

KURVA INTENSITAS DURASI FREKUENSI (IDF) HUJAN PADA 3 STASIUN (STUDI KASUS DAS SAMPEAN KABUPATEN BONDOWOSO)

Intensity Duration Frekuensi (IDF) Curve at 3 rain gauge (Case Study: Sampean Catchment area at Bondowoso Regency)

Entin Hidayah^a, Indarto

^aJurusan Teknik Sipil, FT UNEJ, Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121 email: entin_hidayah@yahoo.com

Abstrak

Dalam mendisain struktur pengendalian banjir, estimasi intensitas curah hujan untuk menghitung debit banjir rencana sangat dibutuhkan. Pembentukan kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi curah hujan di DAS Sampean berguna untuk membantu memprediksi kapan suatu daerah akan terjadi banjir, atau untuk menentukan kapan tingkat curah hujan tertentu atau volume spesifik aliran limpasan akan terulang kembali di masa depan. Pembuatan kurva IDF ini akan dilakukan di 3 stasiun hujan: Maesan, Sentral dan Tlogo yang memiliki data hujan selama 8 tahun. Data curah hujan yang dibutuhkan untuk membuat kurva IDF adalah data tinggi hujan maksimum tahunan untuk durasi 15, 30, 60, 90, 120, 240 dan 360 menit. Langkah untuk pembentuk kurva IDF ada 3 tahap yaitu uji distribusi data hujan, menentukan probabilitas kejadian hujan; dan membuat kurva IDF. Data hujan pada tiga stasiun hujan Maesan, Sentram dan Tlogo berdistribusi normal yang digunakan untuk mendapatkan probabilitas hujan untuk periode ulang 2, 5, 10 tahunan. Kinerja kurva IDF diuji dengan metode kuadrat terkecil, didapatkan kinerja yang bagus dengan nilai korelasinya diatas 0,8.

Kata kunci : Intensitas, durasi, frekuensi, distribusi normal

ABSTRACT

To design the flood control structures, the estimation of rainfall intensity to compute the discharge plan is needed. The formula of curve intensity - duration - frequency for rainfall depth in Sampean catchment area is very useful to predict the flood control, or to determine when a certain level of rainfall runoff. 3 steps to establish IDF curves include: determining the rainfall depth distribution, determining rainfall depth events probabilities; and creating IDF curve. The distributions of 3 rainfall depth in Maesan, Sentral and Tlogo raingauge is normal that is used to generate rainfall depth with return period 2, 5, 10 year. Performance of IDF curve is tested by the least squares method and is obtained significance performance with correlation above 0.8.

Keywords: *intensity duration frequency, normal distribution, least squares*

PENDAHULUAN

DAS Sampean yang terletak di Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Situbondo merupakan wilayah yang rawan banjir, dan sedimentasi. Sebagai antisipasi banjir, perhitungan debit banjir rancangan untuk prediksi banjir maupun prediksi angkutan sedimen sangat penting. Oleh karena itu, kurva IDF dengan informasi waktu sub harian sebagai inputan perhitungan debit banjir rancangan harus disediakan. Terdapat 3 stasiun hujan otomatis di hulu DAS Sampen yang dapat digunakan untuk membuat kurva IDF. Ke 3 stasiun ini memiliki rezim curah hujan yang berbeda.

Berbagai penelitian IDF telah dibuat dengan formula yang disesuaikan dengan karakteristik hujan di wilayah tersebut. Di Rwanda, Demar'ee dan Vyver (2013) menggunakan IDF type-Montana dengan data hujan maksimum tahunan dan perhitungan probabilitasnya menggunakan fungsi distribusi Gumbel 2-parameter dan General Extreme Value 3-parameter. Omer dan Benzedden (2012) melakukan studi kasus IDF di Aegean Region

(Turkey) yang fungsi distribusi utamanya menggunakan lognormal dua parameter dan distribusi Gumbel. Dengan meminimalkan nonparametrik Kruskal –Wallis, intensitas curah hujan rata-rata berhasil digambarkan oleh fungsi parametrik dari kombinasi parameter fungsi kuantil $a(T)$ dan fungsi durasi $b(d)$. Koutsoyiannis et al. (1998) mengusulkan fungsi matematis dengan mengefisiensikan parameter dan mengestimasi hubungan IDF secara terpisah. Kurva IDF diturunkan dari hubungan semi-empiris curah hujan, di mana fungsi $a(T)$ didasarkan pada fungsi distribusi probabilitas yang menggunakan variabel acak $U(d, T) = I(d, T) \cdot B(d)$. Madsen et al. (2002) membuat kerangka umum untuk perkiraan kurva IDF dengan regresi kuadrat terkecil statistik seri durasi parsial yang diaplikasikan di Denmark dengan distribusi utama dua parameter. Berbagai analisis IDF telah digunakan oleh berbagai negara di wilayah Asia Pasific yang menunjukkan bahwa belum ada model distribusi probabilitas terbaik yang tepat untuk digunakan pada semua stasiun hujan (Daniel dan Tabios III 2008). Berdasarkan pembuatan IDF sebelumnya, secara prinsip kurva IDF dibuat dengan 2 langkah yang pertama membuat tinggi hujan rencana dengan periode ulang yang dibentuk dari distribusi datanya dan yang kedua membentuk kurva IDFnya.

Distribusi Normal sangat berguna dalam menggambarkan fenomena hidrologi seperti debit banjir rata-rata tahunan, atau rata-rata tahunan beban polutan (Maidment 1992). Teori batas tengah menunjukkan bahwa jika variabel acak x adalah jumlah dari n independen dan diidentifikasi berdistribusi variabel random dengan varian terbatas dengan peningkatan n , distribusi dari x menjadi normal dari distribusi variabel random aslinya. Pdf untuk variabel random x adalah :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Dengan:

- μ = Rata-rata
- σ = Simpangan baku
- π = 3,14159
- e = 2,71828

Faktor frekuensi untuk Distribusi Normal untuk memperkirakan periode ulang hujan diberikan oleh Maidment (1992) diberikan persamaan persamaan (2)

$$x_T = \bar{x} + K_T S = \bar{x} + z_T S \quad (2)$$

Dengan:

- x_T = Estimasi terjadinya hujan dengan periode ulang T tahun
- K_T = faktor frekuensi
- T = periode ulang
- \bar{x} = rata-rata sampel
- S = standart deviasi

Probabilitas $P(a < x < b)$ dihitung dengan memakai integral dari fungsi $f(x)$ yang dibatasi oleh $x = a$ dan $x = b$, dengan rumus :

$$P(a < x < b) = \int_b^a f(x) dx = \int_b^a \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui 2 tahap yaitu pengolahan data, dan analisis data. Tahap pertama adalah pengolahan data. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan berupa durasi hujan dan intensitas curah hujan dari diketiga stasiun hujan dari tahun 2005-2012. Data diperoleh dari UPT PSDA Sampean Baru. Data tinggi hujan maksimum disusun berdasarkan tahun, jumlah curah hujan serta untuk masing-masing durasi. Durasi hujan yang digunakan adalah 15, 30, 60, 90, 120, 240 dan 360 menit untuk setiap tahun seperti tabel 1.

Nilai curah hujan maksimum tahunan untuk setiap durasi ditabulasikan, intensitasnya dihitung, nilai-nilai peringkat dalam urutan menurun dengan intensitas tertinggi diambil dari peringkat nilai 1. Interval Periode ulang dihitung dengan rumus Weibull (Nwaogazie, 2006).

$$T = \frac{n+1}{m} \tag{4}$$

Dengan:

T : interval pengulangan pada tahun,

n : pangkat tertinggi,

m : nilai peringkat dari masing-masing intensitas curah hujan.

Tabel 1. Tinggi hujan maximum pada stasiun hujan Maesan, Sentral, dan Tlogo.

Tahun	Hujan maximum untuk berbagai durasi (mm)																	
	15 menit			30 menit			60 menit			120 menit			240 menit			360 menit		
	M	S	T	M	S	T	M	S	T	M	S	T	M	S	T	M	S	T
2005	15	4	6	17	10	7	20	30	7.51	55	33	21.5	56.2	35	50.4	111.2	40	94.05
2006	58	9	26.4	118	14	52.8	202	20	0.886	382	50	184.9	477	125	246.6	572	220	316.2
2007	14	16	10	23	24.3	26	26	32.7	35	35.5	36	40	40	59.6	50	50.20	69	60
2008	8	15	25	15	20	30	19	28	35	23	36	39	30	41	45	32	45	50
2009	7.8	18.4	5.6	27.8	61.8	22.7	56.4	121	45.6	126.6	241.4	108.8	304.8	318.4	166	466.4	320	205.8
2010	10	18	10	75	34.9	60	140.5	58.6	120	271.5	122.2	261.2	337.5	321.8	363.5	403	387.4	441.6
2011	35	10.7	20	70	26	6.2	110	63.6	32.4	212	157.1	35	279	242.4	143	303	293.4	172.2
2012	15	3.3	23	66	23.3	52.8	132	53.5	58	289	136.3	90.8	430.2	203.3	101	536.4	309.5	120

KET: M = Stasiun Maesan, S = Stasiun Sentral, T = Tlogo

Tahap kedua adalah analisis. Salah satu cara yang digunakan dalam menganalisis intensitas curah hujan adalah model Quotient (Nwaogazie dan Nwadike, 2010). Model matematika ini digunakan untuk mengembangkan hubungan antara intensitas curah hujan dan durasi untuk interval pengulangan diberikan sebagai:

$$i = \frac{a}{t+b} \tag{5}$$

dengan:

i : intensitas curah hujan di mm / jam;

t : durasi dalam jam (s), dan

a dan b : konstanta lokalitas.

Persamaan (5) dapat dilinierkan dengan mengambil *invers* atau *quotient* dari persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{i} = \frac{t}{a} + \frac{b}{a} \tag{6}$$

persamaan (6) dapat disederhanakan dalam bentuk linear dalam persamaan (7):

$$y = a_1 t + a_0 \tag{7}$$

dengan: $y = 1/i$; $a_1 = 1/a$ and $a_0 = b/a$

Proses ini memerlukan konversi dari nilai intensitas curah hujan, sehingga perlu ditransformasi kembali sebelum melakukan pengeplotan grafik.

Model lain yang digunakan untuk menguji kecocokan nilai intensitas curah hujan adalah model Power. Bentuknya disajikan sebagai Persamaan (8):

$$i = a R^b \tag{8}$$

dengan:

- i : intensitas curah hujan (mm / jam);
- R : periode ulang atau frekuensi (tahun), dan
- a dan b : konstanta lokal.

Persamaan (8) digunakan untuk menyesuaikan data curah hujan melalui metode statistik kuadrat terkecil dalam regresi. Konstanta a dan b selanjutnya dievaluasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

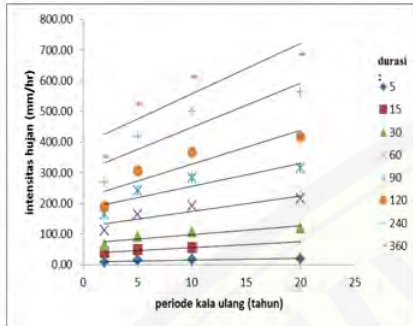
Berdasarkan hasil uji goodness of fit dengan Smirnov- Kolmogorov yang dibantu oleh program Easyfit terhadap data tinggi hujan maksimum tahunan selama periode tahun 2005-2012 bahwa, distribusi yang dipilih untuk ke 3 stasiun hujan adalah distribusi normal. Hasil test menunjukkan tingkat signifikansi 5 % yang dibuktikan oleh nilai statistiknya yang masih lebih kecil dari nilai kritis dan P-value lebih besar dari nilai kritis sehingga hipotesisnya diterima seperti nampak pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji goodness of fit dengan Smirnov Kolmogorov

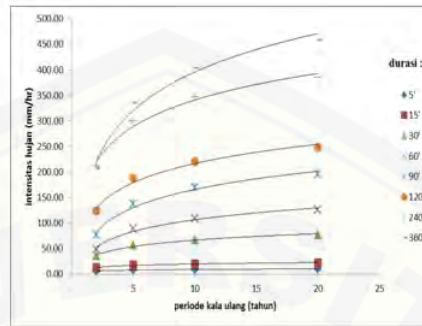
No	P-Value	Statistic	Nilai kritis α					parameter		Ket
			0.2	0.1	0.05	0.02	0.001	s	m	
1	0.00267	0.57054	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	6.3415	4.7667	diterima
2	0.36866	0.28877	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	19.363	15.533	diterima
3	0.84489	0.18985	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	41.951	42.2	diterima
4	0.86571	0.18494	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	74.589	74.1	diterima
5	0.76039	0.20775	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	109.69	109.04	diterima
6	0.67665	0.22435	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	145.4	147.73	diterima
7	0.54207	0.25097	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	194.99	209.5	diterima
8	0.79428	0.20084	0.3391	0.38746	0.43001	0.4796	0.51332	234.84	274.36	diterima
9	0.95714	0.17527	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	3.5359	4.3286	diterima
10	0.91236	0.19409	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	7.22	10.771	diterima
11	0.81674	0.22115	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	19.106	26.329	diterima
12	0.82604	0.21885	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	38.751	49.886	diterima
13	0.9889	0.15066	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	60.68	76.843	diterima
14	0.95522	0.17628	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	83.492	105.71	diterima
15	0.99004	0.14913	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	124.92	181.51	diterima
16	0.96764	0.16917	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	169.98	251.33	diterima
17	0.14762	0.38182	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	4.3815	3.05	diterima
18	0.25463	0.33842	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	9.3183	5.25	diterima
19	0.38467	0.30136	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	25.162	17.712	diterima
20	0.65303	0.24177	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	45.573	36.719	diterima
21	0.5468	0.26417	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	70.594	57.962	diterima
22	0.6707	0.23817	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	97.685	83.794	diterima
23	0.82695	0.20512	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	70.594	122.19	diterima
24	0.92196	0.17917	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	161.03	155.99	diterima

Gambar 1a , b dan c menunjukkan kurva Intensitas - Durasi – Frekuensi (IDF) untuk agregasi waktu 15 , 30 , 45 , 60, 90, 120, 240 dan 360 menit terhadap 4 periode ulang T dari 2 , 5 , 10 , dan 20 tahun pada stasiun Maesan, Sentral dan Tlogo menggunakan parameter statistik seperti tabel 3. yang menunjukkan adanya korelasi yang bagus. Dari ketiga stasiun ini,

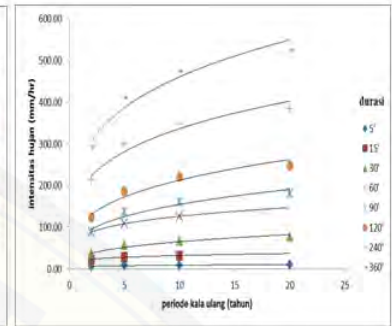
stasiun Sentral memiliki korelasi terhadap kala ulang hujan yang paling baik, selanjutnya Stasiun Tlogo dan yang terakhir yang terkecil korelasinya adalah stasiun Maesan. Pada stasiun Maesan grafik menunjukkan fungsi liner dengan nilai korelasi diatas 0,8, pada stasiun Sentral kurva dengan fungsi logaritmik dengan nilai korelasi diatas 0,98, dan pada stasiun Tlogo kurva dengan fungsi power dengan nilai korelasi diatas 0,94. Pada ke tiga gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang hujan akan meningkatkan nilai intensitas hujannya.



Gambar 1a. Kurva intensitas hujan (mm/hr) – periode kala ulang untuk durasi 5,15,30,60,90, 120, 240, 360 menit di Sta. Maesan



Gambar 1b. Kurva intensitas hujan (mm/hr) – periode kala ulang untuk durasi 5,15,30,60,90, 120, 240, 360 menit di Sta. Tlogosari

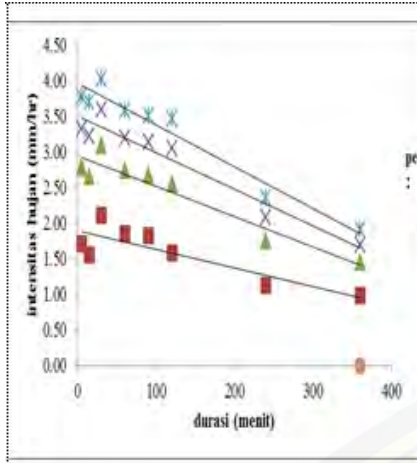


Gambar 1c. Kurva intensitas hujan (mm/hr) – periode kala ulang untuk durasi 5,15,30,60,90, 120, 240, 360 menit di Sta. sentral

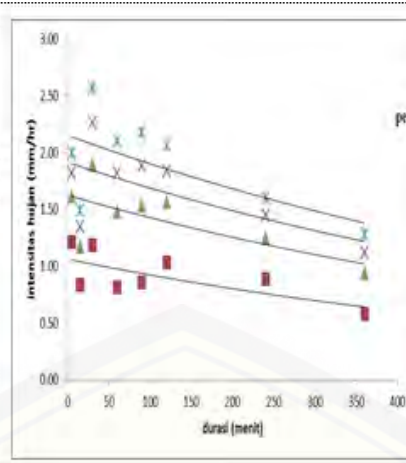
TABEL 3. QUANTILES UNTUK AGREGASI WAKTU 15 , 30 , 45 , 60, 90, 120, 240 DAN 360 MENIT

Durasi	5	15	30	60	90	120	240	360
Sta. Maesan								
regresi models	$y = 0.5073x + 9.8107$	$y = 1.9088x + 37.054$	$y = 2.81x + 70.118$	$y = 5.0768x + 123.47$	$y = 7.4596x + 181.67$	$y = 11.072x + 216.81$	$y = 14.406x + 304.31$	$y = 16.39x + 392.51$
Regression parameters	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.9612$	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.8067$	$R^2 = 0.8067$
Sta. Sentral								
power models	$y = 1.6951 \ln(x) + 5.0757$	$y = 4.2524 \ln(x) + 10.097$	$y = 18.069 \ln(x) + 24.933$	$y = 33.398 \ln(x) + 29.565$	$y = 51.405 \ln(x) + 47.433$	$y = 54.168 \ln(x) + 91.879$	$y = 75.005 \ln(x) + 168.21$	$y = 109.03 \ln(x) + 144.67$
Regression parameters	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$	$R^2 = 0.9821$
Sta. Tlogo								
power models	$y = 5.4168x^{0.2155}$	$y = 20.251x^{0.2}$	$y = 30.06x^{0.3361}$	$y = 75.969x^{0.2207}$	$y = 77.128x^{0.3025}$	$y = 106.1x^{0.3025}$	$y = 185.67x^{0.2584}$	$y = 257.73x^{0.2526}$
Regression parameters	$R^2 = 0.9592$	$R^2 = 0.9996$	$R^2 = 0.9439$	$R^2 = 0.9994$	$R^2 = 0.9483$	$R^2 = 0.9483$	$R^2 = 0.9539$	$R^2 = 0.9546$

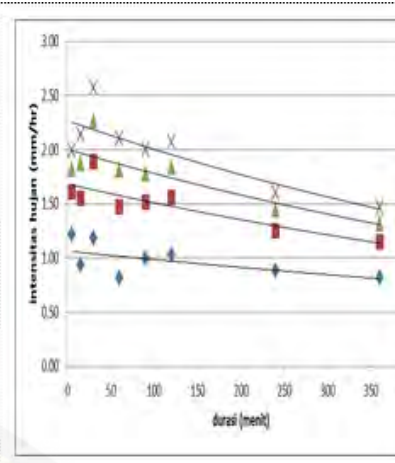
Kurva IDF yang dihasilkan pada ke 3 stasiun hujan di gambar 2 a, b, dan c menunjukkan bahwa durasi hujan semakin lama maka intensitas hujannya semakin menurun.



Gambar 2a. Kurva IDF dari stasiun maesan untuk periode ulang 2, 5, 10 tahun



Gambar 2b. Kurva IDF dari stasiun tlogosari untuk periode ulang 2, 5, 10 tahun



Gambar 2c. Kurva IDF dari stasiun Sentral untuk periode ulang 2, 5, 10 tahun

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan kurva IDV di 3 stasiun hujan dapat disimpulkan bahwa: Distribusi hujan yang sesuai untuk membangun kurva IDF ini adalah distribusi normal untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Fungsi intensitas yang digunakan linier untuk stasiun Maesan, logaritmik untuk stasiun hujan Sentral power untuk stasiun Tlogo. Model diuji dan telah mewakili fenomena intensitas hujan atau data yang diamati sangat baik. Hal ini juga ditegaskan oleh koefisien korelasi yang diperoleh pada model tinggi diatas 0,8. Model tersebut digunakan untuk menghasilkan nilai intensitas curah hujan untuk jangka bervariasi dan periode ulang untuk daerah studi. Ketersediaan hujan seperti nilai intensitas benar-benar akan membuat desain dari beberapa struktur hidrolis mudah bagi insinyur sipil dan lingkungan lainnya melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan curah hujan sekitar area studi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan secara khusus kepada Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur, dimana data-data untuk penelitian ini berasal.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniell, Trevor M. and Tabios III, Guillermo Q. 2008 Asian Pacific FRIEND Rainfall Intensity Duration Frequency (IDF) Analysis for the Asia Pacific Region, *IHP-VII Technical Documents in Hydrology No.2 RSC SEAsia and the Pacific*, UNESCO, Jakarta, November,
- Demar'ee G. R. dan Van de Vyver H., 2013. Construction of intensity-duration-frequency (IDF) curves for precipitation with annual maxima data in Rwanda, Central Africa: *Advances in Geosciences.*, 35, 1–5, 2013, www.adv-geosci.net [diakses pada tanggal 1 September 2013]

- Koutsoyiannis D., Kozonis D. and Manetas A. 1998. A Mathematical Framework for Studying Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationships. *J. Hydrology*, 206, 118-135.
- Maidment, D.R. (1992), Frequency Analysis of Extrem Event, *Handbook of hydrology*, McGRAW-HILL,INC
- Nwaogazie, I.L. (2006) “Probability and Statistics for Science and Engineering practice”. *Prints Konzults*
- Nwaogazie, I.L. dan Nwadike, C.E (2010). “Developing Annual and Partial series Rainfall Models for Enugu. City”, *Global J. of Engrg Research, GJENR*. vol 9, Nos 1 & 2, pp 11-18.
- Lagos.Omer L. A., Benzedden E., 2012, Simple Generalization Approach for Intensity-Duration-Frequency Relationships, *Copyright ©2012 John Wiley & Sons, Ltd*, doi: 10.1002/hyp.9634.

