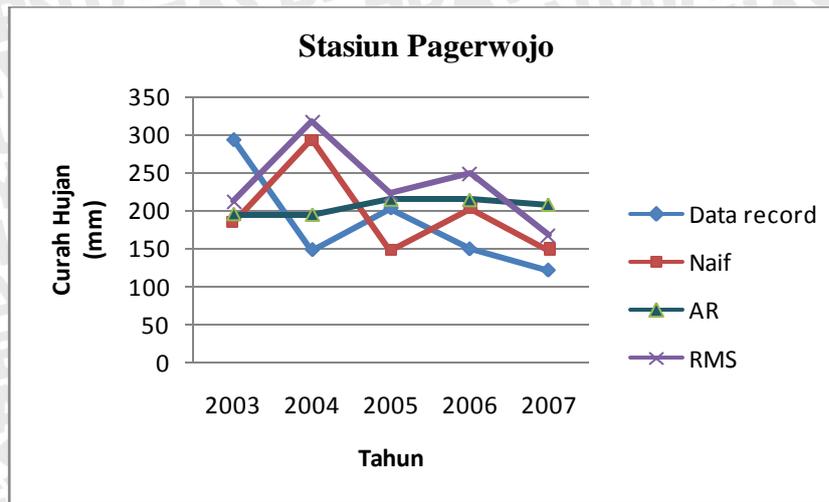
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Ngunut pada Bulan Februari 1

Tabel 4.41 Stasiun Pagerwojo Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	293	184	195.5	211.8	0.025	0.245	0.335	0.245	109.0	97.5	-81.2
2004	148	293	194.7	317.6	0.007	0.138	0.016	0.138	-145.0	-46.7	169.6
2005	203	148	215.4	221.7	0.105	0.071	0.240	0.071	55.0	-12.4	18.7
2006	149	203	214.7	248.5	0.344	0.035	0.095	0.035	-54.0	-65.7	99.5
2007	121	149	208.3	167.0					-28.0	-87.3	46.0
				jumlah	0.481	0.489	0.687	0.489			
				U-Theil	0.983		1.404				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Pagerwojo lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,983 dan Model Multi Regresi = 1,404.



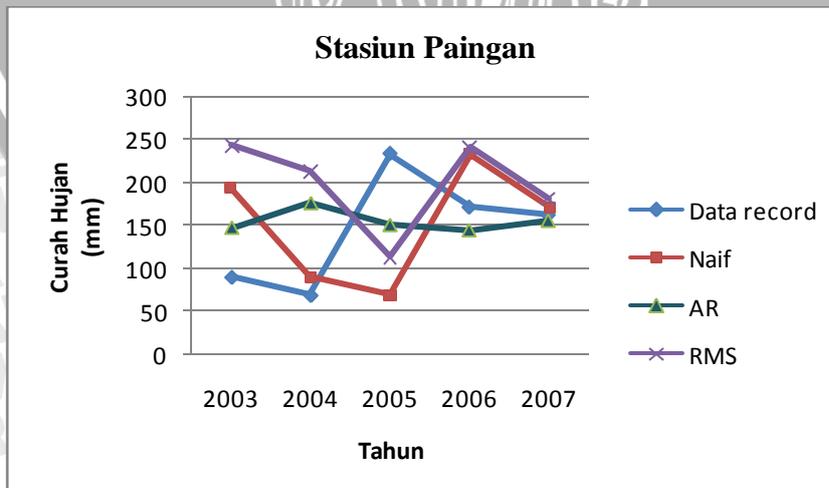
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Pagerwojo pada Bulan Februari 1

Tabel 4.42 Stasiun Paingan Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	90	194	146.9	243.8	1.427	0.054	2.556	0.054	-104.0	-56.9	153.8
2004	69	90	176.5	212.9	1.442	5.649	3.022	5.649	-21.0	-107.5	143.9
2005	233	69	150.1	113.1	0.014	0.071	0.090	0.071	164.0	82.9	-119.9
2006	171	233	143.8	240.7	0.002	0.003	0.013	0.003	-62.0	27.2	69.7
2007	162	171	155.2	181.6					-9.0	6.8	19.6
jumlah					2.884	5.777	5.680	5.777			
U-Theil					0.499		0.983				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Paingan lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,499 dan Model Multi Regresi = 0,983.



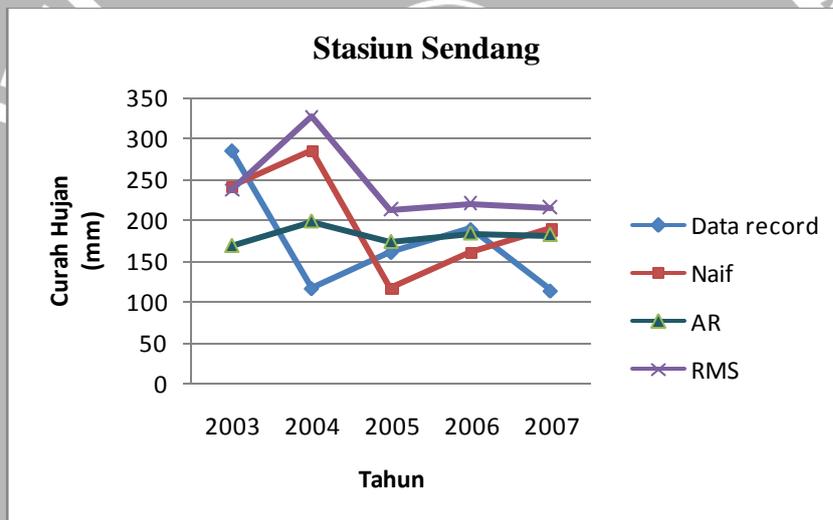
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Paingan pada Bulan Februari 1

Tabel 4.43 Stasiun Sendang Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	285	242	169.0	235.9	0.082	0.347	0.543	0.347	43.0	116.0	-49.1
2004	117	285	198.8	326.9	0.012	0.141	0.191	0.141	-168.0	-81.8	209.9
2005	161	117	173.9	212.2	0.001	0.030	0.036	0.030	44.0	-12.9	51.2
2006	189	161	184.2	219.5	0.131	0.157	0.288	0.157	28.0	4.8	30.5
2007	114	189	182.3	215.4					-75.0	-68.3	101.4
jumlah					0.226	0.677	1.058	0.677			
U-Theil					0.334		1.564				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Sendang lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,334 dan Model Multi Regresi = 1,564.



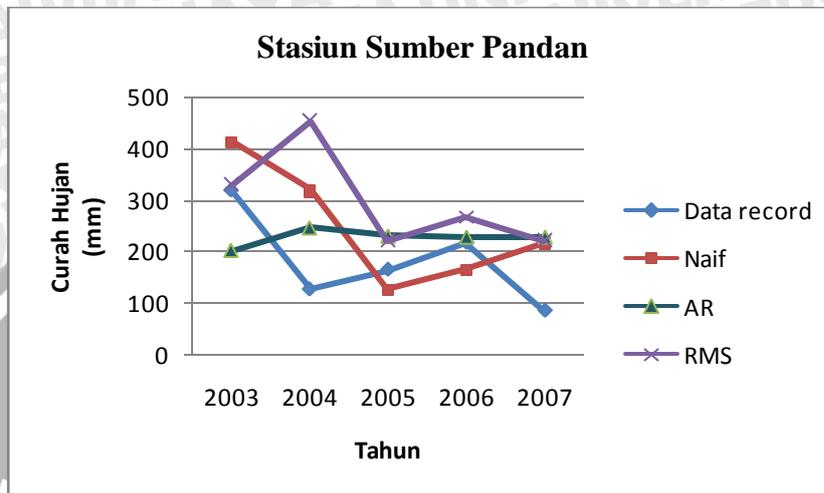
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Sendang pada Bulan Februari 1

Tabel 4.44 Stasiun Sumber Pandan Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	318	412	202.6	330.1	0.139	0.361	1.056	0.361	-94.0	115.4	12.1
2004	127	318	245.6	453.8	0.261	0.090	0.202	0.090	-191.0	-118.6	326.8
2005	165	127	229.9	222.0	0.004	0.099	0.093	0.099	38.0	-64.9	57.0
2006	217	165	228.1	267.2	0.428	0.364	0.394	0.364	52.0	-11.1	50.2
2007	86	217	228.0	222.2					-131.0	-142.0	136.2
jumlah					0.833	0.914	1.744	0.914			
U-Theil					0.912		1.908				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Sumber Pandan lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,912 dan Model Multi Regresi = 1,908.



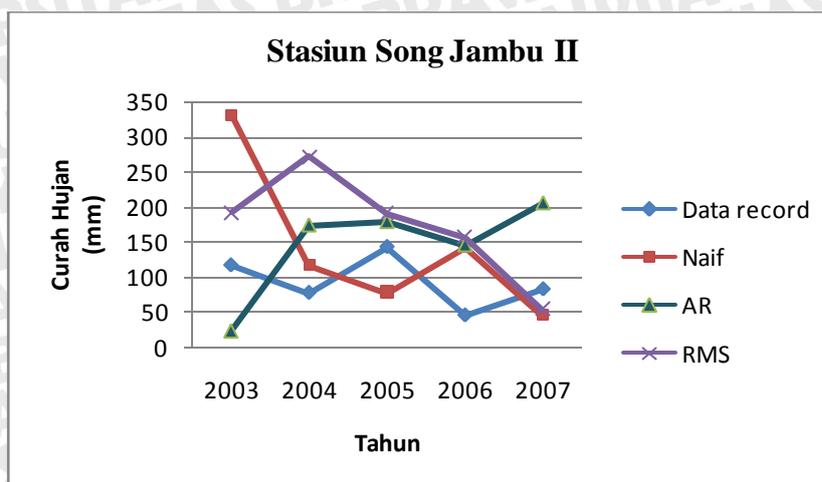
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Sumber Pandan pada Bulan Februari 1

Tabel 4.45 Stasiun Song Jambu II Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	117	329	24.2	191.1	0.672	0.111	2.734	0.111	-212.0	92.8	74.1
2004	78	117	173.9	271.5	0.208	0.694	0.374	0.694	-39.0	-95.9	193.5
2005	143	78	178.6	190.7	0.487	0.460	0.596	0.460	65.0	-35.6	47.7
2006	46	143	145.8	156.4	7.043	0.647	0.400	0.647	-97.0	-99.8	110.4
2007	83	46	205.1	53.9					37.0	-122.1	-29.1
				jumlah	8.410	1.913	4.104	1.913			
				U-Theil	4.397		2.146				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Song Jambu II lebih sesuai dengan menggunakan Model Naif. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 4,397 dan Model Multi Regresi = 2,146.



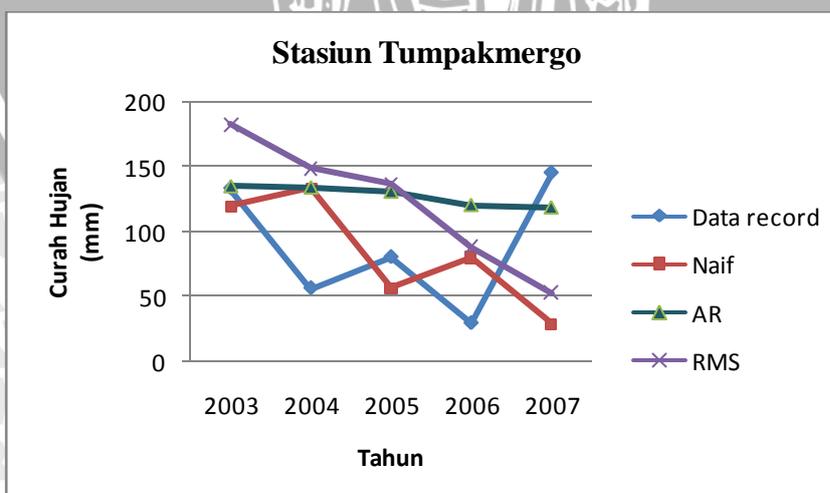
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Song Jambu II pada Bulan Februari 1

Tabel 4.46 Stasiun Tumpakmergo Bulan Februari

Tahun	Data record	Hasil Pendugaan Metode			U-AR		U-RMS		Error Pendugaan Naif	Error Pendugaan AR	Error Pendugaan RMS
		Naif	AR	RMS	Pembilang	Penyebut	Pembilang	Penyebut			
2003	133	119	135.0	182.4	0.345	0.335	0.479	0.335	14.0	-2.0	49.4
2004	56	133	134.1	148.1	0.817	0.184	1.028	0.184	-77.0	-78.1	92.1
2005	80	56	130.6	136.8	1.293	0.406	0.542	0.406	24.0	-50.6	56.8
2006	29	80	120.0	87.9	0.865	16.000	10.248	16.000	-51.0	-91.0	58.9
2007	145	29	118.0	52.2					116.0	27.0	-92.8
jumlah					3.320	16.925	12.297	16.925			
U-Theil					0.196		0.727				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai tabel di atas diketahui bahwa untuk pendugaan curah hujan di stasiun Tumpakmergo lebih sesuai dengan menggunakan Model *Autoregressive*. Semakin nilai U-Theil mendekati nol (0) berarti penyimpangan error kesalahan semakin kecil, dimana nilai U-Theil dari Model *Autoregressive* = 0,196 dan Model Multi Regresi = 0,727.



Gambar 4.34 Grafik Perbandingan hasil pendugaan curah hujan setengah bulanan di Stasiun Tumpakmergo pada Bulan Februari 1

4.6 Pembahasan

Dari hasil penelitian tersebut di atas, maka dapat dilakukan pembahasan sebagai berikut :

1. Dari pengujian hipotesis dengan menggunakan Uji F, diperoleh hasil dengan analisis variansi satu arah bahwa hujan di daerah Tulungagung adalah homogen. Sedangkan menurut analisis variansi dua arah akan menolak hipotesis keseluruhan bahwa hujan di daerah Tulungagung adalah homogen, yang berarti hujan tidak homogen antar kelas dan antar tahun.
2. Dengan menggunakan metode perbandingan statistik U-Theil yang membandingkan hasil nilai error pendugaan dengan data record (data historis) sebagai patokan, metode *Autoregressive* mampu meramalkan 13 kali lebih baik dari 17 Stasiun pada bulan Januari Periode1 (hari 1s/d 15). Sedangkan pada bulan Februari Periode1 (hari 1s/d 15), metode *Autoregressive* mampu meramalkan 10 kali lebih baik dari 17 Stasiun yang ada.
3. Dari poin di atas, dilihat dari nilai U-Theil yang telah dibandingkan dengan data record dari masing-masing stasiun, maka Metode *Autoregressive* dianggap paling baik diantara ketiga metode yang digunakan.
4. Dilihat dari selisih (error) Metode *Autoregressive* memiliki selisih rata-rata paling rendah, maka Metode *Autoregressive* dianggap lebih bagus untuk pendugaan hujan musiman di daerah Tulungagung, hal ini dikarenakan pola data tersebut cenderung mendekati nilai stasioner.
5. Dari hasil pendugaan *Autoregressive* pada setengah bulan pertama Januari (Bulan Januari 1) nilai rerata kesalahan (selisih) absolut adalah 81,7 mm, dan jika dilihat dari ranking 1 yang muncul, frekwensi ketepatan adalah 43 kali (dari 85 pendugaan) atau 50,59%. Sedangkan pada bulan Februari 1 nilai rerata kesalahan (selisih) absolut adalah 76,1 mm serta frekwensi ketepatan adalah 36 kali (dari 85 pendugaan) atau 42,35%, dapat dilihat nilai pada pernyataan frekwensi menunjukkan nilai yang sama, akan tetapi kesalahan (selisih) absolut berbeda ini menunjukkan pernyataan keakuratan dengan frekwensi kurang bagus tanpa didukung nilai rerata kesalahan absolut.
6. Panjang seri data model regresi linier diambil 4 tahun, sesuai dengan penelitian tahap sekarang, yang lebih fleksibel dalam menghasilkan nilai-nilai ekstrim untuk kedua arah. Maka dapat diasumsikan jika menggunakan seri data yang lebih panjang, akan menghasilkan nilai pendugaan yang lebih akurat.

BAB V PENUTUP

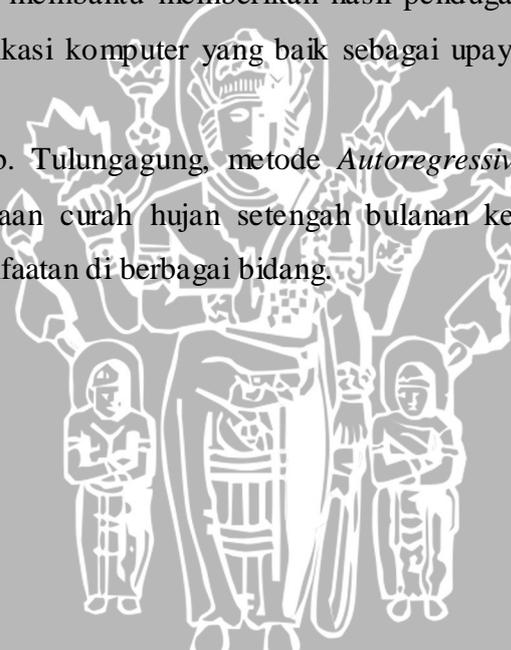
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan data deret waktu dari data curah hujan setengah bulanan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pendugaan dengan menggunakan metode Naif pada setengah bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) dan setengah bulan Februari 1 (hari ke 1s/d15) memberikan gambaran bahwa metode Naif menghasilkan pendugaan yang kurang akurat. Hal ini dikarenakan penggunaan data atau informasi yang minimal dalam langkah-langkah peramalannya.
2. Hasil model pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dari stasiun hujan itu sendiri dengan menggunakan metode *Autoregressive* pada bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) dan bulan Februari 1 (hari ke 1s/d15) memberikan hasil pendugaan yang cukup akurat. Dengan selisih error yang rendah, hal ini membuktikan bahwa metode *Autoregressive* untuk pola data curah hujan setengah bulanan cocok digunakan pada stasiun-stasiun hujan di daerah Tulungagung.
3. Hasil model pendugaan curah hujan musiman setengah bulanan dengan menggunakan beberapa data curah hujan dari stasiun hujan lain yang berdekatan berdasarkan metode MR pada bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) dan bulan Februari 1 (hari ke 1s/d15) menghasilkan pendugaan yang masih kurang baik. Hal ini dikarenakan selisih error antara data historis terhadap hasil pendugaan masih cukup tinggi. Jadi untuk penelitian tahap sekarang, hasil dari metode MR untuk data setengah bulanan masih kurang baik digunakan pada stasiun-stasiun hujan di daerah Tulungagung.
4. Hasil perbandingan antara hasil pendugaan metode *Autoregressive* dengan hasil pendugaan metode MR pada bulan Januari 1 (hari ke 1s/d15) dan bulan Februari 1 (hari ke 1s/d15) menyatakan bahwa metode *Autoregressive* menunjukkan hasil yang paling baik digunakan untuk pendugaan hujan musiman setengah bulanan di daerah Tulungagung.

5.2 Saran

1. Indonesia memerlukan terobosan baru dalam bidang pendugaan hujan. Untuk itu, bagi para peneliti lanjutan disarankan untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut tentang peramalan curah hujan dengan menggunakan data deret waktu, khususnya dengan menggunakan metode Multi Regresi dalam meramal hujan musiman setengah bulanan guna mendapatkan hasil pendugaan yang lebih akurat.
2. Bagi para peneliti bidang peramalan curah hujan dengan menggunakan data deret waktu, sehubungan dengan adanya data-data curah hujan yang tidak dapat dimodelkan secara statistika dengan tingkat akurasi yang baik, maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang pola data yang bersangkutan.
3. Bagi para peneliti, khusus untuk penggunaan metode Multi Regresi (MR) disarankan menggunakan *Software Microsoft office excel* versi 2007, karena memiliki range yang lebih luas dalam membantu memberikan hasil pendugaan yang lebih akurat, serta diperlukan spesifikasi komputer yang baik sebagai upaya penyelesaian proses lebih cepat.
4. Untuk pemerintah Kab. Tulungagung, metode *Autoregressive* cukup layak untuk dipakai dalam pendugaan curah hujan setengah bulanan kedepan sebagai bahan informasi dalam pemanfaatan di berbagai bidang.



DAFTAR PUSTAKA

- Box, G.E.P. dan G.M. Jenkins. 1976, *Time Series Analysis : Forecasting and Control*, Holden Day, San Fransisco.
- Haan, C.T., 1977, *Statistical Methods in Hydrology*, The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Law, A.M. and Kelton W.D., 1991, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., McGee, V.E., 1999, *Forecasting : Methods and Applications Second Edition*, John Wiley & Sons, United States.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., McGee, V.E., 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Montgomery, D.C., L.A. Johnson, & J. S. Gardiner. (1990). *Forecasting dan time series analysis*. Ed. Ke-2. McGraw-Hill, Inc. Singapura.
- Shahin, M.M.A. , 1976, *Statistical Analysis In Hydrology*, International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering, Delft-Netherlands.
- Soetopo, W., 2007, *Pengembangan Model Prediksi Hujan Tahunan Berdasarkan Seri Data Tunda*, Seminar PIT HATHI XXIV, Makassar.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*, Penerbit Nova, Bandung.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*, Penerbit Nova, Bandung.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perancangan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung
- id.wikipedia.org/wiki/time_series1.htm diakses tanggal 6 September 2008
- www.google.com/DeretWaktu diakses tanggal 6 September 2008
- www.kimpraswil.go.id diakses tanggal 6 Januari 2009
- www.tulungagung.go.id diakses tanggal 6 Januari 2009
- www.w3.org/TR/REC-html diakses tanggal 6 September 2008