BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Salah satu proses penting dalam suatu rangkaian siklus hidrologi adalah presipitasi. Segala bentuk uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfir ke bumi secara umum disebut sebagai presipitasi. Presipitasi dapat turun dalam bentuk cair (hujan dan embun), maupun dalam bentuk padat (salju dan es). Hujan adalah peristiwa presipitasi yang berwujud air (Pettersen, 1958, p.36). Curah hujan antara satu daerah dengan daerah lainnya memiliki perbedaan. Perbedaan curah hujan tersebut menimbulkan karakteristik hujan yang khas.

Indonesia merupakan negara yang dilewati garis khatulistiwa dan beriklim tropis, serta hanya memiliki 2 musim dalam setahun, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Bentuk presipitasi yang paling dominan di negara ini adalah hujan. Sehingga, curah hujan ini akan selalu dilibatkan dalam setiap analisis hidrologi. Beberapa jenis hujan menurut proses terjadinya adalah (Triadmojo, 2008, p.18):

1. Hujan siklonal yaitu hujan yang terjadi karena udara panas yang naik disertai dengan angin yang berputar dan menghasilkan hujan dengan intensitas yang rendah.
2. Hujan zenithal yaitu hujan sering terjadi di daerah sekitar ekuator, akibat pertemuan Angin Pasat Timur Laut dengan Angin Pasat Tenggara. Kemudian angin tersebut naik dan membentuk gumpalan-gumpalan awan di sekitar ekuator yang berakibat awan menjadi jenuh dan turunlah hujan. Hujan ini terjadi pada waktu sore hari setelah terjadi pemanasan maksimal (pukul 14.00 – 15.00) dan pada daerah tropis antara 10° LU - 10° LS.
3. Hujan orografis atau hujan pegunungan terjadi di daerah pegunungan karena udara yang mengandung uap air bergerak naik ke atas pegunungan. Akibat adanya penurunan suhu, udara tersebut terkondensasi dan turunlah hujan pada lereng yang berhadapan dengan arah datangnya angin.
4. Hujan frontal yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas. Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang front. Karena lebih berat, maka massa udara dingin berada di bawah. Di sekitar bidang front inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal

5. Hujan muson atau hujan musiman yaitu hujan yang terjadi karena angin musim (angin muson). Penyebab terjadinya angin muson adalah karena adanya semu tahunan matahari antara garis balik utara dan garis balik selatan. Di Indonesia, hujan muson terjadi bulan Oktober sampai April. Sementara di kawasan Asia Timur terjadi bulan Mei sampai Agustus. Siklon muson inilah yang menye-babkan adanya musim penghujan dan musim kemarau.

Curah hujan dapat dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface run-off*), aliran antara (*interflow, sub surface flow*), serta sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*). Dalam penetapan besaran curah hujan yang terjadi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), terdapat dua hal yang menjadi masalah yang harus dipertimbangkan, yaitu jumlah stasiun hujan dalam DAS dan pola penyebaran stasiun hujan dalam DAS tersebut (Harto, 1981, p.1). Sesuai dengan Undang – Undang no 46 tahun 2012 pasal 42 dalam penempatan stasiun pengamatan (meteorologi, klimatologi, dan geofisika) sedikitnya harus memenuhi persyaratan, yaitu: tersedianya peralatan pengamatan, mempunyai metode pengamatan dan pelaporan, serta lingkungan pengamatan. Persyaratan lingkungan pengamatan yang dimaksud harus mempertimbangkan daerah terbuka bebas halangan, ketinggian gedung/pepohonan, pengaruh topografi/geologi, daerah pengamatan tidak berubah dalam kurun waktu lama, serta potensi gangguan komunikasi transmisi data. Dalam hal ini pengaruh aspek topografi mempengaruhi besarnya intensitas curah hujan pada masing–masing daerah. Pada wilayah dengan bentuk topografi yang sangat bervariasi ketinggiannya, sebaran stasiun hujan yang dipengaruhi ketinggian perlu diperhatikan. Saat ini, penggunaan teknik interpolasi pada jaringan stasiun hujan yang didasarkan pada kondisi topografi dan penambahan parameter kedalam interpolasi curah hujan menjadi sebuah pertimbangan.

2.2. Jaringan Stasiun Penakar Hujan

Untuk menetapkan jumlah hujan yang jatuh di dalam suatu DAS, diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dipasang sedemikian rupa sehingga diperoleh data yang mewakili besaran hujan pada DAS yang bersangkutan. Jaringan stasiun hujan adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengumpulkan data hujan yang akan digunakan untuk suatu keperluan, sehingga guna mencapai kepentingan tersebut ada hal yang pelu diperhatikan, yaitu (Harto, 1993, p.20):

1. Kerapatan optimum mengandung arti jumlah yang mencukupi dan penyebaran yang memadai di seluruh DAS.

2. Kerapatan hendaknya tidak terlalu tinggi, karena akan mengakibatkan biaya pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan yang mahal.
3. Penyebaran stasiun hujan mampu menggambarkan variabilitas ruang DAS yang teramati dengan baik.

Jaringan stasiun penakar hujan mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu untuk mengurangi variabilitas besaran kejadian atau mengurangi ketidakpastian dan meningkatkan pemahaman terhadap besaran yang terukur maupun terinterpolasi (Made,1987 dalam Harto,1993, p.22). Setiap stasiun hujan memiliki luasan pengaruh (*sphere of influence*) yang merupakan daerah dengan kejadian-kejadian di dalamnya menunjukkan keterikatan atau koreksi dengan salah satu kejadian yang diamati stasiun lainnya di dalam daerah tersebut.

Jaringan stasiun penakar hujan (*rainfall network*) harus mencakup kerapatan jaringan serta kemungkinan pertukaran datanya. Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan penetapan jaringan stasiun primer dan sekunder. Jaringan primer dimaksudkan untuk dipasang dalam jangka waktu lama dan diamati secara teratur di tempat yang telah dipilih secara seksama. Sedangkan jaringan sekunder dimaksudkan untuk lebih mendapatkan variasi ruang hujan. Jaringan ini dapat ditentukan pada beberapa tempat yang dipilih, selanjutnya apabila telah ditetapkan hubungannya dengan jaringan primer, stasiun ini dapat dipindah ke lokasi lain.

Dalam merencanakan jaringan stasiun penakar hujan, terdapat dua hal penting yang perlu dipertimbangkan yaitu:

1. Berapa jumlah stasiun yang diperlukan.
2. Lokasi stasiun-stasiun tersebut akan dipasang.

Hal ini sangat diperlukan, karena dalam jaringan stasiun penakar hujan perbedaan jumlah dan pola penyebaran stasiun yang digunakan dalam memperkirakan curah hujan yang terjadi dalam suatu DAS akan memberikan perbedaan dalam besaran curah hujan yang didapatkan dan mempengaruhi ketelitian hitungan hujan rata-rata DAS.

2.3. Pengolahan Data Hujan

2.3.1. Memperkirakan Data Hujan yang Hilang

Salah satu kendala yang sering dialami di lapangan adalah tidak lengkapnya ketersediaan data. Kehilangan data ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, misalkan alat rusak, kelalaian petugas dalam mencatat, serta alasan lainnya. Pada kondisi demikian, kita akan dihadapkan pada dua pilihan, yaitu membiarkan data tersebut hilang begitu saja, atau memperkirakan nilai data tersebut karena data tersebut sangat diperlukan.

Ada dua cara yang saat ini umum digunakan untuk memperkirakan data hilang, yaitu (Harto, 1990, p.69):

1. ***Normal Ratio Method***

Persamaan yang digunakan adalah:

$$P_X = \frac{1}{N}\left(\frac{N_X.P_A}{N_A} + \frac{N_X.P_B}{N_B} + ... + \frac{N_X.P_n}{N_n}\right) \quad ....(2\text{-}1)$$

dengan:

P_x = hujan pada stasiun X yang diperkirakan

N_x = hujan normal tahunan di stasiun X

N_A = hujan normal tahunan di stasiun A

P_A = hujan di stasiun A yang diketahui

n = jumlah stasiun

Cara ini hanya boleh digunakan apabila variasi ruang hujan tidak terlalu besar. Hujan normal yang dimaksud adalah rerata hujan dengan jangka pengukuran 15-20 tahun. Namun, mengingat hal ini sulit didapatkan, maka kita bisa menggantikannya dengan data hujan dengan jangka terpanjang yang tersedia. Jumlah stasiun acuan yang disarankan tidak kurang dari tiga buah.

2. ***Reciprocal Method (Inversed Square Distance)***

Metode lain yang dianggap lebih baik yaitu *Reciprocal Method*, karena metode ini mengakomodir pengaruh jarak antar stasiun hujan. Dengan adanya faktor bobot ini, maka diharapkan data hasil perkiraan menjadi lebih akurat. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$P_X = \frac{\frac{P_A}{{d_{xA}}^2} + \frac{P_B}{{d_{xB}}^2} + ... + \frac{P_n}{{d_{xn}}^2}}{\frac{1}{{d_{xA}}^2} + \frac{1}{{d_{xB}}^2} + ... + \frac{1}{{d_{xn}}^2}} \quad ....(2\text{-}2)$$

dengan:

P_x = hujan pada stasiun X yang diperkirakan

P_A = hujan di stasiun A yang diketahui

d_{xA} = jarak antara stasiun X dan stasiun acuan A

Korelasi antara dua stasiun hujan akan menjadi semakin kecil dengan bertambahnya jarak di antara keduanya. Meskipun dianjurkan agar memakai sedikitnya tiga buah stasiun, metode ini dapat digunakan apabila terdapat minimal dua stasiun.

2.3.2. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, dat tersebut harus benar benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan (harus konsisten) (Soewarno, 1995, p.23).

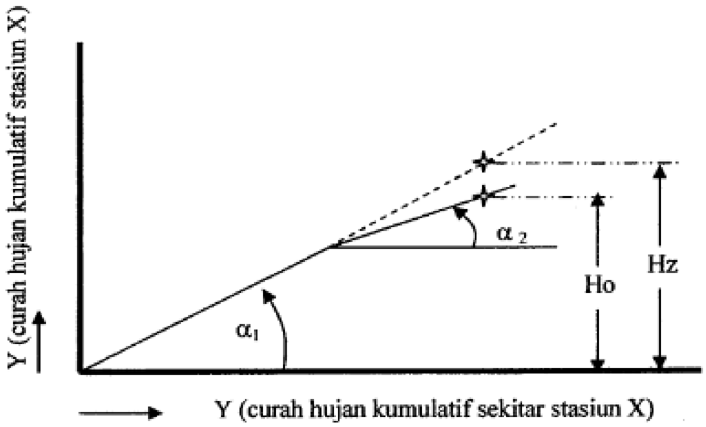
Uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah uji lengkung massa ganda yang bertujuan untuk mengetahui dimana letak ketidakkonsistenan suatu data yang ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun yang diuji harus dikoreksi sesuai dengan kemiringan garisnya. Penyimpangan data hujan dilihat dari kemiringan garis yang terbentuk. Berdasarkan RSNI T-02-2004 tentang tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan metode Hersfield menyatakan bahwa:

- Pos dapat diterima jika Kurva Massa Ganda yang terbentuk berupa garis lurus atau terjadi penyimpangan kurang dari 5% atau dengan toleransi sudut ± 2°.
- Pos ditolak atau perlu perbaikan data jika Kurva Massa Ganda yang terbentuk lebih dari 5% dari garis lurus.

Ketidakpanggahan seperti ini biasanya terjadi karena berbagai sebab, antara lain:

1. Alat ukur yang diganti spesifikasi yang berbeda atau alat yang sama akan tetapi dipasang dengan patokan aturan yang berbeda.
2. Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, tetapi secara administratif nama stasiun tersebut tidak diubah, misalnya karena masih dalam satu desa yang sama.
3. Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan akan tetapi lingkungan berubah, misalnya semula dipasang ditempat ideal menjadi berubah karena ada bangunan atau pohon besar.

Uji konsistensi dapat dilakukan dengan lengkung massa ganda *(Double Mass Curve)* untuk stasiun hujan ≥ 3 (tiga), dan untuk individual stasiun *(stand alone station)* dengan cara RAPS *(Rescaled Adjusted Partial Sums)*.



Gambar 2.1 Kurva Massa Ganda.
Sumber: Soewarno (2000, p.201)

$Hz = Fk * Ho$...(2-3)

$Fk = \frac{Tan\ \alpha_1}{Tan\ \alpha_2}$...(2-4)

dengan:

Hz = data hujan yang perlu diperbaiki

Ho = data hujan hasil pengamatan

Fk = faktor koreksi

$Tan\ \alpha_1$ = kemiringan garis sebelum ada perubahan

$Tan\ \alpha_2$ = kemiringan garis sesudah ada perubahan

2.3.3. Penyaringan Data Hujan (*Screening*)

A. Uji Ketidakadaan *Trend*

Deret Berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan pola atau *trend*. Umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Untuk mengetahui ada atau tidaknya *trend* dari suatu deret berkala lebih baik digunakan data yang meliputi lebih dari 25 tahun pengamatan runtut waktu. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya *trend*, maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam analisis hidrologi. Apabila deret berkala itu menunjukkan tidak adanya *trend*, maka analisis hidrologi harus mengikuti garis *trend* yang dihasilkan. Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketidakadaan *trend* dalam deret berkala, yaitu (Soewarno, 1995, p.85):

- **Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman**

  Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari suatu deret berkala. Salah satu cara adalah dengan menggunakan koefisien korelasi peringkat metode Spearman. Korelasi Spearman awalnya akan melakukan perangkingan terhadap data penelitian, kemudian akan dilakukan pengujian korelasinya. Berikut adalah rumus dari Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman:

$$dt = Rt - Tt \quad (2\text{-}5)$$

maka,

$$KP = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(dt)^2}{n^3 - n} \quad (2\text{-}6)$$

$$t = KP\left[\frac{n-2}{1-KP^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (2\text{-}7)$$

dengan:

KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman

dt = perbedaan antara kedua ranking

Tt = peringkat dari waktu

Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala

t = nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%), tabel distribusi t dapat dilihat di **Lampiran 5**

n = jumlah data

Uji t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi itu saling bergantung (*dependent*) atau tidak tergantung (*independen*t). Dalam hal ini yang akan diuji adalah Tt dan Rt.

- **Uji Mann dan Whitney**

Uji Mann dan Whitney digunakan untuk menguji apakah 2 kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Untuk menguji apakah satu set sampel data deret berkala menunjukkan adanya *trend* atau tidak terdapat beberapa tahapan yaitu:

1) Menggabungkan kedua kelompok data A dan B,
2) Membuat peringkat rangkaian data dari nilai terkecil sampai yang terbesar,
3) Menghitung jumlah peringkat rangkaian data tiap kelompok,
4) Menghitung parameter statistik:

$$U_1 = N_1 \text{-} N_2 + \frac{N_1}{2}(N_1+1) - Rm \quad (2\text{-}8)$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1 \quad (2\text{-}9)$$

dengan:

U_1, U_2 = parameter statistic

N_1 = jumlah data kelompok A

N_2 = jumlah data kelompok B

Rm = jumlah nilai peringkat dari rangkaian data kelompok A

5) Memilih nilai U_1 dan U_2 yang nilainya lebih kecil sebagai U,

6) Menghitung Uji Mann – Whitney, sebagai nilai Z:

$$Z = \frac{\frac{U - N_1 N_2}{2}}{\left[\frac{1}{12}\{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\}\right]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{.........(2-10)}$$

Dengan melihat tabel Nilai tc pada **Lampiran 7** dapat ditentukan Zc (dalam tabel ditulis tc). Bila nilai Z < Zc maka hipotesis nol atau dapat diterima, sedangkan bila nilai Z ≥ Zc, maka hipotesis nol atau ditolak.

- **Uji Tanda dari Cox dan Stuart**

Perubahan trend dapat juga ditunjukkan dengan uji tanda dari Cox dan Stuart. Uji ini pada hakekatnya merupakan modifkasi dari Uji Tanda. Berikut adalah tahapan dari Uji Tanda dari Cox – Stuart:

1) Membagi data menjadi 3 bagian yang sama, setiap bagian jumlahnya n'=n/3,
2) Apabila sampel acak tidak dapat dibagi menjadi 2 bagian yang sama, maka bagian kedua jumlahnya dikurangi 2 atau 1 buah,
3) Membandingkan nilai bagian ke-1 dan ke-3 dan memberi tanda (+) untuk nilai yang plus dan (-) untuk nilai yang negatif,
4) Menjumlahkan total nilai (+) lalu diberi tanda S, maka nilai Z dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk sampel besar (n ≥ 30):

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6}}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{.........(2-11)}$$

Untuk sampel kecil (n < 30):

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6} - 0{,}5}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{.........(2-12)}$$

dengan:

S = total nilai (+)

n = jumlah data

Dengan melihat tabel Nilai tc pada **Lampiran 6** dapat dibandingkan nilai Z dengan nilai Zc untuk derajat kepercayaan tertentu (5%).

B. Uji Stationer

Uji Homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah sifat/varian data curah hujan deret berkala bersifat homogen/stationer (mempunyai sifat yang serupa satu sama lain) atau tidak pada derajat kepercayaan 5%.

- **Uji Z**

Uji Z termasuk jenis uji untuk sampel besar. Ukuran sampel besar: n > 30. Dalam teori uji Z dimana terdapat 2 sampel yang masing – masing berukuran n_1 dan n_2. Rerata masing – masing sampel dinotasikan sebagai μ_1 dan μ_2. Untuk menguji apakah kedua rerata kelompok data tersebut tidak berbeda secara nyata (*significant*), digunakan uji Z dengan menghitung Z_M berdasarkan rumus berikut (Limantara, 2009, p.23):

$$Z_M=\frac{|\mu_1-\mu_2|}{S_d} \quad \text{(2-13)}$$

$$Sd=\sqrt{\frac{S_{d1}^2}{n_1}+\frac{S_{d1}^2}{n_2}} \quad \text{(2-14)}$$

dengan:

μ_1 = rerata sampel 1

μ_2 = rerata sampel 2

S_{d1} = simpangan baku sampel 1

S_{d2} = simpangan baku sampel 2

n_1 = ukuran sampel 1

n_2 = ukuran sampel 2

Hipotesa:

H_0 = perbedaan secara tidak nyata (*not significant*)

H_1 = berbeda secara nyata (*significant*)

Kemudian hasil perhitungan Z_M dibandingkan dengan Z dari tabel Nilai tc distribusi normal dapat dilihat di **Lampiran 6** dengan probabilitas tertentu, misalnya α = 5% (α = *Level of Significant*). Apabila $Z_{score} < Z_{tabel}$, maka H_0 diterima dan sebaliknya maka H_1 ditolak.

- **Uji t (Kestabilan Rata-rata)**

Uji t termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Ukuran sampel kecil yaitu n < 30. Untuk mengetahui apakah dua sampel berasal dari populasi yang sama, maka dihitung t score dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat Hipotesa, dengan: H_0: tidak ada perbedaan
   H_1: terdapat perbedaan
2. Derajat kepercayaan (α) : 5% (0,05)

3. Uji stabilitas rata-rata :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(N_1\text{-}1).\ S_1+(N_2\text{-}1).\ S_2{}^2}{N_1+N_2\text{-}2}} \quad \text{.......(2-15)}$$

$$t = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sigma\ .\ \sqrt{\frac{1}{N_1}+\frac{1}{N_2}}} \quad \text{.......(2-16)}$$

dengan:

μ_1 = rerata dari sampel 1

μ_2 = rerata dari sampel 2

S_1 = simpangan baku dari sampel 1

S_2 = simpangan baku dari sampel 2

N_1 = ukuran dari sampel 1

N_2 = ukuran dari sampel 2

Harga t_{cr} dicari pada tabel Distribusi t *Student* pada **Lampiran 5** untuk Derajat Bebas dk = $N_1 + N_2 - 2$ dan α (*Level of Significance*) 5% (0,05). Apabila t score < t_{cr}, maka H_0 diterima, dan jika sebaliknya maka H_0 ditolak.

Untuk menguji apakah rerata dari dua sampel berbeda secara nyata atu tidak, perbedaan tersebut dapat berarti bahwa rerata sampel 1 adalah lebih besar dari rerata sampel 2 atau sebaliknya. Keadaan ini disebut sebagai uji dua sisi (*two-tailed*). Apabila ada indikasi yang kuat bahwa salah satu rerata lebih besar dari yang lain, dapat dilakukan uji satu sisi (*one-tailed*). Lebih aman untuk menggunakan uji dua sisi (*two-tailed*), kecuali jika ada indikasi sangat kuat yang menunjukkan nilai t ada pada satu arah tertentu.

- **Uji F (Analisa Variansi)**

Analisa Variansi dikenalkan oleh salah seorang statistikawan, yaitu *Sir Ronald A.Fisher* (1890 – 1962). Analisa Variansi merupakan salah satu metode analisis statistik yang bertujua untuk menganalisis variasi data yang terjadi karena berbagai variasi sumber (*sources*) atau sebab (*causes*). Ada beberapa anggapan dalam analisis varian yaitu (Soewarno, 1995, p.58):

a) Populasi yang diuji mempunyai distribusi normal.

b) Populasi yang diuji mempunyai nilai varian yang sama.

c) Selain nilai populasi dianggap mempunyai distribusi normal, maka dalam analisis varian dimisalkan bahwa populasi bersifat sama jenis (homogen).

Umumnya analisis variansi dapat dibedakan menjadi 2 model, yaitu (Soewarno, 1995, p.58):

- Klasifikasi satu arah (*one-way classification*): digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak dari beberapa kelompok sampel.
- Klasifikasi dua arah (*two-way classification*): digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan atau tidak setiap variat pada setiap kelompok dan juga menguji apakah ada perbedaan pada setiap kelompok sampel.

Uji Analisa Variansi pada dasarnya adalah menghitung nilai F *score*. Kemudian nilai F *score* ini dibandingkan dengan nilai F kritis (F_{cr}) dari tabel F. Adapun yang diuji adalah ketidaktergantungan (*independent*) atau keseragaman (homogenitas).

Besarnya F berupa nisbah (*ratio*). Karena itu ada dua parameter derajat bebas yaitu n_1 (derajat bebas pembilang) dan n_2 (derajat bebas penyebut). Nilai F_{cr} dapat diperoleh dari Tabel F pada **Lampiran 6** untuk berbagai *Level of Significant* (α), dengan menggunakan kedua parameter bebas n_1 dan n_2 tersebut. Langkah – langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat Hipotesis, dengan: H_0: tidak ada perbedaan
   H_1: terdapat perbedaan
2. Derajat kepercayaan (α) : 5% (0,05)
3. Kestabilan varian:

$$F = \frac{N_1 . S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 . S_2^2 (N_1 - 1)} \quad \text{.....(2-17)}$$

dengan :

F = nilai hitung uji F

N_1 = jumlah data kelompok 1

N_2 = jumlah data kelompok 2

S_1 = standar deviasi data kelompok 1

S_2 = standar deviasi data kelompok 2

C. Uji Persistensi Data

Uji Persistensi adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Metode untuk menentukan koefisien korelasi serial salah satunya adalah dengan metode Spearman. Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut (Soewarno, 1995, p.98):

$$KS = 1 - \frac{6\sum_{i=0}^{n}(di)^2}{n^3 - n} \quad \text{.....(2-18)}$$

$$t = KS \left(\frac{n-2}{1-KS^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{.......(2-19)}$$

dengan:

KS = koefisien korelasi serial

n = jumlah data

di = perbedaan nilai antara perimgkat data ke Xi dan ke Xi +1

t = nilai dari distribusi pada derajat kebebasan n-2 dan derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5% ditolak, atau 95% diterima).

Apabila dari suatu deret berkala setelah diuji ternyata:

- Tidak menunjukkan adanya *trend*.
- Stationer, berarti varian dan rata-ratanya homogen/stabil/sama jenis.
- Bersifat acak (*random*), *independent*.

Maka data deret berkala tersebut selanjutnya baru disarankan dapat digunakan untuk analisis hidrologi lanjutan, misalnya: analisis peluang dan simulasi. Tahap pengujian tersebut umumnya disebut dengan penyaringan (*screening*) data, dengan maksud memeriksa dan memilahkan atau mengkelompokkan data, yang bertujuan untuk memperoleh data hidrologi yang cukup handal untuk analisis sehingga kesimpulan yang diperoleh cukup baik.

Tahap penyaringan ini perlu pengetahuan lapangan dan informasi yang terkait dengan data dalam deret berkala. Tahap ini merupakan penyaringan untuk data dari suatu pos hidrologi dan belum membandingkan dengan data sejenis dari pos lain.

2.3.4. Uji Abnormalitas Data (*Inlier-Outlier Test)*

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Data curah hujan harian maksimum diurutkan dari besar ke kecil, lalu dihitung harga logaritmiknya (Y). Data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (X_L) dan ambang atas (X_H) akan dibuang. Nilai diluar ambang atas dipertimbangkan masak-masak untuk membuangnya. Berdasarkan RSNI T-02-2004 tentang tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan metode Hersfield menyatakan bahwa seri data yang mengandung outlier atas diuji keseragamannya, ketidaktergantungan dan stationaritas (uji penyaringan data secara statistk) dengan status :

a) Uji diterima, maka nilai diluar ambang atas tidak dibuang.

b) Uji ditolak, maka outlier atas dibuang sementara kemudian diuji lagi, jika:

- hasil diterima maka outlier atas tidak dibuang.
- hasil ditolak maka seri data dalam pos tersebut tidak digunakan.

Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut adalah sebagai berikut (*U.S. Water Resources Council*, 1981, p.17):

$X_H = Exp\ (\bar{X} + Kn\ .\ S)$ .... (2-20)

$X_L = Exp\ (\bar{X} - Kn\ .\ S)$ .... (2-21)

dengan:

X_H = nilai ambang atas

X_L = nilai ambang bawah

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

S = simpangan baku dari sampel data

Kn = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data (dapat dilihat pada tabel 2.1)

Tabel 2.1. Nilai K_n untuk *Uji* Outliers

Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.468	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.681	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.717	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.618	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber: Chow (1998, p.404)

2.4. Analisa Curah Hujan Rerata Daerah/Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rerata diseluruh daerah yang bersangku -tan,bukan curah hujan pada suatu titik tertentu.Curah hujan ini disebut curah hujan daerah yang dinyatakan dalam milimeter (Sosrodarsono, 1987, p.27). Terdapat tiga cara yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata daerah (Soemarto, 1987, p.31), yaitu:

2.4.1. Cara Rata-rata Hitung

Cara ini merupakan cara yang paling sederhana, tetapi memberikan hasil yang tidak teliti. Karena setiap stasiun dianggap memiliki bobot yang sama. Hal ini hanya dapat digunakan jika hujan yang terjadi dalam DAS bersifat homogen dan variasi tahunannya tidak terlalu besar. Cara tinggi rata-rata curah hujan diperoleh dengan cara menjumlahkan hasil penakaran hujan pada pos penakar kemudian membaginya dengan jumlah pos penakar tersebut.

$$\overline{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Ri}{n} \qquad \text{(2-22)}$$

dengan:

$\bar{R}$ = tinggi curah hujan rata-rata daerah

$R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + Rn$ = tinggi curah hujan pada pos 1,2,…,n

n = banyaknya stasiun hujan

Cara ini digunakan untuk stasiun hujan yang terbagi merata di suatu daerah dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata hujan di seluruh pos penakar.

2.4.2. Cara Poligon *Thiessen*

Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu dan luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan (Harto, 1990, p.64). Poligon *Thiessen* dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang (dianggap) mewakili. Akan tetapi cara ini dipandang belum memuaskan karena pengaruh topografi tidak tampak. Demikian pula apabila salah satu stasiun tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar,maka poligon harus diubah.

Pembentukan poligon *Thiessen* adalah sebagai berikut:

a. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan.
b. Stasiun-
   stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis penuh pada Gambar 2.2.
d. Garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon
f. Jumlah dari hitungan pada langkah e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut.

Dengan mempertimbangkan sebaran 34 stasiun penakar hujan yang tidak merata, cara poligon *Thiessen* akan memberikan hasil yang lebih baik. Adapun cara perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut (Soemarto,1999, p.32):

$$\overline{R} = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + \ldots R_n A_n}{\sum A} \quad \text{(2-23)}$$

Sehingga:

$$\bar{R} = R_1 . fk_1 + R_2 . fk_2 + \ldots + R_n . fk_n \quad \text{(2-24)}$$

$$Fk_n = \frac{\text{An}}{\Sigma \text{A}} \quad \text{(2-25)}$$

dengan:

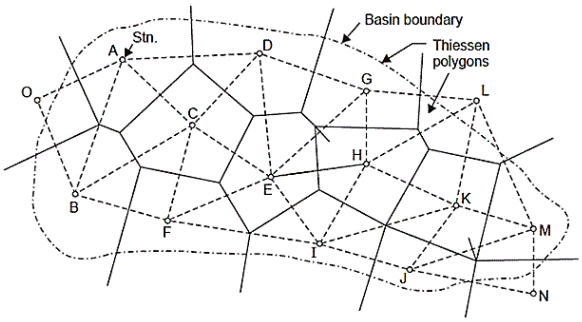
$\bar{R}$ = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

An = Luas tiap stasiun (km^2)

ΣA = Luas total DAS (km^2)

$R_1, R_2, .. Rn$ = Curah hujan pada stasiun 1,2,........,n (mm)

Fk_n = Faktor koreksi luas daerah pengaruh Poligon *Thiessen* tiap stasiun



Gambar 2.2 Poligon *Thiessen*
Sumber: Triatmodjo (2008, p.34)

2.4.3. Cara garis-garis *Isohyet*

Dalam hal ini kita harus menggambar terlebih dahulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*). Kemudian luas bagian di antara *isohyet*-*isohyet* yang berdekatan diukur, dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari kontur, seperti berikut ini (Soemarto, 1987, p.33):

$$\overline{\text{R}} = \frac{\frac{R_0 + R_1}{2} A_1 + \frac{R_1 + R_2}{2} A_2 + \ldots + \frac{R_{n-1} + R_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n}$$

$$= \frac{\sum_1^n \frac{R_{i-1} + R_i}{2} A_i}{\sum_i^n A_i}$$

$$= \frac{\sum_1^n \frac{R_{i-1} + R_i}{2} A_i}{A} \quad \text{(2-26)}$$

dengan:

A = luas areal (km^2)

$\overline{R}$ = tinggi curah hujan rata-rata areal (mm)

$R_0, R_1, R_2, \ldots, R_n$ = tinggi curah hujan pada isohyets 0, 1, 2, … , n (mm)

$A_1, A_2, A_3, \ldots, A_4$ = luas bagian areal yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* yang bersangkutan (km^2)

2.5. Kerapatan dan Pola Penyebaran Stasiun Hujan

Data hujan yang diperoleh dari stasiun penakar hujan merupakan data hujan yang hanya mewakili pengukuran hujan untuk luas daerah tertentu. Sehingga untuk menentukan besarnya curah hujan suatu DAS diperlukan beberapa stasiun penakar hujan yang tersebar di dalam DAS yang bersangkutan dengan kerapatan dan pola penyebaran yang memadai.

Dalam pemilihan jumlah lokasi stasiun penakar hujan pada suatu DAS untuk kepentingan analisis hidrologi yang dapat memberikan hasil dengan ketelitian semaksimal mungkin sesuai dengan yang dikehendaki, terdapat dua pendapat yang berbeda, yaitu (Harto,1986, p.12) :

1. Penempatan stasiun hujan yang terbagi merata dengan pola tertentu akan menghasilkan perkiraan hujan yang lebih baik dibandingkan dengan penempatan stasiun hujan secara acak.
2. Stasiun hujan dapat ditempatkan sedemikian rupa, sehingga di bagian daerah dengan variasi hujan tinggi mempunyai kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain yang variasi hujannya rendah.

Pada umumnya dalam praktek pengembangan jaringan stasiun penakar hujan tidak dapat dilakukan sekali, akan tetapi dengan coba ulang untuk mendapatkan jumlah dan kerapatan yang sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk merencanakan jaringan stasiun hujan dapat melalui beberapa tahap sebagai berikut (Made,1987 dalam Harto,1993, p.21):

1. *Isolated stasion phase*

   Stasiun-stasiun terisolasi dipasang untuk memenuhi kebutuhan setempat. Jumlah tersebut akan bertambah dengan meningkatnya perkembangan sosio-ekonomi daerah yang bersangkutan
2. *Network phase I*

   Kerapatan stasiun sudah semakin tinggi sedemikian pengukuran yang dilakukan (meskipun tidak disengaja) telah menunjukkan keterikatan tertentu
3. *Network phase 2 (consolidation phase)*

   Tingkat keterikatan sudah sangat tinggi dan sering terdapat salah informasi yang berlebihan.

4. *Network phase 3 (reduction phase)*

Pada tahap ini mulai disadari bahwa informasi yang berlebihan hanya akan mempertinggi biaya. Untuk itu tingkat keterikatan perlu ditetapkan dengan mengurangi stasiun-stasiun yang kurang berfungsi.

Dalam proses pengembangan jaringan hendaknya tetap dipahami bahwa tingkat keterikatan antar stasiun merupakan dasar perencanaan jaringan, oleh karena itu harus memperhatikan faktor-faktor berikut ini (Harto,1993, p.22):

1. Nilai sosio ekonomi data termasuk kepentingannya untuk pembangunan.
2. Biaya pemasangan dan pengoperasian seluruh sistem.
3. Variabilitas data.
4. Keterikatan data sebagai fungsi ruang dan waktu

Apabila dalam DAS yang ditinjau belum tersedia jaringan stasiun hujan sama sekali, maka sampai saat ini belum tersedia cara sederhana yang dapat digunakan untuk menetapkan jaringan tersebut. Untuk itu disarankan menempuh dua cara, yaitu (Harto,1993, p.22):

1. Cara pertama dengan menetapkan jaringan awal (*pilot network*) yang kemudian dievaluasi setelah jangka waktu tertentu untuk menetapkan jaringan yang sebenarnya, atau yang dibutuhkan.
2. Cara kedua yang dapat ditempuh adalah dengan memenuhi DAS yang bersangkutan dengan stasiun hujan, kemudian setelah berjalan beberapa waktu dievaluasi untuk dapat mengurangi stasiun-stasiun yang dianggap kurang bermanfaat.

Tetapi cara kedua di atas tidak dapat dianjurkan untuk digunakan, karena biaya yang dibutuhkan sangat besar. Hal ini perlu diperhatikan, karena biaya yang diperlukan bukan hanya biaya untuk membeli alat saja tetapi juga biaya yang harus disediakan selama alat tersebut dipergunakan. Oleh karena itu perencanaan jaringan perlu dilakukan dengan upaya maksimal agar diperoleh keseimbangan antara data atau informasi yang diperoleh dengan biaya pengadaan tanpa mengabaikan faktor-faktor yang berperan sangat penting seperti di atas.

Penelitian yang berkaitan dengan penentuan jumlah dan pola penyebaran stasiun hujan yang memadai untuk analisis hidrologi pada suatu DAS telah banyak dilakukan dengan berbagai cara. Tetapi semuanya perlu mendapatkan pengujian lebih lanjut untuk digunakan dan diterapkan di Indonesia terutama di pulau Jawa. Karena masing-masing cara membutuhkan tuntutan kuantitas dan kualitas data yang berbeda dan harus disesuaikan dengan daerah dimana penelitian tersebut dilakukan. Berikut adalah Tabel 2.2 Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Seluruh Provinsi di Indonesia:

Tabel 2.2. Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Seluruh Provinsi di Indonesia

No	Provinsi	Jumlah Stasiun Ideal (WMO)		Jumlah Stasiun Faktual		Kerapatan
		Manual	Otomatis	Manual	Otomatis	Km^2/sta
1	Aceh	317	32	53	32	651.67
2	Sumatera Utara	405	41	99	39	478.36
3	Sumatera Barat	284	28	63	24	572.17
4	Riau	540	54	81	24	900.59
5	Bengkulu	121	12	24	18	504
6	Jambi	257	26	7	13	2246.2
7	Sumatera Selatan	593	60	92	28	864.07
8	Lampung	193	20	63	25	378.49
9	Jawa Barat	268	27	490	89	80.98
10	Jawa Tengah	213	21	811	109	40.62
11	Jawa Timur	274	27	802	61	55.6
12	Kalimantan Barat	839	94	41	17	2530.34
13	Kalimantan Tengah	872	87	25	21	3317.39
14	Kalimantan Selatan	22	2	26	16	896.67
15	Kalimantan Timur	1157	116	34	28	3268.16
16	Sulawesi Utara	109	11	16	23	488.02
17	Sulawesi Tengah	398	40	28	24	1340.88
18	Sulawesi Tenggara	158	16	28	12	692.15
19	Sulawesi Selatan	416	42	28	27	1323.29
20	Bali	32	3	64	17	68.65
21	NTB	115	12	63	22	237.38
22	NTT	274	27	51	23	646.97
23	Maluku	426	43	34	19	1379.7
24	Irian Jaya	2411	24	4	-	10549.5

Sumber: Harto (1993, p.37)

2.5.1. Standar WMO (*World Meteorogical Organization*)

Pada umumnya daerah hujan yang terjadi lebih luas dibandingkan dengan daerah hujan yang diwakili oleh stasiun penakar hujan atau sebaliknya, maka dengan memperhatikan pertimbangan ekonomi, topografi dan lain-lain harus ditempatkan stasiun hujan dengan kerapatan optimal yang bisa memberikan data yang baik untuk analisis selanjutnya. Untuk tujuan ini, Badan Meteorologi Dunia atau WMO (*World Meteorogical Organization*) menyarankan kerapatan minimum jaringan stasiun hujan sebagai berikut (Linsley,1986, p.67):

Tabel 2.3. Kerapatan Minimum Jaringan Stasiun Hujan yang Direkomendasikan WMO

No.	Tipe	Luas Daerah (km^2) per Satu Pos	
		Kondisi Normal	Kondisi Sulit
1	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	1000 – 2500 (600 – 900)	3000 – 9000
2	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	300 – 1000 (100 – 250)	1000 – 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 – 300 (25)	
4	Daerah arid dan kutub	5000 – 20000 (1500 – 10000)	

Sumber: Linsley (1986, p.67)
Keterangan: untuk yang di dalam kurung adalah luas stasiun hujan

2.5.2. Cara Sugawara

Menurut Sugawara (Harto,1993, p.28), pada daerah tropis untuk suatu DAS yang lebih kecil dari 100 km^2 maupun DAS yang lebih besar dari 100 km^2, pemakaian 10 buah stasiun hujan dipandang sudah memadai. Berkaitan dengan hal tersebut, disarankan pula untuk analisis hidrologi di daerah tropis dengan penggunaan 15 stasiun hujan dalam suatu DAS sudah mencukupi, tanpa memperhatikan luasnya.

2.5.3. Cara Bleasdale

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bleasdale, jumlah stasiun panakar hujan minimal yang digunakan dipengaruhi oleh luas DAS. Semakin luas DAS yang ditinjau, semakin rendah kerapatan jaringan stasiun penakar hujan yang ada. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.4 hubungan jumlah stasiun hujan optimal yang dibutuhkan berdasarkan luas DAS yang ditinjau sebagai berikut:

Tabel 2.4. Jumlah stasiun hujan optimal berdasarkan luas DAS cara Bleasdale

Luas DAS (km^2)	Jumlah stasiun Optimal	Kerapatan (km^2/stasiun)
26	2	13
260	6	43.33
1300	12	108.33
2600	15	173.33
5200	20	260
7800	24	325

Sumber : Bleasdale (1965, p.152)

Penelitian yang dilakukan di atas sangat dipengaruhi oleh sifat hujan maupun DAS yang ditinjau. Sehingga tidak dapat digunakan sebagai pedoman untuk DAS yang lain dalam menentukan jumlah atau kerapatan stasiun hujan yang diperlukan untuk analisis hidrologi selanjutnya. Oleh karena itu pada setiap DAS mempunyai sifat dan hujan yang berbeda, maka penelitian tersebut hanya dapat dipergunakan sebagai pertimbangan saja.

2.5.4. Cara Pancang Narayanan dan Stephenson

Untuk menentukan jumlah stasiun hujan yang dipandang cukup mewakili, *Pancang Narayanan dan Stephenson* (1962) mengembangkan metode dengan pendekatan sifat data hujan terutama untuk jaringan hujan bulanan (*monthly network*), apabila jumlah stasiun hujan yang ada terbagi merata pada DAS yang bersangkutan. Prinsip yang digunakan adalah bahwa koefisien perubahan hujan bulanan dalam suatu DAS dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui cukup tidaknya jumlah stasiun hujan yang ada (Harto,1993, p.28). Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

1. Mula-mula ditetapkan koefisien variasi hujan bulanan C_{vm} (%) terhadap hujan tahunan rata-rata (dianjurkan untuk menggunakan data $>$ 100 bulan).
2. Selanjutnya disusun "*Cumulative frequency curve*" untuk C_{vm} dan ditetapkan nilai 'C' yang dilampaui dalam 5 % kejadian.
3. Apabila nilai 'C' $=$ 10 maka jaringan stasiun hujan yang ada dapat dianggap memadai. Namun apabila nilai 'C' $<$ 10 maka jumlah stasiun hujan (N) ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = \left(\frac{C'}{10}\right)^2 .n \quad \text{.......(2-27)}$$

dengan:

N = jumlah stasiun hujan yang dibutuhkan

n = jumlah stasiun hujan yang ada.

Kesulitan utama dalam pemakaian cara ini adalah karena perhitungan nilai 'C' dilakukan secara sebarang (*subjective*) dan hanya disarankan untuk DAS yang kecil.

2.5.5. Cara Varshney

Cara ini menggunakan pendekatan statistik dengan langkah-langkah perhitungan untuk menentukan jumlah stasiun hujan yang optimal sebagai berikut:

1. Hitung jumlah curah hujan total (P_t)

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n \quad \text{.......(2-28)}$$

dengan:

P_n = hujan di stasiun n (mm)

P_t = jumlah hujan total (mm)

2. Hitung hujan rerata DAS (P_m)

$$P_m = \frac{Pt}{n} \quad \text{......} (2\text{-}29)$$

3. Hitung jumlah kuadrat curah hujan semua stasiun (Ss)

$$Ss = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + ... + P_n^2 \quad \text{......} (2\text{-}30)$$

4. Hitung varian (S^2)

$$S^2 = \left[\frac{Ss - \left(\frac{Pt^2}{n} \right)}{n-1} \right] \quad \text{......} (2\text{-}31)$$

5. Hitung koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \left[\frac{100\sqrt{S^2}}{Pm} \right] \quad \text{......} (2\text{-}32)$$

6. Hitung jumlah stasiun penakar hujan optimal (N) dengan prosentase kesalahan yang dikehendaki sebesar P.

$$N = \left[\frac{Cv}{P} \right]^2 \quad \text{......} (2\text{-}33)$$

7. Stasiun penakar hujan yang harus dipasang lagi adalah sebesar N – n, dimana n merupakan stasiun penakar hujan yang telah ada.

Dari penelitian di atas hanya disinggung tentang penetapan kerapatan jaringan stasiun hujan yang dibutuhkan, sedangkan masalah yang timbul adalah tentang pola penyebarannya juga.

2.5.6. Cara Kagan-Rodda

Penetapan jaringan stasiun hujan tidak hanya terbatas pada penentuan jumlah stasiun yang dibutuhkan dalam suatu DAS, namun juga tempat dan pola penyebarannya. Dari beberapa cara yang disebutkan di atas, belum dibahas tentang penyebaran stasiun hujan di dalam DAS yang bersangkutan. Dalam hal ini tidak ada petunjuk sama sekali. Petunjuk yang bersifat kualitatif diberikan oleh Rodda (1972), yaitu dengan memanfaatkan koefisien korelasi hujan (Harto,1993, p.29). Hal ini masih harus dikaitkan dengan keadaan sekitarnya yang menyangkut masalah ketersediaan tenaga pengamat dan pola penyebarannya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kagan (1972), untuk daerah tropis yang hujannya bersifat setempat dengan luas penyebaran yang sangat terbatas mempunyai variasi ruang untuk hujan dengan periode tertentu adalah sangat tidak menentu meskipun sebenarnya menunjukkan suatu hubungan sampai tingkat tertentu (Harto,1986, p.22).

Meskipun belum dilakukan pengujian secara khusus, namun cara Kagan-Rodda telah banyak digunakan untuk menetapkan jaringan stasiun hujan pada beberapa DAS di pulau Jawa. Pemilihan cara ini didasarkan pada sifat cara Kagan-Rodda sebagai berikut:

1) Sederhana dalam prosedur dan perhitungan.
2) Kebutuhan data yang dapat disediakan dengan keadaan jaringan stasiun hujan yang telah ada dapat dipenuhi.
3) Dapat memberikan petunjuk dan gambaran tentang pola penyebaran stasiun hujan, untuk tingkat kesalahan tertentu.

Pada dasarnya cara ini mempergunakan analisis statistik yang mengaitkan kerapatan jaringan stasiun hujan dengan kesalahan interpolasi dan kesalahan relatif perataan (Spatial *Interpolation error and relative error of mean rainfall*). Persamaan-persamaan yang dipergunakan untuk analisis jaringan Kagan-Rodda adalah sebagai berikut (Harto,1993, p.31) :

$$r_{(d)} = r_{(0)} . e^{\left(\frac{-d}{d_0}\right)} \quad \text{(2-34)}$$

$$Z_1 = Cv. \sqrt{\frac{\left[1 - r_{(0)} + \left(\frac{0.23\sqrt{A}}{d(0)\sqrt{n}}\right)\right]}{n}} \quad \text{(2-35)}$$

$$Z_3 = Cv. \sqrt{\left[\frac{1}{3}\left(1 - r_{(0)}\right) + \frac{0.52.r_{(0)}\sqrt{\frac{A}{n}}}{d_{(0)}}\right]} \quad \text{(2-36)}$$

$$L = 1.07.\sqrt{\frac{A}{n}} \quad \text{(2-37)}$$

dengan:

$r_{(d)}$ = koefisien korelasi untuk jarak stasiun sejauh d

$r_{(o)}$ = koefisien korelasi yang ditentukan ektrapolasi $r_{(d)}$ untuk jarak ± 0 m

d = jarak antar stasiun (km)

$d_{(o)}$ = radius korelasi untuk jarak antar stasiun dengan kolerasi berkurang oleh faktor e

Cv = koefisien variasi

A = luas DAS (km^2)

n = jumlah stasiun

Z_1 = kesalahan relatif rata-rata hujan daerah

Z_3 = kesalahan interpolasi

L = jarak antar stasiun (km)

Berdasarkan Persamaan 2-32, maka persyaratannya yang diizinkan untuk kesalahan Z_1 tidak boleh melebihi 10%. Pembentukan kesalahan yang diizinkan ini, dilakukan dalam keadaan tertentu dan sewenang-wenang, meskipun dengan tidak adanya kriteria ekonomi yang ketat, hal itu dapat dibenarkan. Harus diingat bahwa Z_1 adalah deviasi rata-rata dan dalam kasus tertentu, kesalahan dua kali dan bahkan tiga kali lebih besar dari Z_1 adalah hal yang mungkin terjadi. (Kagan dalam WMO 324, 1972, p.III-1.2)

2.6. Analisa Jaringan Kagan-Rodda

2.6.1. Koefisien Variasi

Koefisien variasi merupakan variasi relatif dari suatu variabel terhadap nilai rata-rata aljabarnya, yang dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut (Harto, 1990, p.38):

1. Hitung nilai rata-rata hujan daerah dengan cara aljabar

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \quad \text{.......... (2-38)}$$

2. Hitung standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \quad \text{.......... (2-39)}$$

3. Hitung koefisien variasi dengan rumus sebagai berikut:

$$Cv = \frac{S}{X} \quad \text{.......... (2-40)}$$

dengan:

Cv = koefisien variasi

S = standart deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata (mm)

Koefisien variasi yang dihitung berdasarkan hujan bulanan biasanya rendah (< 0,6) tetapi untuk hujan harian pada umumnya sangat tinggi (> 0,6), hal ini mudah dipahami karena sifat hujan di daerah tropis seperti Indonesia yang sangat bervariasi dan tidak merata (Harto,1993, p.34). Dasar analisis yang digunakan dalam jaringan Kagan-Rodda adalah sifat hujan yang merata dengan variasi yang rendah (0,3 – 0,6).

2.6.2. Koefisien Korelasi

Cara Kagan – Rodda menggunakan hubungan antara kerapatan jaringan (jarak antar stasiun) dengan sifat statistik hujan pada masing-masing stasiun. Secara umum dapat ditentukan hubungan antara jarak antar stasiun dengan korelasi hujan dari masing-masing stasiun hujan. Dengan demikian apabila korelasi yang diperlukan dapat ditetapkan, maka jarak antar stasiun yang dibutuhkan dalam suatu jaringan dapat pula ditentukan.

Ukuran yang digunakan untuk menyatakan berapa kuat hubungan antara dua variabel (terutama data kuantitatif) dinamakan koefisien korelasi (r), yang dapat pula dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{\sqrt{\left[\left(n\sum_{i=1}^{n} X^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2\right)\left(n\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2\right)\right]}} \quad \text{..(2-41)}$$

dengan:

r = koefisien korelasi

n = jumlah data

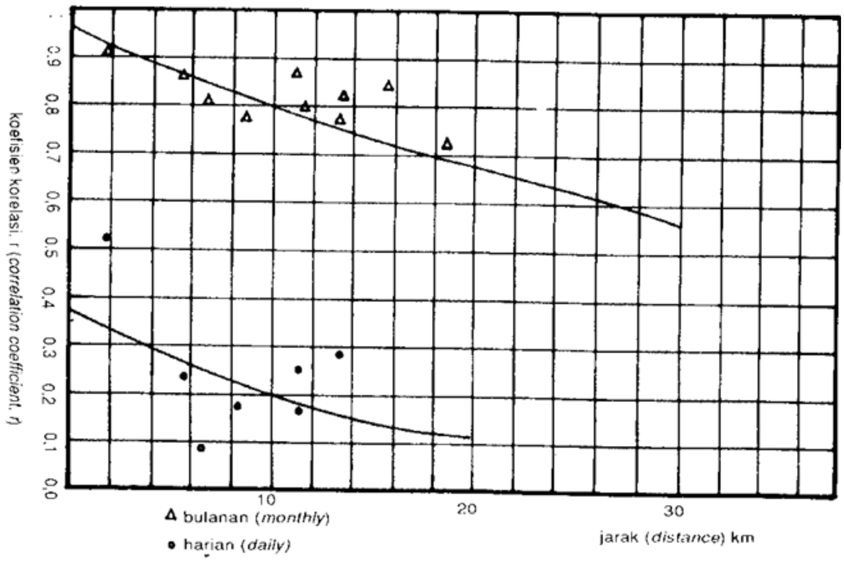
X_i = data hujan pada stasiun X (mm)

Y_i = data hujan pada stasiun Y (mm)

Pada umumnya nilai r bervariasi dari -1 melalui 0 hingga +1. Bila r = 0 atau mendekati 0,maka hubungan antara kedua variabel sangat lemah atau tidak ada hubungan sama sekali. Bila r = +1 atau mendekati +1, maka korelasi antara kedua variabel dikatakan positif dan sangat kuat. Bila r = -1 atau mendekati –1, maka korelasi antara kedua variabel dikatakan kuat dan bersifat negatif.

Tanda positif (+) dan negatif (-) pada koefisien korelasi sebenarnya memiliki arti yang khas. Bila r (+), maka korelasi antara kedua variabel bersifat searah. Dengan kata lain kenaikan / penurunan nilai salah satu variabel (X) terjadi bersamaan dengan kenaikan / penurunan nilai variabel yang lain (Y). Bila r (-), maka kenaikan nilai salah satu variabel (X) terjadi dengan penurunan nilai variabel yang lain (Y) dan sebaliknya.

Koefisien korelasi untuk hujan harian pada umumnya sangat rendah 0,06 – 0,59 sedangkan koefisien korelasi untuk hujan bulanan berkisar Antara 0,5 – 0,96 (Harto, 1993, p.41). Untuk nilai koefisien korelasi yang rendah, berarti menunjukkan bahwa antara hujan di satu stasiun tidak ada hubungannya dengan hujan di stasiun yang lain. Sebaliknya untuk nilai koefisien korelasi yang tinggi, berarti hujan di satu stasiun memiliki korelasi atau hubungan dengan hujan di stasiun yang lain dan membentuk suatu fungsi baik itu dalam bentuk persamaan matematis ataupun persamaan garis. Dari hubungan antara jarak antar stasiun dan koefisien korelasi (r), dapat digambarkan grafik lengkung eksponensial, seperti yan nampak pada Gambar 2.3 sebagai berikut:

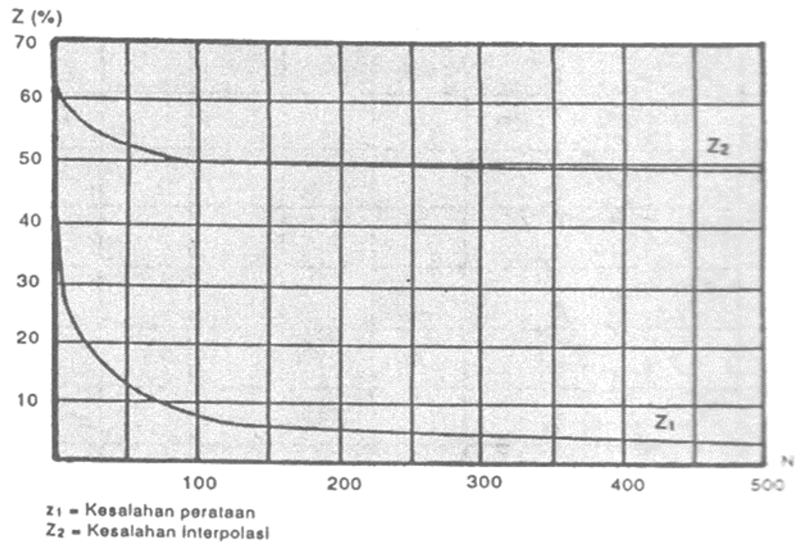


Gambar 2.3 Korelasi antar stasiun hujan pada Suatu DAS
Sumber: Sri Harto (1993, p.33)

2.6.3. Perencanaan Jaringan Kagan-Rodda

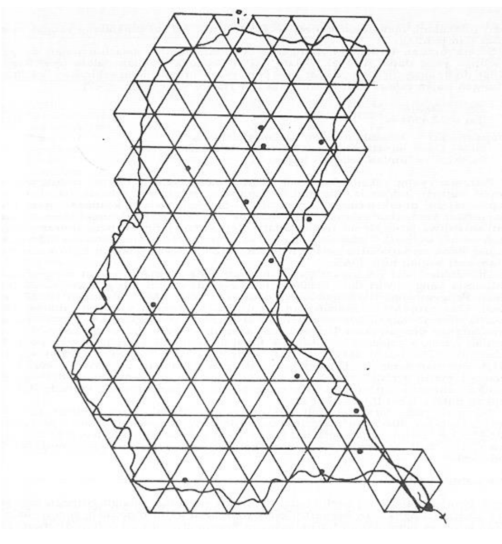
Secara garis besar langkah-langkah perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan jaringan Kagan-Rodda adalah sebagai berikut (Harto, 1993, p.32) :

1. Dari jaringan stasiun hujan yang tersedia, dapat dihitung nilai koefisien variasi (C_v) berdasarkan Persamaan (2-40), baik untuk hujan harian maupun bulanan, sesuai dengan yang diperlukan.
2. Dari jaringan stasiun hujan yang telah tersedia dapat dicari hubungannya antara jarak antar stasiun dan koefisien korelasi seperti pada Gambar 2.3, baik untuk hujan harian maupun bulanan, sesuai dengan keperluan. Dalam penetapan hubungan ini tidak perlu diperhatikan orientasi arahnya, karena tidak berpengaruh terhadap besarnya korelasi. Sedangkan korelasi dilakukan untuk hari-hari yang di kedua stasiun terjadi hujan, untuk menghindarkan terjadinya *complete dry day* (Stohl, 1981 dalam Harto, 1993).
3. Kemudian nilai korelasi dan jarak antar stasiun digambarkan dalam sebuah grafik lengkung eksponensial, sehingga dari grafik ini diperoleh besaran $d_{(0)}$ dengan menggunakan nilai rerata d dan $r_{(d)}$ dengan Persamaan (2-34).
4. Dengan besaran tersebut, maka Persamaan (2-35) dan (2-36) dapat dihitung dengan tingkat ketelitian yang ditetapkan. Ataupun sebaliknya, dapat dicari seperti pada Gambar 2.4 hubungan antara jumlah stasiun dengan besar kesalahan rata-rata. Baik untuk hujan bulanan maupun hujan harian, sesuai dengan keperluan.



Gambar 2.4 Hubungan antara jumlah stasiun dan besar kesalahan rata-rata
Sumber: Sri Harto (1993, p.34)

5. Setelah jumlah stasiun hujan pada DAS yang ditinjau ditetapkan menggunakan Persamaan (2-34), maka penempatan stasiun hujan dapat dilakukan dengan menggambarkan jaring-jaring segitiga sama sisi sama dengan panjang sisi L sesuai Persamaan (2-37).
6. Gambar jaringan Kagan-Rodda dibuat diatas kertas transparan, yang selanjutnya ditumpangkan diatas peta DAS yang ditinjau (proses *over lay*) dan dilakukan penggeseran-penggeseran sedemikian rupa, sehingga jumlah simpul segitiga yang berada di dalam DAS sama dengan jumlah stasiun hujan yang dihitung. Simpul-simpu tersebut merupakan lokasi stasiun hujan baru. Seperti Gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Contoh Jaringan Kagan-Rodda
Sumber: Harto (1993, p.35)

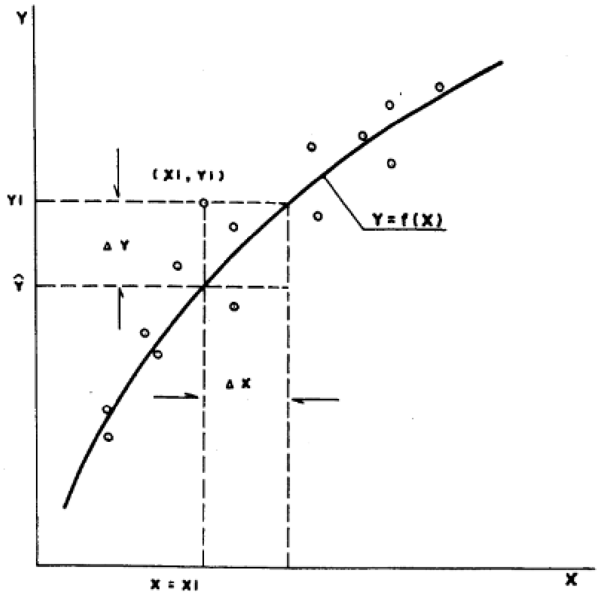
Cara Kagan-Rodda ini dapat dipergunakan untuk dua keadaan yaitu (Harto, 1990, p.41):

1. Apabila di dalam DAS sama sekali belum ada stasiun hujan, maka cara yang dapat ditempuh adalah dengan mencoba memanfaatkan data hujan di daerah sekitarnya untuk dapat mengetahui tingkat variabilitasnya (nilai koefisien variasi) dan setelah beberapa tahun pengoperasian, maka jaringan tersebut perlu diuji kembali untuk meningkatkan kualitasnya.
2. Apabila di dalam DAS telah tersedia jaringan stasiun hujan, maka cara ini dapat dipergunakan untuk mengevaluasi apakah jaringan yang telah ada telah mencakupi (untuk tingkat ketelitian yang dikehendaki), atau dapat pula digunakan untuk memilih stasiun-stasiun yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Dalam kaitan ini jaringan yang ada dibandingkan dengan jaringan yang telah diperoleh dengan cara Kagan-Rodda. Apabila jumlah stasiun hujan eksisting masih lebih kecil dibandingkan dengan jumlah stasiun yang direkomendasikan oleh cara Kagan-Rodda, maka dapat dipergunakan dengan menambahkan stasiun-stasiun yang lain. Akan tetapi apabila jumlah stasiun eksisting lebih besar dibandingkan dengan jumlah stasiun yang berdasarkan cara Kagan-Rodda, maka stasiun-stasiun tertentu dapat tidak dipergunakan untuk analisis selanjutnya.

2.7. Analisa Regresi

Suatu analisis yang membahas hubungan 2 variabel atau lebih. Apabila dalam analisis regresi telah ditentukan model persamaan matematik yang cocok, persoalan berikutnya adalah menentukan seberapa kuat hubungan antara variabel–variabel tersebut. Atau dengan kata lain harus ditentukan derajat asosiasi antara variabel hidrologi yang digunakan dalam analisis regresi.

Suatu analisis yang membahas tentang derajat asosiasi dalam analisis regresi disebut analisis korelasi. Derajat hubungan tersebut umumnya dinyatakan secara kuntitatif sebagai koefisien korelasi. Hasil analisa regresi dari kedua variabel atau lebih digambarkan dalam diagram pencar (*scatter diagram*) atau diagram titik. Kegunaan dari diagram pencar adalah membantu menunjukkan apakah terdapat hubungan yang antara dua variabel dan membantu menetapkan tipe persamaan yang menunjukkan hubungan antara kedua variabel tersebut.



Gambar 2.6 Sketsa Diagram Pencar
Sumber: Soewarno (1995, p.133)

Dari Gambar 2.6 dapat dikatakan bahwa prosedur penyelesaian dalam menentukan persamaan matematik yang paling sesuai dengan sebaran titik – titik koordinat yang menghubungkan pasangan data (Xi,Yi) disebut dengan analisa regresi.

Kurva yang digambarkan dari persamaan yang sesuai untuk menentukan nilai Y dari data (Xi,Yi) disebut dengan garis regresi Y, nilai Yi disebut dengan variabel tidak bebas (VTB) dan nilai Xi disebut variabel bebas (VB). Sebaliknya kurva yang digambarkan dari persamaan yang sesuai untuk menentukan nilai X dari data (Xi,Yi) disebut dengan garis regresi X, nilai Yi disebut VB dan Xi disebut VTB.

Pada umumnya garis regresi Y dan garis regresi X tidak berhimpitan, karena perbedaan parameter. Umumnya nilai Y yang digunakan sebagai VTB, yaitu nilai Y yang diharapkan terjadi untuk X = Xi. Nilai X yang merupakan VB, umumnya merupakan data yang mudah diperoleh.

Titik – titik koordinat pasangan data (Xi,Yi) dapat mempunyai sebaran yang besar atau kecil disekitar garis regresi. Analisa korelasi, membahas tentang derajat hubungan (Xi,Yi). Korelasi mempunyai nilai yang besar apabila pasangan koordinat (Xi,Yi) dekat dengan gari regresi.

Langkah awal dari analisis regresi dan korelasi adalah menentukan data {(Xi, Yi); i = 1,2,3,4,5,...n} yang dipilih sebagai variabel bebas (VB) dan variabel tidak bebas (VTB), selanjutnya:

- Menentukan bentuk kurva dan persamaan yang cocok dengan sebaran data (Xi, Yi).

- Melakukan interpolasi nilai VTB berdasarkan nilai VB yang telah diketahui.
- Bila diperlukan melakukan ekstrapolasi nilai VTB berdasarkan nilai VB yang telah diketahui.

2.7.1. Model Regresi Linier

A. Penentuan Persamaan

Analisis ini untuk meramalkan variabel terikat jika variabel bebas dinaikkan atau diturunkan. Untuk melakukan peramalan maka dibuatlah persamaan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = b_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + ... + a_nX_n \qquad (2\text{-}42)$$

dengan:

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

a = koefisien regresi/Kemiringan/gradien/parameter

b = intersep/perpotongan dari garis regresi/parameter

$X_1, X_2, ..X_n$ = variabel bebas

Ŷ dalah variabel terikat yang diramalkan, b_0 adalah konstanta, a_1, a_2, a_3 adalah koefisien regresi, dan X_1, X_2, X_3 adalah variabel bebas. Berdasarkan *output* pada SPSS, yang digunkaan untuk membuat persamaan garis regresinya adalah besaran koefisien beta yang dapat dilihat pada tabel *Coefficients* (kolom *Unstandardized Coefficients B*).

B. Analisa Koefisien Korelasi

Besarnya koefisien korelasi yang menunjukkan derajat hubungan antara variabel Xi dan Yi, dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-39) sebagai persamaan berikut ini (Soewarno,1995, p.141):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left[\{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2\}\{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2\}\right]^{\frac{1}{2}}} \qquad (2\text{-}43)$$

Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dilakukan dengan melihat angka koefesien korelasi hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria sebagai berikut (Soewarno, 1995, p.135):

- Jika angka koefesien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan.
- Jika angka koefesien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat.
- Jika angka koefesien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah.
- Jika angka koefesien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.

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

C. Pengujian Parsial (Uji t)

Uji ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (X) secara parsial terhadap variabel tak bebas (Y), apakah pengaruhnya signifikan atau tidak. Berikut tahap pengujiannya (Supranto, 1998, p.230):

a. Menentukan hipotesis nol dan hipotesis alternatif
   - H_0 : artinya variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen
   - Ha : artinya variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen

b. Menentukan taraf signifikansi yaitu 0,05

c. Menentukan *t* hitung dan *t* kritis
   - *t* hitung dapat dihitung dengan rumus:

     $$t = \frac{b}{S_b} \qquad (2\text{-}44)$$

     Keterangan:

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

     dengan:

     t = nilai uji-t, dengan derajat kebebasan n-2

     b = koefisien regresi

     Sb = deviasi koefisien regresi

     SEY = kesalahan standar dari perkiraan nilai Y
   - *t* kritis dapat dicari pada tabel distribusi t-student pada **Lampiran 5** dengan signifikansi 0,05/2 (uji dua sisi)

d. Pengambilan keputusan
   - *t* hitung > *t* kritis maka H_0 ditolak
   - *t* hitung ≤ *t* kritis maka H_0 diterima

D. Pengujian Serentak (Uji F)

Uji ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (X) secara serentak terhadap variabel tak bebas (Y), apakah pengaruhnya signifikan atau tidak. Berikut tahap pengujiannya (Gujarati, 1995, p.189):

a. Menentukan hipotesis nol dan hipotesis alternatif
   - H_0 : artinya variabel independen secara serentak tidak berpengaruh terhadap variabel dependen

- H_a : artinya variabel independen secara serentak berpengaruh terhadap variabel dependen

b. Menentukan taraf signifikansi yaitu 0,05

c. Menentukan *F* hitung dengan cara:

$$F = \frac{MSR}{MSE} \quad \text{(2-45)}$$

F hitung juga dapat dilihat pada Tabel 2.5 ANOVA berikut ini:

Tabel 2.5. ANOVA

Sumber Varians	Derajat bebas	*Sum Square*	*Mean Square*	F
Regresi	*k-1*	$\sum_{i=1}^{n}(\bar{Y}-\hat{Y})^2$	*SSR*	*MSR/MSE*
Error	*n-k-1*	*SST-SSR*	*SSE/(n-k-1)*	
Total	*n-1*	$\sum_{i=1}^{n}(Y-\bar{Y})^2$		

Sumber: Draper (1998, p.39)

Keterangan:
k = banyaknya parameter
SSR = *Sum Square Regression* (Jumlah Kuadrat Regresi)
SSE = *Sum Square Error* (Jumlah Kuadrat Error)
SST = *Sum Squre Total* (Jumlah Kuadrat Total)
MSR = *Mean Square Regression* (Kuadrat Tengah Regresi)
MSE = *Mean Square Error* (Kuadrat Tengah Error)
n = banyak sampel

- *F* kritis dapat dicari pada tabel F di **Lampiran 6** dengan signifikansi 0,05

d. Pengambilan keputusan

- *F* hitung > *F* kritis maka H_0 ditolak
- *F* hitung ≤ *F* kritis maka H_a diterima

E. Analisa Koefisien Determinasi

Analisis koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengetahui seberapa besar prosentase sumbangan pengaruh variabel bebas secara serentak terhadap variabel tak bebas (Gujarati, 1995, p.76). Persamaan regresi Y terhadap X, nilai R^2 dihitung dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi.. Hasil R^2 (R *Square*) dapat dilihat pada tabel *Model Summary*.

F. Uji Asumsi Klasik

a) Uji Normalitas Residual

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah nilai residual yang dihasilkan dari regresi terdistribusi secara normal atau tidak. Metode yang dapat digunakan adalah metode grafik dan uji *One Sample* Kolmogorof-Smirnov (Priyatno, 2014, p.90).

- **Metode Grafik**

  Uji normalitas residual dengan metode grafik yaitu dengan melihat penyebaran data pada sumber diagonal pada grafik N*ormal P-P Plot of regression standardized residual*. Kriteria pengambilan keputusan adalah jika titik-titik menyebar di sekitar garis dan mengikuti garis diagonal, maka model regresi memenuhi asumsi normalitas. Untuk membuat metode grafik dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS dengan cara berikut:

  - Klik *Analyze → Regression → Linear*
  - Pada kotak dialog *Linear Regression* masukkan masing-masing variabel bebas dan terikatnya
  - Klik tombol *Plots*
  - Beri centang pada *Normal probability plot*, kemudian klik *Continue*
  - Setelah kembali ke kotak dialog sebelumnya maka klik OK

- **Metode Uji *One Sample* Kolmogorof-Smirnov**

  Uji *One Sample* Kolmogorof-Smirnov untuk mengetahui apakah distribusi residual terdistribusi normal atau tidak. Residual berdistribusi normal apabila nilai signifikansinya lebih dari 0,05. Uji kolmogorof - smirnov didefinisikan sebagai berikut (Suharjono, 2013, p.214):

  $$D=\max_{1\leq i\leq N}\left(F(Y_i)-\frac{i-1}{N},\ \frac{i}{N}-F(Y_i)\right) \qquad (2\text{-}46)$$

  dengan:

  F = distribusi kumulatif teoritik dari distribusi data yang di uji yaitu normal dari data.

  N = jumlah data

b) Uji Multikolinearitas

Uji asumsi multikolinearitas digunakan untuk membuktikan atau menguji ada tidaknya hubungan yang linear antara variabel bebas satu dengan variabel bebas lain Dalam analisis regresi ganda, akan terdapat dua atau lebih variabel bebas yang diduga akan mempengaruhi variabel terikatnya. Pendugaan tersebut akan dipertanggungjawabkan apabila tidak terjadi adanya (multikolinearitas). Adanya hubungan yang linear antar variabel bebas akan menimbulkan kesulitan dalam memisahkan pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikatnya. (Sudarmato, 2005, p.137).

Untuk mendeteksi ada tidaknya multikolinearitas dengan melihat nilai *Tolerance* dan VIF. Semakin kecil nilai *Tolerance* dan semakin besar nilai VIF maka semakin mendekati terjadinya masalah multikolinearitas. Umumnya pada penelitian menyebutkan bahwa jika *Tolerance* lebih dari 0,1 dan VIF kurang dari 10 maka tidak terjadi multikolinearitas. Untuk persamaan yang digunakan ada uji multikolinearitas adalah sebagai berikut (Suharjono, 2013, p.119):

$$Tolerance = 1 - R_h^2 \quad \text{(2-47)}$$

$$VIF(X_h) = \frac{1}{1-R_h^2} \quad \text{(2-48)}$$

dengan:

X_h = variabel bebas

R_h^2 = korelasi kuadrat dari X_h dengan variabel bebas lainnya

c) Uji Autokorelasi

Autokorelasi dimaksudkan untuk mengetahui apakah terjadi korelasi di antara data pengamatan atau tidak yang disusun menurut runtutan waktu. Adanya autokorelasi dapat mengakibatkan varian sampel tidak dapat menggambarkan varian populasinya (Priyatno, 2013, p.75). Untuk mendeteksi ada tidaknya autokorelasi dalam penelitian menggunakan uji *Durbin-Watson* dan *Run Test*.

- **Uji *Durbin-Watson***

Apabila nilai statistik *Durbin-Watson* mendekati angka 2 maka dapat dinyatakan bahwa data pengamatan tersebut tidak memiliki autokorelasi, dan sebaliknya maka dinyatakan terjadi autokorelasi. Persamaan uji Durbin Watson sebagai berikut (Suharjono, 2013, p.115):

$$d = \frac{\sum_{i=2}^{n}(e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{n} e_i^2} \quad \text{(2-49)}$$

dengan:

d = nilai *Durbin Watson*

e = variabel pengganggu

Hasil perhitungan *Durbin-Watson* nantinya akan dibandingkan dengan nilai DW kritis yang didapat dari tabel DW dapat dilihat pada **Lampiran 15**. Kemudian dapat diketahui apakah ada autokorelasi atau tidak dengan batas-batas berikut:

- Jika DW < dL atau DW > 4-dL berarti terdapat autokorelasi.

- Jika DW terletak antar dU dan 4-dU berarti tidak ada autokorelasi
- Jika DW terletak antara dL dan dU atau diantara 4-dU dan 4-dL maka tidak menghasilkan kesimpulan yang pasti.

➢ ***Run Test***

Apabila hasil uji autokorelasi dengan *Durbin-Watson* tidak menghasilkan kesimpulan yang pasti atau model regresi tidak meyakinkan, maka perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan *run test*. Uji ini merupakan bagian dari statistik non-parametrk yang bisa digunakan untuk menguji antar residualnya apakah terdapat korelasi yang tinggi atau tidak (Ghazali, 2011, p.120). Jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* menunjukkan lebih dari 0,05 maka tidak terdapat autokorelasi. Langkah-langkah pengujian run test dalam SPSS adalah sebagai berikut:

- Klik *Analyze* → *Regression* → *Linear*
- Pada kotak dialog *Linear Regression* masukkan masing-masing variabel independen dan dependennya,
- Klik tombol *save*,
- Beri centang pada *Unstandardiz*ed pada kotak *Residuals,* kemudian klik *Continue,*
- Setelah kembali ke kotak dialog sebelumnya maka klik OK.
- Hasil output SPSS akan muncul dan pada halaman *Data View* dan akan bertambah satu variabel residual (RES_1),
- Uji *Run Test* dengan klik *Analyze* → *Nonparametric Tests* → *Legacy Dialogs* → *Runs Test*
- Selanjutnya akan terbuka kotak dialog *Run Test*
- Masukkan variabel *Unstandardized Residua*l ke kotak *Test Variable List*. Pada *Cut Point*, pastikan terpilih *Median*. Jika sudah klik tombol OK.

d) Uji Heteroskedastisitas

Uji ini digunakan untuk mengecek apakah variasi residual sama atau tidak untuk sebuah pengamatan. Heteroskedastisitas menyebabkan penaksir atau estimator menjadi tidak efisien dan nilai koefisien determinasi akan menjadi sangat tinggi. Untuk mendekteksi ada tidaknya heteroskedastisitas yaitu dengan metode korelasi spearman’s rho dan metode pola titik-titik pada grafik (Priyatno, 2014, p.108).

- **Metode Korelasi Spearman's rho**

$$KP = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(dt)^2}{n^3 - n} \quad \text{.......... (2-50)}$$

$$t = KP\left[\frac{n-2}{1-KP^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{.......... (2-51)}$$

dengan :

KP = koefisien korelasi peringkat Spearman

n = jumlah data

dt = selisih Rt dangan Tt

Tt = peringkat dari waktu

Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala.

t = nilai hitung uji t

- **Metode Grafik**

Dasar kriteria dalam pengambilan keputusan yaitu:

- Jika ada pola tertentu seperti titik-tik yang ada membentuk suatu pola yang jelas, maka terjadi heteroskedastisitas
- Jika titik-titik menyebar dengan pola yang tidak jelas di atas dan dibawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak terjadi masalah heteroskedastisitas (Priyatno, 2014, p.113).

Metode grafik dapat dibuat dengan langkah-langkah berikut:

- Klik *Analyze* → *Regression* → *Linear*
- Kotak dialog *Linear Regression* akan muncul, dan masukkan masing-masing variabel bebas dan terikat ke dalam kotak
- Klik tombol *Plots*
- Klik *SRESID (*Studentized Residual*) dan masukkan ke kotak Y, kemudian klik *ZPRED (*Standardized Predicted Value*) dan masukkan ke kotak X. Kemudian klik tombol Continue untuk kembali ke kotak dilog sebelumnya
- Klik OK

2.7.2. Model Regresi Eksponensial

Dari pasangan data variabel hidrologi {(Xi, Yi); i = 1,2,...n} apabila dihitung dengan persamaan regresi eksponensial, maka modelnya adalah:

$$\hat{Y} = b \,.\, e^{aX} \quad \text{.......... (2-52)}$$

dengan:

$\hat{Y}$ = regresi eksponensial Y terhadap X, merupakan variabel tak bebas

X = variabel bebas

a,b = parameter

e = bilangan pokok logaritma asli, atau logaritma Napir = 2,7183

dengan: $Y_i > 0$

2.7.3. Model Regresi Berpangkat

Dari pasangan data variabel hidrologi {(Xi, Yi); i = 1,2,...n} apabila dihitung dengan persamaan regresi berpangkat, maka modelnya adalah:

$\hat{Y} = b \cdot e^{aX}$ ....(2-53)

Apabila persamaan diatas ditransformasikan kedalam persamaan linier fungsi (log) akan menjadi:

$\widehat{\log Y} = \log b\ X^a$ ....(2-54)

$\widehat{\log Y} = \log b + a \log X$ ....(2-55)

dengan: $Y_i > 0$ dan $X_i > 0$

2.7.4. Model Regresi Logaritmik

Dari pasangan data variabel hidrologi {(Xi, Yi); i = 1,2,...n} apabila dihitung dengan persamaan regresi logaritmik, maka modelnya adalah:

$\hat{Y} = b \cdot a \log X$ ....(2-56)

dengan:

$\hat{Y}$ = regresi Y terhadap X

X = variabel bebas, harus lebih besar dari nol

a,b = parameter

Persamaan diatas merupakan persamaan fungsi semi logaritmik antara Y dan log X, merupakan persamaan garis lurus dengan kemiringan (a) dan memotong sumbu Y di b.

2.7.5. Model Regresi Polinomial

Persamaan regresi polinomial orde ke m yang menyatakan hubungan dua variabel data hidrologi {(Xi, Yi); i = 1,2,...n} dapat disajikan sebagai berikut:

$Y = b0 + b1X + b_2X^2 + b_3X^3 + \dots b_mX^m$ ....(2-57)

Nilai: b_0, b_1, b_2, ... b_m dicari dengan:

$[n\ \sum X_i \sum X_i^2\ \dots \sum X_i^m]\ [b_0] = [\sum Y_i]$ ....(2-58)

$[\sum X_i\ \sum X_i^2 \sum X_i^3 \dots \sum X_i^{m+1}]\ [b_1] = [\sum X_i Y_i]$ ....(2-59)

$[\sum X_i^2 \sum X_i^3\ \sum X_i^4\ \dots \sum X_i^{m+2}]\ [b_2] = [\sum X_i^2 Y_i]$ ....(2-60)

$[\sum X_i^m \sum X_i^{m+1} \sum X_i^{m+2} \dots \sum X_i^{m+m}]\ [b_m] = [\sum X_i^m Y_i]$ ....(2-61)