

POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI KOTA MANADO DAN SEKITARNYA

Haniedo P. Salem

Jeffrey S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: haniedo.salem@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam analisis debit banjir rencana dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis, dibutuhkan hujan jam-jaman sebagai masukan. Untuk membuat hujan rencana harian menjadi hujan jam-jaman dibutuhkan pola distribusi hujan jam-jaman. Hingga saat ini Kota Manado belum memiliki pola distribusi hujan jam-jaman, dengan demikian penelitian tentang pola distribusi hujan jam-jaman sangat penting untuk dilakukan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengamati dan mencermati setiap kejadian hujan yang terjadi berdasarkan data pengukuran hujan jam-jam yang diperoleh dari pos-pos hujan yang tersedia (Observed) yang kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus-rumus statistik untuk mendapatkan persentase bobot massa hujan setiap jamnya.

Dari hasil penelitian didapatkan pola distribusi hujan jam-jaman Kota Manado dan sekitarnya dimana, hujan terjadi selama 8-10 jam dengan distribusi jam-jaman; 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh, dan 3% di jam kedelapan. Untuk pola distribusi hujan 9 dan 10 jam distribusi hujan yang terjadi hanya berbeda pada jam kedelapan, sembilan dan sepuluh dengan bobot masing-masing 1%.

Kata Kunci: pola hujan, distribusi jam-jaman, Manado.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam sebuah perencanaan bangunan air, salah satu data yang dibutuhkan adalah data debit rencana. Besar kecilnya nilai debit rencana akan menentukan besar kecilnya dimensi hidrolis dari suatu bangunan air yang akan direncanakan.

Untuk mendapatkan nilai debit rencana dibutuhkan data debit di sungai yang ditinjau dengan ketersediaan data debit minimal 20 tahun. Dari data debit tersebut, maka nilai debit rencana dapat diketahui dengan menggunakan analisis frekuensi debit. Namun data debit di sungai sangat jarang didapatkan dikarenakan kurang tersedianya alat pengukur debit otomatis di sungai-sungai.

Apabila tidak tersedia data debit, maka debit rencana dapat dihitung dengan mentransformasi data curah hujan menjadi data aliran. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian maksimum yang terdapat di stasiun-stasiun pengamat hujan yang tersebar di dalam DAS atau di sekitar DAS. Dari data curah hujan tersebut akan didapatkan hujan rencana dengan menggunakan analisis frekuensi hujan, selanjutnya bisa didapatkan nilai debit rencana

dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya dengan dengan Hidrograf Satuan Sintesis. Untuk mendapatkan nilai debit rencana dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis, maka hujan rencana harus terlebih dahulu dirubah menjadi pola distribusi hujan jam-jaman. Pola hujan jam-jaman yang terbaik adalah pola hujan jam-jaman daerah penelitian.

Hingga saat ini Kota Manado belum memiliki pola distribusi hujan jam-jaman, sehingga dalam perencanaan-perencanaan bangunan air di Kota Manado masih menggunakan pola distribusi hujan jam-jaman umum atau pola distribusi hujan jam-jaman dari daerah lain. Hal ini akan berpengaruh pada akurasi data debit rencana yang dihasilkan karena pola distribusi hujan jam-jaman setiap daerah belum tentu sama.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian tentang pola distribusi hujan jam-jaman di wilayah Kota Manado sangat penting untuk dilakukan, sehingga didalam perencanaan-perencanaan bangunan air di Kota Manado tidak perlu lagi menggunakan pola distribusi hujan jam-jaman dari luar dan akan menghasilkan data debit rencana yang lebih akurat.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu Kota Manado belum memiliki pola distribusi hujan jam-jaman.

Pembatasan Masalah

Batasan – batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi yang diteliti adalah Kota Manado dan sekitarnya.
2. Penelitian hanya membahas pola distribusi hujan yang terjadi di wilayah Kota Manado dan sekitarnya.

Tujuan Penulisan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pola distribusi hujan jam-jaman di wilayah Kota Manado dan sekitarnya

Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi keilmuan dalam bidang teknik sipil khususnya mengenai hidrologi , yaitu pola distribusi hujan yang terjadi di wilayah Kota Manado.
2. Memberikan informasi tentang pola hujan yang terjadi di wilayah Kota Manado sehingga dapat digunakan untuk penelitian tentang bangunan air.

LANDASAN TEORI

Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Untuk dapat mengubah hujan rancangan ke dalam besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan terlebih dahulu suatu pola distribusi hujan jam-jaman.

Pola distribusi hujan jam-jaman dapat diperoleh antara lain dengan pencermatan terhadap data hujan hasil rekaman AUHO (Alat Ukur Hujan Otomatis). Meskipun demikian hendaknya disadari, bahwa jumlah AUHO dalam satu DAS biasanya sangat terbatas , satu atau dua saja, atau bahkan sering tidak ada sama sekali. Dengan demikian maka data agihan hujan jam-jaman itu terpaksa dianggap berlaku untuk semua DAS, sedangkan diketahui hal itu tidak betul. Langkah-langkah yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut ini.

1. Apabila yang dikehendaki data hujan untuk simulasi model, biasanya yang diperlukan adalah agihan hujan apa adanya. Hal ini berarti bahwa hujan DAS diagihkan sesuai

dengan agihan jam-jaman nyata, sesuai dengan rekaman.

2. Apabila untuk satu kepentingan analisis tertentu yang diperlukan informasi mengenai agihan hujan rata-rata untuk berbagai lama hujan (*duration*), maka dapat ditempuh langkah-langkah berikut.

- a. Disediakan rekaman AUHO, makin panjang makin baik
- b. Untuk agihan hujan dengan lama 2 jam, maka semua hujan yang terjadi selama dua jam berturut-turut dikumpulkan, dan masing-masing dicatat besaran hujan pada jam pertama dan kedua, dan dinyatakan dalam persen (%).
- c. Persen kejadian pada jam pertama dan kedua selanjutnya dirata-ratakan untuk seluruh kejadian hujan yang tersedia. Dengan demikian diharapkan akan diperoleh agihan hujan rata-rata untuk hujan dua jam untuk lama hujan yang lain, 3, 4, atau 5 jam, dapat dicari dengan langkah yang sama.

Selain hal tersebut dalam salah satu analisis, sering juga diperlukan informasi tentang agihan hujan jam-jaman untuk satu besaran hujan tertentu. Misalnya dalam analisis untuk besaran hujan dengan kala-ulang (*return period*) tertentu yang selanjutnya perlu dikonversikan ke dalam besaran hujan jam-jaman untuk analisis lebih lanjut. Dalam hal seperti ini berarti analisis dengan cara yang disebutkan sebelumnya masih harus diteruskan dengan:

- d. Menetapkan hujan dengan jangkauan (*range*) tertentu sesuai dengan keperluan .
- e. Mencermati seluruh rekaman AUHO untuk menetapkan hujan dalam masing-masing jangkauan tersebut rata-rata terjadi dalam berapa jam.

Dengan demikian, maka agihan jam-jaman hujan dengan kala-ulang yang telah ditetapkan dapat diketahui.

Johannes Brummer (1984) mengklasifikasikan 10 pembagian pola hujan menurut seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Pembagian Pola Hujan Menurut Johannes Brummer

No.	Pola Hujan	Keterangan
1		Hujan relatif tetap, ada sedikit variasi intensitas
2		Hujan beramplitudo besar, pertambahan intensitas yang monoton
3		Hujan beramplitudo besar, pengurangan intensitas yang monoton
4		Nilai puncak pada permulaan hujan, pengurangan yang konstan
5		Pertambahan yang tiba-tiba, nilai puncak pada suatu waktu kemudian menurun secara teratur
6		Semua teratur bertambah sampai puncak tiba-tiba kemudian
7		Pertambahan intensitas yang besar dan sangat panjang nilai puncak ada pada akhir fase
8		Puncak akhir yang panjang ada pada pertengahan yang diikuti oleh dua buah intensitas yang rendah
9		Nilai puncak ada pada awal dan akhir fase dan pada pertengahan intensitas rendah
10		Pada akhir fase intensitas berkurang secara teratur

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Dalam pelaksanaannya penelitian ini diawali dengan studi literatur, yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data hujan jam-jaman yang tersedia. Penelitian ini dilaksanakan di Kota Manado dan sekitarnya dengan menggunakan data hujan jam-jaman yang berasal dari stasiun – stasiun penakar hujan otomatis yang berada di Kota Manado dan sekitarnya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.1. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data hujan jam-jaman yang diperoleh dari stasiun penakar hujan otomatis yang dikelola oleh Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS I), dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Pada saat dilakukan survey ketersediaan stasiun penakar hujan otomatis yang berada di wilayah Kota Manado

diketahui terdapat dua stasiun penakar hujan otomatis yaitu, BMKG Sam Ratulangi, dan BMKG Kayuwatu. Namun data hujan pada stasiun BMKG kayuwatu tidak dapat diperoleh dikarenakan alasan tertentu, sehingga diambil dua stasiun penakar hujan otomatis lain yang berada di luar Kota Manado yang dikelola oleh BWSS I.

Kedua stasiun penakar hujan otomatis tersebut dianggap dapat mewakili keadaan hujan yang terjadi di wilayah Kota Manado, dikarenakan keadaan iklim yang tidak jauh berbeda. Stasiun-stasiun penakar hujan yang digunakan yaitu:

1. ARR Tikala – Rumengkor (BWSS I)
2. Klimatologi Maen (BWSS I)
3. Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi (BMKG)

Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data hujan jam-jaman ARR Tikala – Rumengkor tahun 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
2. Data hujan jam-jaman Klimatologi Maen tahun 2009, 2010, 2011, 2013, 2014.
3. Data hujan jam-jaman Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi bulan Mei 2014 s/d Mei 2015.

Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaannya penelitian ini akan melewati beberapa tahap sebelum mendapatkan hasil dari penelitian ini, adapun tahapan dalam penelitian ini adalah:

- Survey Ketersediaan Stasiun Penakar Hujan Otomatis

Dalam tahap ini peneliti melakukan pencarian stasiun – stasiun penakar hujan yang ada di Kota Manado dan sekitarnya dengan cara mencari informasi dari lembaga – lembaga yang menangani stasiun penakar hujan di Kota Manado, yaitu BWSS I, dan BMKG
- Pengumpulan Data Hujan Jam-jaman

Setelah mendapatkan informasi tentang ketersediaan stasiun penakar hujan otomatis di Kota Manado, selanjutnya peneliti mengajukan permohonan pengambilan data hujan jam-jaman dari stasiun – stasiun penakar hujan otomatis yang tersedia kepada lembaga terkait.
- Validasi Data

Validasi data adalah langkah pemeriksaan untuk memastikan bahwa

data tersebut telah sesuai kriteria yang ditetapkan dengan tujuan untuk memastikan bahwa data yang akan dimasukan kedalam baris data telah diketahui dan dapat dijelaskan sumber dan kebenaran datanya. Peneliti melakukan validasi data dengan cara meninjau langsung lokasi alat penakar hujan tersebut guna mengetahui keadaan alat penakar hujan otomatis tersebut apakah masih berfungsi dengan baik, dan apakah letak dari alat penakar hujan otomatis tersebut sesuai dengan ketentuan yang ada.

➤ Analisis Data

Ketika data – data yang diperoleh telah dipastikan keaslian dan kualitasnya, maka selanjutnya data – data tersebut akan di analisis dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Dari data – data hujan yang telah terkumpul dilakukan seleksi kejadian hujan menurut besaran kedalaman hujan yang terjadi. Dalam penelitian ini, peneliti hanya menggunakan kejadian hujan yang memiliki kedalaman hujan ≥ 50 mm yang pada Tabel 2.1. dianggap sebagai hujan lebat.
2. Setelah seluruh data telah diseleksi, selanjutnya kejadian hujan yang telah tersleksi dan memiliki kedalaman hujan ≥ 50 mm diakumulasikan per jamnya.
3. Selanjutnya kejadian – kejadian hujan tersebut dirata – ratakan menurut urutan jam kejadiannya.

$$\bar{X}_t = \frac{1}{n} \sum X_t \quad (1)$$

dengan:

\bar{X}_t = Rata – rata kedalaman hujan pada jam ke- t

n = Banyaknya kejadian hujan

X_t = Kedalaman hujan pada jam ke- t

4. Setelah mendapatkan nilai rata – rata dari setiap jam, maka selanjutnya dicari nilai bobot massanya, yaitu :

$$BM_t = \bar{X}_t - \bar{X}_{t-1} \quad (2)$$

dengan:

BM_t = Bobot Massa jam ke- t

\bar{X}_t = Rata – rata kedalaman hujan pada jam ke- t

\bar{X}_{t-1} = Rata – rata kedalaman hujan sebelum jam ke- t

5. Setelah mendapatkan nilai bobot massa setiap jam selanjutnya dibuat persentase dari setiap nilai bobot massa.

$$P_t(\%) = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

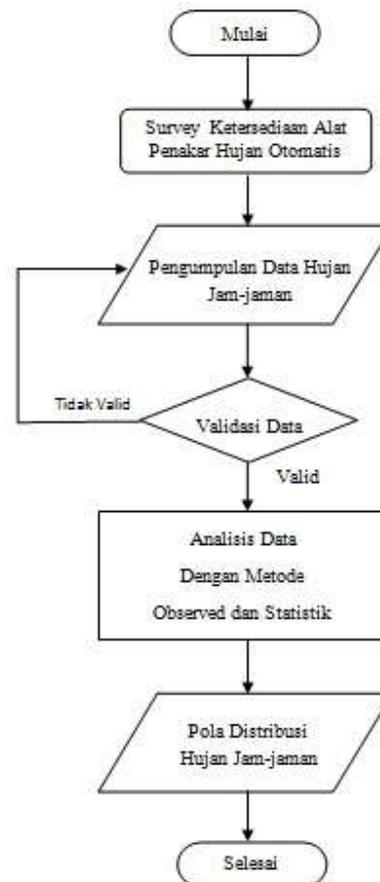
$P_t(\%)$ = Persentase kedalaman hujan pada jam ke- t

BM_t = Bobot Massa jam ke- t

BM_{TOTAL} = Total Bobot Massa seluruh jam

6. Setelah didapat persentase kedalaman hujan pada setiap jam, maka dibuat histogram dari nilai persentase yang telah didapatkan.
7. Selesai

Bagan Alir



➤ Hasil Penelitian

- Hasil dari penelitian ini dinyatakan dalam bentuk tabel, dan histogram berupa:
- Tabel distribusi hujan Kota Manado dan sekitarnya
 - Histogram pola distribusi hujan jam-jaman Kota Manado dan sekitarnya

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Survey Ketersediaan Stasiun Penakar Hujan Otomatis

Tabel 2. Stasiun Penakar Hujan yang Tersedia

NO	NAMA STASIUN	KOORDINAT
1	Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi	1°32'42" LU - 124°55'30" BT
2	Stasiun ARR Tikala – Rumengkor	0°50'32.30" LU - 123°33'30.40" BT
3	Stasiun Klimatologi Maen	1°39'34.5" LU - 125°05'32.1" BT

Dari hasil survey yang dilakukan, didapatkan 3 lokasi stasiun penakar hujan otomatis yang memiliki lokasi paling dekat dengan Kota Manado yaitu adalah, Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi, Stasiun ARR Tikala -Rumengkor, dan Stasiun Klimatologi Maen.

Pengumpulan Data Hujan Jam-jaman

Dari hasil pengumpulan data didapatkan:

Tabel 3. Data yang Didapatkan

NO	NAMA STASIUN	DATA YANG DIPEROLEH
1	Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi	MEI 2014 S/D MEI 2015
2	Stasiun ARR Tikala – Rumengkor	TAHUN 2010 S/D TAHUN 2014
3	Stasiun Klimatologi Maen	TAHUN 2009 S/D TAHUN 2011 dan TAHUN 2013 S/D TAHUN 2014

Validasi Data

Validasi data dilakukan dengan melakukan peninjauan langsung ke lokasi stasiun penakar hujan otomatis untuk memastikan kualitas dari data yang telah dikumpulkan dilihat dari kondisi dan penempatan alat penakar hujan otomatis itu sendiri. Berikut adalah ringkasan hasil survey stasiun penakar hujan otomatis:

Tabel 4. Ringkasan Hasil Survey Stasiun Penakar Hujan Otomatis

No	Nama Stasiun	Kondisi Alat	Keterangan
1	Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi	Baik	Terawat
2	Stasiun ARR Tikala – Rumengkor	Baik	Perlu dibersihkan
3	Stasiun Klimatologi Maen	Baik	Terawat

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan diawali dari penseleksian data curah hujan, pengolahan data, hingga didapat histogram pola distribusi hujan jam – jamannya.

Seleksi Kejadian Hujan

Kejadian hujan adalah waktu dimana terjadinya hujan dalam jam, atau menit. Kejadian hujan yang memiliki kedalaman hujan ≥ 50 mm dianggap sebagai hujan lebat. Dengan demikian pada tahap penseleksian kejadian hujan ini, data kejadian yang digunakan hanya kejadian yang memiliki kedalaman ≥ 50 mm.

Tabel 5. Resume Kejadian Hujan yang Terpilih

NO	Tanggal	WAKTU	JAM																
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi																			
1	18-05-2009	18:00-18:00	22.5	30.2															
2	24-02-2010	10:00-11:00	8.4	10.0	10.0														
3	13-02-2011	05:00-05:00	76.0	1.2															
4	22-02-2011	18:00-18:00	10.0	10.0	20.0	10.0	5.5	6.5	10.0	5.5									
5	20-04-2011	13:00-13:00	4.8	10.0	3.1	6.1	6.8												
6	22-05-2011	13:00-13:00	100.0	6.5	2.4														
7	30-06-2011	22:00-21:00	1.9	6.5	16.0	4.2	8.7	6.2	7.3	9.2	1.8	8.2	6.5						
8	14-06-2011	17:00-02:00	3.7	10.2	20.0	40.0	5.3	3.7	5.3	3.3	5.3								
9	10-12-2011	15:00-14:00	8.5	10.0	8.5	2.5	3.8	6.7											
Stasiun ARR Tikala - Rumengkor																			
10	13-02-2010	09:00-11:00	11.0	40.0															
11	22-07-2011	14:00-18:00	16.1	10.0	10.4	8.1													
12	08-05-2012	13:00-14:00	16.1	10.0	8.1	1.7													
13	19-05-2012	15:00-19:00	9.8	17.8	10.4	8.1													
14	22-02-2012	18:00-19:00	111.3																
15	26-12-2012	13:00-12:00	10.0																
16	10-12-2012	17:00-18:00	11.0																
17	29-01-2013	18:00-17:00	10.1																
18	14-01-2014	13:00-14:00	146.7																
19	10-01-2014	15:00-14:00	101.0																
20	20-12-2014	20:00-21:00	120.0																
Stasiun Klimatologi Maen																			
21	18-12-2014	13:00-17:00	2.1	10.0															
22	08-02-2015	09:00-14:00	3.8	27.2	27.2	4.8	2.8	1.0	2.2	6.3									
23	10-02-2015	18:00-09:00	2.0	3.8	2.0	2.2	5.4	2.8	20.8	3.0	13.8	10.0	1.0	1.0	1.8	3.8	8.2		
24	08-02-2015	09:00-11:00	6.4	34.8	3.4	8.8	10.4	4.8	3.4	1.8	2.8	8.8							
25	24-02-2015	14:00-21:00	7.6	6.4	8.2	11.2	7.4	2.4	2.2										

Akumulasi Kedalaman Hujan

Akumulasi kedalaman hujan dilakukan berdasarkan hasil resume hujan terpilih pada Tabel 5. Kejadian – kejadian hujan terpilih selanjutnya diakumulasikan kedalaman hujannya per kejadian hingga kejadian tersebut memiliki jumlah jam yang sama dengan jumlah jam pada kejadian yang memiliki jam terpanjang.

Tabel 6. Akumulasi Kejadian Hujan Terpilih

NO	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
1	0.0	22.5	52.6	82.8	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6
2	0.0	8.4	18.4	28.4	38.4	48.4	58.4	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0
3	0.0	76.0	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2
4	0.0	10.0	20.0	40.0	50.0	58.5	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
5	0.0	4.8	54.3	57.4	57.5	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
6	0.0	100.0	107.1	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5	109.5
7	0.0	1.9	8.1	16.2	17.4	18.1	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
8	0.0	3.7	10.8	10.3	10.3	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
9	0.0	0.9	16.8	17.8	21.3	21.7	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4
10	0.0	11.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
11	0.0	10.1	45.1	50.5	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7
12	0.0	35.1	55.1	61.2	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3	64.3
13	0.0	3.5	41.7	51.6	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
14	0.0	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5	111.5
15	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
16	0.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
17	0.0	66.5	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1
18	0.0	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7
19	0.0	189.8	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0	189.0
20	0.0	110.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
21	0.0	2.2	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
22	0.0	3.8	21.0	48.2	52.8	53.2	56.2	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
23	0.0	2.0	3.8	7.8	10.0	15.4	18.2	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
24	0.0	0.4	14.4	15.8	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
25	0.0	7.6	14.0	21.2	43.8	53.8	63.2	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4
T		1075.4	1506.1	1472.4	1708.4	1875.1	1868.2	2018.7	1957.4	1875.5	1098.3	1889.1	2002.8	1902.2	1893.0	1095.2

Rata – rata Kedalaman Hujan

Rata – rata kedalaman hujan dalam penelitian ini adalah nilai rata – rata dari keseluruhan kedalaman hujan pada kejadian hujan terpilih, yang dapat dihitung dengan cara merata – ratakan kedalaman hujan tiap jam dari seluruh kejadian – kejadian hujan terpilih. Kedalaman hujan rata – rata bisa didapatkan dengan menggunakan rumus (1).

Tabel 7. Rata – rata Kedalaman Hujan

No	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
1	0.0	21.5	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6
2	0.0	9.4	19.4	29.4	39.4	49.4	59.4	69.4	79.4	89.4	99.4	109.4	119.4	129.4	139.4
3	0.0	19.0	38.0	57.0	76.0	95.0	114.0	133.0	152.0	171.0	190.0	209.0	228.0	247.0	266.0
4	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
5	0.0	0.0	48.0	96.0	144.0	192.0	240.0	288.0	336.0	384.0	432.0	480.0	528.0	576.0	624.0
6	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0
7	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
8	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0
9	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
10	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	0.0	0.0
11	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	0.0	0.0
12	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	0.0	0.0
13	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	0.0	0.0
14	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	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	0.0	0.0
16	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	0.0	0.0
17	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	0.0	0.0
18	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	0.0	0.0
19	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	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	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	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	0.0	0.0
23	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	0.0	0.0
24	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	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	0.0	0.0
Σ	49.00	60.30	66.90	71.54	74.32	75.40	77.66	78.90	79.02	78.63	78.58	79.61	79.69	78.72	78.20

Perhitungan Bobot Massa

Perhitungan bobot massa adalah perhitungan untuk mencari nilai bobot kedalaman hujan pada jam ke-t. Bobot massa bisa didapatkan dengan cara mencari selisih dari rata – rata kedalaman hujan pada jam ke-t dengan rata – rata kedalaman hujan pada jam sebelumnya. Bobot massa dihitung dengan rumus (2).

Tabel 8. Bobot Massa Kedalaman Hujan Rata-rata

No	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
1	0.0	21.5	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6
2	0.0	9.4	19.4	29.4	39.4	49.4	59.4	69.4	79.4	89.4	99.4	109.4	119.4	129.4	139.4
3	0.0	19.0	38.0	57.0	76.0	95.0	114.0	133.0	152.0	171.0	190.0	209.0	228.0	247.0	266.0
4	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
5	0.0	0.0	48.0	96.0	144.0	192.0	240.0	288.0	336.0	384.0	432.0	480.0	528.0	576.0	624.0
6	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0
7	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
8	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0
9	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
10	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	0.0	0.0
11	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	0.0	0.0
12	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	0.0	0.0
13	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	0.0	0.0
14	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	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	0.0	0.0
16	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	0.0	0.0
17	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	0.0	0.0
18	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	0.0	0.0
19	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	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	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	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	0.0	0.0
23	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	0.0	0.0
24	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	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	0.0	0.0
Σ	49.00	60.30	66.90	71.54	74.32	75.40	77.66	78.90	79.02	78.63	78.58	79.61	79.69	78.72	78.20

Persentase kedalaman hujan

Persentase kedalaman hujan adalah nilai persen dari bobot massa kedalaman hujan. Persentase kedalaman hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (3).

Tabel 9. Persentase Kedalaman Hujan

No	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
1	0.0	21.5	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6
2	0.0	9.4	19.4	29.4	39.4	49.4	59.4	69.4	79.4	89.4	99.4	109.4	119.4	129.4	139.4
3	0.0	19.0	38.0	57.0	76.0	95.0	114.0	133.0	152.0	171.0	190.0	209.0	228.0	247.0	266.0
4	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
5	0.0	0.0	48.0	96.0	144.0	192.0	240.0	288.0	336.0	384.0	432.0	480.0	528.0	576.0	624.0
6	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0
7	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
8	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0
9	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
10	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	0.0	0.0
11	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	0.0	0.0
12	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	0.0	0.0
13	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	0.0	0.0
14	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	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	0.0	0.0
16	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	0.0	0.0
17	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	0.0	0.0
18	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	0.0	0.0
19	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	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	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	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	0.0	0.0
23	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	0.0	0.0
24	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	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	0.0	0.0
Σ	49.00	60.30	66.90	71.54	74.32	75.40	77.66	78.90	79.02	78.63	78.58	79.61	79.69	78.72	78.20

Pola Distribusi Hujan Jam – jaman

Dari hasil analisis yang telah dilakukan telah didapat persentase kedalaman hujan, persentase tersebut yang kemudian akan digambarkan histogramnya dan dibuat tabel distribusi hujannya.

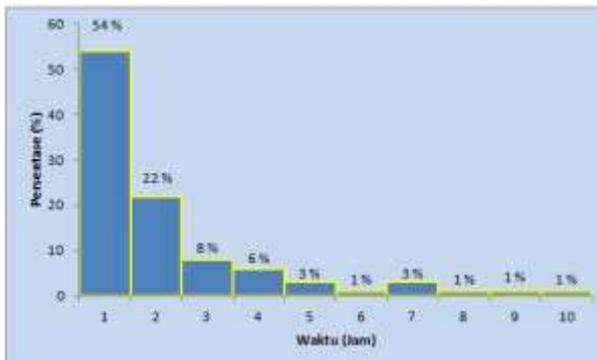
Berikut adalah tabel distribusi hujan jam-jaman yang telah didapat dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan data hujan jam – jaman dari tiga stasiun penakar hujan otomatis yang berada di Kota Manado dan sekitarnya :

Tabel 10. Distribusi Hujan Hasil Analisis

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3										

Tabel 11. Distribusi Hujan Kota Manado 10 Jam

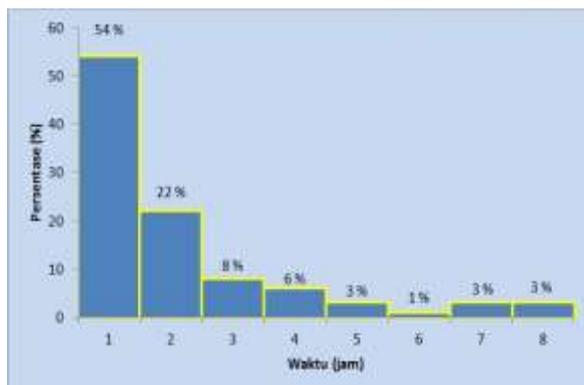
Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	1	1	1
% Distribusi Hujan Kumulatif	54	76	84	90	93	94	97	98	99	100



Gambar 3. Persentase distribusi Hujan Kota Manado 10 Jam

Tabel 12. Distribusi Hujan Kota Manado 8 Jam

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
% Distribusi Hujan Kumulatif	54	76	84	90	93	94	97	100

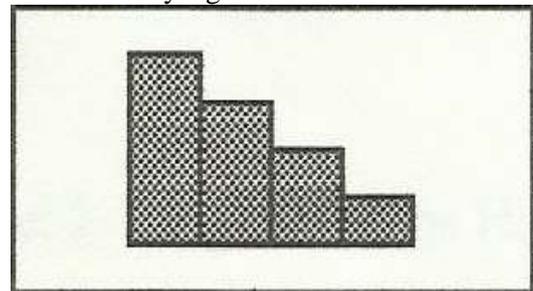


Gambar 4. Persentase distribusi Hujan Kota Manado 8 Jam

Pembahasan

- Penelitian dilakukan dengan menggunakan tiga stasiun penakar hujan otomatis yang berada paling dekat dengan Kota Manado yaitu adalah, Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi, Stasiun ARR Tikala -Rumengkor, dan Stasiun Klimatologi Maen
- Dari ketiga stasiun didapatkan rangkaian seri data hujan sebagai berikut:
 1. ARR Tikala – Rumengkor : tahun 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
 2. Klimatologi Maen : tahun 2009, 2010, 2011, 2013, 2014.

3. Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi : bulan Mei 2014 s/d Mei 2015.
 - Seri data hujan jam-jaman yang digunakan dinyatakan valid berdasarkan kondisi alat penakar hujan otomatis yang digunakan dalam kondisi baik
 - Analisis dilakukan dengan menggunakan kejadian hujan yang memiliki kedalaman hujan >50 mm, kejadian hujan yang memiliki kedalaman hujan ≥ 50 mm dianggap sebagai hujan lebat.
 - Dari hasil analisis diketahui pola distribusi hujan yang terjadi di Kota Manado terjadi dalam 8 – 10 jam.
 - Pola distribusi hujan jam – jaman Kota Manado dan sekitarnya disimpulkan masuk dalam pola bentuk ketiga di dalam pembagian pola hujan menurut Johannes Brummer, yaitu hujan berkurang terus dengan pengurangan intensitas yang monoton.



Gambar 5. Pola hujan bentuk ketiga Johannes Brummer

- Distribusi hujan yang terjadi pada pola 8 jam adalah 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh, dan 3% di jam kedelapan.
- Pada pola 9 jam distribusi yang terjadi adalah 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh, 1% di jam kedelapan, dan 2% di jam kesembilan.
- Untuk pola distribusi hujan 10 jam distribusi hujan yang terjadi 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh, 1% di jam kedelapan 1% di jam kesembilan, dan 1% di jam kesepuluh.

PENUTUP

Kesimpulan

- Pola distribusi hujan jam – jaman di Kota Manado dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8 – 10 jam.
- Pola distribusi hujan jam – jaman Kota Manado dan sekitarnya masuk dalam pola bentuk ketiga di dalam pembagian pola hujan menurut Johannes Brummer.
- Pada pola distribusi hujan 8 jam distribusi hujan terjadi dengan bobot 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh, dan 3% di jam kedelapan.

- Untuk pola distribusi hujan 9 dan 10 jam distribusi hujan yang terjadi sama dengan pola distribusi hujan 10 jam tetapi, pada jam kedelapan, sembilan, dan sepuluh memiliki bobot masing – masing 1%.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya diperlukan lokasi stasiun yang lebih banyak dan tersebar merata di wilayah Kota Manado dan sekitarnya.
- Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, penelitian selanjutnya diperlukan seri data yang lebih panjang dari setiap stasiun.

DAFTAR PUSTAKA

Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, Hal 17-20, 24-25.

Sri Harto Br, 2000, *Hidrologi : Teori, Masalah dan Penyelesaian*, Naviri Offset, Yogyakarta, Hal 30-31.

Sumarauw, J, S, F, 2014, *Pola hujan jam-jaman*, Materi Kuliah Hidrologi Terapan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal 5-9.

Wanny Adidarma, Lanny Martawati, Fransiska Mulyantari, - , *Pola hujan jam-jaman untuk perhitungan banjir rencana*, Jurnal Peneliti di Puslitbang Pengairan, Bandung, Hal 3.

