ANP JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE AND HUMANITIES VOL. 2 NO. 1 (2020) P.26–35
Association of Researcher of Skills and Vocational Training, Malaysia

ANP

ISSN: 2773-482X **eISSN:** 2785-8863
DOI: https://doi.org/10.53797/anpjssh.v2i1.4.2021

Kajian Penyelidikan Bagi Pembinaan Lengkung Keamatan-Tempoh Frekuensi (Idf Curve) Bagi Daerah Pekan, Pahang Menggunakan Kaedah Gumbel

[1]Suhaimi, Yajid, *[2] Hazriesyam, Amir Mustapha, & [3]Affendi, Deris

[1,2,3] Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Semambu, 25350 Kuantan, Pahang, MALAYSIA

*Corresponding Author: hazriesyam@polisas.edu.my

Diterima 21 January 2021; Diluluskan 25 January 2021; Tersedia dalam talian 28 February 2021

Abstrak: Lengkung Keamatan – Tempoh - Frekuensi Hujan (IDF) merupakan satu elemen yang sangat penting dalam bidang hidrologi untuk digunakan dalam aspek rekabentuk sesuatu struktur terutamanya dalam rekabentuk sistem saliran perbandaran. Oleh itu, lengkung IDF yang terkini penting dalam memastikan struktur yang dibina kelak dapat berfungsi dengan lebih efisyen dan memastikannya tidak gagal sepanjang tempoh jangka hayat rekabentuknya. Objektif bagi kajian ini adalah membina lengkung IDF bagi Bandar Pekan Pahang menggunakan kaedah Gumbel dan membandingkannya dengan lengkung IDF yang terdapat di dalam Manual Saliran Mesra Alam Malaysia (MASMA) melalui Ujian Kesepadanan Chi-Square dan perbandingan peratusan. Data stesen hujan yang digunakan dalam analisis kajian ini adalah data stesen hujan bagi Rumah Pam Pahang Tua (3533102) yang diambil dari Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) Ampang Kuala Lumpur bermula dari tahun 1980 hingga 2013. Data hujan dari stesen ini akan dianalisis menggunakan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel bagi mendapatkan nilai keamatan hujan bagi Kala Kembali 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun dengan tempoh hujan 5, 10, 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360, 540, 720, 900 dan 1440. Seterusnya lengkung IDF akan dibina daripada nilai keamatan yang diperolehi menggunakan perisian Microsoft Excel. Dari Ujian Kesepadanan Chi-Square, diperolehi nilai x2 bagi lengkung IDF yang baru dibina dari kaedah Gumbel ialah 0.382. Nilai x2 yang diperolehi ini lebih besar daripada nilai α (0.05), maka ini menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan secara saintifik (hipotesis alternatif) atau disimpulkan tidak terdapat perbezaan yang ketara antara kedua-dua kaedah taburan dengan nilai keamatan hujan di dalam MASMA dan peratusan perbandingan juga sekitar 3% adalah terlalu sedikit. Maka hasil lengkung IDF yang baru dibina daripada kedua - dua kaedah taburan sesuai digunapakai bagi tujuan rekabentuk infrastruktur sistem saliran Bandar Pekan, Pahang.

Kata Kunci: Lengkung keamatan hujan, lengkung IDF, Pahang Tua, Pekan Pahang

1. Pendahuluan

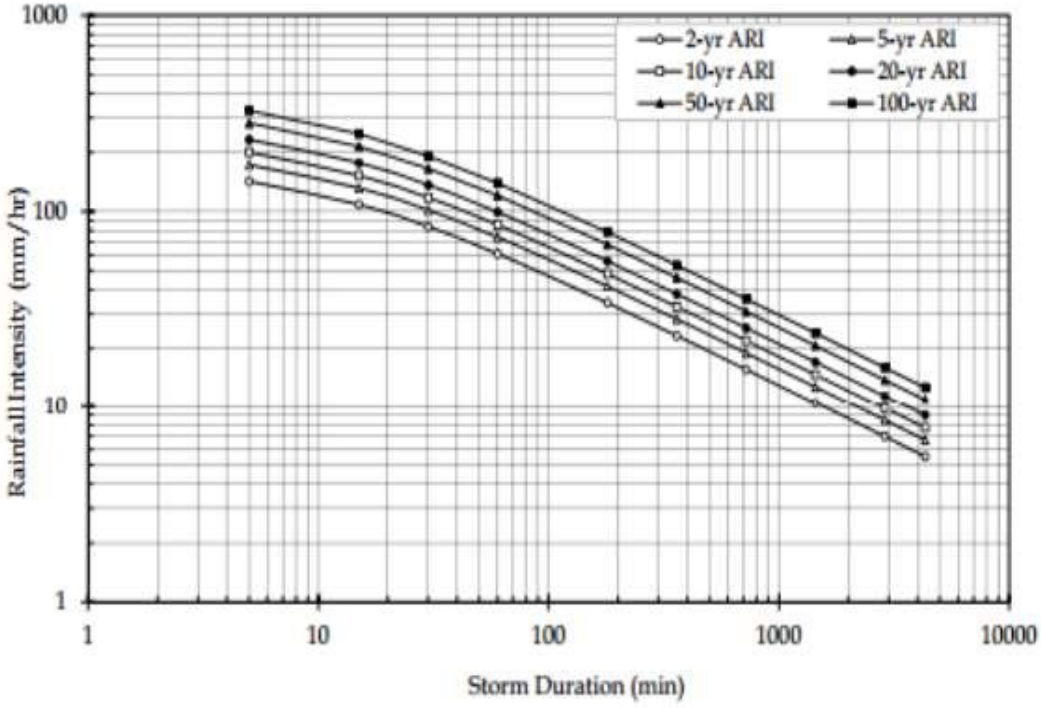
Lengkung frekuensi IDF adalah graf yang menunjukkan nilai curahan hidrologi yang berubah - ubah melawan kebarangkalian berlakunya peristiwa (Norhayati, 1994). Lengkung IDF dibina bertujuan untuk penaksiran maklumat keadaan hujan pada masa lalu bagi membuat jangkaan pada masa hadapan (Ahmad Hazry, 1992). Terdapat beberapa penyelidik yang telah menjalankan kajian terhadap pembinaan Lengkung IDF. Menurut "Asian Pacific Friend, Rainfall Intersity Duration Frequency (IDF) Analysis for the Asian Pacific Region (November 2008)" ada beberapa negara dan penyelidik telah menjalankan kajian berkaitan dengan Lengkung IDF (Koutsoyiannis, Kozonis & Manetas, 1998). Pembinaan lengkung IDF di negara kita dipertanggungjawabkan kepada Jabatan Pengairan Dan Saliran (JPS). Manual Saliran Mesra Alam Malaysia (MASMA) yang diterbitkan oleh JPS pada tahun 2000 sebagai edisi pertama menjadi asas kepada kaedah rekabentuk hidraulik dan hidrologi manakala Seksyen 13 manual tersebut memperihalkan lengkung IDF di beberapa buah bandar di Malaysia di mana pekali a,b,c dan d disediakan bagi setiap kala kembali yang ingin digunakan (Ismail, 1994). Walau bagaimanapun kali terakhir data tersebut dianalisis adalah antara tahun 1974 hingga 1990. Ini bermakna terdapat data-data yang tidak dikemaskini hampir 20 tahun lebih semenjak tahun 1991. Tambahan pula, lengkung IDF yang terdapat dalam MASMA yang diterbitkan oleh JPS hanya melibatkan 35 buah bandar di Malaysia. Lengkung IDF bagi Pekan, Pahang perlu dibangunkan bagi membolehkan rekabentuk saliran dibuat dengan menggunakan data - data yang terkini ini. Dalam tahun - tahun kebelakangan ini, Pahang telah mengalami banjir di kawasan tertentu dan ia semakin teruk setiap tahun dengan hujan lebat terutama di kawasan rendah menyebabkan tahap longkang tersumbat, reka bentuk gagal, anggaran yang salah dan lain-lain sebab - sebab semulajadi (Nur Asma', 2015). Awal bulan Disember 2013, Bandar Pekan dan Kuantan terputus jaringan perhubungan jalan raya disebabkan banjir

*Corresponding Author: hazriesyam@polisas.edu.my

tersebut. Oleh itu, bagi mendapatkan rekabentuk sistem saliran yang sistematik dan efisien bagi menanggani masalah banjir ini maka lengkung IDF baru perlu diterbitkan. Perubahan iklim merupakan salah satu kriteria utama yang memberi kesan kepada sumber air kerana ianya boleh menjejaskan kitaran hidrologi keseluruhan dan menyebabkan perbezaan dalam keamatan hujan, tempoh dan kekerapan hujan (Nur Atikah, 2016). Kejadian hidrologi dijangka meningkat pada magnitud dan kekerapan di kawasan tropika kerana perubahan iklim (Viessman, 1989). Lengkung Keamatan-Tempoh-Frekuensi (IDF) ialah kaedah penting untuk menilai kecekapan sistem pengairan dan saliran. Keperluan untuk mengemas kini lengkung IDF timbul daripada keperluan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kesan perubahan iklim (Mukhtar et al., 2020). Lengkung IDF sediada merujuk kepada data stesen hujan Rumah Pam Pahang Tua (3533102) yang terdapat dalam Manual Saliran Mesra Alam Malaysia (MASMA) 2012 Edisi Kedua. Lengkung IDF sediada ini mengunakan data hujan sehingga tahun 1990 sahaja. Ini bermakna data yang ada sudah melebihi 20 tahun. dan perlu diperbaharui. Dalam kajian ini, penyelidik telah melaksanakan perbandingan antara lengkung keamatan-tempoh frekuensi, IDF yang akan dihasilkan dengan lengkung keamatan-tempoh frekuensi, IDF sedia ada yang terdapat dalam Manual Mesra Alam Malaysia (MASMA) melalui ujian kesepadanan chi-square dan perbandingan peratusan berdasarkan objektif-objektif seperti berikut:

- Untuk menghasilkan Lengkung Keamatan-Tempoh-Frekuensi (Intensity Duration-Frequency, IDF) yang baru bagi Pekan, Pahang menggunakan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel.
- Untuk membandingkan lengkung IDF baru yang dihasilkan bagi Pekan, Pahang dengan lengkung IDF sediada di dalam MASMA bagi menentukan kesepadanan untuk kegunaan masa hadapan.

Lengkung IDF yang dibangunkan penting untuk pengurusan air ribut bagi kawasan daerah pekan yang selalu berlakunya banjir. Selain itu, kajian ini penting sebagai panduan dan rujukan dalam projek rekabantuk struktur hidraulik bagi daerah pekan, Pahang. Penghasilan Lengkung IDF ini juga boleh digunakan sebagai garis panduan dalam menghasilkan rekabentuk struktur hidraulik, sistem perparitan bandar, sistem pencegahan banjir dan sistem saliran air ribut yang efisien dan ekonomikal dengan berpandukan data yang terkini dan mengelakkan masalah hidrologi seperti banjir kilat (Mohamad Noor et al, 1992). Rajah 1 menunjukkan lengkung IDF bagi Stesen Rumah Pam Pahang Tua yang terdapat di dalam MASMA. (dan Saliran, 2012).



Rajah 1. Lengkung IDF Bagi Stesen Rumah Pam Pahang Tua, Pekan, Pahang bagi data taburan hujan antara tahun 1951 hingga 1990

2. Kajian Literatur

Kitaran hidrologi ialah pergerakan air dalam fasa cecair dan gas secara semulajadi (Fatimah et al., 1992). Ia merujuk kepada pergerakan air yang berterusan sama ada di atas atau di bawah permukaan bumi iaitu seperti permukaan laut ke

udara atau balik semula ke darat atau laut. Kitaran hidrologi membolehkan manusia memahami kewujudan air atau pengurusannya (Hashim, 1993).

Keamatan hujan pula merujuk kepada kadar hujan dalam sesuatu tempoh masa. Kebiasaannya keamatan hujan adalah berbeza bagi setiap tempoh hujan dan sekiranya ia diplot melawan masa, satu histograf akan diperoleh. Purata bagi sesuatu keamatan hujan bersamaan dengan jumlah kedalaman hujan per tempoh masa hujan yang berlaku. Daripada data - data hujan, beberapa ciri umum dapat dikaitkan iaitu ketika tempoh hujan bertambah, purata keamatan hujan semakin berkurang untuk frekuensi kejadian hujan yang tertentu. Sebaliknya semakin berkurang frekuensi kejadian purata keamatan hujan semakin bertambah bagi sebarang tempoh yang diberi (Hall, 1984). Rujukan utama di dalam rekabentuk sistem saliran adalah penggunaan lengkung IDF. Parameter - parameter yang dihubungkan oleh lengkung IDF ialah keamatan (kedalaman hujan per unit masa), tempoh dan frekuensi atau kala kembali peristiwa hujan. Rekabentuk sistem saliran ini banyak menggunakan lengkung IDF kerana prosedur kiraannya memerlukan nilai hujan dalam bentuk purata keamatan hujan (MASMA, 2000). Segala maklumat berkenaan lengkung IDF disampaikan dalam bentuk graf dimana paksi mendatar mewakili tempoh, keamatan hujan pula pada paksi mengufuk dan siri-siri lengkung mewakili kala kembali yang berbeza. Kala kembali biasanya disediakan untuk peristiwa - peristiwa 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

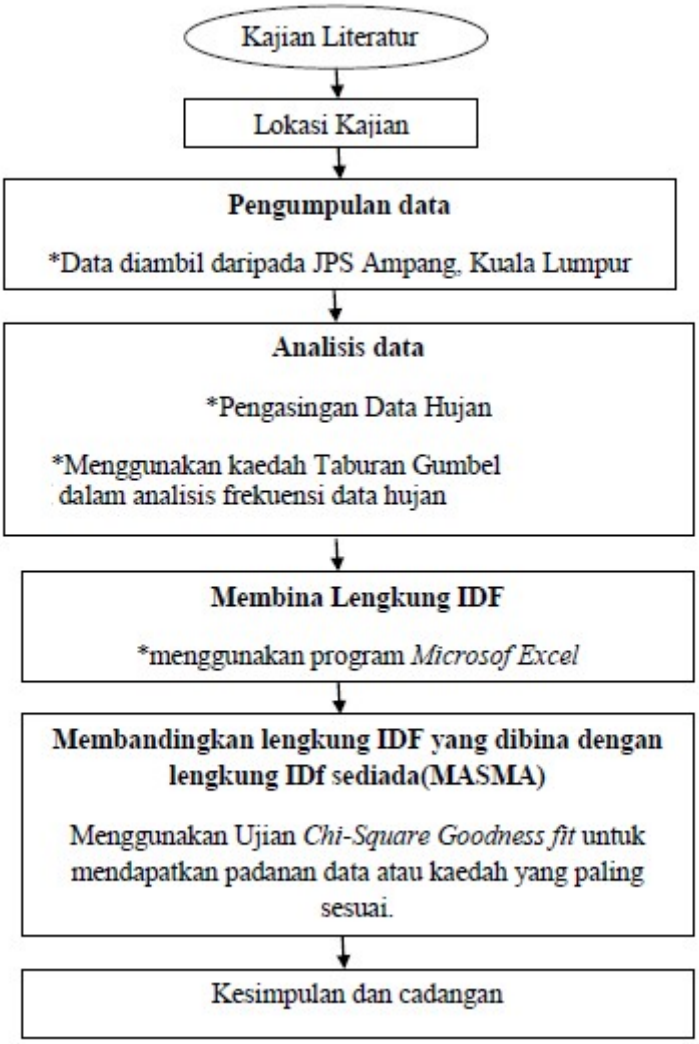
Lengkung Keamatan-Tempoh-Frekuensi Hujan (IDF) merupakan asas dalam rekabentuk sesuatu struktur terutamanya yang melibatkan sistem saliran bandar. Lengkung tersebut diperoleh menerusi data - data cerapan hujan yang dilakukan pada sesuatu kawasan sepanjang tahun. Lengkung IDF sangat penting dalam memastikan seseorang jurutera dapat merancang dan menghasilkan rekabentuk yang terbaik bagi struktur - struktur seperti jalan raya, bangunan, dan sebagainya. Pembinaan lengkung IDF di Malaysia telah ditugaskan kepada JPS. Penerbitan "hydrological Data - Rainfall and Evaporation Record for Malaysia" (1991) dan "hydrological Procedure No.26" daripada JPS memberi lengkung IDF kejadian hujan maksima untuk 26 kawasan Bandar di Semenanjung Malaysia dan 16 kawasan bandar di Sabah dan Sarawak. Keamatan, tempoh dan frekuensi adalah pembolehubah yang saling berkait antara satu sama lain dan digambarkan dengan lengkung yang menunjukkan keamatan dan tempoh dalam satu julat frekuensi (Daniell & Tabios, 2008). Data - data IDF amat berguna dalam merekabentuk sistem saliran ribut kerana proses perhitungan memerlukan input dalam bentuk purata keamatan hujan (MASMA seksyen 13.2.2, 2000). Pada tahun 1904, Metcalf dan Eddy telah mengemukakan lengkung IDF bagi sesuatu tempoh kala kembali yang tertentu berpandukan kepada data - data hujan selama 26 tahun bagi kawasan tadahan air di Chesnut Hill, Boston. Sejak itu, bermula pada tahun 1930 - an, konsep lengkung IDF ini semakin diberi perhatian oleh para pengkaji. Kemudiannya, konsep IDF digabung dengan kaedah rational dalam merekabentuk sistem saliran air (Adams & Papa, 2000). Lengkung IDF merupakan lengkung yang meringkaskan hubungan di antara keamatan hujan dan tempoh masa pada kala kembali yang tertentu. Ciri - ciri lengkung IDF membolehkan rekabentuk optimum yang sesuai untuk sesuatu struktur diperoleh iaitu dengan berpandukan kepada lengkung ini. Lengkung IDF bukan sahaja boleh dinyatakan dalam bentuk graf semata - mata tetapi ia juga boleh dinyatakan dalam bentuk persamaan. Pada tahun 1982, Wenzel telah mengemukakan persamaan asas bagi beberapa buah bandar di Amerika Syarikat. (Bedient & Huber, 1992).

Kaedah taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel banyak digunakan dalam sistem pencegahan banjir di mana objektif utamanya adalah untuk menganggar magnitud melampau yang terhasil berpandukan nilai kebarangkalian yang spesifik. Kaedah ini biasanya digunakan untuk membuat analisis frekuensi banjir. Taburan Gumbel juga kaedah statistik yang sering digunakan untuk meramalkan peristiwa hidrologi melampau seperti banjir (Zelenhasic, 1970). Ujian ketepatan padanan digunakan untuk menganalisis bagaimana data yang diberikan sesuai dengan pengagihan. Ujian ini menerangkan perbezaan antara nilai data cerapan, dan nilai - nilai yang dijangka daripada ujian (Milington, Das & Simonovic, 2011).

3. Metodologi Kajian

Analisis hujan merupakan aspek yang sangat penting yang pertu diberi perhatian dalam bidang hidrologi. Kaedah statistik yang sesuai perlu digunakan untuk menganalisis kejadian hujan bagi memastikan hasil akhir yang diperoleh dapat digunakan dalam kaedah rekabentuk. Penggunaan lengkung Keamatan-Tempoh-Frekuensi (IDF) adalah sangat penting dalam bidang hidrologi dan digunakan secara meluas terutamanya bagi aspek rekabentuk saliran di kawasan bandar. Proses dalam menghasilkan sesuatu lengkung IDF secara manual adalah agak sukar, rumit dan mengambil masa sekiranya dilakukan secara manual. Tambahan pula ia perlu direkabentuk semula sekiranya data yang digunapakai mengalami pertambahan bilangan data pada sesuatu tempoh masa untuk dikemaskini.

Metodologi ini penting sebagai panduan untuk memastikan kajian ini mudah difahami dan berjalan dengan lancer dan sistematik. Dalam kajian ini, analisis lengkung IDF dijalankan dengan menggunakan program Microsof Excel. Rajah 2 dibawah menunjukkan ringkasan proses carta alir perlaksanaan kajian yang di jalankan.



Rajah 2. Carta Alir Perlaksanaan Kajian

4. Lokasi Kajian

Kedudukan daerah pekan yang berhampiran dengan Laut China Selatan dan permukaan tanahnya yang rata menyebabkan daerah ini sering dilanda banjir pada musim tengkujuh terutamanya kawasan bandar pekan, Pahang. Oleh itu, satu pengurusan air larian ribut yang sistematik haruslah dilaksanakan berpandukan kepada data - data yang terbaru.

Stesen hujan yang digunakan dalam kajian ini ialah Stesen 3533102 (Stesen Rumah Pam, Pahang Tua) bagi mendapatkan data hujan. Data yang terlibat di dalam skop kajian ini ialah data siri tahunan. Data hujan yang maksimum bagi setiap tempoh 5, 10, 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360, 540, 720, 900 dan 1440 minit yang dicerap setiap tahun akan digunapakai. Tempoh data diambil bermula 1 minit sehingga 1440 minit kerana kawasan pantai timur semenanjung Malaysia mengalami taburan hujan yang tinggi dan panjang terutamanya pada musin tengkujuh iaitu antara bulan November hingga Januari. Secara amnya, untuk setiap *n* tahun data, maka siri tahunannya mestilah mengandungi sejumlah *n* data bagi setiap tempoh hujan. Data - data hujan daripada stesen 3533102 (Stesen Rumah Pam, Pahang Tua) diperoleh daripada jabatan pengairan dan saliran (JPS) cawangan Ampang, Kuala Lumpur di mana data - data hujan maksimum yang dicerap di Semenanjung Malaysia pada tahun - tahun yang lepas disimpan di cawangan ini. Bagi pembinaan lengkung IDF, data hujan yang lengkap diperlukan dalam analisis frekuensi.

5. Analisis Data

Peringkat - peringkat berikut adalah langkah analisis yang dilakukan sebelum merekabentuk lengkung IDF:

- Pengelasan data hujan
- Kedalaman hujan maksimum selama *n* tahun bagi Stesen Hujan 3533102 akan disusun secara menaik iaitu bermula dari tahun yang paling belakang (1980) sehingga tahun terkini 2013.

- Setelah kedalaman hujan maksimum diperolehi daripada data hujan, maka nilai min dan sisihan piawai daripada data hujan tersebut akan ditentukan melalui persamaan matematik.
- Kemudian kedalaman hujan maksimum bagi setiap minit, nilai min dan sisihan piawai daripada data hujan akan dianalisis menggunakan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel bagi mendapatkan nilai keamatan hujan. Persamaan taburan Gumbel adalah seperti berikut:

$$F(x) = e^{\left(-e^{-b(x-a)}\right)}$$

di mana: a = Skala Parameter
b = Lokasi Parameter

Jika persamaan PDF F (x) digunakan untuk menyelesaikan sebarang peristiwa x dalam dengan kala kembali, Tr (x) maka Gumbel memperkenalkan faktor frekuensi seperti berikut:

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\left[0.5772 + \ln\left[\ln\left[\frac{Tr}{Tr-1}\right]\right]\right]$$

di mana:
K = Faktor Frekuensi
Tr = Kala Kembali

Maka nilai kedalaman hujan, X bagi sebarang Tr (x) boleh ditentukan dan seterusnya menggunakan persamaan berikut (Chow et al 1988).

$$X_{T,Td} = \underline{X}_{T,TD} + K_T S_{Td}$$

di mana:
$X_{T, Td}$ = Kedalaman rekabentuk hujan (mm/jam)
$X_{T, TD}$ = Min atau purata kedalaman hujan bagi semua data yang telah dikumpulkan berdasarkan tempoh yang tertentu
K_T = Faktor frekuensi untuk kala kembali bagi sesuatu peristiwa S_{Td} = Sisihan Piawai bagi kedalaman hujan bagi semua data yang telah dikumpulkan berdasarkan tempoh tertentu.

- Nilai keamatan hujan yang diperolehi daripada hasil analisis bagi kedua - dua taburan akan dimasukkan dalam jadual untuk memudahkan pembacaan dan difahami.
- Seterusnya, perisian Microsof Excel digunakan.untuk membina lengkung IDF berdasarkan data - data yang diperolehi.
- Hasil - hasil daripada analisis data kedua - dua kaedah taburan akan dibandingkan dengan data lengkung IDF sediada bagi Rumah Pam Pahang Tua yang terdapat dalam MASMA dengan kaedah Ujian Chi-Square Goodness fit menggunakan perisian SPSS.

$$x^2 = \sum_{i=1}^{k} (Oi - Ei)^2 \ / \ Ei$$

di mana:
Oi = Frekuensi Cerapan
Ei = Frekeunsi Jangkaan
k = Bilangan sela kelas
i = Sela kelas dalam histogram

Daripada nilai hipotesis, jika nilai x2 yang diperolehi adalah lebih besar daripada nilai alpha (α) 0.05 maka ia menunjukkan ketepatan padanan yang baik dan boleh digunakan sekiranya kecil adalah kurang baik dan tidak boleh digunakan.

6. Kesimpulan Dan Cadangan

Salah satu objektif kajian ini ialah menghasilkan Lengkung Keamatan – Tempoh - Frekuensi (IDF) untuk Bandar Pekan, Pahang. Kaedah yang digunakan untuk menganalisis data yang diperolehi daripada Jabatan Pengairan dan saliran (JPS) Ampang, Kuala Lumpur iaitu Taburan Nilai Ekstrem Atau Gumbel. Bagi mendapatkan nilai keamatan hujan bagi tempoh masa tertentu, kaedah faktor frekuensi (K) digunakan bagi taburan tersebut.

Stesen hujan yang digunakan dalam kajian ini adalah Stesen Hujan Rumah Pam Pahang Tua (3533102). Stesen ini dipilih berdasarkan kriteria yang diperlukan untuk menghasilkan lengkung IDF iaitu data yang diambil mestilah berkualiti dibaca menggunakan Tolok Bacaan Automatik (Auto - logger) dan stesen hujan ini adalah yang paling hampir dengan Bandar Pekan, Pahang. Pembinaan lengkung IDF bandar pekan ini adalah berdasarkan data - data hujan dari tahun 1980 sehingga 2013. Hanya nilai hujan maksimun bagi setiap tahun sahaja dipilih untuk dianalisis. Lengkung IDF Bandar Pekan yang dibina daripada kedua - dua taburan ini akan dibandingkan dengan lengkung IDF sediada di dalam MASMA untuk memastikan kaedah yang paling sesuai.

6.1 Lengkung IDF yang Dibina

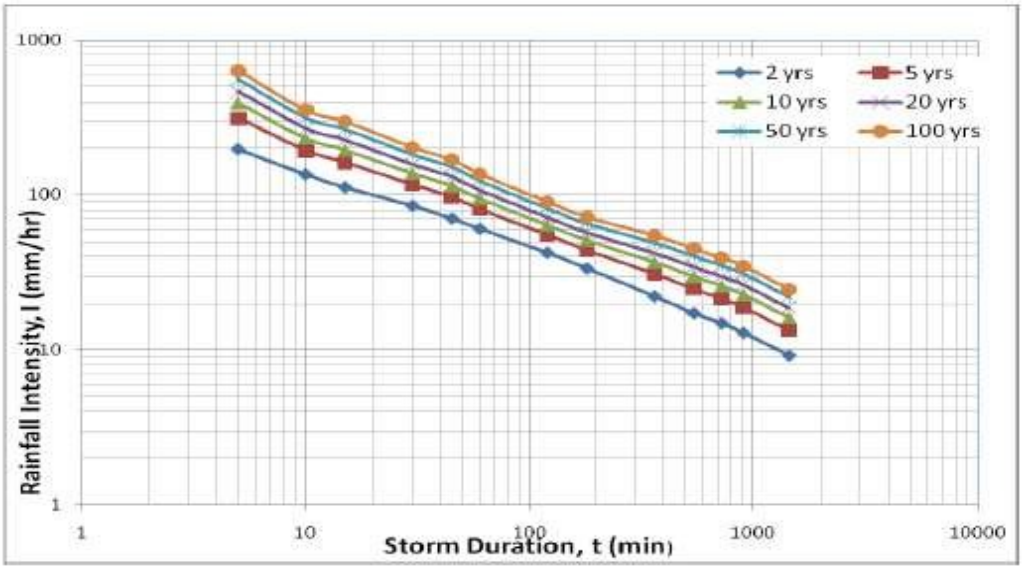
Daripada analisis data stesen hujan Rumah Pam Pahang Tua (3533102) yang dilakukan, maka lengkung IDF bagi Bandar Pekan, Pahang akan terhasil. Lengkung IDF ini diplot dengan tempoh hujan (minit) sebagai paksi mengufuk dan keamatan hujan (mm/jam) sebagai paksi menegak. Kala kembali 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 juga akan diplot dalam graf yang sama juga. Bagi mendapatkan graf yang lebih efesien dan cantik, maka skala log akan digunakan.

Rajah 3 menunjukkan lengkung IDF baru yang terhasil daripada berdasarkan analisis data - data hujan menggunakan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel bagi Bandar Pekan, Pahang menggunakan data stesen hujan Rumah Pam Pahang Tua, Pekan, Pahang. Rajah 4 menunjukkan lengkung IDF sediada bagi Pekan, Pahang yang diperolehi daripada Manual Mesra Alam Malaysia (MASMA) 2012.

Jadual 1dan jadual 2 adalah jadual keamatan hujan (mm/jam) dan tempoh (minit) iaitu hasil daripada analisis data stesen hujan Rumah Pam Pahang Tua, Pekan, Pahang menggunakan Kaedah Gumbel dan MASMA.

Jadual 1: Jadual nilai keamatan hujan (mm/jam) dan tempoh hujan (minit) untuk stesen Rumah Pam Pahang Tua (3533102) menggunakan Kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel.

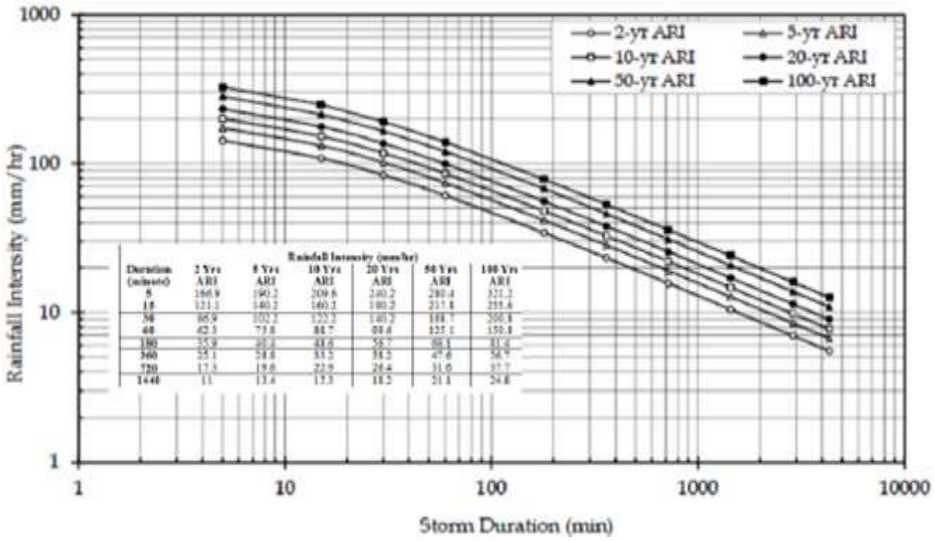
Tempoh(minit)	Kala Kembali					
	2 Tahun ARI	5 Tahun ARI	10 Tahun ARI	20 Tahun ARI	50 Tahun ARI	100 Tahun ARI
5	197.19	313.85	391.09	465.19	561.06	632.92
10	135.64	193.54	231.88	268.66	316.25	351.92
15	112.22	161.61	194.30	225.67	266.26	296.68
30	85.12	116.62	137.48	157.48	183.37	202.77
45	70.57	96.82	114.19	130.86	152.43	168.59
60	60.43	80.77	94.24	107.17	123.88	136.42
120	42.35	55.12	63.58	71.69	82.19	90.06
180	33.66	43.91	50.69	57.20	65.63	71.94
360	22.23	30.89	36.62	42.12	49.24	54.57
540	17.26	24.70	29.63	34.36	40.47	45.06
720	14.89	21.36	25.65	29.77	35.09	39.08
900	12.89	18.74	22.61	26.33	31.14	34.74
1440	9.23	13.31	16.01	18.59	21.94	24.45



Rajah 3. Lengkung IDF baru yang dibina menggunakan kaedah Gumbel

Jadual 2. Jadual nilai keamatan hujan (mm/jam) dan tempoh hujan (minit) dari lengkung IDF MASMA sediaada bagi stesen Rumah Pam Pahang Tua (3533102) Pekan, Pahang.

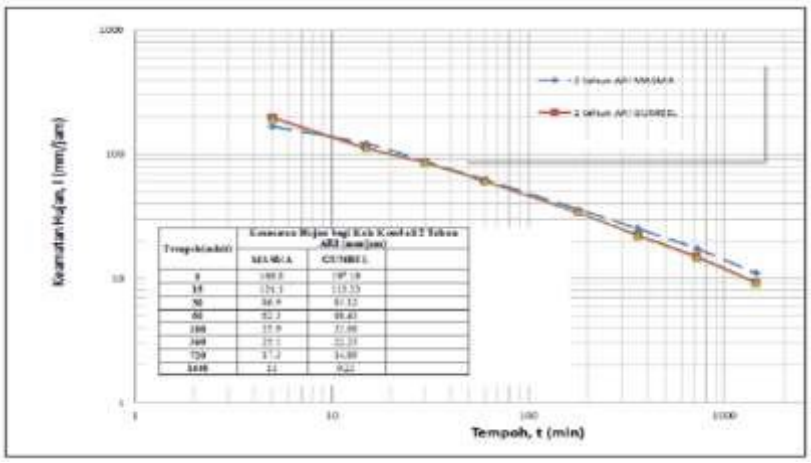
Tempoh(minit)	Kala Kembali					
	2 Tahun ARI	5 Tahun ARI	10 Tahun ARI	20 Tahun ARI	50 Tahun ARI	100 Tahun ARI
5	166.9	190.2	209.6	240.2	280.4	321.2
15	121.1	140.2	160.2	180.2	217.8	255.6
30	86.9	102.2	122.2	140.2	168.7	200.8
60	62.3	73.8	88.7	99.6	125.1	150.8
180	35.9	40.4	48.6	56.7	68.1	81.4
360	25.1	28.8	33.2	38.2	47.6	56.7
720	17.3	19.6	22.9	26.4	31.6	37.7
1440	11	13.4	15.3	18.2	21.1	24.8



Rajah 4. Lengkung IDF sediada stesen Rumah Pam Pahang Tua (3533102) Pekan, Pahang daripada MASMA 2012

6.2 Perbandingan Lengkung IDF baru dengan lengkung IDF sediada di dalam MASMA

Lengkung-lengkung IDF baru dibina akan dibandingkan dengan lengkung IDF sediada daripada MASMA bagi stesen Rumah Pam Pahang Tua, Pekan, Pahang. Perbandingan dilakukan berdasarkan tahun dan kala kembali bagi kaedah taburan yang digunakan. Lengkung - lengkung IDF baru ini, dibina berdasarkan data dari tahun 1980 hingga 2013 manakala lengkung IDF dari MASMA adalah berdasarkan data hujan tahun 1974 hingga 1980. Perbandingan lengkung IDF nilai keamatan dapat dilihat menerusi Rajah 5.



Rajah 5. Perbandingan nilai keamatan hujan bagi 2 tahun ARI

Daripada perbandingan lengkung IDF bagi kala kembali yang sama diatas, ianya menunjukkan tiada perbezaan nilai keamatan yang ketara diantara lengkung IDF yang baru dibina dengan lengkung IDF sediada di dalam MASMA. Menerusi perbandingan ini juga, lengkung IDF yang baru dibina menggunakan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel terdapat terlalu sedikit perbezaan nilai keamatan hujannya. Sebagai contoh, bagi 60 minit kala kembali 2 tahun (rujuk Rajah 5) nilai keamatan hujan bagi taburan Gumbel adalah 62.3 mm/jam, manakala nilai keamatan hujan bagi MASMA pula adalah 60.43 mm/jam. Ini menunjukkan bahawa kaedah analisis yang digunakan adalah bersesuaian dengan data dan iklim hujan setempat. Perbezaan kecil yang terhasil ini disebabkan oleh data hujan yang digunakan bagi MASMA adalah data hujan antara tahun 1970 hingga 1990 dan bukan data hujan yang terkini seperti mana yang digunakan dalam kaedah taburan Gumbel iaitu antara tahun 1980 hingga 2013.

Bagi mengetahui peratus perbandingan, pengiraan peratusan dilakukan. Pengiraan perbandingan dari segi peratusan nilai keamatan hujan antara Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel dengan Taburan IDF sediada MASMA adalah seperti berikut:

$$Bagi\ tempoh\ 60\ minit\ kala\ kembali\ 2\ tahun = \frac{Keamatan\ hujan\ IDF\ MASMA - Keamatan\ hujan\ IDF\ taburan\ Gumbel}{Keamatan\ hujan\ IDF\ MASMA}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{62.mm/jam - 60.mm/jam}{K62.mm/jam}\ x\ 100\%$$

$$= 3.00\ \%$$

Daripada pengiraan purata perbandingan, secara keseluruhannya perbezaan keamatan adalah sekitar 3%. Ini menunjukkan peratus perbezaan tidak terlalu ketara dan terlalu sedikit perbezaannya.

6.3 Ujian Kesepadanan Khi-Kuasa Dua (Chi-Square)

Pengiraan juga dilakukan bagi mendapatkan kesepadanan keamatan hujan bagi setiap tempoh diantara kedua - dua kaedah taburan dengan keamatan hujan sediada yang diperolehi daripada MASMA 2012. Perbandingan ini akan dilakukan dengan menggunakan kaedah Khi - Kuasa Dua (Chi-Square). Jadual akan digunakan bagi memudahkan pemahaman perbezaan tersebut. Nilai Khi – Kuasa Dua (Chi-Square) diwakili dengan simbol x2. Jika nilai x2 yang diperolehi adalah kecil daripada α (0.05) maka ia menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan secara saintifik antara data yang diuji (hipotesis alternatif) sekiranya besar ia menunjukkan tidak terdapat sebarang perbezaan yang signifikan (hipotesis null).

Merujuk kepada Jadual 3 iaitu hasil daripada analisis perbandingan nilai keamatan hujan antara Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel dengan MASMA ini, mendapati bahawa x2 adalah 0.382 iaitu lebih besar daripada nilai α (0.05), maka ini menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan secara saintifik (hipotesis alternatif). Daripada hasil analisis ini juga menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang ketara antara data nilai keamatan hujan antara MASMA dengan Gumbel yang diperolehi.

Jadual 3: Analisis perbandingan nilai keamatan hujan antara Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel dengan MASMA

Taburan * Keamatan hujan (mm/jam) Crosstabulation

Count

		Keamatan hujan (mm/jam)																Total
		8.23	11	14.66	17.2	22.22	26.1	33.69	36.9	60.43	62.3	85.12	86.6	112.22	121.1	166.9	197.19	
Taburan	MASMA	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	8
	GUMBEL	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	16.000[a]	15	.382
Likelihood Ratio	22.181	15	.103
Linear-by-Linear Association	.011	1	.918
N of Valid Cases	16		

32 cells (100.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

Menerusi analisis Khi - Kuasa Dua (Chi-Square), didapati bahawa terdapat kesepadanan lengkung IDF yang baru dibina dengan lengkung IDF yang terdapat di dalam MASMA bagi Stesen Rumah Pam Pahang Tua. Ini menunujukkan kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel adalah sesuai digunakan bagi tujuan analisis data hujan di Pekan, Pahang dan lengkung IDF baru yang dibina boleh digunapakai untuk tujuan rekabentuk hidrologi.

7. Kesimpulan

Dapat disimpulkan disini bahawa kajian ini telah mencapai objektifnya iaitu membina lengkung IDF yang baru bagi Bandar Pekan, Pahang yang diperlukan untuk tujuan rekabentuk sistem hidrologi terutamanya sistem saliran perbandaran. Lengkung IDF ini dibina dengan menggunakan data - data hujan yang terkini iaitu dari tahun 1980 hingga tahun 2013. Data - data ini diperolehi daripada Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) Ampang, Kuala Lumpur. Lengkung IDF baru yang dibina ini dibandingkan dengan lengkung IDF sediada yang terdapat di dalam MASMA.

Hasil daripada analisis ini juga mendapati bahawa kaedah Taburan Nilai Ekstrem atau Gumbel adalah sesuai digunakan untuk menganalisis data hujan bagi kawasan Pekan, Pahang. Ini ditunjukkan melalui analisis statistik Chi - Square dan peratus perbandingan. Berdasarkan perbandingan lengkung IDF dan analisis yang dilaksanakan diantara taburan Gumbel dan IDF MASMA sediada bagi stesen Rumah Pam Pahang Tua, Pekan, Pahang didapati tidak terdapat perbezaan yang terlalu ketara. Ini ditunjukkan melalui Ujian Khi-Kuasa Dua (Chi-Square) dimana nilai x2 yang diperolehi ialah 0.382 iaitu lebih besar daripada α (0.05). Oleh itu, lengkung IDF yang baru dibina tersebut sepadan dengan IDF MASMA sediada dan sesuai digunapakai bagi tujuan rekabentuk infrastruktur sistem saliran Bandar Pekan, Pahang.

Melalui peratus perbandingan secara keseluruhannya, dapat disimpulkan disini, didapati hanya terdapat perbezaan yang terlalu sedikit iaitu sebanyak 3% antara IDF baru dibina dengan IDF sediada di dalam MASMA. Perbezaan ini terjadi disebabkan oleh data yang digunakan untuk membina lengkung IDF di dalam MASMA adalah data - data hujan dari tahun 1970 hingga 1990. Dan data ini tidak diperbaharui sejak tahun 1991. Manakala data - data hujan bagi IDF baru adalah data terkini iaitu antara tahun 1980 hingga 2013.

Melalui kajian yang dijalankan ini juga, bagi mendapatkan data hujan untuk membina lengkung IDF bagi sesuatu kawasan didapati penggunaan tolok hujan automatik (auto logger) adalah sesuai. Data yang diperolehi daripada auto logger ini juga adalah lengkap dan tepat. Sekiranya menggunakan tolok hujan secara manual, kemungkinan data yang diperolehi tidak lengkap dan berlakunya ralat terhadap data yang dicerap.

Secara keseluruhanya dengan tercapainya objektif kajian, maka hasil daripada kajian ini boleh memberi manfaat dan digunakan sebagai rujukan dalam pelbagai projek rekabentuk hidrologi di kawasan Pekan, Pahang seperti merekabentuk sistem saliran perbandaran. Selain itu, ia juga boleh digunakan untuk menghindarkan atau mengelakkan daripada berulangnya kejadian banjir yang disebabkan oleh kegagalan sistem saliran perbandaran yang menimpa Bandar Pekan. Kajian ini juga boleh digunakan sebagai panduan untuk merekabentuk sistem saliran yang lebih ekonomi dan efisien bagi meminimumkan kemusnahan harta benda, nyawa dan kerosakkan alam sekitar.

Rujukan

Adams, B. J., & Papa, F. (2000). Analytical Probabilistic Models for Stormwater Management Planning. John New Wiley & Sons, New York, 358pp.

Ahmad Hazry, H. (1992). Rekabentuk Lengkung Keamatan - Jangkamasa - Frekuensi Hujan. Tesis Sarjana Muda, Jabatan kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia.

Bedient, P. B., & Hubber, W.C. (1992). “Hydrology and Floodplain Analysis”.Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Mass.

Chen, C. L. (1983). “Rainfall intensity-duration-frequency formulas”, ASCE J. Hydraulic Eng., 109,1603–1621.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). “Applied Hydrology”, McGraw - Hill. dan Saliran, J. P. (2012). Urban stormwater management for Malaysia: MSMA.

Daniell, T. M, & Tabios, III. G. Q. (2008). “Asian Pacific FRIEND: Rainfall Intensity Duration Frequency (IDF) Analysis for the Asia Pacific Region”. IHP-VII Technical Documents in Hydrology No.2, Regional Steering Committee for Southeast Asia and the Pacific, UNESCO Jakarta.

Fatimah, M. N., Hadibah, I., Mohamad Noor, S., & Abd. Aziz, I. (1992). “Hidrologi Kejuruteraan (Terjemahan E.M. Wilson), Unit Penerbitan Akademik, Universiti Teknologi Malaysia.

Hall, M. J. (1984). “Urban Hydrology”. Elsevier Applied Sciences Publishers.

Hashim, A. (1993). “Development of A User Friendly System For Hydrological.

Ismail, W. R. (1994). Pengantar Hidrologi. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., & Manetas, A. (1998). "A mathematical framework for studying rainfall intensity duration - frequency relationships", Journal of Hydrology, 206(1-2), 118-135.

Milington, N., Das, S., & Simonovic, S. P. (2011). The Comparison of GEV, Log-Pearson Type 3 and Gumbel

Distributions in the Upper Thames River Watershed under Global Climate Models. Water Resources Research Report, Report No: 077, Department Of Civil And Environmental Engineering, The University Of Western Ontario.

Mohamad Noor, F., Ismail, H., Salleh, M. N., & Ibrahim, A. A. (1992). Hidrologi Kejuruteraan. Unit Penerbitan Akademik Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.

Mukhtar, N. N., Aimrun, W., Ahmad Fikri, A., & Muhamad Saufi, M. K. (2020). Lengkung Keamatan-TempohFrekuensi Semasa dan Masa Hadapan berdasarkan Pemberatan GCM Ensembel dan Pengasingan Temporal. Sains Malaysiana 49(10)(2020): 2359-2371. http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2020-4910-03.

Norhayati, M. G. (1994). Pembangunan Lengkung Keamatan Jangkamasa Frekuensi Hujan. Tesis Sarjana Muda, Jabatan kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia.

Nur Asma', S. (2015). The Development Of Intensity-Duration-Frequency Curves For Pahang. Tesis Sarjana Muda, Jabatan kejuruteraan Awam & Sumber Bumi, Universiti Malaysia Pahang.

Nur Atikah, M. Z. (2016). The Development Of Rainfall Intensity-Duration-Frequency (Idf) Curves In Klang Valley. Tesis Sarjana Muda, Jabatan kejuruteraan Awam & Sumber Bumi, Universiti Malaysia Pahang.

Viessman, W. (1989). "Introduction to Hydrology". Intext Education, New York.

Wenzel, H. G. (1982). Rainfall for urban stormwater design, Urban Storm Water Hydrology.Kibler, D.F. (ed.) Water Resources Monograph 7, American Geophysical Union, Washington D.C.

Zelenhasic, E. (1970). Theoritical Probability Distributions for Flood Peaks. Hydrology Papers, Colorado State University.