

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Drainase

3.1.1 Pengertian Drainase

Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

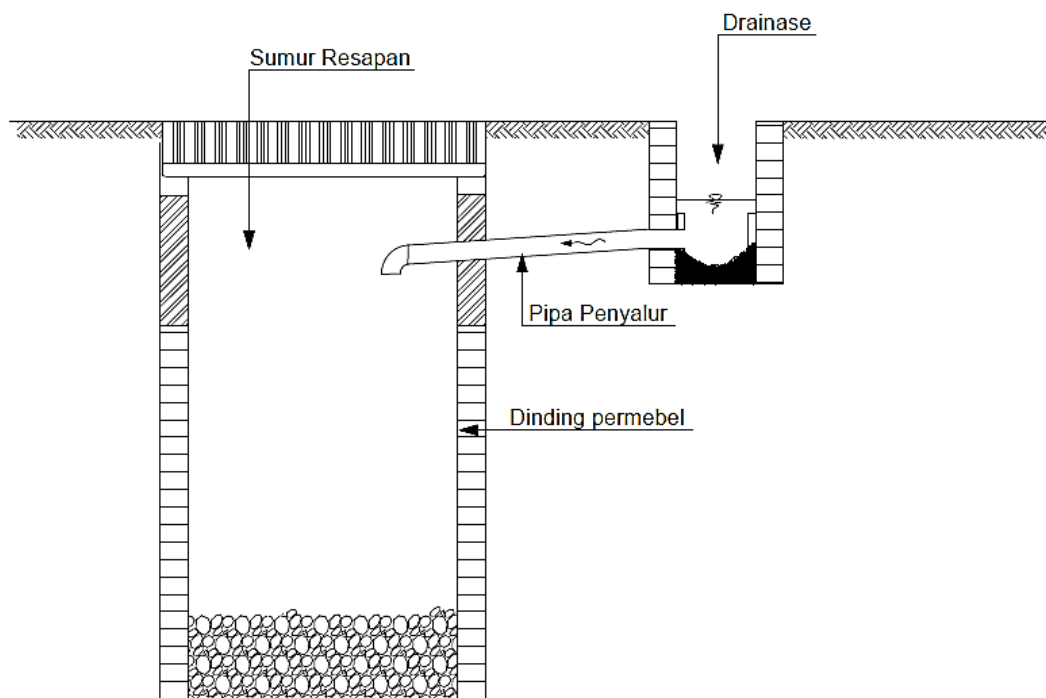
Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur yang sangat penting. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota atau wilayah dari genangan air. Genangan air menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan jorok, menjadi sarang nyamuk, dan sumber penyakit lainnya, sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan, dan kesehatan masyarakat.

3.1.2 Ekodrainase

Ekodrainase merupakan suatu konsep pengelolaan saluran drainase secara terpadu dan berwawasan lingkungan. Secara garis besar konsep tersebut menjadikan prasarana drainase di wilayah kota berfungsi sebagai pengelola/pengendali air permukaan (limpasan air hujan) sehingga tidak menimbulkan masalah genangan, banjir, dan kekeringan bagi masyarakat serta bermanfaat bagi kelestarian lingkungan hidup. Dalam konsep ekodrainase, air hujan tidak langsung dialirkan ke sungai namun diresapkan atau ditampung terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan dengan membangun sumur resapan dan kolam retensi. Selain itu, konsep ekodrainase juga dapat dilaksanakan secara terintegrasi

dengan penanganan sampah dan air limbah yang bertujuan memulihkan dan meningkatkan kualitas air saluran drainase perkotaan dari pencemaran yang disebabkan oleh sampah atau air limbah yang masuk ke dalam saluran drainase.

Menurut Sunjoto terdapat dua mazhab dalam ilmu drainase yaitu *Con-Water Mazhab* (Mazhab Nafi-Air) dan *Pro-Water Mazhab* (Mazhab Pro-Air). *Con-Water Mazhab* adalah teknik menyelesaikan genangan dengan membuang air secepatnya secara gravitasi ke daerah yang lebih rendah atau dengan pompa bila topografi tidak memungkinkan. *Pro-Water Mazhab* adalah teknik menyelesaikan genangan dengan meresapkan air hujan ke dalam tanah disekitar pemukiman secara individual maupun komunal. Proses terbentuknya dengan *artificial drainage* dengan letak bangunan berada di bawah permukaan (*subsurface drainage*). Fungsi dari dari mazhab ini hanya meresapkan air drainase permukaan (*surface drainage*) dan tidak menjadikan satu dengan resapan air limbah. Bangunannya berupa sumur resapan air hujan, parit resapan air hujan, dan tanaman peresap air hujan. Mazhab ini juga disebut dengan *Recharge System*. Berikut adalah sketsa dari drainase permukaan yang menggunakan Mazhab Pro-Air.



Gambar 3.1 Sketsa Drainase dengan Sumur Resapan

Dengan pemahaman tersebut maka konsep ekodrainase dan mazab Pro Air memiliki persamaan yaitu keduanya menyelesaikan genangan dengan meresapkan air hujan ke dalam tanah dengan menggunakan sumur resapan. Penelitian ini berdasarkan pada konsep tersebut.

3.2 Hidrologi

3.2.1 Pengertian Umum Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya, dan hubungan dengan lingkungan terutama dengan makhluk hidup (Bambang Triatmojo, 2008). Ilmu hidrologi dapat dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan berikut:

1. Memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras sehingga dapat direncanakan bangunan-bangunan untuk mengendalikannya, seperti pembuatan tanggul banjir, saluran drainase, gorong-gorong, jembatan, dan bangunan pengendali banjir lainnya.
2. Memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman sehingga dapat direncanakan bangunan untuk melayani kebutuhan tersebut.
3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air (mata air, sungai, danau) untuk dimanfaatkan guna berbagai keperluan seperti air baku (air untuk keperluan rumah tangga, perdagangan, dan industri), irigasi, pembangkit tenaga air, perikanan, peternakan, dan sebagainya.

Ilmu hidrologi lebih banyak berdasarkan pada pengetahuan empiris dari pada teoritis. Hal ini karena banyaknya parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, seperti kondisi klimatologi, kondisi lahan (daerah aliran sungai, DAS), tata guna lahan, kemiringan dan sebagainya. Banyaknya parameter tersebut mengakibatkan analisis hidrologi sulit diselesaikan secara analitis. Salah satu komponen utama dari analisis hidrologi adalah hujan. Hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi dan tidak dapat diketahui secara pasti seberapa besar hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu. Oleh karena itu, analisis hidrologi merupakan bidang yang kompleks yang disebabkan oleh ketidakpastian dalam hidrologi.

3.2.2 Pengujian Seri Data

Dalam pengukuran hujan sering dialami dua masalah. Permasalahan pertama adalah tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau pengamat data tidak mencatat data. Data yang hilang dapat diisi dengan nilai perkiraan. Masalah kedua adalah karena adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan selama suatu periode pencatatan, seperti pemindahan atau perbaikan stasiun. Berdasarkan kedua permasalahan tersebut perlu dilakukan pengujian seri data untuk mengetahui kelayakan data hujan yang dipakai. Pengujian seri data dapat berupa pemeriksaan konsistensi data. Pemeriksaan konsistensi data dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran data lapangan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini.

1. Spesifikasi alat penakar berubah.
2. Tempat alat ukur dipindah.
3. Perubahan lingkungan disekitar alat penakar

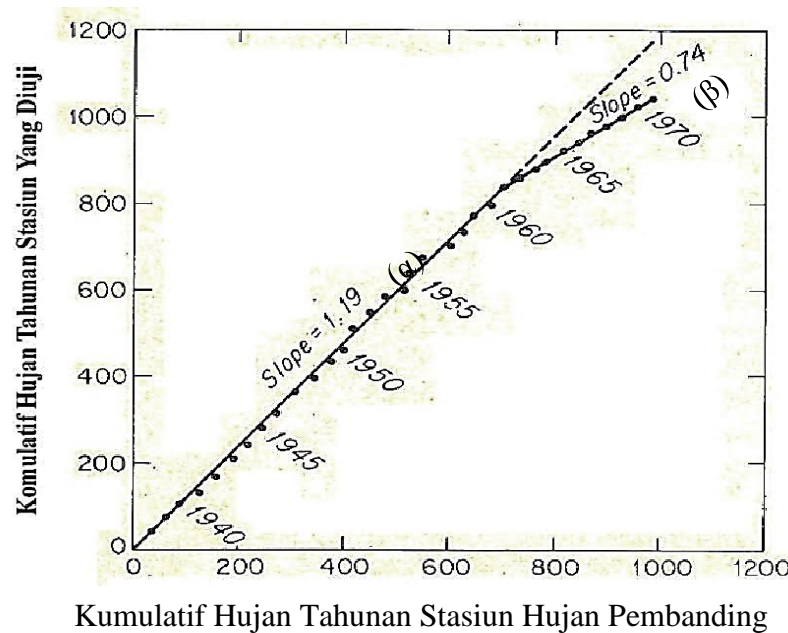
Pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Dalam metode ini nilai kumulatif seri data yang diuji dibandingkan dengan nilai kumulatif seri data dari stasiun referensi. Stasiun referensi dapat berupa rerata dari beberapa stasiun disekitarnya. Nilai kumulatif seri data digambarkan pada grafik sistem koordinat kartesius (X-Y). Kurva yang terbentuk kemudian diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan. Jika kurva berbentuk garis lurus artinya data A konsisten. Sebaliknya jika terjadi perubahan/patahan kemiringan bentuk kurva, artinya data A tidak konsisten dan perlu dilakukan koreksi (mengalikan atau membagi data sebelum atau sesudah perubahan/patahan) dengan faktor koreksi.

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{\beta}{\alpha} \quad (3.1)$$

dengan:

β = Kemiringan setelah patahan, dan

α = Kemiringan sebelum patahan.



Gambar 3.2 Sketsa Analisis Kurva Ganda Stasiun A dan B

3.2.3 Analisis Hujan Kawasan

Terdapat tiga metode yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan, yaitu rerata aljabar, poligon thiessen, isohyet. Dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah metode isohyet. Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pokok penakar hujan. Dengan kata lain asumsi pada metode Thiessen yang menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

1. Diplot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Digambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm. Namun, pada penelitian ini dipakai interval kontur 1 mm.
3. Dihitung luas area antara dua garis isohyet. Kalikan masing-masing luas area dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.
4. Dihitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \quad (3.2)$$

dengan:

P = Hujan rata-rata kawasan (mm),

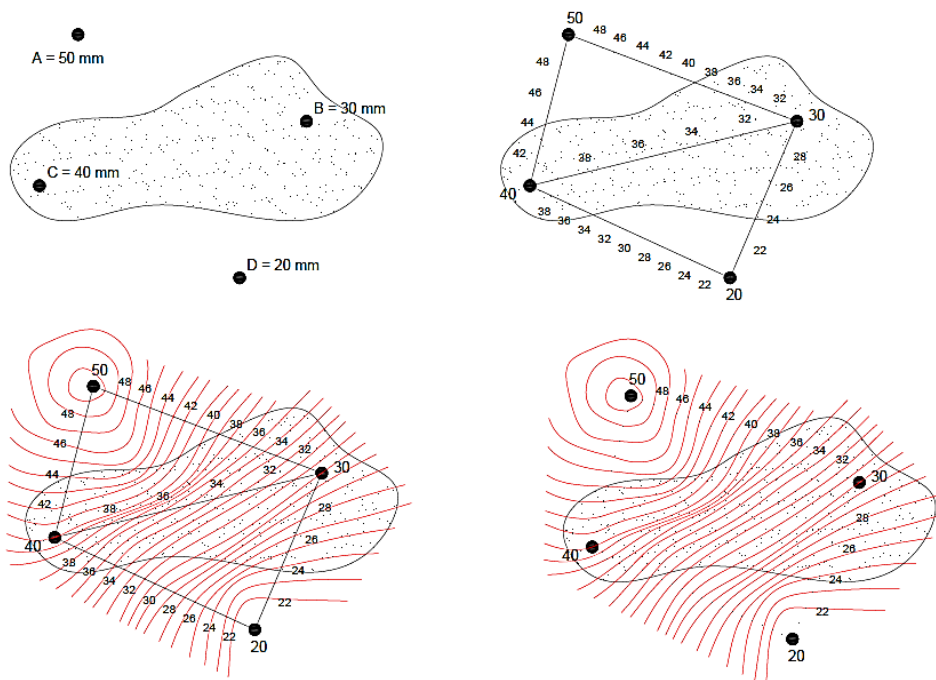
P_1 = Hujan pada garis isohyet 1 (mm),

P_n = Hujan pada garis isohyet n (mm),

A_1 = Luas area diantara garis isohyet 1 dan 2 (ha, km², m²), dan

A_{n-1} = Luas area diantara garis isohyet n-1 dan n (ha, km², m²).

Berikut adalah sketsa dari pembuatan hujan rerata kawasan metode isohyet.



Gambar 3.3 Metode Isohyet

Dalam menghitung hujan rerata kawasan metode isohyet, data hujan yang dipakai yaitu data hujan maksimum yang terjadi di semua stasiun dalam waktu yang sama. Namun, di lapangan hal itu sangat sulit untuk ditemukan karena hujan yang terjadi di setiap stasiun selalu berubah dan belum tentu mempunyai hujan

maksimum di hari yang sama. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendekatan dalam penyiapan data hujan harian guna mendapatkan hujan rerata tahunan. Untuk mendapatkan data hujan harian yang tepat maka dilakukan langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan data hujan harian pada tahun yang akan ditinjau dari beberapa stasiun di sekitar kawasan penelitian. Lokasi dari stasiun diusahakan mengelilingi kawasan penelitian. Jumlah minimal stasiun untuk dapat dilakukan analisis hujan kawasan adalah tiga stasiun. Contoh data hujan harian pada suatu stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hujan Harian Stasiun X

Tgl	HB	HO	J A M																							
			7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	01/	02/	03/	04/	05/	06/
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
1	26	14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	4	4	1,2	0,3	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	11	10,9	0	0	0	0	0	0	0	7,6	0	0	2,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
8	28	38	0	0	0	0	0	0	6,1	7,3	0,6	17,1	4	1,7	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	11	10,4	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	3	3	1,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	14,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0
11	55	15,4	0	0	0	0	0	0	1,2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	11,2	2,7	0	0	0	0	0	0	0
12	7	7,5	0	0	0	0	0	0	3	1,5	0,5	0,2	0	0	1,3	0,3	0	0,3	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0
13	10	9,6	0	0	0	0	0	0	4,2	3,6	0,6	0,2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	49	46	0	0	0	0	0	0	42,2	0	2,8	0,3	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
19	20	22,4	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7	2,6	6	3,4	1,8	1,6	1,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	66	53,3	0	0	0	0	0	30	21	1,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	26,7	0	0	0	0	0	0	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,9	0	0	0	0	0	0	0

Lanjutan Tabel 3.1 Data Hujan Harian Stasiun X

Jumlah	335	273,7
Rata-2	11,96	9,78
Maximum	66	53,3
Minimum	0	0
H.H	15	17

keterangan:

H.H = Jumlah hari hujan,

H.O = Hujan Otomatik,

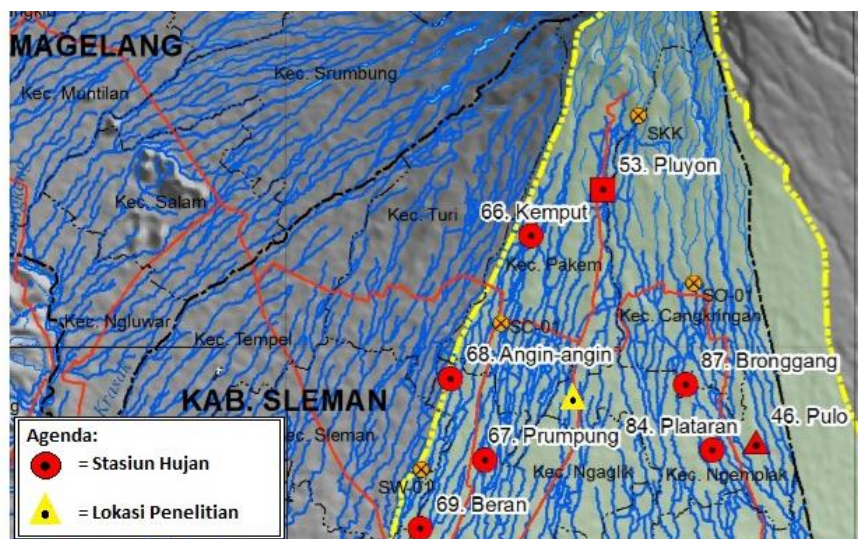
H.B = Hujan Biasa,

- = Tidak ada data, dan

* = Data hujan diragukan.

Hujan dalam mm (milimeter)

- Selanjutnya, dijumlahkan data hujan harian setiap stasiun Pada Gambar 3.4 terdapat enam stasiun yang mengelilingi lokasi penelitian yaitu stasiun Kempud, Angin-Angin, Bronggang, Prumpung, Plataran, dan Beran. Data hujan harian dari keenam stasiun tersebut dijumlahkan Contoh hasil penjumlahan dapat dilihat pada Tabel 3.2



Gambar 3.4 Peta Lokasi Stasiun Hujan dan Lokasi Penelitian


Tabel 3.2 Contoh Hasil Penjumlahan Hujan Harian Setiap Stasiun

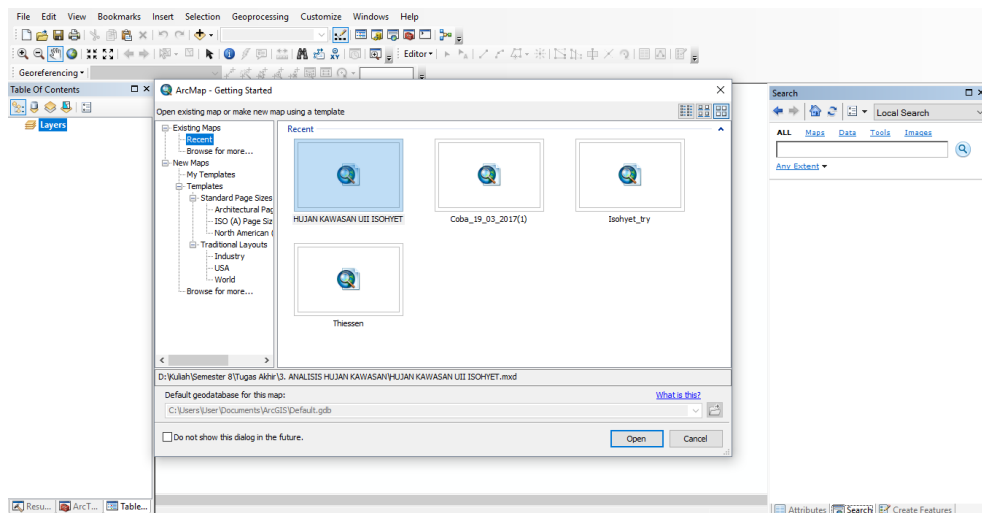
Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	56	120,5	122,5	98	59,5	9	0	0	0	0	0	17
2	159	0	120	105,5	106	6,2	0	0	0	0	0	110,5
3	241	2	144	125,4	47	5,2	0	0	0	0	0	32,6
4	70	4	31,5	13,5	33	0	0	0	0	0	15	70,5
5	16	30,5	129	16,5	9	0	0	0	0	0	5	76,5
6	0	4,5	119,5	5	0	0	0	0	0	0	11	9
7	54,4	33,5	183	34,5	0	3,3	0	0	0	0	151	315
8	0	268,5	0	1	0	18	0	0	0	0	12	496,5
9	10	62	156,5	5,5	1	4	0	0	0	0	16	60,5
10	0	204,5	61	6,5	0	1	0	0	0	0	234	85
11	49,5	169,5	245,5	23,5	0,5	0	0	0	0	0	7,5	125,5
12	368	123,5	314	166	30	0	0	0	0	0	5,5	89,5
13	261,5	44	1,5	47,5	9	0	0	0	0	0	15	15
14	134,5	137,5	136,5	75,5	0	0	0	0	0	0	54	379,15
15	102	0	27,5	17,5	0	0	0	0	0	0	0	266
16	12,5	49,5	0	16,5	0	0	0	0	0	0	0	40
17	71	114	0	9	0	0	0	0	0	0	2	152,5
18	250	112,5	0	306,5	0	0	0	0	0	0	78	69,5
19	57	262	69,5	0	0	0	0	0	0	0	1	39,5
20	4	0	25	198,5	0	0	0	0	0	0	28	136
21	75	0	219	55,5	0	0	0	0	0	0	55,5	44,5
22	151	0	52,5	406	0	0	0	0	0	0	75	29
23	120,5	279,5	94,5	163,5	0	0	0	0	0	0	1	42,5
24	20,5	8	94,5	161,5	2,5	0	0	0	0	0	62	54,5

3. Dari Tabel 3.2 didapatkan tiga nilai maksimum berturut-turut yaitu pada tanggal 8 Desember, 22 April, dan 14 Desember dengan nilai 496,5 mm, 406 mm, dan 379,5 mm. Pada masing-masing stasiun dicari nilai nilai hujan pada hari tersebut dan dilakukan analisis hujan rerata kawasan metode isohyet. Apabila terdapat 10 tahun hujan rerata kawasan maka analisis dilakukan minimal 30 kali perhitungan hujan rerata metode isohyet.

4. Perhitungan hujan rerata isohyet menggunakan aplikasi Arc-Gis ArcMap10.3.



Berikut ini adalah langkah-langkah mencari nilai hujan rerata kawasan dengan menggunakan Arc-Gis ArcMap 10.3.

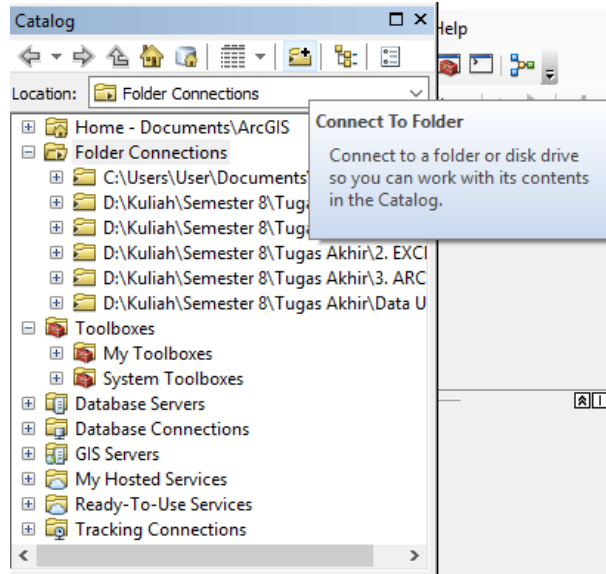
1. Dibuka ArcMap pada Arc-Gis 10.3 dengan ikon sebagai berikut .




Gambar 3.5 Tampilan Awal Arc-Gis 10.3

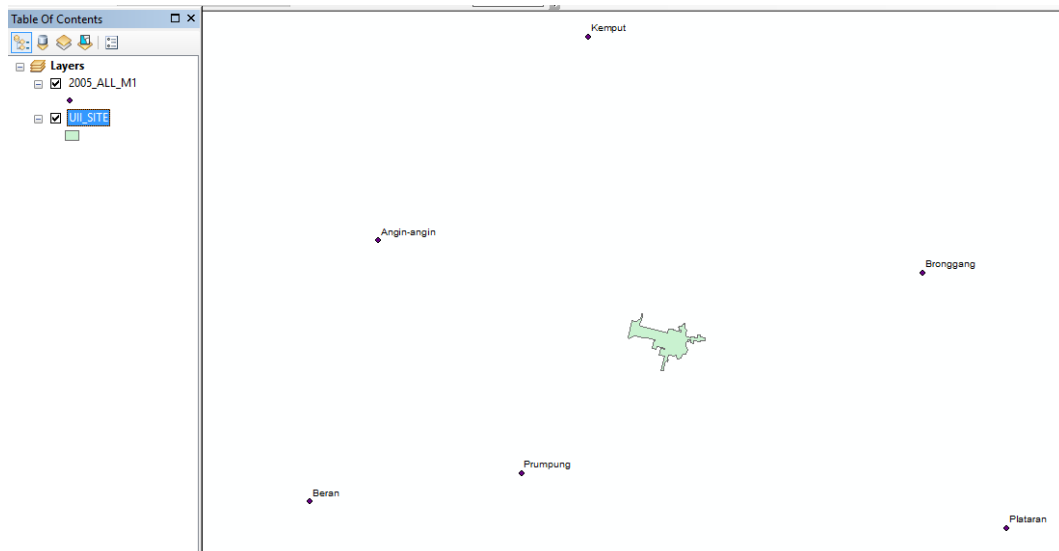
2. Apabila sudah pernah membuat file sebelumnya maka dapat dipilih file pada bagian *Recent* lalu pilih *Open*. Apabila ingin memuat file baru maka dapat memilih *Cancel*.

3. Dibuat *Catalog* pada ArcMap yang berguna sebagai jendela untuk mengakses atau mengatur data yang akan di input ke ArcMap. Dengan ikon sebagai berikut . Terletak pada sisi kanan atas ArcMap. Agar data dapat dimasukkan ke ArcMap maka perlu dilakukan koneksi folder. Untuk membuat *Folder Connection* maka pilih *Connect to Folder* dengan dengan ikon berikut , pilih folder tempat penyimpanan data untuk ArcMap.




Gambar 3.6 Membuat Catalog untuk ArcMap

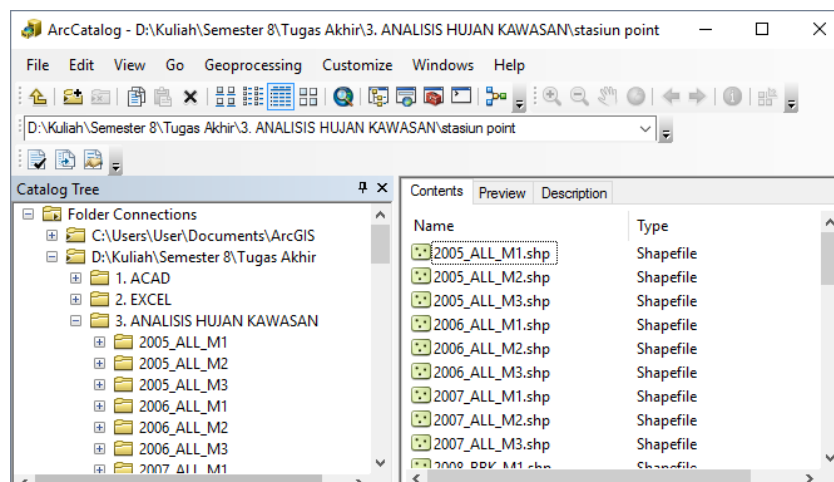
4. Dimasukkan file kawasan penelitian dan titik hujan dalam bentuk ekstensi *.shp* (*shapefile*) dengan cara *Add Data*  yang terletak pada kiri atas ArcMap. Apabila sudah masuk maka akan terlihat gambar sebagai berikut.



Gambar 3. 7 Tampilan Hasil Input Kawasan dan Titik Stasiun Hujan

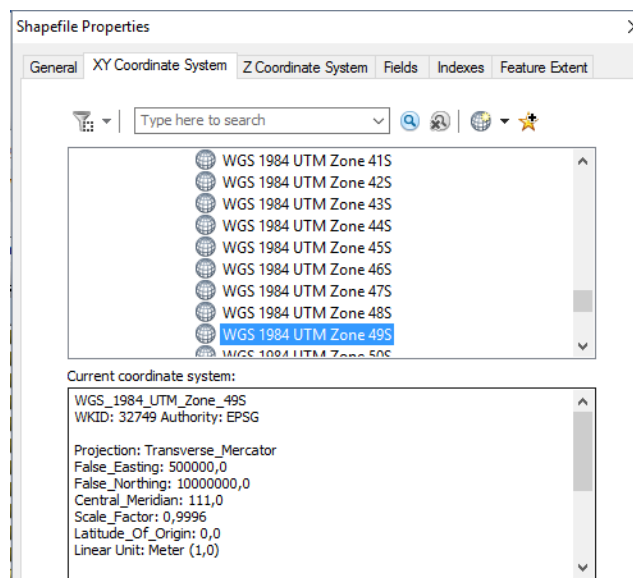
5. Dibuat file berekstensi *.shp* untuk kawasan penelitian menggunakan file dari Autocad yang berekstensi *.cad* dan di *Export* ke *.shp* dengan bantuan ArcMap. Pembuatan file *.shp* titik hujan stasiun dengan menggunakan file dari Excel

yang berekstensi .xls atau .xlsx dan di *Export* ke .shp dengan bantuan ArcMap. Semua file masukan baik kawasan ataupun titik hujan harus dalam satu sistem koordinat XY yang sama. Untuk mengatur koordinat dengan muka file dari ArcCatalog .



Gambar 3.8 Tampilan ArcCatalog 10.3

6. Dipilih file yang akan dimasukkan koordinat, klik kanan *Properties* lalu pilih *Project Coordinate System – UTM – WGS 1984 – Southern Hemisphere – WGS 1984 UTM Zone 49S – OK* atau dapat dipilih sesuai dengan zona daerah penelitian.



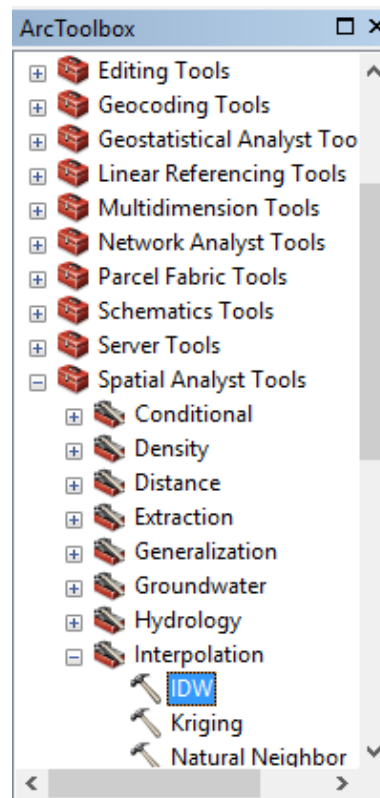
Gambar 3.9 Tampilan Pengaturan Sistem Koordinat XY

7. Untuk melihat data koordinat, klik kanan pada layer titik hujan lalu dipilih *Open Attribute Table*. Berikut data koordinat dan curah hujan pada masing-masing stasiun.

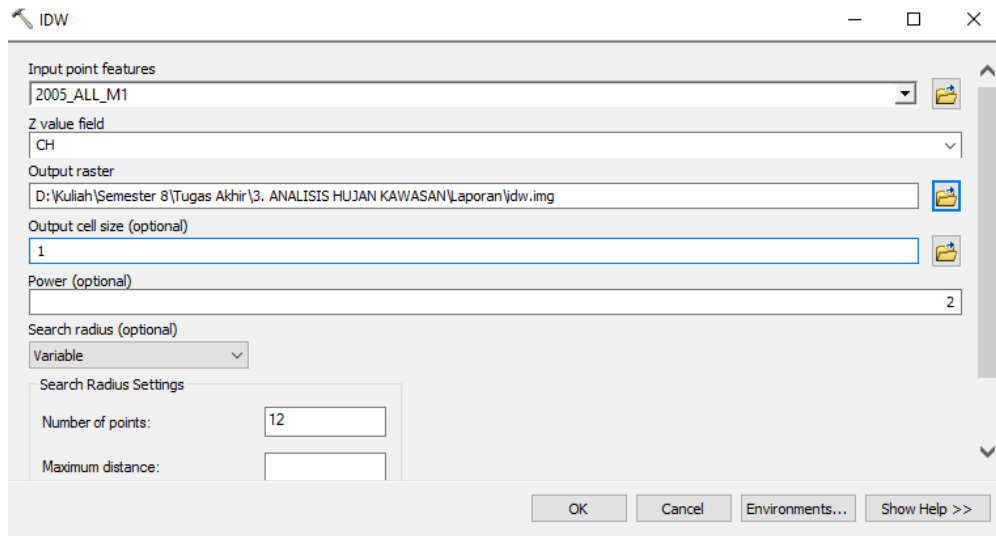
FID	Shape *	Stasiun	X	Y	CH
0	Point ZM	Angin-angin	430703	9151769	145
1	Point ZM	Beran	429608	9147606	62
2	Point ZM	Bronggang	439389	9151261	162
3	Point ZM	Kempot	434047	9155027	161
4	Point ZM	Plataran	440726	9147189	112
5	Point ZM	Prumpung	432987	9148060	29

Gambar 3. 10 Tampilan Data Koordinat dan Curah Hujan Stasiun

8. Dibuat *IDW* file berdasarkan data titik hujan. Dengan cara pilih *ArcToolbox – Spatial Analysis Tools – Interpolation – IDW* atau dengan mengetikkan *IDW* pada *Search* (Ctrl + F). Mengisi jendela *IDW* seperti pada Gambar 3.11.

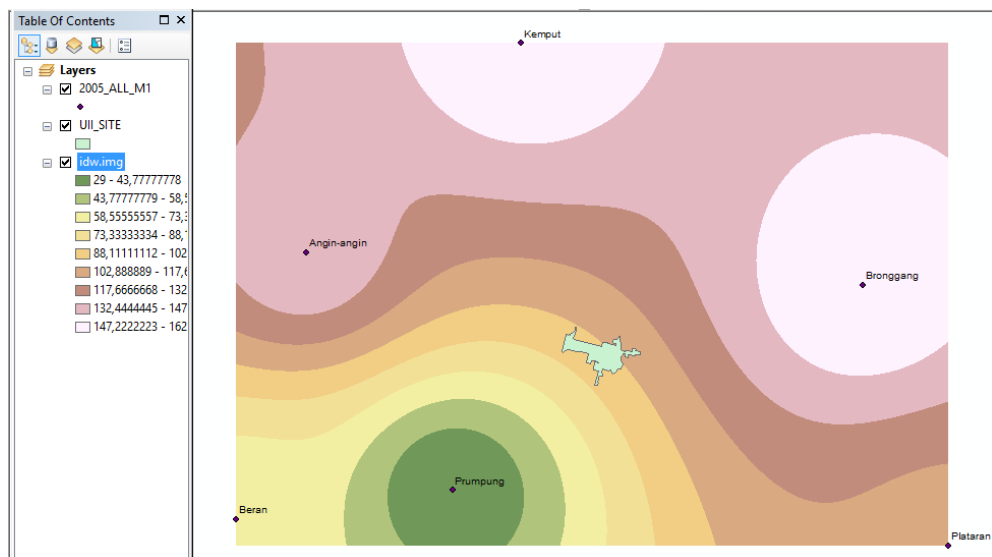


Gambar 3. 11 Tampilan Pilihan Tool IDW



Gambar 3.12 Tampilan Masukan pada *Tools IDW*

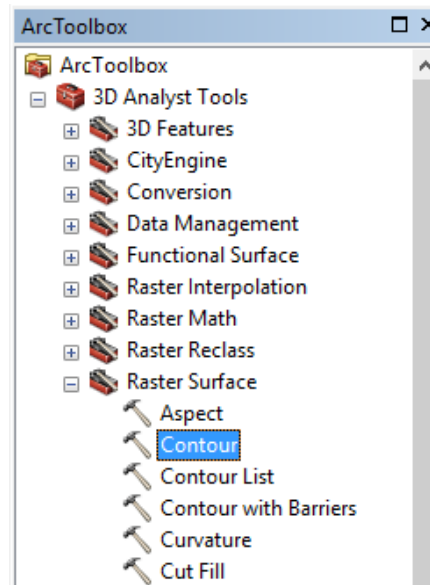
9. Pada *Input point* diisi titik hujan, *Z value field* diisi nama kolom yang berisi curah hujan stasiun, *Output raster* diisi tempat penyimpanan file IDW dengan menamahkan ekstensi *.img* pada saat penamaan file. Tunggu hingga muncul tampilan seperti pada Gambar 3.13.



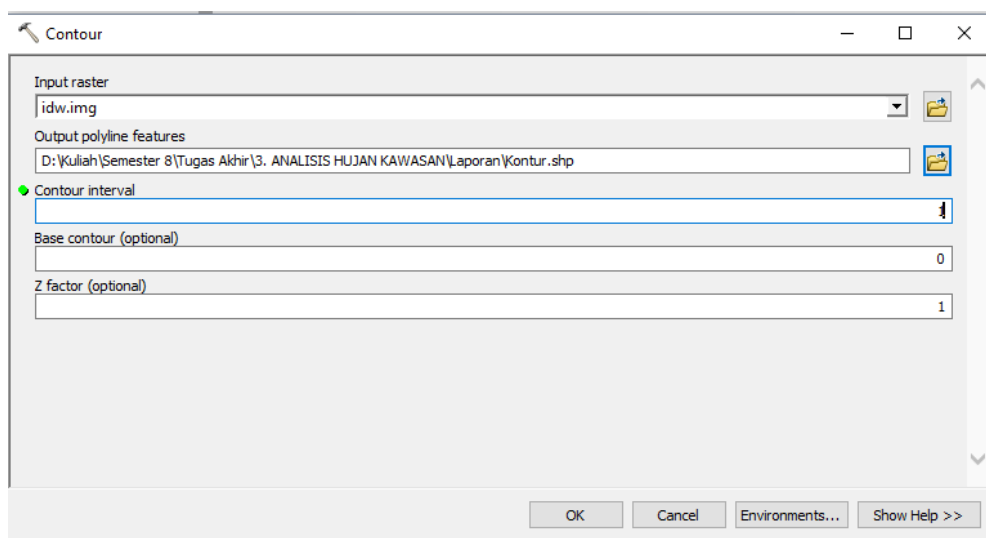
Gambar 3.13 Tampilan Hasil IDW

10. Dibuat kontur berdasarkan file *IDW* yang telah dibuat dengan cara pilih *ArcToolbox – 3D Analysis Tools – Raster Surface – Contour* atau dengan

mengetikkan *Contour* pada *Search* (Ctrl + F). Diisi jendela *Contour* seperti pada berikut.

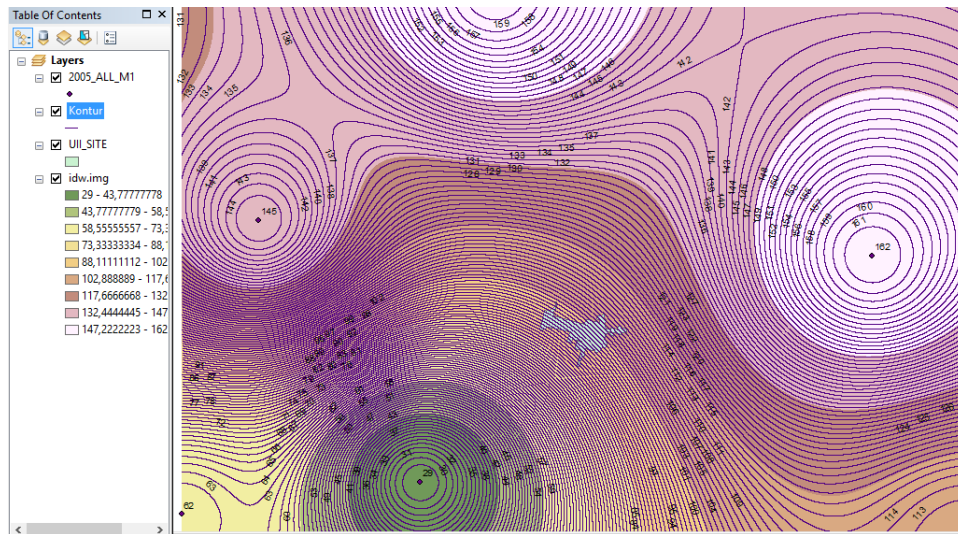


Gambar 3.14 Tampilan Pilihan *Tool Contour*



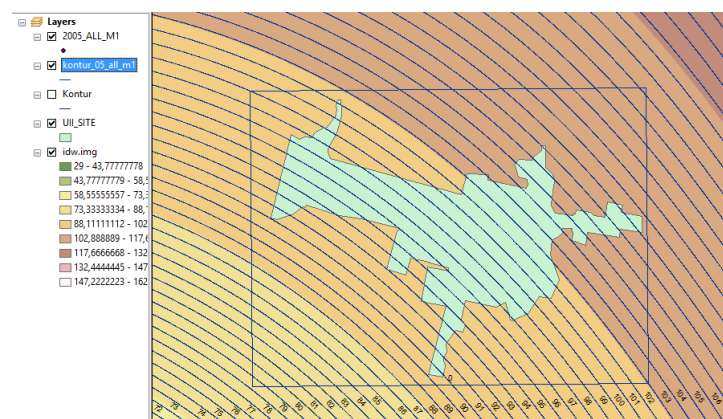
Gambar 3. 15 Tampilan Masukan pada *Tools Contour*

11. Pada *Input raster* diisikan file *idw.img*, *Output polyline feature* diisikan tempat penyimpanan file kontur, dan *Contour interval* diisikan 1 yang artinya jarak antar kontur yaitu 1 mm. Tunggu hingga muncul tampilan seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3. 16 Tampilan Hasil Contour

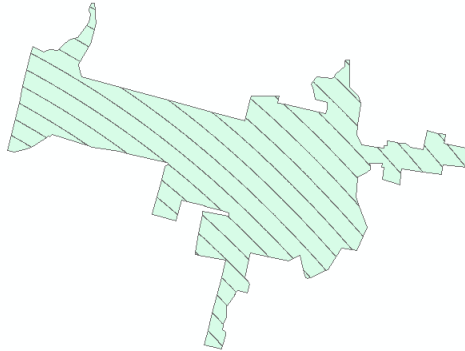
12. Dibuat garis yang mengelilingi kawasan penelitian dengan cara *editor- Start Editing* – pilih Kontur – *OK*. Pada *Create Feature* dipilih Kontur dan pada bagian *Construction Tools* pilih *Rectangle* – buat garis – *Stop Editing*. Langkah ini dilakukan agar kontur dapat diubah menjadi poligon. Syarat pembuatan poligon yaitu semua garis harus saling tertutup. Hasil dari langkah ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.17 Tampilan Pembuatan Garis pada Kontur

13. Dibuat kontur menjadi poligon dengan cara *Search* – ketik *Feature To Polygon*. Pada *Input Feature* pilih kontur dan *Output Feature* pilih lokasi penyimpanan data poligon.

14. Dibuat *Intersect* antara poligon kontur dengan kawasan penelitian. Hal ini bertujuan untuk pemotongan kontur agar sesuai dengan kawasan. Pilih *Geoprocessing* (pada *toolbar*) – *Intersect* – pada *input* pilih kontur poligon dan kawasan – pilih tempat penyimpanan – *OK*. *Uncheck* semua layers kecuali layer *intersect* maka akan terlihat tampilan Gambar 3.18.



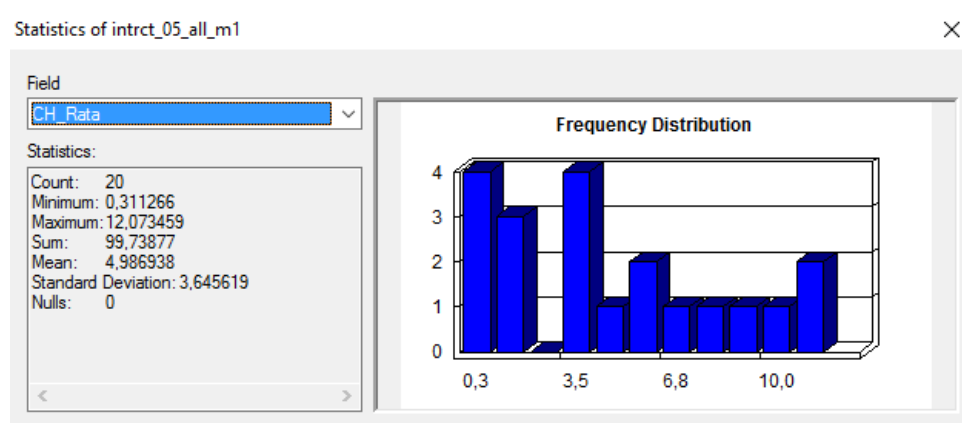
Gambar 3. 18 Hasil Intersect

15. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan hujan kawasan dengan klik kanan pada layer *intersect* – *Open Attribute Table*. Dibuat beberapa *field* seperti pada Gambar 3.19. Untuk menambahkan field yaitu dengan *Add Field* pada *Table Option*.

FID	Shape *	Id	Luas ha	Isohyet	CH Rata
0	Polygon	0	0,11056	90,5	0,311266
1	Polygon	0	0,212792	91,5	0,605704
2	Polygon	0	0,323105	92,5	0,929757
3	Polygon	0	0,535047	93,5	1,556283
4	Polygon	0	1,404771	94,5	4,129735
5	Polygon	0	2,222941	95,5	6,604137
6	Polygon	0	2,985878	96,5	8,963634
7	Polygon	0	3,760796	97,5	11,40694
8	Polygon	0	3,940132	98,5	12,073459
9	Polygon	0	3,263431	99,5	10,101416
10	Polygon	0	2,658204	100,5	8,310728
11	Polygon	0	2,269668	101,5	7,166598
12	Polygon	0	2,021541	102,5	6,446014
13	Polygon	0	1,657948	103,5	5,338215
14	Polygon	0	1,139667	104,5	3,704921
15	Polygon	0	1,175385	105,5	3,857601
16	Polygon	0	1,104534	106,5	3,65943
17	Polygon	0	0,633801	107,5	2,119561
18	Polygon	0	0,51642	108,5	1,743081
19	Polygon	0	0,208514	109,5	0,710288

Gambar 3. 19 Tampilan Tabel Hitungan Hujan Rerata Kawasan

16. Pada *field* Luas_ha untuk menampilkan luasan tiap bagian yaitu dengan klik kanan *field* Luas_ha – *Calculate Geometry* – pada *Property* pilih *Area* – pada *Unit* pilih *Hectares (Ha)* – OK. Pada *field* *Isohyet* masukkan data kontur rata-rata yang ada diantara tiap area dengan manual yaitu menggunakan *Editor*. Pada *field* CH_Rata untuk menghitung hasil rata-ratanya yaitu dengan klik kanan – *Field Calculator* – lalu dimasukkan persamaan untuk menghitung hujan rerata kawasan metode isohyet (persamaan 3.2).
17. Hasil dari analisis hujan kawasan metode isohyet dapat dilihat pada *field* CH_Rata – klik kanan – *Statistics*.



Gambar 3. 20 Hasil Perhitungan Hujan Rerata Kawasan Metode Isohyet

18. Pada gambar di atas hasil dapat dilihat pada *Sum*. Jadi, diperoleh hujan rerata kawasan metode isohyet didapatkan 99,739 mm.

3.2.4 Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian, misalnya frekuensi kejadian debit banjir besar adalah lebih kecil dibandingkan frekuensi debit-debit sedang atau kecil. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu yaitu 2, 5, dan 10 tahun. Pada persamaan 3.3 ditampilkan persamaan untuk menghitung hujan atau debit kala ulang tertentu.

$$X_T = \bar{X} + K_T \sigma \quad (3.3)$$

dengan:

X_T = Besarnya suatu kejadian dalam kala ulang T tahun,

\bar{X} = Data X rata-rata,

K_T = Faktor frekuensi (berdasarkan jenis distribusi), dan

σ = Standar deviasi data.

Nilai dari K_T atau faktor frekuensi tergantung dari jenis distribusi yang dipakai. Setiap distribusi mempunyai nilai K_T berbeda-beda.

3.2.5 Distribusi Probabilitas

Dalam analisis frekuensi terdapat beberapa distribusi probabilitas yaitu: gumbel, normal, log normal, dan log pearson tipe III. Penentuan jenis distribusi probabilitas disesuaikan dengan persyaratan parameter statistik seperti yang ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^3 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari data nilai diatas

Sumber: Bambang T (2008)

Parameter yang dibutuhkan dalam penentuan jenis distribusi probabilitas yang dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.4)$$

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

$$C_v = \frac{s}{\bar{X}} \quad (3.6)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3.7)$$

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (3.8)$$

dengan:

\bar{X} = Rata-rata data,

X_i = Data hujan atau debit ke-i,

n = Jumlah data,

s = Simpangan baku,

C_v = Koefisien variasi,

C_s = Koefisien skewness, dan

C_k = Koefisien kurtosis.

3.2.6 Uji Kecocokan Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Berikut ini adalah metode pengujian distribusi probabilitas, yaitu Metode *Chi-kuadrat* dan Metode *Smirnov-Kolmogorov*

1. Metode *Chi-kuadrat*

Uji *Chi-kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah sampel distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (3.9)$$

dengan:

- χ^2 = Parameter *Chi-Kuadrat* terhitung,
- N = Jumlah sub kelompok dalam satu group,
- O_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya, dan
- E_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

Nilai dari χ^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai χ_{cr}^2 (*Chi-Kuadrat* kritik) seperti pada Lampiran 3, untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan:

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (3.10)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (3.11)$$

dengan:

- DK = Derajat kebebasan,
- K = Banyaknya kelas,
- α = Banyaknya parameter, untuk uji *Chi-Kuadrat* adalah 2, dan
- n = Banyaknya data.

Prosedur perhitungan dengan menggunakan metode uji *Chi-Kuadrat* adalah sebagai berikut:

- a. Diurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya
- b. Dihitung jumlah kelas

- c. Dihitung derajat kebebasan dan *Chi-Kuadrat* kritik
- d. Dihitung kelas distribusi
- e. Dihitung interval kelas
- f. Dihitung nilai χ^2
- g. Dibandingkan nilai χ^2 terhadap χ_{cr}^2 . Nilai dari χ_{cr}^2 dapat dilihat pada lampiran.

2. Metode *Smirnov-Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini dengan melakukan plotting gambar hubungan antara probabilitas (sumbu X) dan besaran hujan/debit/data (sumbu Y) pada kertas probabilitas. Berikut adalah persamaan yang dipakai untuk mencari probabilitas data:

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (3.12)$$

$$T = \frac{1}{P} \quad (3.13)$$

dengan:

P = Probabilitas,

T = Periode ulang,

m = Nomer urut, dan

n = Jumlah data.

Kertas yang dipakai untuk setiap distribusi berbeda-beda. Kertas tersebut dibedakan menjadi kertas probabilitas distribusi normal, kertas probabilitas distriusi log-normal dan Log Pearson III, dan kertas probabilitas distribusi Gumbel. Dari gambar pada kertas probabilitas dicari jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva teoritis. Jarak pengimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} . Nilai Δ_{maks} harus lebih kecil dari Δ_{kritik} . Nilai dari Δ_{kritik} dapat dilihat pada lampiran.

3.2.7 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Diperlukan data hujan jangka pendek, misal 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, tetapi hanya terdapat data hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan persamaan *Mononobe* sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (3.14)$$

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam),

t = Durasi hujan (jam), dan

R₂₄ = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

Nilai dari R₂₄ didapatkan dari hujan rancangan pada kala ulang 2, 5, dan 10 Tahun. Dalam hal ini nilai dari durasi hujan (t) sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Waktu konsentrasi yaitu waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Waktu konsentrasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (3.15)$$

dengan:

t_c = Waktu konsentrasi (jam),

L = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km), dan

S = Kemiringan rata-rata saluran utama.

Waktu konsentrasi dapat juga dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (t_o) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran (t_d). Berikut adalah persamaan yang dipakai.

$$t_c = t_o + t_d \quad (3.16)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \quad \text{menit} \quad (3.17)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad \text{menit} \quad (3.18)$$

dengan:

n = Angka kekasaran Manning,

S = Kemiringan lahan,

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m), dan

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik).

3.2.8 Debit Puncak dengan Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Metode ini mudah penggunaannya tetapi hanya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al,1986). Persamaan matematik metode Rasional dinyatakan sebagai berikut ini.

$$Q = 0,002778 C.I.A \quad (3.19)$$

dengan:

Q = Laju aliran permukaan (debit) puncak ($m^3/detik$),

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$),

I = Intensitas hujan (mm/jam), dan

A = Luas DAS (ha).

Faktor yang mempengaruhi koefisien limpasan lahan adalah laju infiltrasi tanah, prosentasi lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Koefisien limpasan lahan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Berikut adalah nilai dari koefisien lahan yang ditampilkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Diskripsi lahan/karakter permukaan		Koefisien aliran, C
Business		
1	Perkotaan	0,70 – 0,95
2	Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan		
1	Rumah tunggal	0,30 – 0,50
2	Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
3	Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
4	Perkampungan	0,25 – 0,40
5	Apartemen	0,50 – 0,70
Industri		
1	Ringan	0,50 – 0,80
2	Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan		
1	Aspal dan beton	0,70 – 0,95
2	Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap		0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir		
1	Datar 2%	0,05 – 0,10
2	Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
3	Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat		
1	Datar 2%	0,13 – 0,17
2	Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
3	Curam, 7%	0,25 – 0,35

Sumber: Suripin (2004)

3.3 Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Analisis kapasitas saluran drainase eksisting dilakukan untuk mengetahui kondisi saluran drainase eksisting pada saat hujan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Berikut adalah persamaan yang dipakai untuk mencari kapasitas saluran drainase.

$$Q = A \times V \quad (3.20)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.21)$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} \quad (3.22)$$

dengan:

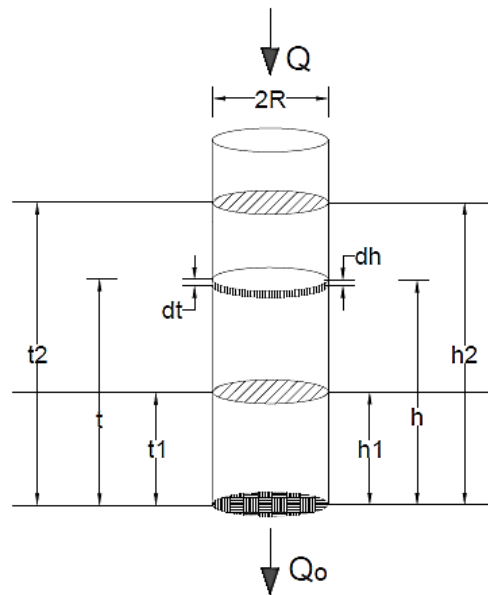
- Q = Debit pada saluran (m³/detik),
- V = Kecepatan aliran saluran (m/detik),
- A = Luas penampang basah saluran (m²),
- n = Kekasaran Manning,
- R = Radius hidraulik (m),
- S = Kemiringan memanjang saluran,
- L = Panjang saluran (m), dan
- Δh = Perbedaan tinggi hulu ke hilir (m).

3.4 Hidraulika Sumur Resapan

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988). Terdapat beberapa asas yang dibangun Sunjoto (1988) untuk membangun formula sumur resapan.

1. Debit air masuk ke dalam sumur diasumsikan konstan sama dengan Q. Hal tersebut sesuai dengan keadaan fisik yaitu dalam durasi hujan akan terjadi debit dari atap yang masuk ke dalam sumur.
2. Debit keluar (meresap) adalah sama dengan faktor geometrik kali koefisien permeabilitas fungsi ketinggian air dalam sumur $Q_o = F K h$ (Forchheimer, 1930)

Berikut adalah skema aliran dalam sumur menurut Sunjoto (1988).



Gambar 3.21 Skema Aliran dalam Sumur

Sedangkan penurunan formula tersebut adalah sebagai berikut.

Debit yang meresap dinyatakan dengan Q_o

$$Q_o = F K h \quad (3.23)$$

Volume air pada suatu keseimbangan adalah selisih debit masuk dan keluar fungsi waktu yaitu:

$$d_v = (Q - Q_o) dt$$

$$d_v = (Q - FK h) dt \quad (3.24)$$

Volume air tersebut dapat dihitung juga sebagai luas sumur kali ketebalan air yaitu:

$$d_v = S dh \quad (3.25)$$

$$S = \pi R^2$$

Persamaan (3.24) dan (3.25) diselesaikan dengan cara integrasi didapatkan hasil berikut.

$$S dh = (Q - FK h) dt$$

$$dt = \frac{S dh}{Q - FK h}$$

$$t = \int \frac{S \, dh}{\frac{Q}{FK} - h}$$

Hasil integrasinya adalah sebagai berikut.

$$T = -\frac{S}{FK} \left(\ln \left(\frac{Q}{FK} - H \right) - \ln \frac{Q}{FK} \right)$$

$$-\frac{FKT}{S} = \ln \left(1 - \frac{FKH}{Q} \right)$$

$$1 - \frac{FKH}{Q} = e^{-\frac{FKT}{S}}$$

$$1 - \frac{FKH}{Q} = e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}$$

Dengan demikian didapatkan persamaan sebagai berikut ini.

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right) \quad (3.26)$$

dengan:

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor Geometrik (m),

Q = Debit air masuk (m³/detik),

T = Waktu pengaliran (detik),

K = Koefisien permeabilitas tanah (m/detik), dan

R = Jari-jari sumur (m).

Kedalaman efektif sumur resapan dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur berada di bawah muka air tanah dan diukur dari dasar sumur bila muka air tanah berada di bawah dasar sumur.

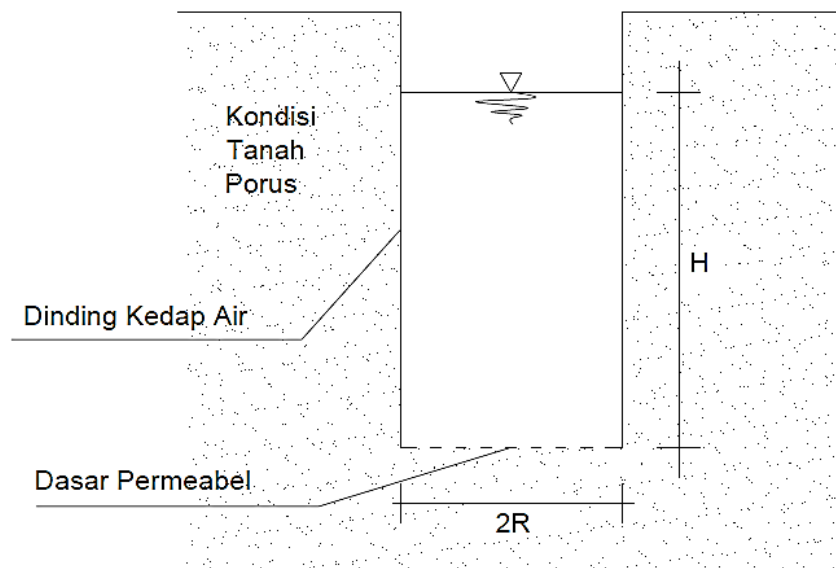
3.4.1 Debit Air Masuk (Q)

Debit air yang masuk pada sumur resapan berasal dari debit limpasan air hujan pada saluran drainase eksisting. Debit tersebut dicari dengan menggunakan metode Rasional pada kala ulang 2, 5, dan 10 Tahun. Berikut adalah langkah yang harus dilakukan untuk mencari debit masukan pada sumur resapan.

1. Ditentukan dimensi saluran drainase eksisting dengan pengukuran langsung dilapangan
2. Ditentukan kemiringan saluran drainase eksisting dengan melihat peta kontur.
3. Dihitung debit hujan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun dengan metode Rasional.
4. Debit pada tiap saluran dapat berbeda-beda. Debit yang dipakai dalam perencanaan sumur resapan yaitu debit kala ulang 5 tahun.
5. Dilakukan pengecekan kinerja sumur resapan pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun.

3.4.2 Faktor Geometrik (F)

Faktor Geometrik adalah suatu harga yang mewakili dari bentuk ujung sumur, tampang, radius, kededapan dinding serta perletakan dalam lapisan tanah. Setiap kondisi dari sumur mempunyai nilai faktor geometrik yang berbeda-beda. Kondisi sumur yang direncanakan pada penelitian ini yaitu kondisi dengan resapan terletak pada tanah yang seluruhnya porus dengan dinding sumur resapan kedap air dan dasar sumur rata permeabel. Kondisi ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.22 Sketsa Kondisi Sumur Rencana

Nilai faktor geometrik pada kondisi diatas dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$F = 5,5R \quad (3.27)$$

dengan:

F = Faktor geometrik (m),

R = Jari-jari sumur (m), dan

H = Kedalaman dinding sumur kedap air dari muka tanah (m).

3.4.3 Koefisien Permeabilitas Tanah (K)

Untuk mencari nilai permeabilitas tanah berpedoman pada SNI 03 – 3968 – 1995 tentang Metode Pengukuran Kelulusan Air pada Tanah Zone Tak Jenuh dengan Lubang Auger. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pengukuran kelulusan air pada tanah zone tak jenuh. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mendapatkan nilai kelulusan air pada zone tak jenuh. Tanah zone tak jenuh adalah lapisan tanah yang berada di atas muka air tanah sehingga sebelum dilakukan pengukuran perlu diketahui kedalaman dari muka tanah di lokasi penelitian.

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan pengukuran:

1. Kelembaban tanah sekeliling lubang harus pada keadaan kapasitas lapangan untuk tanah yang bersangkutan.
2. Sifat-sifat tanah secara tegak dalam kolom pengukuran dianggap homogen dan isotropis.
3. Aliran air dalam pori tanah dianggap laminar.

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran harus memenuhi ketentuan teknis yang berlaku adalah sebagai berikut ini.

1. Auger dapat berupa auger tangan atau auger mesin dengan panjang stang disesuaikan kebutuhan.
2. Alat pencatat waktu dengan ketelitian 0,5 detik.
3. Alat pengukur surutan muka air dengan ketelitian 0,1 cm. Alat yang dipakai adalah *water level meter*.
4. Semua alat ukur harus dikalibrasi, tergantung pada ketentuan jenis alatnya dan atau pada saat diperlukan.

Lubang pengukuran untuk mengukur kelulusan air pada zone tak jenuh dengan *Inversed Auger Hole* perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Lubang pengukuran dengan diameter maksimum 25 cm.
2. Kedalaman lubang pengukuran tidak mencapai muka air tanah.
3. Lubang pengukuran tidak terpengaruh oleh sumber air permukaan.
4. Kelembaban tanah sekeliling lubang pengukuran harus pada keadaan kapasitas lapangan.
5. Lubang dibuat pada tanah yang stabil tidak mudah longsor.

Persamaan yang dipakai dalam perhitungan pengukuran kelulusan air pada tanah zone tak jenuh dengan menggunakan lubang Auger adalah sebagai berikut:

$$K = 1,15 \cdot r \cdot a \quad (3.28)$$

dengan:

K = Nilai kelulusan tanah (cm/jam),

r = Jari-jari lubang pengukuran (cm), dan

a = Koefisien.

untuk mendapatkan nilai a dapat dilakukan dua cara pada persamaan 3.29 menggunakan cara grafis, sedangkan persamaan 3.30 menggunakan cara analitis.

$$a = \frac{\log\left(h(t_m) + \frac{r}{2}\right) - \log\left(h(t_n) + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_m} \quad (3.29)$$

$$a = \frac{N(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(Y_i)}{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (3.30)$$

dengan:

r = Jari-jari sumur (cm),

$h(t_i)$ = Ketebalan air dalam sumur pada waktu t_i (cm),

a = Koefisien arah dari garis regresi antara $\log\left(h(t_i) + \frac{r}{2}\right)$ dengan t_i ,

N = Jumlah data,

$$\begin{aligned}
 Y_i &= \text{Log} \left(h(t_i) + \frac{r}{2} \right), \\
 X_i &= t_i, \text{ dan} \\
 t_i &= \text{Waktu sejak mulai pengujian sampai pada pengamatan ke-}i \text{ (detik).} \\
 h(t_i) &= D - H(t_i) \tag{3.31}
 \end{aligned}$$

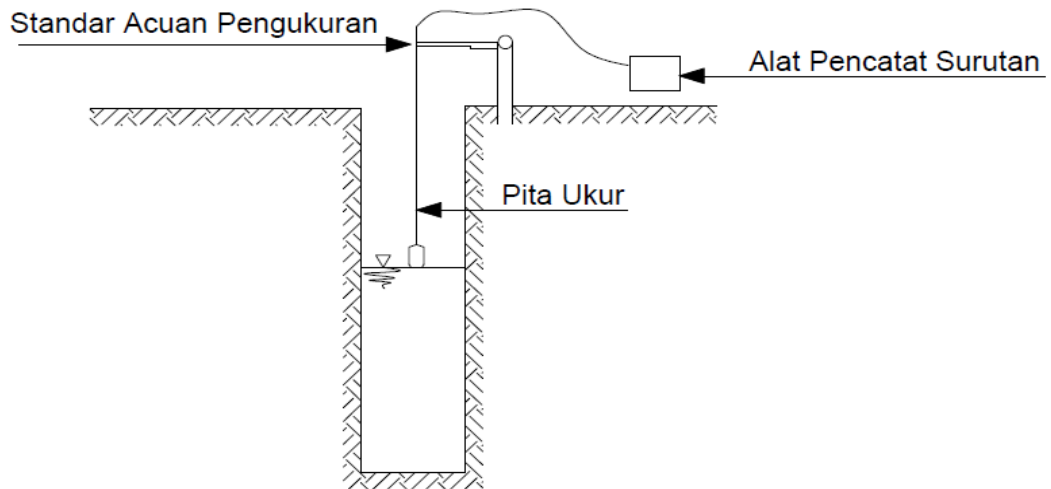
dengan:

D = Ketinggian standar acuan pengukuran dari dasar sumur (cm), dan

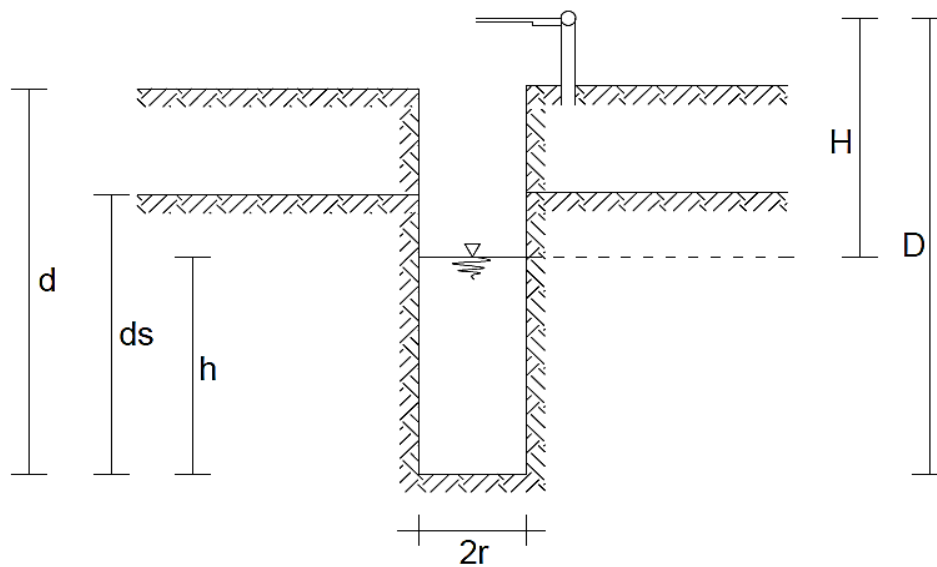
$H(t_i)$ = Data pengukuran pada waktu ke- i (cm).

Apabila lokasi dan peralatan sudah siap maka langkah selanjutnya adalah memulai persiapan pengukuran, pengukuran, perhitungan, penggambaran dan interpretasinya sebagai berikut.

1. Dikerjakan persiapan pengukuran dengan urutan sebagai berikut ini.
 - a. dibuat lubang dengan menggunakan auger sampai kedalaman yang akan diukur sambil amati contoh tanah dari lubang tersebut.
 - b. Dibuat lubang lain untuk pengukuran masing-masing lapisan jika terdapat dua atau lebih lapisan tanah yang diduga mempunyai sifat yang berbeda.
 - c. Diisi sumur tersebut dengan air sampai penuh, jika air telah habis kemudian isi kembali sampai beberapa kali supaya kelembaban tanah disekeliling sumur mendekati keadaan jenuh.
 - d. Dipasang alat ukur surutan muka air tanah pada titik tetap pengukuran di lubang yang akan diukur, contoh dapat dilihat pada gambar berikut..



Gambar 3.23 Sketsa Pemasangan Peralatan Pengujian



Gambar 3.24 Dimensi pada Sumur Resapan

dengan:

d = Kedalaman sumur dari muka tanah (cm),

ds = Ketebalan lapisan tanah yang diuji (cm),

h = Ketebalan kolom air dalam sumur (cm),

H = Muka air dari standar acuan pengukuran (diukur) (cm),

D = Ketinggian standar acuan dari dasar sumur (cm), dan

r = Jari-jari sumur (cm).

- e. diukur ketinggian titik tetap pengukuran dari muka tanah dan dasar sumur, kedalaman dan diameter sumur, catat nomor lokasi, tanggal dan jam pengukuran, keadaan tanah, cuaca, vegetasi.
2. Dikerjakan pengukuran dengan urutan sebagai berikut ini.
 - a. Diisi sumur dengan air sampai ketinggian sesuai dengan ketebalan lapisan tanah yang akan diuji (d_s) dan dihidupkan alat pengukur waktu.
 - b. Diukur waktu (t_i) dalam menit atau detik dan $H(t_i)$ dalam cm tiap surutan mencapai 1 atau 2 atau 5 cm tergantung dari ketebalan lapisan tanah yang diukur dan kecepatan penurunan muka air. Ditetapkan (t_i) misal tiap 1 menit atau 2 menit dan dibaca nilai $H(t_i)$. Dicatat dalam formulir pengukuran.
 - c. Dihentikan pengukuran jika muka air telah mencapai dasar lubang.
 - d. Diulangi langkah a sampai c sebanyak 2 atau 3 kali tergantung dari kelembaban dan tekstur tanah tempat pengukuran.
3. Dikerjakan perhitungan dengan urutan sebagai berikut ini.
 - a. Dihitung ketebalan air sumur tiap pengukuran dengan menggunakan persamaan (3.30), hasilnya tambah dengan $r/2$.
 - b. Gambarkan berupa titik-titik dengan semua nilai ($h(t_i) + r/2$) pada sumbu tegak skala logaritmik dan waktu (t_i) pada sumbu mendatar skala normal, tarik garis lurus yang menggambarkan titik-titik tersebut dan ditentukan koefisien arah garis a dengan menggunakan persamaan (3.29).
 - c. Dilakukan perhitungan regresi untuk mendapatkan koefisien a jika persamaan (3.29) tidak mungkin dilaksanakan, dengan menggunakan persamaan (3.30).
 - d. Dimasukkan nilai koefisien a yang didapatkan pada persamaan (3.28).
4. Dicatat hasil perhitungan kelulusan air pada tanah zone tak jenuh

3.5 Efektifitas Ekodrainase

Perubahan debit ke badan sungai sebelum dan sesudah adanya sumur resapan menjadi dasar nilai efektifitas ekodrainase. Setelah adanya sumur resapan maka debit yang mengalir ke badan sungai akan lebih kecil dari sebelumnya. Hal

tersebut dikarenakan sebagian debit teresap masuk ke sumur resapan. Nilai dari efektifitas ekodrainase merupakan perbandingan antara debit yang teresap sumur resapan dengan debit drainase sebelum adanya sumur resapan. Debit tersebut dihitung berdasarkan pada bagian titik kontrol saluran drainase. Berikut adalah persamaan dari nilai efektifitas ekodrainase.

$$Q_{\text{teresap}} = Q_{\text{sebelum}} - Q_{\text{setelah}}$$

$$E_{\text{eff}} = \frac{Q_{\text{teresap}}}{Q_{\text{sebelum}}} \times 100\% \quad (3.32)$$

dengan:

E_{eff} = Efektifitas ekodrainase

Q_{teresap} = Debit yang meresap ke sumur (m^3)

Q_{sebelum} = Debit awal sebelum adanya sumur resapan (m^3)

Q_{setelah} = Debit setelah adanya sumur resapan (m^3)