

**RINGKASAN TUGAS AKHIR
PENELITIAN**

**PROGRAM ANALISIS FREKUENSI
BESARAN RANCANGAN BERBASIS *WEBSITE***

(Studi Kasus: Data Hujan Kabupaten Sleman)



Disusun oleh:
GINANJAR DWI PRASETYO
16310083

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
YOGYAKARTA
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PROGRAM ANALISIS FREKUENSI
BESARAN RANCANGAN BERBASIS *WEBSITE***

(Studi Kasus: Data Hujan Kabupaten Sleman)

**Diajukan guna melengkapi salah satu persyaratan untuk mencapai
derajat Sarjana Teknik Sipil pada
Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Yogyakarta**

Disusun oleh:
**GINANJAR DWI PRASETYO
16310083**

Telah diperiksa, diuji, dan disetujui
Tim Pembimbing dan Penguji

Nizar Achmad, S.T., M.Eng.

Dosen Pembimbing Utama

Tanggal :

Titiek Widyasari, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Pendamping

Tanggal :

Sardi, S.T., M.T.

Dosen Penguji

Tanggal :

Program Analisis Frekuensi Besaran Rancangan Berbasis Website

Ginanjar Dwi Prasetyo¹, Nizar Achmad¹, Titiek Widayarsi¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat
Mataram 55-57, Yogyakarta
Email: dginanjar13@gmail.com

Abstrak

Rancangan bangunan air memiliki perhitungan yang panjang. Analisis frekuensi merupakan salah satu dari perhitungan tersebut. Teknologi yang telah berkembang perlu dimanfaatkan guna mempermudah proses perhitungan tersebut. Sebuah *website* adalah salah satu pemanfaatan teknologi yang lebih efisien untuk analisis frekuensi, terlebih bila dibandingkan dengan perhitungan manual. Data yang digunakan untuk analisis adalah data hujan harian 11 stasiun kabupaten Sleman dari tahun 2004 hingga 2018. Analisis data dilakukan dengan membandingkan perhitungan menggunakan Microsoft Excel dengan bahasa pemrograman PHP: *Hypertext Preprocessor*. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa *website* analisis frekuensi besaran rancangan dapat memberikan hasil hitungan berupa pilihan distribusi, uji Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov, serta hujan rancangan. Berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun *website* ini memiliki akurasi yang tinggi, ditunjukkan dengan nilai rata rata kesalahan relatif = 0,049. Namun, terdapat nilai kesalahan relatif yang cukup signifikan pada Log Person III, misalnya uji Smirnov Kolmogorov nilai kesalahan relatifnya adalah 4,155. Batasan lainnya yaitu masukkan data harus berupa angka dan titik (.) sebagai penggunaan desimal, jika tidak *website* akan eror. *Website* dapat digunakan secara umum dan terbuka menggunakan data hujan atau debit dari berbagai wilayah.

Kata kunci: analisis frekuensi, besaran rancangan, distribusi hujan, PHP: *Hypertext Preprocessor*, *website*

Abstract

The design of the water structure has a long calculation. Frequency analysis is one of these calculations. Technology that has developed needs to be utilized to simplify the calculation process. A website is one of the more efficient use of technology for frequency analysis, especially when compared to manual calculations. The data used for analysis is daily rainfall data for 11 stations in Sleman Regency from 2004 to 2018. Data analysis was carried out by comparing calculations using Microsoft Excel with the PHP programming language: Hypertext Preprocessor. The results of this study found that the design scale frequency analysis website can provide calculation results in the form of distribution options, Chi Square and Smirnov Kolmogorov tests, and design rain. Based on the return period of 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 years, this website has a high accuracy, indicated by the average value of relative error = 0.049. However, there is a relatively significant relative error value in Log Person III, for example the Smirnov Kolmogorov test, the relative error value is 4.155. Another limitation is that the input data must be a number and a period (.) as a decimal, otherwise the website will crash. The website can be used publicly and openly using rain or discharge data from various regions.

Keywords: frequency analysis, design magnitude, rain distribution, PHP: Hypertext Preprocessor, website

1. PENDAHULUAN

Sebuah rancangan bangunan air memiliki perhitungan yang panjang. Salah satu bagian dari perhitungan tersebut adalah analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan prakiraan dalam arti memperoleh probabilitas terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/curah hujan rancangan yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi (Arbaningrum, 2015).

Kejadian hujan merupakan proses stokastik, sehingga untuk keperluan analisis dan menjelaskan proses stokastik tersebut digunakan teori probabilitas dan analisis frekuensi (Upomo & Kusumawardani, 2016). Analisis frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran atau distribusi. Menemukan distribusi probabilitas yang paling cocok untuk curah hujan harian maksimum tahunan memiliki implikasi praktis dan teoritis yang kuat, karena pilihan yang salah dapat menyebabkan (*under*) *oversizing* komponen utama struktur hidrolik

(misalnya, tanggul), atau kuantifikasi yang sangat tidak pasti dari keamanan struktural (De Michele & Avanzi, 2018). Jadi, dalam perhitungan perancangan bangunan air diperlukan ketepatan perhitungan analisis frekuensi.

Teknologi semakin berkembang dari waktu ke waktu. Perkembangan ini ditunjukkan dengan berbagai macam penemuan atau alat yang canggih. Keberadaan teknologi dapat memudahkan dan meringankan pekerjaan manusia. Hal ini seperti contohnya, pemanfaatan bahasa pemrograman diberbagai bidang ilmu. Di teknik sipil, bahasa pemrograman dimanfaatkan untuk bermacam macam perhitungan atau perencanaan sebuah bangunan. Namun, untuk perhitungan analisis frekuensi belum ada atau penulis belum menemukan pemanfaatan teknologi, dalam hal ini bahasa pemrograman.

Perkembangan pemrograman berbasis *website* dapat digunakan untuk analisis frekuensi curah hujan. Agar yang tadinya masih menggunakan perhitungan manual dapat dilakukan secara otomatis. Sehingga, diwaktu mendatang bisa memudahkan setiap orang untuk mengakses, mendapatkan hasil perhitungan secara daring, efisien, tepat dan mempersingkat waktu perhitungan hanya dalam beberapa detik atau setidaknya beberapa menit.

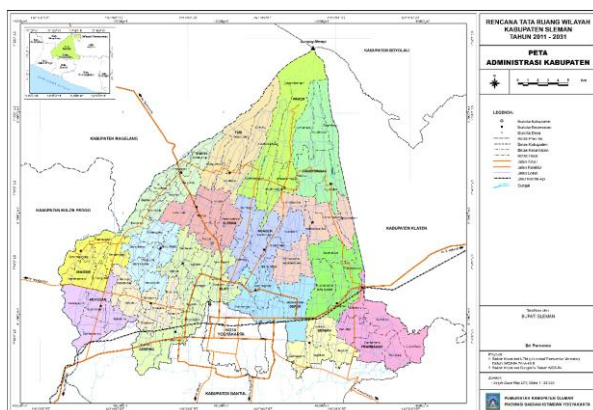
2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini sebagai berikut.

- Bagaimana cara mempermudah proses perhitungan analisis frekuensi besaran rancangan?
- Bagaimana menganalisis frekuensi besaran rancangan menggunakan bahasa pemrograman?

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Sumber: (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sleman, n.d.)

Gambar 1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di kabupaten Sleman, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pertimbangan

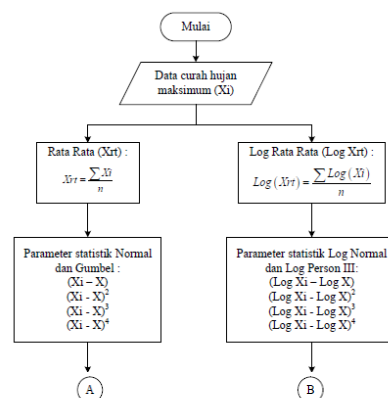
pemilihan lokasi tersebut ialah kabupaten Sleman merupakan hulu dari sungai-sungai besar yang ada di wilayah provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan ketersediaan data terutama data hujan menjadi pertimbangan lainnya.

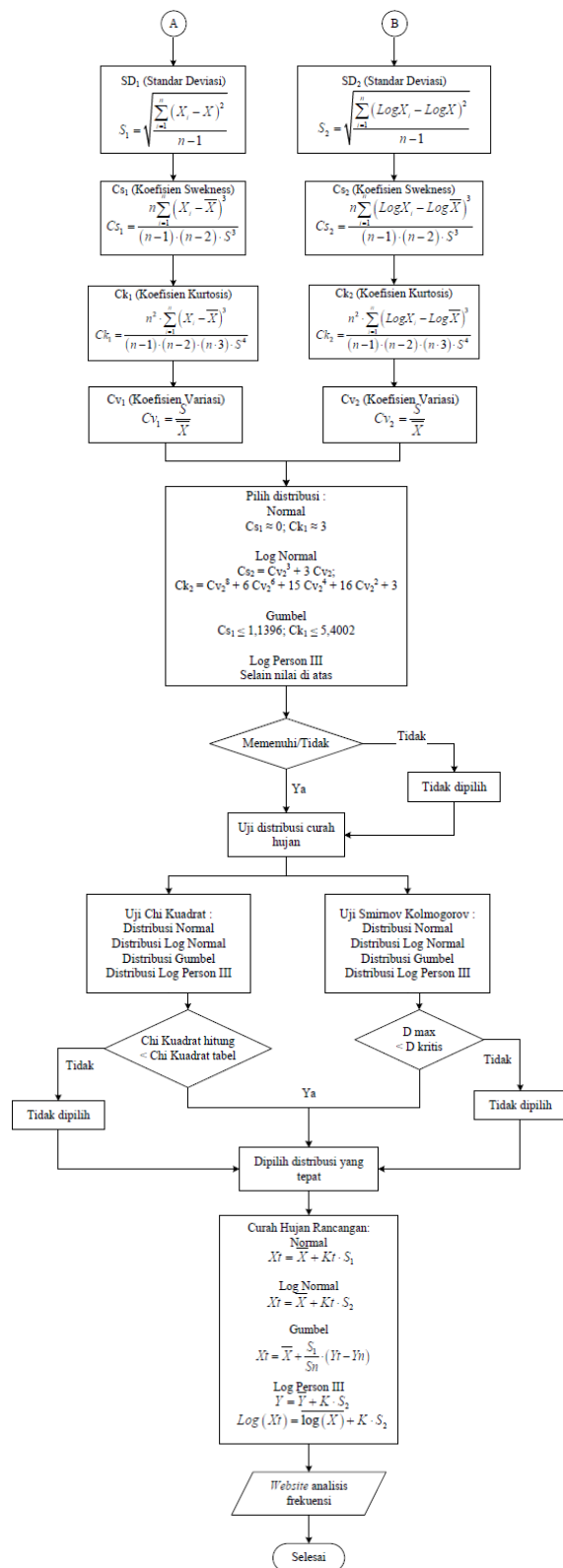
3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Studi literatur digunakan untuk mempermudah dalam menyelesaikan masalah-masalah atau sebagai pedoman dalam penelitian.
- Data hujan harian tahunan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral, Daerah Istimewa Yogyakarta disortir berdasarkan nilai maksimum di setiap stasiun mengikuti tanggal dimana terjadi hujan harian terbesar.
- Hasil sortir akan menunjukkan data yang perlu diambil, yaitu curah hujan harian tahunan maksimum di setiap stasiun hujan.
- Menjumlahkan hasil perkalian antara curah hujan harian tahunan maksimum (CH) dengan koefisien luas di setiap stasiun hujan.
- Didapatkan CH maksimum yang perlu disortir berdasarkan nilai terkecil ke nilai terbesar.
- Analisis curah hujan rata-rata tahunan maksimum dengan metode Poligon Thiessen.
- Analisis frekuensi curah hujan, seperti parameter statistik, penentuan distribusi, uji distribusi Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov serta kala ulang hujan rancangan dengan metode Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Person III, menggunakan:
 - Microsoft Excel, dan
 - Bahasa pemrograman PHP.
- Validasi/perbandingan selisih hasil antara perhitungan pemrograman PHP dengan perhitungan menggunakan Microsoft Excel.
- Diperoleh hasil validasi dan data, berupa pilihan distribusi hujan, uji distribusi serta kala ulang curah hujan rancangan.

Bagan perhitungan *website* analisis frekuensi curah hujan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.





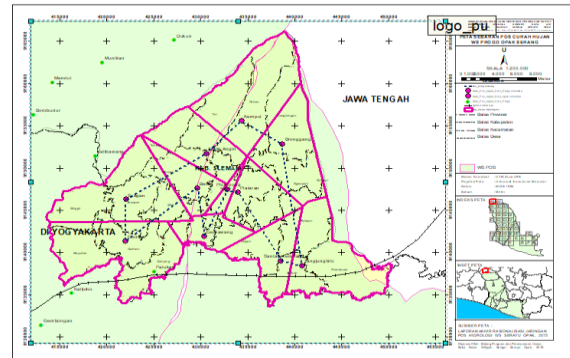
Gambar 2 Bagan Perhitungan pada Website

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hujan Kawasan

Perhitungan hujan kawasan kabupaten Sleman dilakukan menggunakan metode Poligon Thiessen,

untuk mendapatkan luas kawasan dan koefisien setiap stasiun hujan didapat dengan menggunakan *software* ArcGIS.



Gambar 3 Peta wilayah stasiun hujan kabupaten Sleman

Tabel 1 Koefisien Thiessen

No	Stasiun	Luas (km ²)	Koefisien (C)
1	Angin-angin	46,44	0,0806
2	Prumpung	7,09	0,0123
3	Gemawang	24,19	0,0420
4	Beran	31,37	0,0545
5	Kemput	86,15	0,1496
6	Tanjung Tirto	71,44	0,1240
7	Santan	41,28	0,0717
8	Bronggang	60,82	0,1056
9	Sayegan	79,75	0,1385
10	Plataran	39,41	0,0684
11	Godean	88,03	0,1528
Total		575,98	1

Berdasarkan luas stasiun dan koefisien, dapat dihitung curah hujan tahunan rata-rata maksimum, hasilnya seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2 Curah hujan tahunan rata-rata maksimum

No	Tahun	CH (mm)
1	2009	27,65723041131
2	2011	29,35612618713
3	2010	31,88349566818
4	2007	32,74956160911
5	2013	42,56435231002
6	2006	43,54603364759
7	2008	53,09857631474
8	2012	62,12436411619
9	2014	67,27259232252
10	2015	67,89102036564
11	2004	68,88378214143
12	2005	71,72223726930
13	2016	74,20673819817
14	2018	75,66161432019
15	2017	155,62799451360

4.2 Analisis Frekuensi

4.2.1 Microsoft Excel

Perhitungan statistik merupakan awal dari pilihan distribusi. Nilai dari koefisien Skewness, Kurtosis, dan Variasi diperoleh melalui tahapan ini.

Tabel 3 Perhitungan statistik curah hujan kabupaten Sleman

m	P = m/(N+1)	Tahun	CH (mm)	Ln CH (mm)
1	0,063	2010	27,657	3,320
2	0,125	2011	29,356	3,380
3	0,188	2009	31,883	3,462
4	0,250	2007	32,750	3,489
5	0,313	2008	42,564	3,751
6	0,375	2013	43,546	3,774
7	0,438	2006	53,099	3,972
8	0,500	2004	62,124	4,129
9	0,563	2018	67,273	4,209
10	0,625	2012	67,891	4,218
11	0,688	2015	68,884	4,232
12	0,750	2016	71,722	4,273
13	0,813	2014	74,207	4,307
14	0,875	2005	75,662	4,326
15	0,938	2017	155,628	5,047
Jumlah Data =			15	15
Nilai Rerata (Mean) =			60,283	3,993
Standar Deviasi =			31,699	0,466
Koefisien Skewness =			1,960	0,378
Koefisien Kurtosis =			5,615	0,342
Koefisien Variasi =			0,526	0,117
Nilai Tengah =			60,283	3,993

Metode distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Person III memiliki kriteria atau syarat dalam pemenuhan pilihan distribusi. Berikut hasil perhitungan pilihan distribusi sesuai Tabel 4.

Tabel 4 Pilih Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 1,960$ $C_k = 5,615$	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3$ $C_v = 0,352$ $C_k = C_v^8 + 6$ $C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3 = 3,221$	$C_s = 0,378$ $C_k = 0,342$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	$C_s = 1,960$ $C_k = 5,615$	Tidak Memenuhi
Log Person III	Selain nilai diatas		Memenuhi

Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov merupakan pengujian yang dilakukan untuk memastikan apakah jenis distribusi hujan yang dipilih cocok dan dapat diterima. Nilai Chi Kuadrat hitung harus lebih kecil dibandingkan dengan Chi Kritik (tabel). Begitupula untuk nilai Do maks uji Smirnov Kolmogorov harus lebih kecil dibandingkan Do kritik (tabel).

Tabel 5 Hasil uji Chi Kuadrat

Distribusi	Chi Kuadrat	Chi Kritik (Tabel)	Keterangan
Normal	2,667	5,991	Diterima
Log Normal	8,667	5,991	Diterima
Gumbel	5,333	5,991	Diterima
Log Person III	8,667	5,991	Diterima

Tabel 6 Hasil uji Smirnov Kolmogorov

Distribusi	Do Maks	Do Kritik (Tabel)	Keterangan
Normal	0,189	0,34	Diterima
Log Normal	0,116	0,34	Diterima
Gumbel	0,135	0,34	Diterima
Log Person III	0,137	0,34	Diterima

Analisis frekuensi pada penelitian ini menghasilkan nilai besaran rancangan. Nilai tersebut dapat digunakan sebagai dasar perhitungan selanjutnya, seperti *intensity duration frequency* maupun debit banjir rancangan. Hasil perhitungan hujan rancangan dapat dilihat pada Tabel 7.

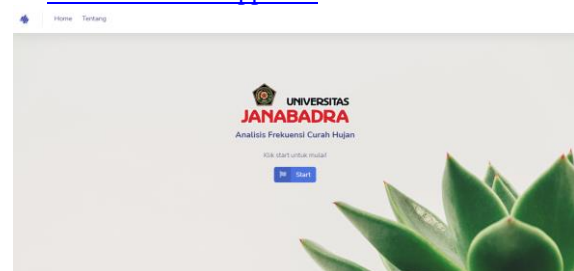
Tabel 7 Curah hujan rancangan

Kala Ulang (tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)			
	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Person III
2	60,2830	48,9105	53,8756	52,6389
5	86,9099	73,0457	90,9412	79,3596
10	100,8573	97,5383	114,2508	100,0840
20	112,2688	130,8523	136,6069	119,0434
25	114,4348	144,3168	141,4298	129,8302
50	125,2652	195,4222	165,5444	154,7752
100	134,1408	270,8685	187,2297	182,1666

4.2.2 PHP: Hypertext Preprocessor

Pada penelitian ini, PHP: *Hypertext Preprocessor* atau PHP merupakan bahasa pemrograman yang digunakan untuk dasar membangun sebuah *website* perhitungan analisis frekuensi curah hujan. Tahap penggunaan *website* adalah sebagai berikut.

- Membuka peramban internet, seperti misalnya Chrome/Mozilla/Opera/semacamnya.
- Buka domain *website* yaitu <https://analisis-frekuensi.herokuapp.com>.



Gambar 4 Tangkapan layar laman depan

- Setelah *website* terbuka, klik tombol “Start” untuk memulai.

- d. Lalu, tuliskan jumlah data (n tahun) dan klik “Submit” untuk lanjut atau “Reset” untuk menghapus *input* n data (minimal n = 15).

Gambar 5 Tangkapan layar *input* n data

- e. Kemudian, *input* data curah hujan harian tahunan maksimum sejumlah n tahun data.

Gambar 6 Tangkapan layar *input* data hujan

- f. Pastikan data yang dimasukkan menggunakan angka dan titik (.) sebagai pemisah desimal.
g. Klik tombol “Submit” paling bawah setelah data dimasukkan semua.

Keluaran yang diperoleh dari *website* ini yaitu berupa hasil perhitungan parameter statistik, pilih distribusi, uji kecocokan distribusi, serta curah hujan rancangan. Berikut adalah keluaran dari data hujan kabupaten Sleman tahun 2004-2018 berdasarkan 11 stasiun hujan.

Tabel 8 Pilih distribusi

Pilih Distribusi	Parameter Statistik	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 1.9596$ $C_k = 5.6146$	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3$ $C_v = 1.7229$ $C_k = C_v^3 + 6 C_v^2 + 15 C_v + 3$ $= 8.7034$	$C_s = 0.3780$ $C_k = 0.3425$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.1396$ $C_k = 5.4002$	$C_s = 1.9596$ $C_k = 5.6146$	Tidak Memenuhi
Log Person tipe III	Selain nilai di atas		Memenuhi

Tabel 9 Curah hujan rancangan

Kala Ulang (tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)			
	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Person III
2	60.2830	48.9105	53.8756	52.6389
5	86.9099	73.0457	90.9412	79.3596
10	100.8573	97.5383	114.2508	100.0840
20	112.2688	130.8523	136.6069	119.0434
25	114.4348	144.3168	141.4298	129.8302
50	125.2652	195.4222	165.5444	154.7752
100	134.1408	270.8685	187.2297	182.1666

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Website* analisis frekuensi dapat mempercepat perhitungan besaran rancangan, seperti pilihan distribusi, uji distribusi Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov serta curah hujan rancangan dengan menggunakan data berbagai wilayah, baik data hujan ataupun debit berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun.
- Akurasi *website* tinggi dengan nilai kesalahan relatif rata rata hingga 0,049.
- Terdapat beberapa keterbatasan *website* yaitu kesalahan relatif yang signifikan pada hitungan Log Person III, seperti nilai kesalahan relatif uji Smirnov Kolmogorov Log Person III yaitu 4,155. Masukan data harus berupa angka dengan titik (.) sebagai desimalnya.

5.2 Saran

Saran atau usulan untuk pengembangan selanjutnya dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Perlu meningkatkan ketelitian pada perhitungan uji distribusi Log Person III, dengan mencari referensi berbagai sumber atau melakukan uji coba kode di dalam program.
- Penggunaan bahasa pemrograman bisa divariasikan selain PHP, misalnya Javascript, Phyton, C, C++ ataupun yang lainnya.
- Peningkatan fungsi perhitungan pada *website* dapat dilakukan, misalnya tidak hanya menghitung analisis frekuensi curah hujan namun dapat dikembangkan untuk menghitung IDF, debit banjir rancangan bahkan hingga perhitungan untuk membuat bangunan air, contohnya bendung atau bendungan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- R. Arbaningrum, “Hidrologi CIV202,” Universitas Pembangunan Jaya, 2015.
- T. C. Upomo and R. Kusumawardani, “Pemilihan Distribusi Probabilitas pada Analisa Hujan dengan Metode Goodness of Fit Test,” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 18, no. 2, pp. 139–148, 2016, doi: 10.15294/jtsp.v18i2.7480.
- C. De Michele and F. Avanzi, “Superstatistical distribution of daily precipitation extremes: A worldwide assessment,” *Sci. Rep.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1038/s41598-018-31838-z.
- A. A. Tanjung, *Tinjauan Perencanaan Drainase Pada Jalan Karya Wisata Kecamatan Medan Johor*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- . Basuki, I. Winarsih, and N. L. Adhyani, “Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum

- dengan Berbagai Metode,” *Agromet*, vol. 23, no. 2, p. 76, 2009, doi: 10.29244/j.agromet.23.2.76-92.
- [6] D. O. Syaferi, *Evaluasi Desain Perencanaan Check Dam Batang Suliti Kabupaten Solok Selatan*. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2015.
- [7] A. T. E. Haryono and F. Erdianto, *Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Bandarharjo Barat*. Semarang: Universitas Diponegoro, 2008.
- [8] R. Wigati, Soelarso, and M. Habi, “Program Aplikasi Analisis Frekuensi Menggunakan Visual Basic 2010,” *J. Ind. Serv.*, vol. 1, no. 1, 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v1i1.315>.
- [9] N. Sobrina, “Pemrograman Komputer untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan Visual Basic,” Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.
- [10] P. S. Yulianto, “Perhitungan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Bahasa Pemrograman Visual Basic,” Universitas Sebelas Maret, 2010.
- [11] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [12] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2006.
- [13] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova, 1995.
- [14] A. Solichin, *Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL*, V1.0. Jakarta: Universitas Budi Luhur, 2009.
- [15] S. G. Aprianto, *Panduan Praktis Pemrograman PHP untuk Pemula*. .
- [16] M. R. Ismail, Setyanto, and A. Zakaria, “Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi Footplate dengan Menggunakan PHP Script,” *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 3, no. 3, pp. 483–492, 2015.
- [17] R. Safitri, “Simple Crud Buku Tamu Perpustakaan Berbasis Php Dan Mysql : Langkah-Langkah Pembuatan,” *J. Ilmu Perpust. dan Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 40, 2018, doi: 10.30742/tb.v2i2.553.
- [18] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sleman, “Peta peta,” *Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Sleman*. <https://bappeda.slemankab.go.id/peta-tata-guna-lahan> (accessed Oct. 22, 2020).
- [19] A. Kurniawan, “Analisis Frekuensi dalam Bidang Sumber Daya Air dengan Menggunakan Program Excel Visual Basic for Application,” Universitas Gajah Mada, 1998.
- [20] M. T. Amin, M. Rizwan, and A. A. Alazba, “A best-fit probability distribution for the estimation of rainfall in northern regions of Pakistan,” *Open Life Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 432–440, 2016, doi: 10.1515/biol-2016-0057.
- [21] P. Magnusson, “Compute the quantile function for the normal distribution. - like Excel NORMINV,” *GitHub*, 2011. <https://gist.github.com/kmpm/1211922/a32bf34abad2159915a0de227a6a428a72d5f2a6> (accessed Nov. 29, 2020).
- [22] M. Koeda, “File Source for Functions.php,” *Osaka University*, 2010. http://www.osakac.ac.jp/labs/koeda/tmp/phpexcel/Documentation/API/_filesource/fsource_PHPExcel_Calculation__PHPExcelCalculationFunctions.php.html#a4515 (accessed Nov. 29, 2020).
- [23] A. Flores, “Implementation of the function NORMSINV of EXCEL in PHP,” *GitHub*, 2016. <https://gist.github.com/alejandrofloresm/84d65e67de66a56e90c3db2a28d5fda1> (accessed Nov. 20, 2020).
- [24] T. S. Ferguson, “JavaScript - Normal Distribution Function,” *UCLA Department of Mathematics*. <https://www.math.ucla.edu/~tom/distributions/normal.html> (accessed Nov. 10, 2020).
- [25] M. Rogoyski, “GitHub - markrogoyski/math-php: Powerful modern math library for PHP: Features descriptive statistics and regressions; Continuous and discrete probability distributions; Linear algebra with matrices and vectors, Numerical analysis; special mathematical fu,” *GitHub*, 2016. <https://github.com/markrogoyski/math-php> (accessed Nov. 01, 2020).