

**UNJUK KERJA MODEL HUJAN ALIRAN PLN-PPE 01 DI DAS OPAK  
YOGYAKARTA**



**Disusun sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

**KRISNA MAHENDRA**

**D 100 170 156**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**UNJUK KERJA MODEL HUJAN ALIRAN PLN-PPE 01 DI DAS OPAK  
YOGYAKARTA**

**OLEH**  
**KRISNA MAHENDRA**  
**D 100 170 156**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari 29 OKTOBER 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji:**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Gurawan Djati Wibowo, S.T., M.Eng<br>( Ketua dewan penguji )    | (.....)<br> |
| 2. Purwanti Sri P, S.T., M.Sc<br>( Anggota dewan penguji I )       | (.....)<br> |
| 3. Ir.H. Achmad Karim Fatchan, M.T<br>( Anggota dewan penguji II ) | (.....)<br> |



**Rois Fatoni, S.T., M.Sc, Ph.D**

**NIK.892**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, <sup>29 OKTOBER</sup>.....2021

Penulis,



KRISNA MAHENDRA

D100170156

## UNJUK KERJA MODEL HUJAN ALIRAN PLN-PPE 01 DI DAS OPAK YOGYAKARTA

### Abstrak

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi. Semua konsep yang digunakan untuk mengubah data hujan menjadi data debit aliran sungai adalah konsep daur hidrologi. Di Indonesia ada beberapa permodelan hujan-debit aliran yang sering digunakan dan sudah dimanfaatkan dalam mengubah data hujan menjadi data debit aliran, yaitu metode Mock, metode Tank, metode *NRECA*. Metode PLN-PPE 01 adalah gabungan dari metode Mock dan metode Tank. Metode PLN-PPE 01 dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan debit suatu sungai dengan mentransformasikan data hujan menjadi debit aliran, sehingga penelitian ini menggunakan metode PLN-PPE 01. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja terbaik model hujan aliran dengan metode PLN-PPE 01 dan nilai-nilai initial parameter metode PLN-PPE 01 yang sesuai dengan model tercatat. Dengan program Solver dari aplikasi Ms. Excel dapat dicari nilai-nilai parameter kalibrasi yang optimal sehingga didapatkan hasil model terbaik yang mendekati debit tercatat. Hasil analisis memperoleh unjuk kerja model PLN-PPE yang cukup handal dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,88 dan volume error sebesar 0% untuk simulasi 2 tahun (2014-2015), dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,88 dan volume error 3% untuk verifikasi 4 tahun (2014-2017). Pada verifikasi model 4 tahun (2014-2017) didapat kalibrasi parameter:  $A1=0,000$  ;  $A2=1,438$  ;  $B1=0,021$  ;  $B2=0,651$  ;  $PERCO=8,080$  ;  $KAIN=221,451$  ;  $KLAPANG=15,869$  ;  $ATAMP1=221,451$  ;  $ATAMP2=252,499$  ;  $KTAMP2=252,499$  ;  $CSRO=0,478$ . Kesalahan/penyimpangan yang terjadi disebabkan oleh kemungkinan terjadinya hujan lokal yang tidak tercover oleh alat penakar hujan.

**Kata Kunci:** Model hujan-aliran, analisis ketersediaan air, metode PLN-PPE 01

### Abstract

Rain is the most important input component in the hydrological analysis process. All concepts used to convert rain data into river flow data are hydrological cycle concepts. In Indonesia, there are several rainfall-flow discharge models that are often used and have been used in converting rain data into flow discharge data, namely the Mock method, the Tank method, and the *NRECA* method. The PLN-PPE 01 method is a combination of the Mock method and the Tank method. The PLN-PPE 01 method can be used to predict the availability of a river's discharge by transforming rain data into flow discharge, so this study uses the PLN-PPE 01 method. This study aims to determine the best performance of the flow rain model using the PLN-PPE 01 method and the -Initial parameter value of the PLN-PPE 01 method that corresponds to the recorded model. With the Solver program from the Ms. Excel can search for the optimal calibration parameter values so that the best model results are obtained that are close to the recorded discharge. The results of the analysis show that the performance of the PLN-PPE model is quite reliable

with a correlation coefficient value of 0.88 and an error volume of 0% for a 2-year simulation (2014-2015), and a correlation coefficient value of 0.88 and a volume error of 3% for 4 year verification (2014-2017). In the verification of the 4-year model (2014-2017) the calibration parameters are obtained:  $A1 = 0.000$  ;  $A2=1.438$  ;  $B1=0.021$  ;  $B2=0.651$  ;  $PERCO=8.080$  ;  $FABRIC=221.451$  ;  $KLAPANG=15,869$  ;  $ATAMP1=221.451$  ;  $ATAMP2=252,499$  ;  $KTAMP2=252,499$  ;  $CSRO=0.478$ . Errors/deviations that occur are caused by the possibility of local rain that is not covered by the rain gauge.

**Keywords:** Rain-flow model, analysis of water availability, PLN-PPE 01 method

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi. Kedalaman curah hujan (*rainfall depth*) yang turun dalam suatu DAS akan dialihragamkan menjadi aliran sungai, baik menjadi limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub-surface flow*), dan aliran air tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto,1993)

Permodelan adalah bentuk sederhana dari proses alami yang diubah dalam bentuk gambar atau bahasa matematika, sehingga dengan bentuk sederhana akan lebih mudah dimengerti. Tujuan dibuat permodelan adalah untuk memberikan gambaran dan untuk memprediksi suatu sistem atau kejadian yang sebenarnya. Permodelan juga sering digunakan dalam mengubah data curah hujan pada suatu DAS.

Semua konsep yang digunakan untuk mengubah data hujan menjadi data debit aliran sungai adalah konsep daur hidrologi. Yang membedakan satu konsep dengan konsep lainnya terletak pada cara mendefinisikan proses terjadinya hujan hingga menjadi aliran sungai.

Di Indonesia ada beberapa permodelan hujan-debit aliran yang sering digunakan dan sudah dimanfaatkan dalam mengubah data hujan menjadi data debit aliran, yaitu metode Mock, metode Tank, metode *NRECA*. Untuk metode *Rainrun* dan metode PLN-PPE 01 belum banyak digunakan dalam mentransformasikan data hujan-debit aliran. Metode PLN-PPE 01 adalah gabungan dari metode Mock dan metode Tank.

Metode PLN-PPE 01 dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan debit suatu sungai dengan mentransformasikan data hujan menjadi debit aliran. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data DAS Opak, Yogyakarta. Selanjutnya

*output* dari analisis ini untuk mengetahui unjuk kerja terbaik metode PLN-PPE 01 dalam mencari nilai-nilai initial parameter, sehingga dapat diketahui Qmodel yang mewakili Qtercatat.

#### 1.1.1 Rumusan Masalah

Untuk memperpanjang debit aliran yang digunakan dalam ketersediaan air, maka diperlukan model hujan aliran. Salah satu jenis model aliran adalah Metode PLN-PPE 01. Dari latar belakang tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

Berapakah nilai-nilai intial parameter model PLN-PPE 01, sehingga Qmodel dapat mewakili Qtercatat?

#### 1.1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

- 1) Mengetahui unjuk kerja terbaik model hujan aliran dengan metode PLN-PPE 01 (Model Mock dan Model Tank)
- 2) Mengetahui nilai-nilai initial parameter metode PLN-PPE 01 yang sesuai dengan model tercatat

#### 1.1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini meliputi:

- 1) Wilayah penelitian hanya dilakukan di DAS Opak Yogyakarta
- 2) Penelitian ini hanya menganalisis transformasi data hujan-debit aliran
- 3) Analisis transformasi data hujan-debit aliran menggunakan metode PLN-PPE 01
- 4) Data yang diperoleh untuk penulisan tugas akhir ini menggunakan data sekunder
- 5) Hasil analisis ketersediaan air disajikan dengan debit andalan 80% setiap tengah bulanan

#### 1.1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Sebagai tambahan ilmu Teknik sipil khususnya dalam bidang Hidrologi, yang bersangkutan dengan analisa ketersediaan air dengan menggunakan metode PLN-PPE 01
- 2) Sebagai pertimbangan dinas Pengairan terkait untuk menentukan ketersediaan air di DAS Opak Yogyakarta
- 3) Dapat memberikan informasi tentang debit ketersediaan air di DAS Opak Yogyakarta
- 4) Untuk memudahkan penentuan dari initial parameter DAS dengan solver di dalam kalibrasi dan simulasi model hujan aliran

## **1.2 LANDASAN TEORI**

### **1.2.1 Ketersediaan Air**

Dalam melakukan analisis ketersediaan air, model-model sederhana yang mampu melakukan hitungan secara cepat berdasarkan masukan parameter model yang relatif sedikit dan dengan data-data yang mudah didapatkan sering dijumpai. Namun ketelitian dari model sederhana tersebut pasti kurang baik. Model hidrologi sederhana cukup baik digunakan untuk analisis pada kegiatan studi kelayakan, tetapi untuk rancangan akhir harus digunakan model yang spesifik dengan ketelitian yang cukup. Dalam memilih model hitungan ketersediaan air, didasarkan pada tingkat ketelitian yang diinginkan, sifat-sifat DAS, ketersediaan data dan juga memepertimbangkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam kegiatan analisis hidrologi.

### **1.2.2 Konsep Dasar Model**

Neraca air yang berlaku pada peristiwa siklus hidrologi merupakan prinsip dasar yang akan dikembangkan pada konsep model hujan aliran. Penyederhanaan model konseptual siklus hidrologi dengan masukan utama adalah presipitasi yang berupa hujan. Sebelum sejumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan menjadi limpasan, terjadi peristiwa intersepsi, penguapan, dan pengisian cekungan. Bagian air yang menjadi limpasan permukaan akan terkumpul pada saluran-saluran kecil yang selanjutnya akan masuk ke sungai sebagai bagian dari debit aliran sungai.

### 1.2.3 Struktur Model PLN-PPE 01

Pada penelitian ini model yang dikembangkan mengacu pada prinsip model Mock dan model Tank sebagai model konseptual deterministik. Secara garis besar pemakaian konsep model Mock untuk membuat tiruan proses tanggapan tanah bagian atas atau tanggapan tanah permukaan, sedangkan perumusan secara rinci fungsi-fungsi distribusi air untuk mewakili proses yang terjadi di lapisan bagian bawah didasarkan pada prinsip model Tank.

## 2. METODE

### 2.1 Teknik Pengumpulan Data

Di dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder, data-data yang telah diukur, dicatat, dan didesai oleh instansi atau dinas terkait. Data-data yang didapat kemudian diolah menjadi data yang siap digunakan untuk analisis selanjutnya, sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai. Sumber data-data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu Opak, Yogyakarta. Data-data yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Data Hujan
2. Data Debit Aliran Sungai
3. Data Klimatologi
4. Peta DAS (Daerah Aliran Sungai)
5. Peta Lokasi Penelitian

### 2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian studi kasus untuk Tugas Akhir ini dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak yang berada di kabupaten Sleman dan kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

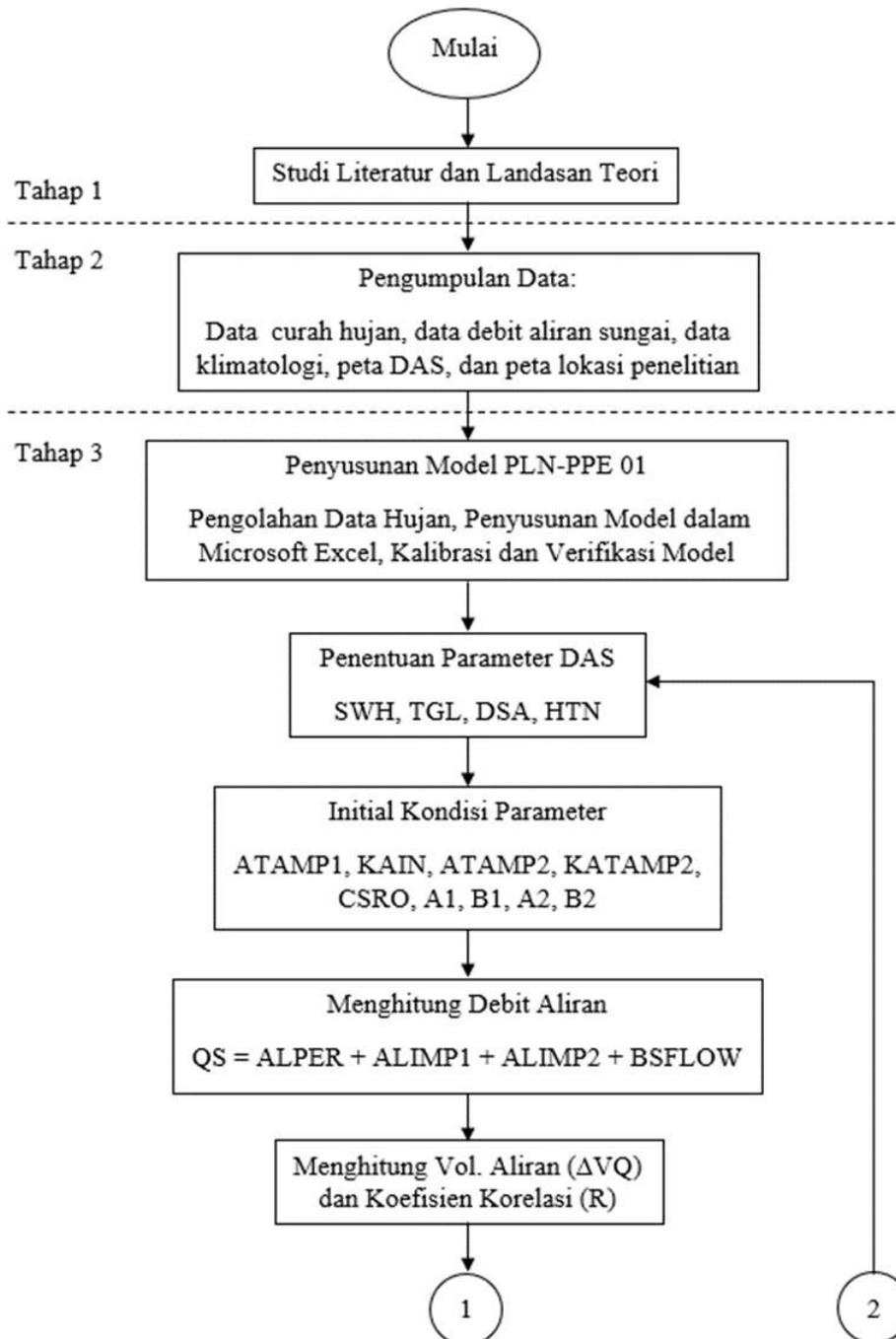
### 2.3 Alat Penelitian

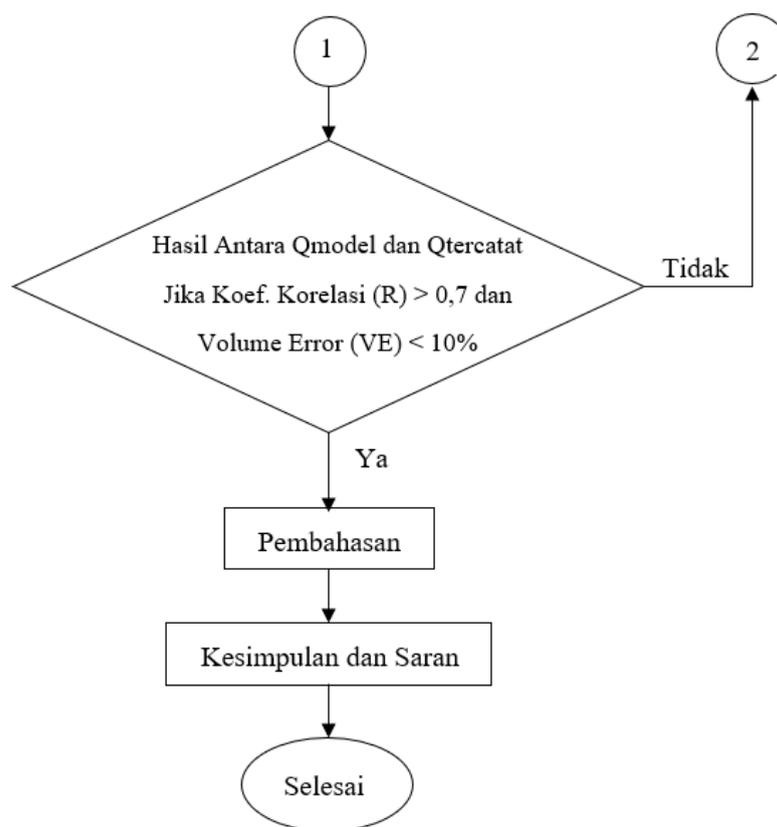
Alat-alat yang digunakan untuk membantu dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop Asus ROG Strix GL503VD dengan menggunakan program Microsoft Word, Microsoft Excel,

2. Buku catatan dan alat tulis (ATK)
3. Flashdisk
4. Kalkulator
5. Handphone (HP)

## B. Tahapan Penelitian





Gambar II.1 Bagan Alir Umum Tahapan Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Hujan

Analisis curah hujan rerata tengah bulanan di DAS Opak menggunakan 5 stasiun penakar hujan yaitu Bronggang, Tanjungtirto, Kempud, Plataran, Santan. Untuk hasil perhitungan curah hujan rerata tengah bulanan tahun 2014-2017 sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil perhitungan curah hujan rerata tengah bulanan

Bulan	Periode	Jml Hari	Tahun			
			2014	2015	2016	2017
Januari	I	15	5,30	17,28	4,06	8,39
	II	16	19,88	12,23	8,55	11,48
Februari	I	15	1,14	13,24	18,76	13,56
	II	13	11,14	11,51	10,95	11,13
Maret	I	15	5,56	17,43	10,96	8,55
	II	16	5,07	10,24	9,75	10,54
April	I	15	7,15	8,54	6,04	14,52
	II	16	5,24	20,97	5,75	13,71
Mei	I	15	3,98	4,32	5,52	2,55
	II	16	2,96	1,02	6,29	3,34
Juni	I	15	0,13	1,44	5,25	3,72
	II	15	6,33	0,00	9,09	1,77
Juli	I	15	3,23	0,00	4,75	0,16
	II	16	2,12	0,00	3,89	0,83

Agustus	I	15	0,18	0,00	7,07	0,05
	II	16	0,01	0,00	0,94	0,00
September	I	15	0,00	0,00	1,46	0,00
	II	15	0,00	0,00	13,97	8,78
Oktober	I	15	0,11	0,00	11,45	5,17
	II	16	0,16	0,00	4,99	3,54
November	I	15	11,68	7,09	12,88	8,67
	II	16	15,98	5,22	13,67	24,93
Desember	I	15	11,36	16,61	10,03	6,99
	II	16	16,51	9,30	9,72	17,11

(Sumber: Perhitungan)

### 3.2 Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi berdasarkan data klimatologi yang diperoleh, dilakukan pada stasiun Plunyon Kaliurang Sleman tahun 2014-2017, dengan bantuan aplikasi *Cropwat 8.0* menghasilkan data sebagai berikut:

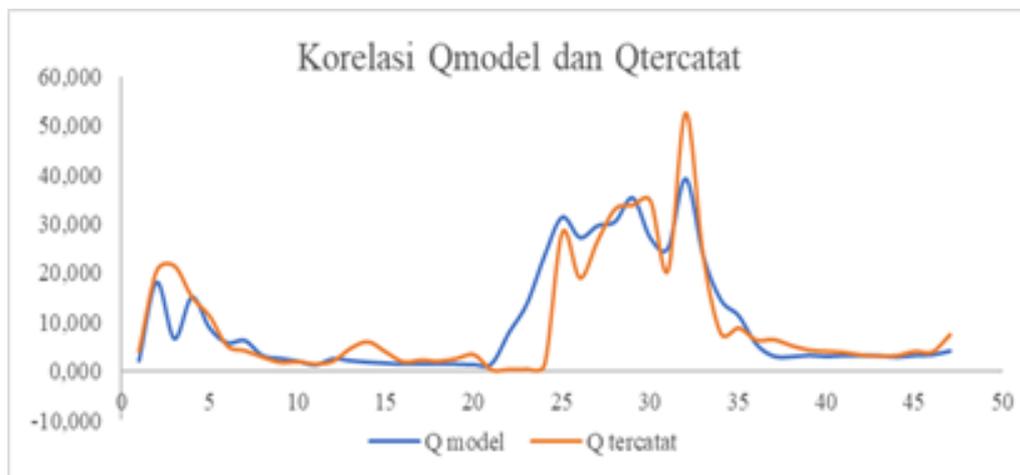
Tabel 2 Hasil perhitungan evapotranspirasi

Bulan	Tahun			
Januari	2,82	2,86	2,5	4,88
	2,82	2,86	2,5	4,88
Februari	2,83	2,8	2,42	4,96
	2,83	2,8	2,42	4,96
Maret	2,77	2,7	2,69	4,71
	2,77	2,7	2,69	4,71
April	2,97	2,41	2,87	4,28
	2,97	2,41	2,87	4,28
Mei	2,54	2,5	2,7	3,7
	2,54	2,5	2,7	3,7
Juni	2,09	2,31	2,63	3,38
	2,09	2,31	2,63	3,38
Juli	1,95	2,33	2,75	3,27
	1,95	2,33	2,75	3,27
Agustus	2,71	2,76	2,8	3,61
	2,71	2,76	2,8	3,61
September	3,02	3,26	2,78	4,05
	3,02	3,26	2,78	4,05
Oktober	3,09	3,66	2,47	4,66
	3,09	3,66	2,47	4,66
November	2,58	3,21	2,27	4,83
	2,58	3,21	2,27	4,83
Desember	2,56	2,99	2,38	4,59
	2,56	2,99	2,38	4,59

(Sumber: Perhitungan)

### 3.3 Analisis metode PLN-PPE 01

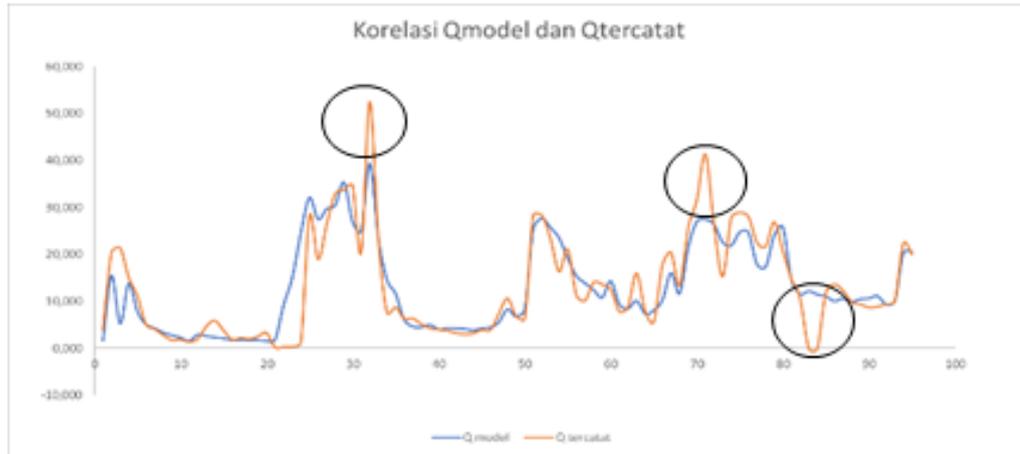
Untuk mengetahui debit model, permodelan hujan-aliran metode PLN-PPE 01 perlu melalui beberapa perhitungan meliputi intersepsi, hujan permukaan, limpasan permukaan, infiltrasi, aliran antara, perkolasi, aliran dasar, dan aliran sungai. Dengan menggunakan bantuan program *Solver* dari aplikasi *Microsoft Excel*, dilakukan simulasi model PLN-PPE 01 selama 2 tahun (2014-2015) menghasilkan kalibrasi parameter sebagai berikut:  $A1 = 0,148$  ;  $A2 = 0,252$  ;  $B1 = 0,085$  ;  $B2 = 0,824$  ;  $PERCO = 10,366$  ;  $KAIN = 177,038$  ;  $KLAPANG = 10,007$  ;  $ATAMP1 = 160,014$  ;  $ATAMP2 = 236,001$  ;  $KTAMP2 = 258,999$  ;  $CSRO = 0,382$ . Dari kalibrasi 2 tahun ini didapatkan koefisien korelasi sebesar 0,88 dan selisih volume error sebesar 0%. Berikut grafik korelasi  $Q_{model}$  dan  $Q_{tercatat}$ .



(Sumber: Perhitungan)

Gambar 1 Grafik Hasil Korelasi Debit DAS Opak Tahun 2014-2015

Kemudian dilakukan verifikasi model selama 4 tahun (2014-2017) didapatkan hasil kalibrasi parameter sebagai berikut:  $A1 = 0,000$  ;  $A2 = 0,175$  ;  $B1 = 0,127$  ;  $B2 = 0,999$  ;  $PERCO = 8,910$  ;  $KAIN = 170,042$  ;  $KLAPANG = 13,482$  ;  $ATAMP1 = 123,755$  ;  $ATAMP2 = 245,165$  ;  $KTAMP2 = 259,835$  ;  $CSRO = 0,397$ . Dari hasil kalibrasi tersebut menghasilkan nilai koefisien korelasi ( $R$ ) sebesar 0,88 dan selisih volume error ( $VE$ ) sebesar 2%. Berikut adalah grafik korelasi antara  $Q_{model}$  dan  $Q_{tercatat}$ .



(Sumber: Perhitungan)

Gambar 2 Grafik Hasil Korelasi Debit DAS Opak Tahun 2014-2017

### 3.4 Pembahasan Hasil *Running Model*

Hasil simulasi model PLN-PPE 01 dengan data tahun 2014-2015 menghasilkan unjuk kerja yang cukup baik, dengan koefisien korelasi sebesar 0,88 dan selisih volume error sebesar 0%. Dan dari verifikasi model PLN-PPE dengan data tahun 2014-2017 menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,88 dan selisih volume error sebesar 3%. Dari 2 kali simulasi yaitu dengan data 2 tahun dan 4 tahun ternyata menghasilkan nilai initial parameter yang berbeda hal ini dikarenakan untuk menyesuaikan Qmodel terhadap Qtercatat. Melihat grafik V.2 yaitu hasil korelasi antara Qmodel dengan Qtercatat adanya penyimpangan (yang dilingkari). Penyimpangan ini bisa disebabkan kemungkinan terjadinya curah hujan lokal yang tidak tercover oleh alat penakar hujan, sehingga data curah hujan yang dimodelkan oleh Qmodel berbeda dengan Qtercatat di lapangan

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penerapan model PLN-PPE, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model PLN-PPE cukup handal untuk menganalisa ketersediaan air dengan Verifikasi model PLN-PPE untuk simulasi 4 tahun yaitu tahun 2014-2017 menghasilkan jumlah error kuadrat  $2586,051 \text{ mm}^3$ , nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,88 dan selisih volume error (VE) sebesar 2%. Kalibrasi parameter DAS Opak tahun 2014-2017 menghasilkan nilai  $A1 = 0,000$  ;  $A2 = 0,175$  ;  $B1 = 0,127$  ;  $B2 = 0,999$  ;  $PERCO = 8,910$  ;  $KAIN = 170,042$  ;  $KLAPANG =$

13,482 ; ATAMP1 = 123,755 ; ATAMP2 = 245,165 ; KTAMP2 = 259,835 ;  
CSRO = 0,397

2. Pada verifikasi model tahun 2014-2017, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,88 dan selisih volume error sebesar 2% terjadi sebuah kesalahan/penyimpangan disebabkan oleh kemungkinan terjadinya hujan lokal yang tidak tercover oleh alat penakar hujan

#### 4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini untuk pengembangan model PLN-PPE selanjutnya adalah:

1. Untuk penelitian dengan model ini sebaiknya menggunakan data curah hujan dan debit tercatat yang terbaru, maksimal 10 tahun terakhir.
2. Melakukan observasi langsung di lapangan terhadap parameter yang ada untuk mendapatkan data yang lebih akurat
3. Diperlukan ketelitian yang tinggi dalam membuat polygon *Thiessen* dengan aplikasi *ArcGis*, mendistribusikan jenis tataguna lahan terhadap luas DAS yang didapat dan memasukkan data klimatologi ke dalam aplikasi *Cropwat 8.0* dalam mencari nilai evapotranspirasi.
4. Mensimulasikan model PLN-PPE dengan memakai data 5 tahunan atau lebih untuk mengetahui konsistensi nilai korelasi antara  $Q_{model}$  dan  $Q_{tercatat}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, Fresty R. 2013. “*Transformasi Hujan-Debit Daerah Aliran Sungai Bendung Singomerto Berdasarkan Mock, NRECA, Tank Model dan Rainrun*”. Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Amanda, Frida. 2019. “*Perbandingan Model Hujan-Aliran Menggunakan NRECA Dan Tangki Di Sub DAS Dinoyo Kabupaten Jember*”. Tugas Akhir. Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember.
- Anonim. 1993. “*Pembuatan Model Hujan Aliran PLN-PPE Release 01*”. Laporan Akhir. Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Armanto, Ahmad R. 2012. “*Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Metode Mock Di DAS Kebun Jatirono PTPN XII (Persero) Kabupaten Banyuwangi*”. Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember.
- Chairani, Rizky. 2019. “*Analisis Ketersediaan Air Dengan Metode F. J. Mock Pada*

*Daerah Aliran Sungai Babura*". Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Harto, Sri. 1993. "*Analisis Hidrologi*". Jakarta: Erlangga

Jayanti, Vicky T. 2013. "*Prediksi Neraca Air Pertanian Dengan Metode Mock Pada Daerah Aliran Sungai Keduang*". Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Suncaka, Bintang. 2013. "*Analisis Keandalan Metode Mock Dengan Data Hujan 5, 10, 15 Harian Dan 1 Bulanan*". Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Utami, Dessy D. 2016. "*Analisa Ketersediaan Air Dengan Menggunakan Gabungan Metode Mock dan Model Tank Di Kali Samin Kabupaten Karanganyar*". Tugas Akhir. Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.