



Perkiraan Koefisien-koefisien Karakteristik Daerah Aliran Sungai Krengseng untuk Membangun Kurva-Durasi Debit

Sri Sangkawati Sachro

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH. Tembalang Semarang 50275,
E-mail: srisangkawati@gmail.com

Sugiyanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH. Tembalang Semarang 50275,
E-mail: sugi.panda14@gmail.com

Hary Budienny

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH. Tembalang Semarang 50275,
E-mail: harybudienny@yahoo.com

Abstract

The flow-duration curve at a site is most useful tool for evaluating flows in water resources development projects. Flow-duration curves are based on continuous stream flow data, where stream flow measurements are not available, precipitation and potential evapotranspiration records can be used to calculate continuous flows. Calculation of monthly flows from meteorologic data are based on the water balance in watershed. The water balance equation is $Precipitation - Actual\ evapotranspiration + Storage = Runoff$. This calculation use coefficients that represent watershed characteristics, that will change from one watershed to another. The watershed characteristic coefficients changes will correlate with changes in vegetation, soils, and subsurface geology. This study is an attempt to estimate the watershed characteristic coefficients to calculate monthly streamflows in Krengseng River at Diponegoro Dam site. The watershed characteristic coefficients analysis using F.J.Mock Model and NRECA Model. Results of watershed characteristic coefficients analysis using F.J.Mock are, Expose surface, $m = 50\%$, Soil moisture capacity, $SMC = 200\text{ mm}$, Infiltration factor, $IF = 0.45$, Recesion coefficient, $RC = 0.70$. Watershed characteristic coefficients using Model NRECA are, Index soil moisture capacity, Nominal: $100 + (0.25 \times \text{mean annual precipitation})$, Base flow parameter, $PSUB = 0.30$ and Index groundwater storage, $GWFI = 0.50$.

Keywords: Krengseng river, Watershed characteristics, Mock model, NRECA model

Abstrak

Kurva durasi debit pada suatu lokasi merupakan alat untuk menentukan ketersediaan debit dalam proyek-proyek pengembangan sumber daya air. Kurva durasi-debit dibangun berdasarkan data aliran sungai, namun dalam hal tidak tersedia data aliran sungai, maka data hujan dan data evapotranspirasi potensial dapat digunakan untuk menghitung aliran sungai. Hitungan aliran bulanan dari data meteorologi adalah berdasarkan keseimbangan air di daerah aliran sungai, dengan persamaan $Precipitasi - Evapotranspirasi\ potensial + tampungan = Aliran\ sungai$. Perhitungan tersebut menggunakan koefisien-koefisien yang menggambarkan karakteristik daerah aliran sungai, yang akan berubah dari satu daerah aliran sungai ke daerah aliran sungai yang lain. Perubahan karakteristik daerah aliran sungai pada umumnya berhubungan dengan perubahan vegetasi, tanah dan lapisan geologi. Penelitian ini untuk mencoba memperkirakan koefisien-koefisien karakteristik daerah aliran sungai untuk menghitung debit Sungai Krengseng di lokasi Bendungan Diponegoro Semarang. Koefisien-koefisien karakteristik daerah aliran sungai dianalisis dengan Model F.J.Mock dan Model NRECA. Hasil analisis koefisien karakteristik daerah aliran sungai Model F.J.Mock adalah proporsi permukaan, $m = 50\%$, Kapasitas kelembaban tanah, $SMC = 200\text{ mm}$, Faktor infiltrasi, $IF = 0,45$, Faktor resesi, $RC = 0,70$. Koefisien karakteristik daerah aliran sungai Model NRECA

adalah Indeks kapasitas kelembaban, $Nominal: 100 + (0,25 \times \text{hujan tahunan rata-rata})$, Parameter pengisi aliran dasar, $PSUB = 0,30$ dan index aliran air tanah ke sungai, $GWF = 0,50$.

Kata-kata kunci: Sungai Krengseng, Karakteristik DAS, Model F.J. Mock, Model NRECA

Pendahuluan

Sumber daya air sungai di Indonesia selama ini memegang peranan penting dalam berbagai pemenuhan kebutuhan air, seperti irigasi dan kebutuhan air baku. Sungai di Indonesia juga merupakan salah satu potensi sumber daya air yang cukup besar dan strategis. Salah satu sungai tersebut adalah Sungai Krengseng atau Sungai Seketak yang melintas di dalam kampus Universitas Diponegoro (Undip). Untuk menunjang kegiatan tri dharma perguruan tinggi Universitas Diponegoro dengan pola ilmiah pokoknya (PIP), *Coastal Region Eco Development* dan berdasarkan master plan Kampus Universitas Diponegoro Tembalang tahun 1985, Universitas Diponegoro membangun Waduk Diponegoro di sisi Timur Kampus. Untuk itu diperlukan analisis debit Sungai Krengseng tersebut.

Analisis debit sungai seperti ketersediaan air dan kebutuhan air sangat berguna dalam perencanaan proyek-proyek pemanfaatan air sungai untuk suplai air baku, irigasi, pembangkit tenaga air dan pemanfaatan lainnya. Ketersediaan air sungai dapat ditentukan dengan kurva massa debit (*flow duration curve*) yang dibangun dari data aliran sungai pada suatu periode, walaupun lebih dapat diandalkan jika dibangun dengan data aliran sungai beberapa tahun. Data aliran sungai merupakan faktor yang penting pada pengembangan dan pengelolaan sumber daya air sungai, sayangnya ketersediaan data debit sungai sangat kurang, bahkan beberapa sungai tidak ada data debitnya termasuk Sungai Krengseng

Daerah Aliran Sungai (DAS) Krengseng/Seketak (Gambar 1) berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Banyumanik dan Kecamatan Tembalang, Kotamadya Semarang. Data geografis dari daerah aliran Sungai Krengseng berada pada $7^{\circ}02'34''\text{LS}-7^{\circ}02'36''\text{LS}$ dan $110^{\circ}24'21''\text{BT}-110^{\circ}26'52''\text{BT}$. Luas daerah aliran Sungai Krengseng adalah $\pm 9,17 \text{ km}^2$, dengan fungsi lahan di DAS Krengseng ditunjukkan pada Tabel 1, dimana fungsi ini terus mengalami perubahan.

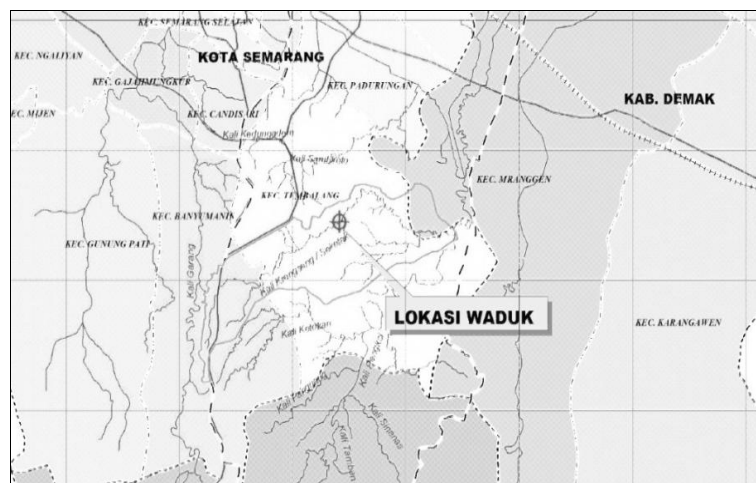
Bagian hulu daerah tangkapan air Kali Krengseng dibatasi oleh daerah perbukitan dengan ketinggian $\pm 300 \text{ m MSL}$ dan di bagian hilirnya dibatasi oleh daerah permukiman termasuk kampus UNDIP dan kebun dengan ketinggian pada lokasi rencana waduk $\pm 195 \text{ m MSL}$.

Tabel 1. Fungsi Lahan DAS Krengseng (2008)

Fungsi lahan	Luas (ha)
Lapangan	16,055
Pemukiman	508,257
Perkebunan	76,378
Sawah irigasi	115,511
Sawah tadah hujan	3,760
Tanah kosong	37,736
Tanah ladang	158,549
Semak belukar	0,532
Jumlah	916,778

Sumber: Departemen PU, 2008

Panjang sungai Kali Krengseng dari hulu sampai dengan lokasi rencana bendungan $\pm 7,72 \text{ km}$ dengan kemiringan sungainya $S = \pm 0,0174$.



Gambar 1. Sungai Krengseng (Sangkawati & Sugiyanto, 2011)

Apabila data debit sungai tidak tersedia atau ada tetapi tidak memadai untuk membangun kurva massa debit, maka digunakan pendekatan empiris dari data meteorologi (Crawford, 1981). Pendekatan ini berdasarkan keseimbangan air di daerah aliran sungai, yaitu hujan yang jatuh di daerah aliran sungai sebagian menjadi evapotranspirasi, sebagian menjadi limpasan langsung (*direct runoff*) dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi (Gambar 2).

Hitungan keseimbangan air memerlukan estimasi data karakteristik daerah aliran sungai, seperti kapasitas tampungan, kelengasan (*soil moisture capacity*) dan faktor resesi (*resession faktor*). Koefisien-koefisien yang menggambarkan karakteristik daerah aliran sungai sangat menentukan hitungan besarnya aliran sungai.

Beberapa penelitian tentang parameter Model F.J. Mock dan Model NRECA yang berkaitan dengan karakteristik hidrologi DAS pernah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia antara lain oleh Tunas (2007) di DAS Miu, Palu dan Indra (2012) di DAS Munte, Minahasa. Berdasarkan hasil penelitian tersebut terdapat perbedaan beberapa nilai parameter jika dibandingkan dengan nilai yang disarankan oleh F.J. Mock dan oleh NRECA. Hal ini mengindikasikan bahwa

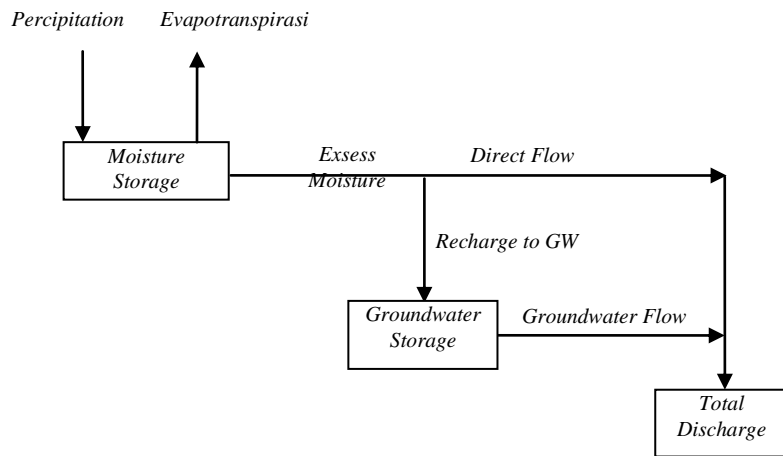
parameter-parameter kedua model tersebut akan sangat tergantung dengan karakteristik hidrologi daerah aliran yang ditinjau.

Metode Studi

Analisis aliran sungai dengan studi kasus di Sungai Krengseng Semarang menggunakan pendekatan empiris dari data klimatologi. Data hujan yang digunakan adalah data curah hujan rata-rata bulanan dari Stasiun Tarubudaya Ungaran, Kabupaten Semarang dan data klimatologi daerah Ungaran dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang tahun 2011 (Tabel 2).

Tahapan analisis ditunjukkan dalam Gambar 3. Analisis potensi sungai dilakukan dengan menggunakan pendekatan keseimbangan air di daerah aliran sungai, yaitu dengan Model NRECA dan Model Mock. Besarnya faktor-faktor karakteristik daerah aliran sungai dioptimalkan dengan data pengukuran pada saat studi dilakukan.

Langkah-langkah perhitungan dan persamaan-persamaan yang digunakan dirumuskan sebagai berikut:

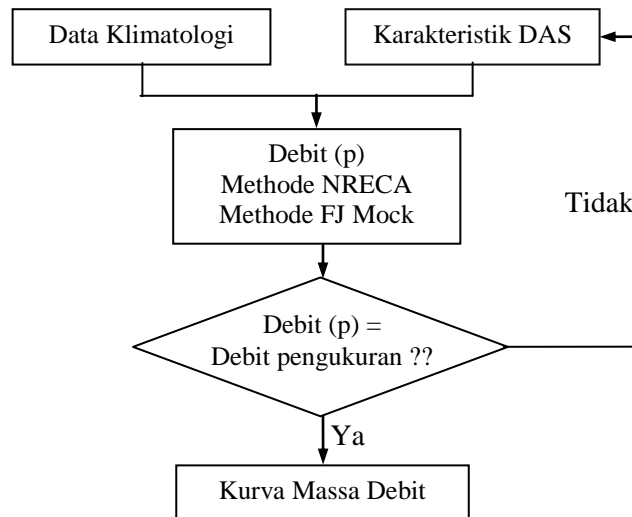


Gambar 2. Diagram hitungan aliran sungai dari data hujan dan evapotranspirasi (Crawford, dkk, 1981)

Tabel 2. Data klimatologi tahun 2011

No	Bulan	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan efektif (mm)	375	290	294	310	164	20	22	0	137	137	227	434
2	Lama hujan (hr)	22	16	19	22	15	4	6	0	4	10	19	23
3	Suhu (°C)	25.2	25.3	25.0	25.6	26.1	26.8	26.2	26.6	26.7	27.6	26.5	25.6
4	Kelembaban udara (%)	85.0	83.0	85.0	84.0	80.0	74.0	72.0	63.0	65.0	67.0	81.0	86.0
	Kec Angin (km/jam)	18.0	20.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	8.0	8.0
6	Penyinaran matahari (%)	33.0	46.0	31.0	49.0	54.0	28.0	56.0	69.0	77.0	70.0	56.0	35.0

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang.



Gambar 3. Tahapan analisis

Evapotranspirasi Potensial (ET0)

Besaran ET0 dihitung dengan metode Penman Modifikasi, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$ET0 = c (W.Rn + (1 - W) f(u) (ea - ed)) \dots\dots (1)$$

dimana:

- ET0 : evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- c : faktor penyesuaian
- W : faktor temperatur dan ketinggian
- Rn : radiasi matahari netto (mm/hari)
- f(u) : faktor kecepatan angin
- ea : tekanan uap air (mbar)
- ed : tekanan uap air jenuh (mbar)

Model Mock

Model Mock merupakan metode penghitungan aliran sungai yang diperkenalkan oleh Dr.F.J. Mock pada tahun 1973. Tahapan perhitungan (Dirjen Pengairan, 1985) sebagai berikut:

- a. Evapotranspirasi aktual (Ea)

$$\Delta E = ET_o \frac{m}{20} (18 - n) \dots\dots (2)$$

$$E_a = ET0 - \Delta E \dots\dots (3)$$

dimana:

- ΔE : perubahan evapotranspirasi (mm)
- ET0: evapotranspirasi potensial (mm)
- m : proporsi permukaan lahan yang tidak tertutup oleh vegetasi (%)
- n : jumlah hari hujan

- b. Penyimpanan kelembapan tanah (SMS)

$$SMS = ISM + R - E \dots\dots (4)$$

dimana:

- ISM : kelembapan tanah awal (mm)
- R : curah hujan (mm)

E : evapotranspirasi aktual (mm)

- c. Kelebihan air (WS)

$$WS = ISM + R - E - SMC \dots\dots (5)$$

dimana:

SMC : kapasitas kelembaban tanah (mm)

- d. Infiltrasi (INFIL)

$$INFIL = WS \times IF \dots\dots (6)$$

dimana:

IF : faktor infiltrasi

- e. Penyimpanan air tanah pada akhir bulan (G.STORt)

$$G.STOR_t = G.STOR_{(t-1)} \times RC + \left(\frac{1+RC}{2}\right) \times INFIL \dots\dots (7)$$

dimana:

G.STOR(t-1): penyimpanan air tanah pada awal bulan (mm)

RC : konstanta resesi limpasan

- f. Limpasan dasar (QBASE)

$$QBASE = INFIL - G.STOR_t + G.STOR_{(t-1)} \dots (8)$$

- g. Limpasan permukaan (QDIRECT)

$$QDIRECT = WS \times (1 - IF) \dots\dots (9)$$

- h. Limpasan hujan (QSTORM)

$$QSTORM = R \times PF \dots\dots (10)$$

dimana:

PF : faktor persentase

- i. Total limpasan (QTOTAL)

$$QTOTAL = QBASE + QDIRECT (+QSTORM) \dots\dots (11)$$

Model NRECA

Model NRECA (*National Rural Electric Cooperative Association*) mulai dikembangkan oleh Norman H. Crawford pada tahun 1981. Pada dasarnya aliran dibedakan menjadi dua, yaitu limpasan langsung dan aliran dasar (Gambar 1). Tahapan perhitungan (Crawford, dkk, 1981). sebagai berikut:

- a. Perkiraan index kapasitas simpanan kelembapan tanah (*Nominal*).

$$Nominal = 100 + c R_{tahunan} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

C : faktor hujan

R_{tahunan} : Hujan rerata tahunan (mm/tahun)

- b. Ratio kapasitas tanah (*Stor Ratio*)

$$SorRatio = \frac{MS}{No \ min \ al} \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

MS : *Moisture storage* (mm)

- c. Ratio evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial (*AET/PET*) ditentukan dengan bantuan grafik hubungan antara R_{bulan}/PET dan Stor Ratio
 PET : evapotranspirasi potensial (mm)
 AET : evapotranspirasi actual (mm)

- d. Evapotranspirasi aktual (*AET, mm*)

$$AET = PET \times \frac{AET}{PERT} \dots\dots\dots (14)$$

- e. Keseimbangan air (*Wb, mm*)

$$Wb = R_{bulan} - AET \dots\dots\dots (15)$$

- f. Kelebihan kapasitas kelembapan (*Excess Moist, mm*)

$$Excess \ Moist = Wb \times Excess \ Moist \ Ratio \dots\dots (16)$$

Excess Moist Ratio ditentukan dari grafik rasio tampungan kelembapan tanah.

- g. Perubahan tampungan kelembapan (*Delta Storage, mm*)

$$DS = Wb - Excess \ Moist \dots\dots\dots (17)$$

- h. Pengisian tampungan air tanah (*GW, mm*)

$$GW = PSUB \times Excess \ Moist \dots\dots\dots (18)$$

PSUB : bagian (persentasi) aliran sebagai pengisi aliran dasar atau aliran air tanah.

- i. Tampungan akhir air tanah (*GW_{akhir}, mm*)

$$GW_{akhir} = GW_{awal} + GW \dots\dots\dots (19)$$

GW_{awal} : *Kondisi awal tampungan air tanah*

- j. Aliran air tanah ke sungai (*GW flow, mm*)

$$GW \ flow = GWF \times End \ Stor \ GW \dots\dots\dots (20)$$

GWF : *index aliran dari tampungan air tanah ke sungai*

- k. Aliran langsung (*Direct flow, mm*)

$$Direct \ flow = Excess \ Moist - GW \dots\dots\dots (21)$$

- l. Aliran sungai (*RO, mm*)

$$RO = Direct \ flow + GW \ flow \dots\dots\dots (22)$$

Hasil dan Pembahasan

Parameter-parameter DAS

Perhitungan evapotranspirasi potensial bulanan diperoleh dengan menggunakan metode Penman Modifikasi. Besarnya evapotranspirasi potensial di DAS Krengseng berkisar antara 3,05-5,09 mm/hari. Evapotranspirasi potensial bulanan tahun 2011 disajikan pada Tabel 3.

Parameter-parameter DAS Krengseng diperoleh dengan membandingkan debit hasil pengukuran dengan debit hasil hitungan transformasi data hujan menjadi data aliran sungai dengan pendekatan keseimbangan air di daerah aliran sungai.

Pengukuran debit Sungai Krengseng di Jembatan Undip Tembalang dilakukan pada saat studi yaitu pada bulan Mei sampai dengan bulan September 2011.

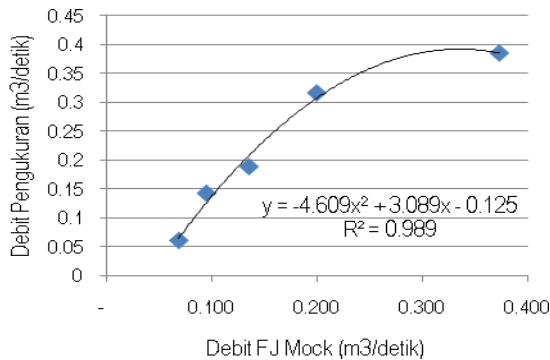
Besarnya aliran sungai hasil pengukuran dengan aliran sungai hasil hitungan disajikan dalam Tabel 4. Tampak dalam Gambar 4a dan Gambar 4b, korelasi antara aliran sungai hasil pengukuran pada bulan Mei sampai dengan bulan September, dengan aliran sungai hasil perhitungan dengan metode F.J. Mock mempunyai koefisien korelasi 0,995 atau R²=0,989 dan dengan metode NRECA mempunyai koefisien korelasi 0,993 atau R²=0,985.

Tabel 3. Evapotranpirasi potensial DAS Krengseng tahun 2011

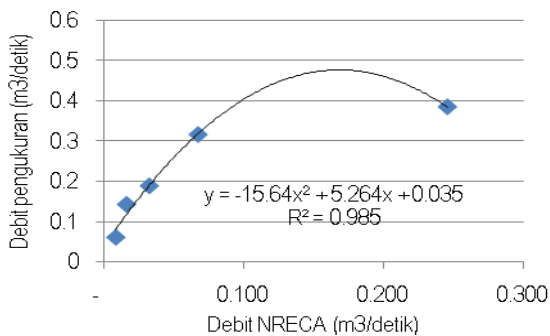
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Evaporasi Potensial (mm)	116.4	117.8	107.3	109.9	109.5	91.4	107.8	123.9	136.8	157.9	129.3	113.8

Tabel 4. Debit Sungai Krengseng tahun 2011

Debit (m ³ /detik)	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1 Pengukuran					0,385	0,281	0,188	0,142	0,060			
2 FJ Mock	0.617	0.640	0.620	0.676	0.373	0.199	0.135	0.095	0.068	0.046	0.034	0.700
3 NRECA	0.948	0.728	0.598	0.640	0.245	0.067	0.033	0.016	0.009	0.004	0.149	0.526



Gambar 4a. Korelasi debit pengukuran dengan debit hasil transformasi menggunakan Metode Mock



Gambar 4b. Korelasi debit pengukuran dengan debit hasil transformasi menggunakan Metode NRECA

Parameter-parameter F.J.Mock representatif DAS Krengseng adalah sebagai berikut:

- proporsi permukaan lahan yang tidak tertutup oleh vegetasi, $m = 50\%$
- kapasitas kelembaban tanah, $SMC = 200 \text{ mm}$
- faktor infiltrasi, $IF = 0,45$
- konstante resesi limpasan, $RC = 0,70$

Sedangkan parameter-parameter NRECA representatif DAS Krengseng adalah sebagai berikut:

- kapasitas simpanan kelembaban tanah (*Nominal*): $100 + (0,25 \times \text{Hujan tahunan})$.
- persentasi aliran sebagai pengisi aliran dasar atau aliran air tanah, $PSUB = 0,30$
- index aliran dari tampungan air tanah ke sungai, $GWF = 0,50$

Parameter F.J.Mock representatif DAS Krengseng IF dan RC , mempunyai nilai sedikit lebih besar dibandingkan parameter dalam penelitian yang

dilakukan (yang disarankan) oleh F.J.Mock (Mock, 1973 : 37) yaitu $IF = 0,40$ dan $RC = 0,60$. Sedangkan proporsi permukaan yang tidak tertutup tumbuhan hijau di daerah aliran sungai adalah 50% (saran F.J.Mock $m = 0\%-50\%$).

Parameter-parameter NRECA representatif DAS Krengseng untuk $PSUB$ adalah 0,30. Hal ini menunjukkan bahwa daerah aliran sungai mempunyai permeabilitas tanah yang rendah. Index aliran dari tampungan air tanah ke sungai, GWF adalah 0,50 yang merupakan nilai rata-rata kemampuan daerah aliran sungai dalam menahan aliran.

Kurva durasi-debit

Ketersediaan aliran bulanan Sungai Krengseng yang dihitung dengan transformasi data hujan dan berdasarkan estimasi karakteristik daerah aliran sungai dengan menggunakan data hujan selama 5 tahun (sesuai data yang tersedia) ditunjukkan dalam Gambar 5.

Debit rata-rata pada bulan –bulan kering (April-September) adalah :

- 1) Metode FJ. Mock = 0,309 m³/detik
- 2) Metode NRECA = 0,212 m³/det

Debit rata-rata bulan basah (Oktober-Maret) adalah :

- 1) Metode FJ. Mock = 0,597 m³/detik
- 2) Metode NRECA = 0,699 m³/det

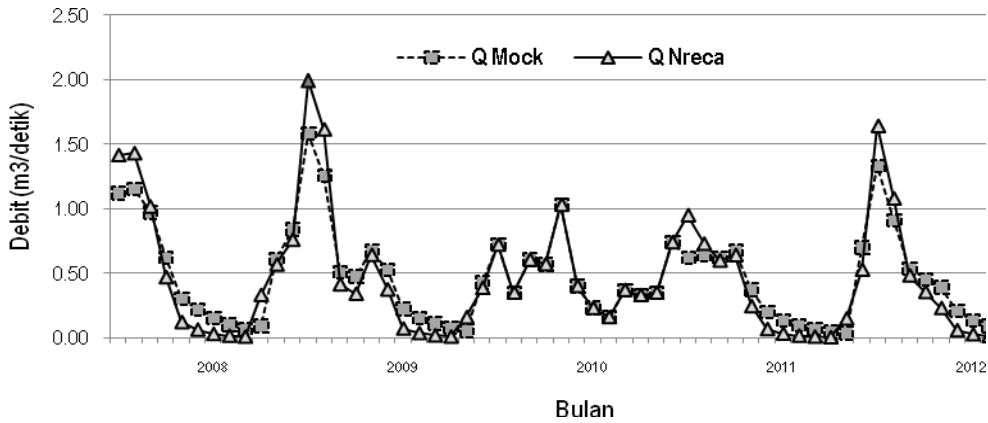
Debit rata-rata bulanan terbesar adalah

- 1) Metode FJ. Mock = 0,797 m³/detik
- 2) Metode NRECA = 0,919 m³/det

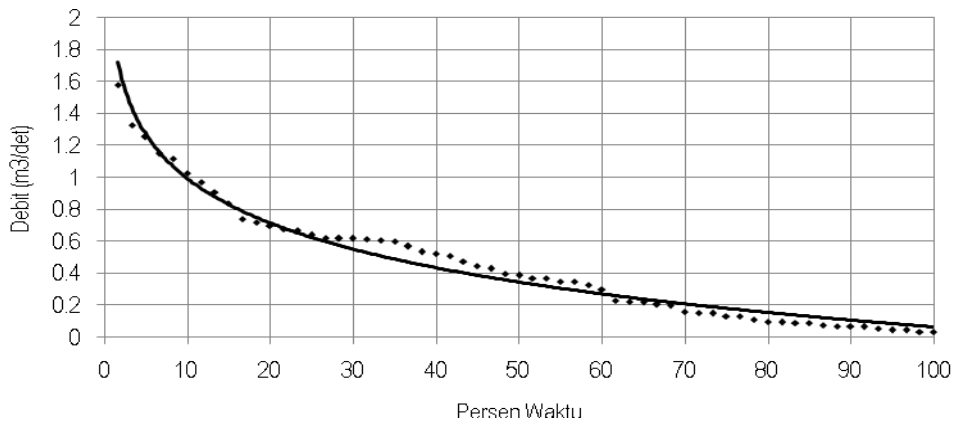
Debit rata-rata bulanan terkecil adalah

- 1) Metode FJ. Mock = 0,223 m³/deti
- 2) Metode NRECA = 0,115 m³/det

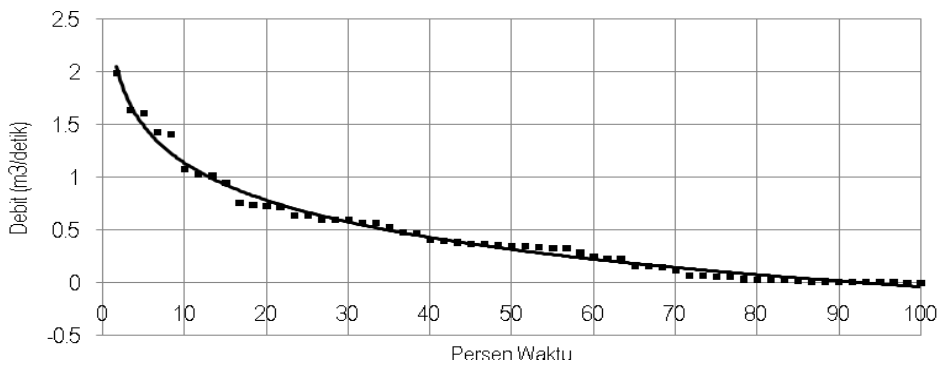
Kurva durasi-debit (*flow-duration curve*) yang sangat penting untuk mempelajari proyek pengelakan air dari Sungai Krengseng untuk pengoperasian listrik tenaga air dan suplai air baku melalui Waduk Diponegoro. Kurva durasi debit dibangun dari data ketersediaan aliran bulanan Sungai Krengseng dihitung dengan transformasi data hujan. Kurva durasi-debit dengan Metode F.J. Mock ditunjukkan dalam Gambar 6a, dan kurva durasi debit dengan Metode NRECA ditunjukkan dalam Gambar 6b.



Gambar 5. Debit rata-rata bulanan tahun 2008-2012



Gambar 6^a. Kurva durasi-debit bulanan Sungai Krengseng Metode F.J.Mock



Gambar 6b. Kurva durasi-debit bulanan Sungai Krengseng Metode NRECA

Kesimpulan

1. Beberapa faktor karakteristik hidrologi daerah aliran Sungai Krengseng dengan Model F.J.Mock adalah faktor infiltrasi $IF = 0,45$ dan konstante resesi limpasan $RC = 0,70$. Sedangkan proporsi permukaan yang tidak tertutup tumbuhan hijau di daerah aliran sungai adalah 50%. Faktor-faktor tersebut sedikit lebih besar dibandingkan dengan nilai yang disarankan oleh F.J.Mock.
2. Parameter-parameter NRECA representatif DAS Krengseng untuk $PSUB$ adalah 0,30. Hal ini menunjukkan bahwa daerah aliran sungai mempunyai permiabilitas tanah yang rendah. Index aliran dari tampungan air tanah ke sungai, GWF adalah 0,50. Hal ini menunjukkan bahwa daerah aliran sungai mempunyai kemampuan sedang di dalam menahan aliran.

3. Pada penelitian ini belum mendapatkan hasil yang memuaskan, dikarenakan panjang data pengamatan tinggi muka air sungai maupun variasi pengukuran debit aliran sungai belum didapatkan. Maka perlu adanya kelanjutan penelitian ini dengan kelengkapan data yang lebih baik dan penajaman analisis faktor-faktor aliran sungai. Kajian beberapa faktor diharapkan dapat memberikan masukan pada tinjauan/pemantapan operasi Waduk Pendidikan Universitas Diponegoro Semarang.

Daftar Pustaka

Crawford, Norman, H., and Thurin, Steven, M., 1981. *Hydrologic Estimates, National Rural Electric Cooperative Association*, Washington.

Indra, Zulkiflar, Jasin, M.I., Binilang A, Mamoto, J.D., 2012. Analisis Debit Sungai Munte dengan Metode Mock dan Metode NRECA untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air, *Jurnal Sipil Statik*, Volume 1, Nomor 1, hal 34-38.

Mock, F.J., 1973. *Land Capability Appraisal Indonesia : Water Availability Appraisal*. Basic Study Prepared for the FAO/UNDP Land Capability Appraisal Project, AGL :

SF/INS/72/011 Basic Study I. Bogor: UNDP-FAO Of The United Nations.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Satker BBWS Pemali Juana, 2008. *Pekerjaan Studi dan Detail Desain Waduk Diponegoro*, PT Jasapatria Gunatama, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Pengairan, 1985. *Pedoman Perkiraan Tersedianya Air*. Keputusan Direktur Jenderal Pengairan No. 71/KPTS/A/1985 Tanggal 5 Maret 1985, Jakarta.

Sri Sangkawati, Sugiyanto, dan Sri Eko Wahyuni, 2011. *Efisiensi Pemanfaatan Air Waduk Pendidikan Diponegoro*, Laporan Penelitian tidak dipublikasikan, Fakultas Teknik, Undip Semarang.

Sugiyanto, Sri Sangkawati, 2011. *Potensi Sumber Daya Air Kali Krengseng Tembalang Semarang*, Laporan Penelitian tidak dipublikasikan, Fakultas Teknik, Undip Semarang.

Tunas, I.G., 2007. Optimasi Parameter Model Mock Untuk Menghitung Debit Andalan Sungai Miu, *Jurnal SMARTek*, Vol. 5, No. 1, hal: 40-48. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/452/389>.