

ANALISIS HUJAN DAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DI SUB DAS PEKALEN KABUPATEN PROBOLINGGO

Nurdiyanto¹, Lily Montarcih L², Ery Suhartanto²

¹ Mahasiswa Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

² Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

e-mail : yanto05email@gmail.com

ABSTRAK : Tata guna lahan daerah aliran sungai yang mengalami perubahan dan mengarah pada penggundulan hutan dapat meningkatkan debit banjir serta mempengaruhi debit rerata harian sungai di daerah hilir. Debit sungai yang mengalir merupakan respon daerah aliran sungai, dengan masukan hujan dan digambarkan melalui karakteristik hidrograf aliran sungai.

Sub DAS Pekalen mempunyai luas 165,49 km², berada di Kabupaten Probolinggo. Rata rata debit harian yang mengalir tahun 1997 sebesar 8,843 m³/dt dan tahun 2006 sebesar 10,42 m³/dt. Hasil analisa peta tata guna lahan tahun 1997 dan tahun 2006 menunjukkan adanya perubahan tata guna lahan. Berdasarkan analisa limpasan permukaan metode Curve Number dengan software HEC HMS menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan yang mengakibatkan nilai Curve Number meningkat 0,59% maka, debit banjir yang akan terjadi juga mengalami peningkatan sebesar 1,99%.

Kata Kunci : Tata Guna Lahan, Curve Number, HEC HMS, Sungai Pekalen

ABSTRACT *The change of land-use in watersheds and deforestation may increase flood discharge and affect the average daily flow of the downstream. The river discharge is a response to the watershed, with the input of rain and illustrated by the characteristics of hydrograph.*

Pekalen sub watershed has an area of 165,49 km², located in Probolinggo. The average daily discharge in 1997 is 8,843 m³ / sec and 2006 is 10,42 m³ / sec. The results of the analysis of land use maps of 1997 and 2006 showed changes in land use. Based on the analysis of surface runoff Curve Number method with use HEC HMS software showed that the land use change by increasing the value of Curve Number 0,59%, the flood discharge will be also increased 1,99%.

Keywords : Land use, Curve Number, HEC HMS, Pekalen river

Perubahan tata guna lahan bagian hulu terhadap kemungkinan peningkatan ter-jadinya debit banjir di daerah hilir pada musim penghujan serta ketersediaan air permukaan memerlukan observasi respon daerah aliran sungai bagian hulu terhadap masukan curah hujan. Respon DAS tersebut dapat digambarkan melalui karakteristik hidrograf aliran.

Fenomena proses transformasi hujan menjadi limpasan permukaan dan debit merupakan fenomena alam yang sangat kompleks. Untuk memahami fenomena tersebut

diperlukan suatu penyederhanaan dari realitas sebenarnya yang disebut dengan model.

Hydrologic Modelling System / HEC - HMS (2000), dikembangkan oleh US Army Corps Engineers merupakan software model hujan aliran, yang dapat digunakan untuk kejadian sesaat (*event*) maupun kejadian menerus (*continuous*). HEC-HMS ini merupakan pengembangan program HEC-1, dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi, dan simulasi model.

Dalam penelitian ini Sub DAS Pekalen dipilih sebagai lokasi penelitian, mengingat faktor hujan dan perubahan tata guna lahan yang terjadi di daerah hulu Sub DAS Pekalen berpengaruh terhadap besar limpasan dan debit yang terjadi di daerah hilir. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kondisi perubahan tata guna lahan terhadap fluktuasi besarnya debit di sungai pekalen.

Identifikasi Masalah

Sub DAS Pekalen mempunyai luas 165,49 km², seiring dengan perkembangan waktu, mengalami perubahan tata guna lahan, hal itu ditunjukkan hasil interpretasi peta dua kondisi tata guna lahan tahun 1997 dan 2006, serta diindikasikan perubahan tersebut mempengaruhi besarnya limpasan debit yang mengalir di sungai Pekalen, yang ditandai dengan rata rata debit harian yang mengalir tahun 1997 sebesar 8,843 m³/dt dan tahun 2006 sebesar 10,42 m³/dt.

Tujuan

Tujuan yang ingin di dapatkan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi perubahan tata guna lahan di daerah hulu Sub DAS Pekalen dan pengaruhnya terhadap limpasan.
2. Mengidentifikasi nilai parameter hasil kalibrasi model HEC HMS pada Sub DAS Pekalen.
3. Mengidentifikasi akurasi model terhadap debit terukur untuk Sub DAS Pekalen.

KAJIAN PUSTAKA

Uji Ketiadaan Trend

Apabila data dalam bentuk deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan beberapa analisa hidrologi, misalnya analisis simulasi. Ketiadaan trend dapat diuji dengan berbagai cara, diantaranya adalah metode Spearman (Uji t).

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dilakukan untuk menguji ke konsistenan data hujan sehingga teridentifikasi kemungkinan terjadinya penyimpangan data, Metode yang bisa digunakan untuk uji konsistensi data adalah uji double mass curve.

Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam menghitung hujan rata-rata daerah, metode yang digunakan adalah metode poligon thiessen (*weighted average*).

Metode Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi bertujuan untuk memperkirakan besarnya hujan rancang-an dengan periode ulang tertentu. Ada beberapa jenis distribusi statistik salah satunya yaitu distribusi Log Pearson tipe III.

Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal untuk mengetahui data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak.

Uji Chi-Square

Uji ini dimaksudkan untuk melihat distribusi pengamatan apakah dapat dihipotesis dengan baik oleh distribusi teoritis.

Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran yang berlaku untuk suatu lokasi pada daerah aliran sungai apabila daerah tersebut terjadi hujan efektif sebesar satu satuan kedalaman hujan selama satu satuan waktu.

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Dalam perhitungan hidrograf satuan sintetik nakayasu perlu menghitung distribusi curah hujan dan curah hujan efektif. Distribusi curah hujan menggunakan rumus Mononobe dan curah hujan efektif didapatkan dengan metode *Curve Number*.

Adapun rumus untuk menentukan nilai debit puncak hidrograf satuan sintetik Nakayasu yaitu:

$$Q_p = \frac{A.R_0}{3,6.(0,3.T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

- Q_p = Debit puncak banjir (m³/det)
 R₀ = Hujan satuan (mm)
 T_p = Tenggang waktu permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
 T_{0,3} = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak
 A = Luas daerah pengaliran sampai outlet

Debit Banjir Rancangan

Setelah mendapatkan nilai hidrograf satuan sintetik Nakayasu dan nilai curah hujan efektif dengan rasio dan kala ulang tertentu maka dapat dihitung debit banjir rancangan. Dengan cara mengalikan hidrograf satuan sintetik dengan nilai hujan efektif sesuai kala ulang tertentu dan dikurangi dengan baseflow.

Base Flow

Aliran dasar (*baseflow*) merupakan aliran air di sungai pada saat tidak terjadi limpasan. Aliran dasar terjadi akibat limpasan yang berasal dari kejadian hujan terdahulu yang tersimpan secara temporer dalam suatu DAS, ditambah dengan limpasan sub permukaan yang tertunda dari suatu kejadian hujan.

Koefisien Air Larian (C)

Koefisien air larian (*run off*) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan.

Koefisien air larian (C) = air larian (mm) / curah hujan (mm)

Angka koefisien air larian, merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik).

Limpasan Metode *Initial and Constant Loss Model*

Konsep model *Initial and Constant Loss* adalah potensi maksimum rerata kehilangan air hujan (f_c) adalah sama sepanjang t kejadian. Dengan demikian, jika p_t adalah tinggi hujan selama interval waktu t ke $t + \Delta t$, maka kelebihan hujan pe_t , dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$pe_t = \begin{cases} p_t - f_c & \text{if } p_t > f_c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Faktor kehilangan awal (I_a) ditambahkan dalam model untuk menggambarkan kehilangan air akibat laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh faktor kondisi tutupan lahan DAS, tekstur tanah dan bentuk topografi. Kehilangan awal ini terjadi sebelum terjadinya limpasan permukaan. Selama jumlah hujan pada daerah yang tembus air tidak melebihi volume tampungan kehilangan awal (I_a), maka tidak terjadi limpasan. Hal itu bisa dirumuskan sebagai berikut.

$$pe_t = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum p_i < I_a \\ p_t - f_c & \text{if } \sum p_i > I_a \text{ and } p_t > f_c \\ 0 & \text{if } \sum p_i > I_a \text{ and } p_t < f_c \end{cases} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Kapasitas infiltrasi konstan f_c dapat dipandang sebagai kapasitas infiltrasi akhir dari tanah. SCS (1986) dan Skaggs dan Khaleel (1982) telah membuat perkiraan tingkat infiltrasi berdasarkan jenis tanah.

Limpasan Metode *Curve Number Model*

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service (SCS) curve number (CN)* beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{((P - I_a) + S_M)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

Q = Hujan kumulatif pada waktu t / kedalaman hujan efektif (mm)

I_a = Kehilangan mula mula / awal

P = Kedalaman hujan pada waktu t (mm)

S_M = Volume dari total simpanan permukaan (mm)

Berdasarkan beberapa penelitian oleh SCS, menyebutkan bahwa $I_a = 0.2 S_M$ sehingga

$$Q = \frac{(P - 0.2.S_M)^2}{(P - 0.2.S_M) + S_M} = \frac{(P - 0.2.S_M)^2}{(P + 0.8.S_M)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dalam satuan matrik, dimana nilai S dalam 85mm (mm), maka nilai CN kurva, dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$CN = \frac{25400}{254 + S_M} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$S_M = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \dots\dots\dots(7)$$

Nilai CN berdasarkan tata guna lahan dan kelompok jenis tanah SCS, dapat dilihat pada Tabel 1.

CN Composite

Dari informasi mengenai jenis tanah, AMC dan penggunaan lahan, CN komposit dihitung sebagai berikut :

$$CN_{composite} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n A_i CN_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^n A_i \right)} \dots \dots \dots (8)$$

dengan :

CN : Curve number

A_i : Luas Sub DAS (km²)

Tabel 1. Nilai Curve Number AMC II, Untuk Berbagai Kondisi Lahan dan Tipe Tanah

No	Jenis Tatanan Lahan	Tipe Tanah			
		A	B	C	D
1	Tanah yang diolah dan ditanami				
	Tanpa perlakuan konservasi / ladang	72	81	88	91
	Dengan konservasi (sawah dan kebun)	62	71	78	81
2	Padang rumput				
	kondisi buruk (< 50% tertutup tanah)	68	79	86	89
	kondisi baik (< 50 - 70% tertutup tanah)	39	61	74	80
	Padang rumput (seluruhnya rumput)	30	58	71	78
	Semak (baik > 75% tertutup tanah)	30	48	65	73
3	Hutan				
	Buruk / tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
	Baik / penutupan baik	25	55	70	77
4	Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan dsb.				
	kondisi baik, rumput menutup 75% luasan atau lebih	39	61	74	80
	kondisi sedang, rumput menutup 50%-75% luasan	49	69	79	84
5	Daerah perniagaan atau bisnis (80% kedap air)	89	92	94	95
6	Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
7	Pemukiman				
	Luas				
	1/8 acre atau kurang	65	77	85	90
	1/4 acre	38	61	75	83
	1/3 acre	30	57	72	81
	1/2 acre	25	54	70	80
	1 acre	20	51	68	79
8	Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)	98	98	98	98
9	Jalan				
	perkerasan dengan drainase	98	98	98	98
	kerikil tanah	76	85	89	91
		72	82	87	89

Catatan : 1 acre = 0,4047 ha

Sumber : Triatmodjo, 2010.

HEC GEO HMS

HEC GEO HMS adalah paket perangkat lunak yang digunakan dengan ArcView Geographic Sistem Informasi dan *Spatial Analyst* untuk mengembang-kan sejumlah input pemodelan hidrologi menganalisis informasi digital , membuat jalur drainase / sungai serta membuat batas DAS.

HEC HMS

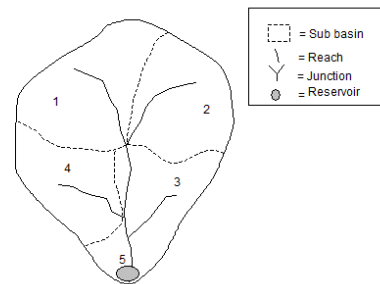
HEC HMS (*Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modelling Sistem*), merupakan sebuah software yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* milik *US Army Corps of Engineers*..

Komponen utama dalam model HEC-HMS adalah sebagai berikut: (2-37)

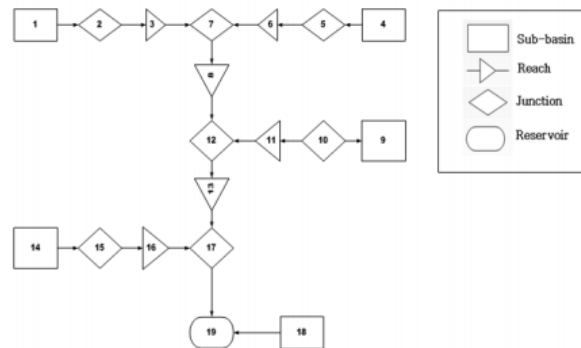
1. *Basin model* – berisi elemen-elemen DAS, hubungan antar elemen dan parameter aliran.
2. *Meteorologic model* – berisi data hujan dan penguapan
3. *Control Specifications* –berisi waktu mulai dan berakhirnya hitungan

Selain tiga komponen diatas masih terdapat komponen lain yaitu:

- a. Time series data – berisi masukan data antara lain data hujan, data debit
- b. Paired data – berisi pasangan data seperti hidrograf satuan.



Gambar 1. Beberapa Komponen dalam DAS



Gambar 2. Beberapa Elemen DAS da-lam Program HEC HMS

Validasi Model

Validasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi.

Kriteria Model Secara Visual

Secara visual keandalan tersebut diamati dengan melihat koherensi / kemiripan antara output terukur yang pada prinsipnya mewakili

alam dan output terhitung yang mewakili hasil simulasi oleh model.

Tabel 2. Range Nilai Parameter Model

Model	Parameter	Range Nilai
Initial and constant-rate loss	Initial loss	0 - 500 mm
	Constant loss rate	0 - 300 mm/jam
	Initial abstraction	0 - 500 mm
SCS loss	Curve Number	1 - 100
	Lag	0.1 - 500 jam
Snyder's UH	Cp	0.1 - 1
	Initial baseflow	0 - 100000 m ³ /dt
Baseflow	Recession factor	0.000011
	Flow-to-peak ratio	0 - 1
	K	0.1 - 150 jam
Muskingum routing	X	0 - 0.5
	Number of steps	1 - 100

Sumber: Technical Reference Manual HEC-HMS,2000

Koherensi misalnya dapat dilihat dari hasil scatter plot antara debit terukur dan terhitung. Dalam hal ini koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan kohe-rensi yang baik.

Uji Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE bertujuan untuk mempre-sentasikan rata-rata kuadrat simpang-an (selisih) antara nilai keluaran model terhadap nilai pengukuran atau target. Nilai Root Mean Square Errors (RMSE) mensyaratkan mendekati satu (1).

Nilai RMSE berfungsi untuk mengumpulkan besaran kesalahan dalam prediksi terhadap data pengamatan.

Adapun formulasinya sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=h}^N (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

dengan :

$\hat{y}_t$ = Nilai Prediksi / Model
 y_t = Nilai Aktual / Pengamatan
 N = Jumlah Sampel
 RMSE = Root Mean Squared Error

Uji Nash Sutcliffe (E_{NS})

Metode Nash ini adalah dengan membandingkan kuadrat selisih debit hasil simulasi dan debit hasil pengamatan dengan kuadrat selisih debit pengamatan dan rata-rata debit pengamatan. Nash memberikan persamaan sebagai berikut :

$$Nash = 100 - \frac{\sum_i (Q_{sim} - Q_{obs})^2}{\sum_i (Q_{sim} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad \dots\dots\dots(10)$$

dengan :

Q_{obs} = debit pengamatan (m³/dt)

Q_{sim} = debit hasil simulasi (m³/dt)

$\overline{Q_{obs}}$ = rata-rata debit hasil pengamatan dilapangan (m³/dt)

Hasil simulasi dikatakan baik jika $E_{NS} > 75$, memuaskan jika $65 < E_{NS} < 75$ dan kurang baik jika $E_{NS} < 65$.

Pengujian Nilai Rata-Rata

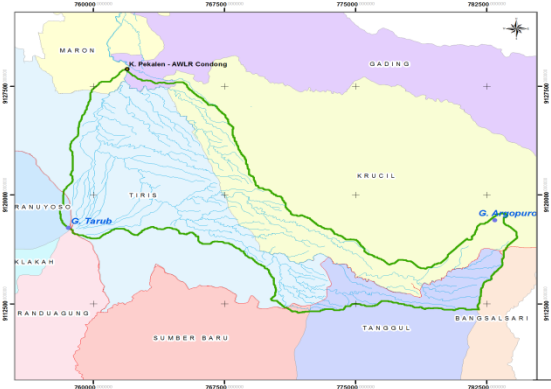
Pengujian nilai rata-rata dapat meng-gunakan pengujian distribusi normal atau pengujian distribusi -F

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi studi di berada di daerah hulu sungai Pekalen tepatnya diatas bangunan AWLR Condong, dimana luas Sub DAS berkisar 165,49 km² yang meliputi Kecamatan Krucil, Tiris, Maron dan Gading Kabupaten Probolinggo dan Kecamatan Ranuyoso, Sumber Baru dan Tanggul Kabupaten Lumajang.

Secara geografis Sub DAS Pekalen terletak antara 7° 52' 25.6764" - 8° 1' 42.5784" Lintang Selatan dan 113° 20' 28.8456" - 113° 34' 45.0912" Bujur Timur.



Gambar 3. Lokasi Penelitian Sub DAS Pekalen

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah

1. Peta lokasi stasiun hujan dan data curah hujan harian tahun 1997 sampai dengan 2011.
2. Data debit Sungai Pekalen pada AWLR Condong tahun 1997 sampai dengan 2011.
3. Peta tekstur tanah untuk wilayah Sub DAS Pekalen.
4. Peta Kontur RBI tahun 2000, yang mencakup seluruh areal Sub DAS Pekalen.

5. Data tata guna lahan dari Sub DAS Pekalen tahun 1997, dan tahun 2006.

Langkah Langkah Pengerjaan Studi

1. Pengumpulan data hujan, debit dan Peta tata guna lahan, dan Peta Tekstur tanah.
2. Analisa hidrologis meliputi, analisis ketiadaan trend, uji stationer, uji konsistensi data, menentukan hujan rerata daerah, analisis banjir dengan hidrograf nakayasu, analisis koefisien run off (C).
3. Analisis Peta Kontur, Tata guna lahan. Jenis tanah dan Tekstur tanah.
4. Identifikasi perubahan tata guna lahan dan pengaruhnya terhadap limpasan.
5. Identifikasi nilai parameter model HEC HMS dan akurasi model HEC HMS pada Sub DAS Pekalen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Hujan

Analisa data hujan dilakukan pada data hujan tahunan.

Uji Ketiadaan Trend

Berdasarkan analisis ketiadaan trend dengan menggunakan uji t (uji dua sisi untuk derajat kepercayaan 5%), Dari perhitungan, didapatkan nilai t hit. terletak $-1,761 < 1,647 < 1,761$. Oleh karena itu tidak dapat menolak hipotesa pertama / H_0 , pada derajat kepercayaan 5% atau dikatakan data adalah indepen-den dan tidak mungkin mununjukkan adanya trend.

Uji Konsistensi

Berdasarkan hasil perhitungan dan plotting data dalam kertas grafik, dapat dijelaskan untuk semua kondisi data hujan pada masing masing pospada ke empat stasiun tersebut dalam kondisi konsisten

Hujan Rerata DAS

Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian maksimum rerata daerah dengan metode plygon thiesen yang berasal dari pencatatan di 4 stasiun hujan yang ada di Sub DAS Pekalen.

Hasil perhitungan hujan rerata harian maksimum di Sub DAS Pekalen dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Analisa Frekuensi

Dari perhitungan analisa frekuensi menggunakan, didapatkan metode Log Pearson

III memiliki penyimpangan terkecil dan menjadi distribusi terpilih.

Dari hasil perhitungan hujan rancangan kala ulang 2,5,10,25,50,100 tahun, maka didapatkan nilai : 91,579; 123,982; 147,118; 178,232; 202,882; 228,766.

Tabel 3. Curah Hujan Rerata Harian Maksimum Daerah

No	Tahun	Tinggi Curah Hujan (mm)
1	1997	83.679
2	1998	72.403
3	1999	108.107
4	2000	199.856
5	2001	58.250
6	2002	96.451
7	2003	84.425
8	2004	84.812
9	2005	67.663
10	2006	118.708
11	2007	85.099
12	2008	53.174
13	2009	131.802
14	2010	121.541
15	2011	120.089

Sumber : Hasil Perhitungan

Uji Kesesuain Distribusi

1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Dalam uji smirnov kolmogorov dengan panjang data 15 tahun didapatkan nilai Δ maks = 0,169, untuk Δ Crt nilai $\alpha = 5\% \rightarrow \Delta = 0,338$.

Dari hasil Δ maks $< \Delta$ Crt tersebut dinyatakan hipotesa Log Pearson III diterima.

2. Uji Chi-Square

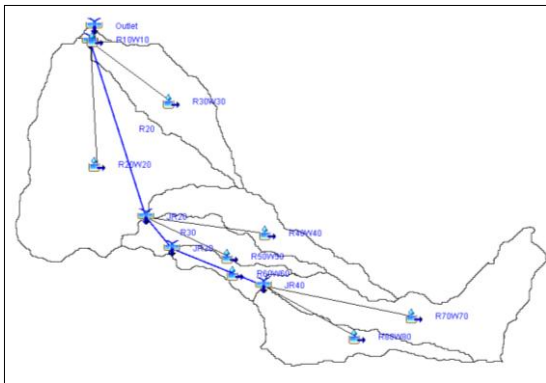
Dalam perhitungan uji chi square dengan panjang data 15 tahun didapatkan batas kelas yang digunakan yaitu 5 kelas dengan sebaran peluang 20%.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai $X^2_{hitung} = 2,333$ dan dari tabel Chi-Square didapatkan nilai $X^2_{cr} = 5,999$ untuk $dk=2$ dan $\alpha = 5\%$ maka dapat disimpulkan bahwa $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$, hal tersebut meyakinkan data tersebut sesuai dengan distribusi LogPearson III.

Analisa GIS

Berdasarkan hasil analisa kontur dan DEM (*digital elevatioan model*) dengan software Arc View dan HEC GEO HMS, didapatkan model Sub DAS Pekalen untuk analisa seperti pada Gambar 4.

Dengan karakteristik masing masing Sub DAS, seperti pada tabel 4. .



Gambar 4. Elemen Basin Model Sub DAS Pekalen.

Tabel 4. Karakteriks Sub DAS Pekalen

No	Nama Sub DAS Pekalen	Luas Sub DAS (Ha)	Rentang Elevasi (m)	Panjang Sungai (m)	Kemiringan sungai
1	R80W80	1559,19	627,317 - 660,4803	736,8	0,0450
2	R70W70	3388,00	627,317 - 1654,500	12656,5	0,0812
3	R60W60	581,81	529,090 - 627,317	5489,5	0,0179
4	R50W50	1200,06	501,0012 - 529,090	2195,3	0,0128
5	R40W40	1740,88	501,0012 - 644,500	5676,4	0,0253
6	R30W30	1985,81	146,8133 - 194,500	2055,1	0,0232
7	R20W20	6032,88	146,8133 - 501,001	13270,8	0,0267
8	R10W10	61,06	133,965 - 146,8133	850,5	0,0151

Sumber : Hasil Analisa

Analisa Peta Tekstur Tanah

Berdasarkan kelompok tanah hidrologis SCS, Sub DAS Pekalen terdiri atas Kelompok tanah SCS jenis A (mem-punyai potensi limpasan rendah) dan D (mempunyai potensi limpasan tinggi.), Seperti terlihat pada Gambar 5 dan Tabel 5, berikut.

Tabel 5. Kelompok Jenis Tanah SCS

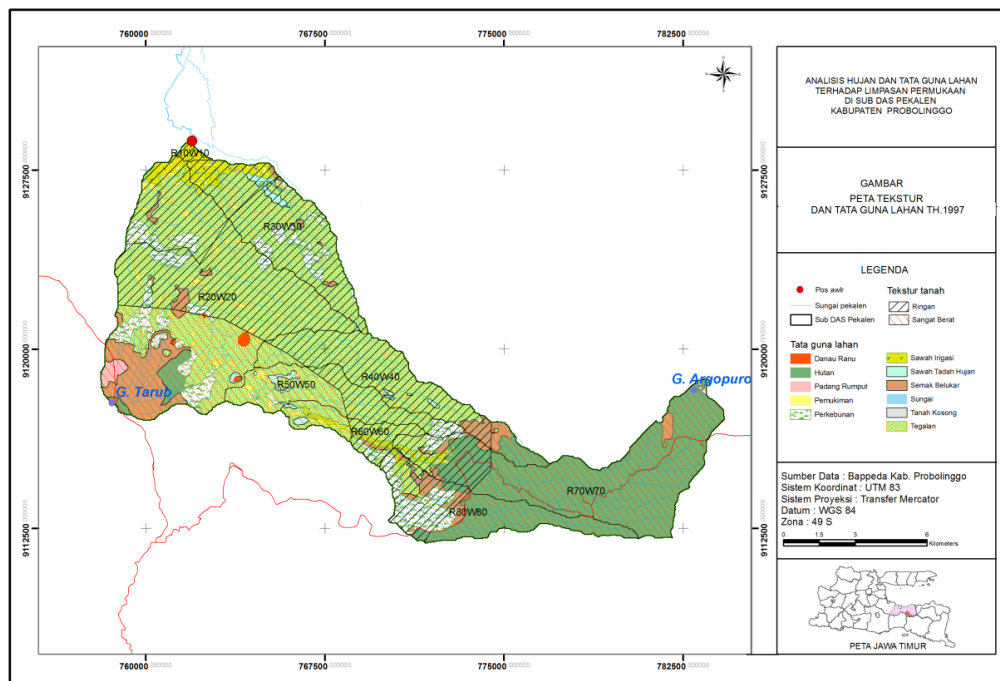
No	Nama Sub DAS	Luas Pengelompokan Tanah Secara Hidrologis (Ha)			
		A	B	C	D
1	R80W80	731,239			827,949
2	R70W70	641,379			2,746,620
3	R60W60	311,040			270,773
4	R50W50	551,625			648,437
5	R40W40	1,404,874			336,001
6	R30W30	1,985,812			
7	R20W20	3,668,240			2,364,637
8	R10W10	61,063			

Sumber : Hasil Analisa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Perubahan Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan di Sub DAS Pekalen mayoritas untuk hutan, lahan pertanian dan sebagian untuk pemukiman, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Tekstur Tanah dan Tata Guna Lahan Th. 1997

Luas untuk masing masing jenis tutupan lahan dan perubahannya, pada Sub DAS Pekalen tahun 1997 dan 2006 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penggunaan Lahan Sub DAS Pekalen Tahun 1997 dan 2006

No	Penggunaan Lahan	Tahun Identifikasi				Perubahan Luas
		1997		2006		
		Luas(Ha)	%	Luas(Ha)	%	Luas(Ha)
1	Danau Ranu	34,297	0,21%	34,297	0,21%	0
2	Hutan	4.158,870	25,13%	4206,68	25,42%	47,81
3	Padang Rumput	82,413	0,50%	84,215	0,51%	1,802
4	Pemukiman	288,701	1,74%	289,865	1,75%	1,164
5	Perkebunan	1.582,273	9,56%	1,769,153	10,69%	186,88
6	Sawah Irigasi	544,717	3,29%	517,981	3,13%	-26,736
7	Sawah Tadah Hujan	156,728	0,95%	145,694	0,88%	-11,034
8	Semak Belukar	1.306,896	7,90%	1.134,498	6,86%	-172,398
9	Sungai	0,049	0,00%	0,049	0,00%	0
10	Tanah Kosong	14,699	0,09%	13,616	0,08%	-1,083
11	Tegalan	8.379,354	50,63%	8.352,952	50,47%	-26,402
	Jumlah	16549		16549		

Sumber : Hasil Analisa

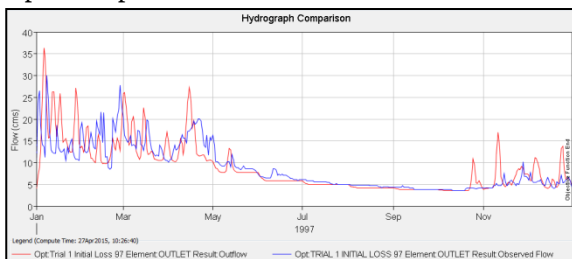
Hubungan Limpasan dan Perubahan Tata Guna Lahan

Pemodelan limpasan tahun 1997 dan 2006, dilakukan dengan software HEC HMS, menggunakan kriteria sebagai be-rikut :

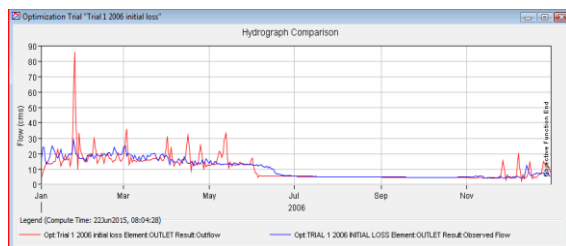
- Parameter *Losses* (initial and constant lossess)
- Parameter basin transform (Snyder Unit Hydrograph)
- Parameter Routing Metode Muskingum
- Baseflow digunakan metode *constant monthly*

Hasil Pemodelan

Dengan melakukan running HEC HMS, didapatkan Gambar output model dan nilai optimasi parameter model berikut.



Gambar 6. Hidrograf Observasi dan Model Tahun 1997



Gambar 7. Perbandingan Hidrograf Observasi dan Model Tahun 2006

Berdasarkan analisa debit tahun 1997 dan 2006 menunjukkan peningkatan volume debit sebesar 50098.2 (1000 m³)

Koefisien Run Off Tahun 1997 dan 2006

Berdasarkan perhitungan koefisien air larian tersebut, didapatkan nilai yang menunjukkan adanya peningkatan nilai koefisien air larian, seperti pada Tabel 8, yang mengindikasikan terjadi gangguan pada tata guna lahan DAS

Tabel 8. Koefisien Run Off

Tahun	Curah Hujan DAS		Total Debit	Volume Debit	Koefisien Larian / C
	mm/th	m3/th	m3/dt/th	m3/th	
2006	2431,12	2,431	3838,20	331620480,00	0,824
1997	2308,14	2,308	3216,97	277946208,00	0,728

Sumber : Hasil Analisa

Pemodelan Limpasan Permukaan dan Debit Banjir Rencana

Perubahan nilai Curve Number dan skenario perubahan tata guna lahan yang mungkin terjadi Sub DAS Pekalen dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Curve Number (AMC III) dengan Perubahan Tata Guna Lahan

No	CN	Ia	Keterangan
1	86,187	8,203	Kondisi tata guna lahan tahun 1997
2	86,301	8,124	Hutan 10% menjadi tegalan
3	86,414	8,046	Hutan 20% menjadi tegalan
4	86,527	7,969	Hutan 30% menjadi tegalan
5	86,641	7,895	Hutan 40% menjadi tegalan
6	86,314	8,115	Hutan 10% menjadi tegalan dan semak belukar 10% menjadi perkebunan
7	86,441	8,028	Hutan 20% menjadi tegalan dan semak belukar 20% menjadi perkebunan
8	86,568	7,942	Hutan 30% menjadi tegalan dan semak belukar 30% menjadi perkebunan
9	86,695	7,859	Hutan 40% menjadi tegalan dan semak belukar 40% menjadi perkebunan

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan pemodelan limpasan permukaan dan banjir yang terjadi menunjukkan perubahan tata guna lahan yang akan terjadi dan mengarah pada perubahan nilai curve number yang semakin meningkat, maka debit maksimum banjir yang akan terjadi juga mengalami peningkatan. Seperti pada Tabel 10.

Adapun nilai peningkatan curve number tersebut, bersifat linear dengan perubahan debit banjir maksimum yang akan terjadi.

Tabel 10. Perubahan Tata Guna Lahan, Curve Number dan Debit Maksimum

No	CN	la	Debit maksimum (m ³ /dt)				
			2 TH	5 TH	10TH	25TH	50TH
1	86,187	8,203	333,20	515,56	660,29	860,59	1,022,55
2	86,301	8,124	334,84	517,97	662,95	863,51	1,025,65
3	86,414	8,046	336,46	520,37	665,59	866,41	1,028,76
4	86,527	7,969	338,81	522,77	668,23	869,31	1,031,78
5	86,641	7,895	339,71	525,16	670,87	872,21	1,034,85
6	86,314	8,115	335,03	518,24	663,25	863,84	1,026,00
7	86,441	8,028	336,85	520,94	666,22	867,10	1,029,44
8	86,568	7,942	338,67	523,27	669,18	870,36	1,032,89
9	86,695	7,859	340,27	525,98	671,79	873,25	1,035,95

Sumber : Hasil Analisa

Peningkatan CN pada kondisi tata guna lahan tahun 1997 ke kondisi perubahan hutan dan belukar 40%, berkisar 0,59% mengakibatkan peningkatan debit banjir sekitar 1,99%.

Identifikasi Nilai Parameter Hidrologis Sub DAS Pekalen

Parameter yang didapatkan dalam proses simulasi debit tahun 1997 -2005 diguna-kan sebagai masukan awal, untuk kemu-dian divalidasi dengan debit tahun beri-kutnya yaitu debit tahun 2006 sampai 2008, lihat Tabel 11.

Tabel 11. Parameter Model Hasil Validasi

Elemen	Parameter	Satuan	Initial Value	Optimize Value
R10W10	Constant Loss Rate	mm/jam	7,193	7,193
R10W10	Initial Loss	mm	11,421	11,421
R20W20	Constant Loss Rate	mm/jam	3,0576	4,5864
R20W20	Initial Loss	mm	7,44	7,44
R30W30	Constant Loss Rate	mm/jam	7,425	7,425
R30W30	Initial Loss	mm	11,43	11,43
R40W40	Constant Loss Rate	mm/jam	2,7449	2,7937
R40W40	Initial Loss	mm	9,469	9,469
R50W50	Constant Loss Rate	mm/jam	1,6413	1,6725
R50W50	Initial Loss	mm	5,94	5,94
R60W60	Constant Loss Rate	mm/jam	1,8733	1,9098
R60W60	Initial Loss	mm	6,702	6,702
R70W70	Constant Loss Rate	mm/jam	0,50307	0,59529
R70W70	Initial Loss	mm	0,93036	2,1143
R80W80	Constant Loss Rate	mm/jam	1,0608	1,7041
R80W80	Initial Loss	mm	5,9439	5,9439
R10	Muskingum K	jam	2,2135	2,258
R10	Muskingum X		0,29684	0,5
R20	Muskingum K	jam	25,975	26,488
R20	Muskingum X		0,20295	0,5
R30	Muskingum K	jam	6,203	6,327
R30	Muskingum X		0,30294	0,5
R40	Muskingum K	jam	13,126	13,386
R40	Muskingum X		0,203	0,268

Sumber : Hasil Analisa

Perbandingan debit hasil validasi tersebut dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Perbandingan debit model dan pengamatan hasil validasi

Parameter	Model	Observasi	Selisih	% Selisih
Total Outflow (1000 m ³)	814156,7	812870,64	1286,06	0,16
Peak Flow (m ³ /dt)	69,19	28,74	40,45	140,8
Waktu Peak Outflow	29-Jan-29	23-Jul-25		

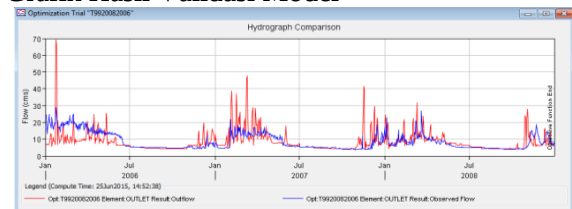
Sumber : Hasil Analisa

Identifikasi Akurasi Parameter Model Terhadap Debit Terukur Tahun 2009, 2010 dan 2011

Secara visual keandalan model dilihat koherensi / kemiripan hidrograph antara debit terukur dengan debit hasil model.

Secara kuantitatif, keandalan model di-nilai secara statistik dengan berbagai tolak ukur dan kriteria, diantaranya Bias, R squared, RMSE, Nash dan Uji F.

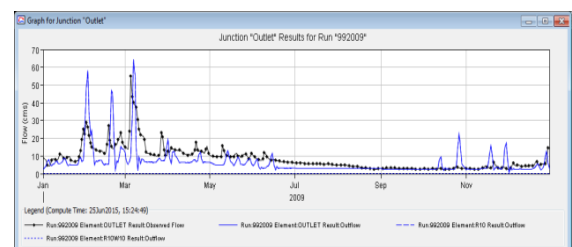
Grafik Hasil Validasi Model

**Gambar 8.** Perbandingan Hydrograf Debit Observasi dan Model Tahun 2006 - 2008

Uji Parameter Model Continues Flow Untuk Debit Pengamatan Tahun 2009

Parameter model yang digunakan untuk running test debit pengamatan tahun 2009 merupakan parameter model hasil kalibrasi debit tahun 1997 sampai dengan 2005 dan divalidasi tahun 2006 sampai dengan 2008.

Hasil analisis secara kualitatif keandalan model berdasarkan sifat kohorensi gambar dapat dilihat pada gambar berikut.

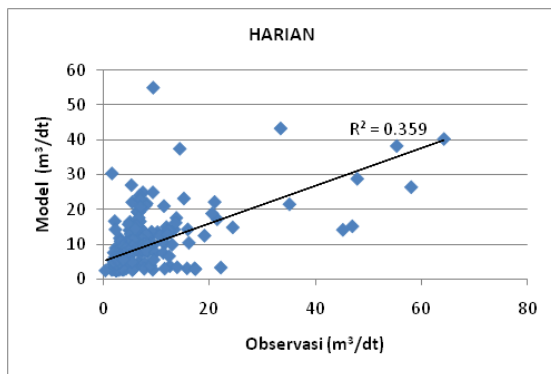
**Gambar 9.** Perbandingan Hydrograf Pengamatan dan Model Tahun 2009

Hasil analisa secara kuantitatif / statistik hasil uji model dengan debit pengamatan metode Rsquare / korelasi, dapat ditabel-kan sebagai berikut.

Tabel 13. Nilai Statistik Rsquare

No	Tahun	R square		
		Harian	10 harian	Bulanan
1	2009	0,359	0,713	0,88

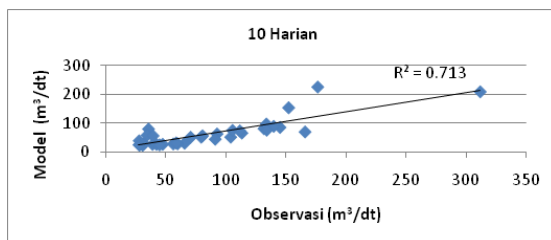
Sumber : Hasil Analisa



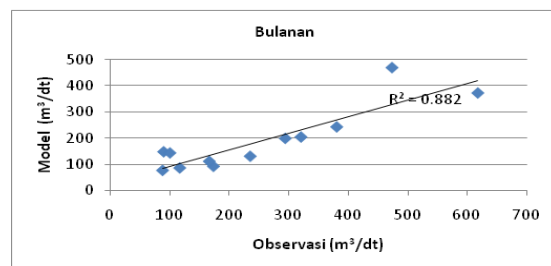
Gambar 10. Grafik Koefisien Korelasi Debit Harian Observasi dan Model Tahun 2009

Debit Bulanan Observasi dan Model Tahun 2009. Berdasarkan analisis perbandingan debit model terhadap nilai debit observasi dengan Uji RMSE dan Nash.

$$RMSE = 71.182 \text{ Nash} = 99.323$$



Gambar 11. Grafik Koefisien Korelasi Debit 10 Harian Observasi dan Model Tahun 2009



Gambar 12. Grafik Koefisien Korelasi

Berdasarkan hasil analisa Uji F, disimpulkan bahwa

1. Debit hasil pengamatan dan debit hasil model, sama jenis
2. Debit dari observasi dan model tidak sama sebagai fungsi waktu (bulan).

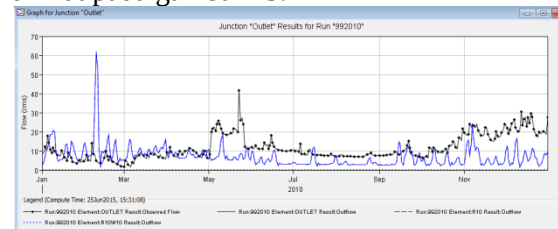
Tabel 14. Nilai F score dan Uji Hipo-tesis.

F1	F2	Uji F Antar group	Hipotesis 1 H0 1 2	Uji F Antar Kelas	Hipotesis
24,035	0,961	2,82	Ditolak	4,84	Diterima

Sumber : Hasil Analisa

Uji Parameter Model Continues Flow Untuk Debit Pengamatan Tahun 2010

Hasil analisis secara kualitatif keandalan model berdasarkan sifat kohorensi gam-bar dapat dilihat pada gambar 13.



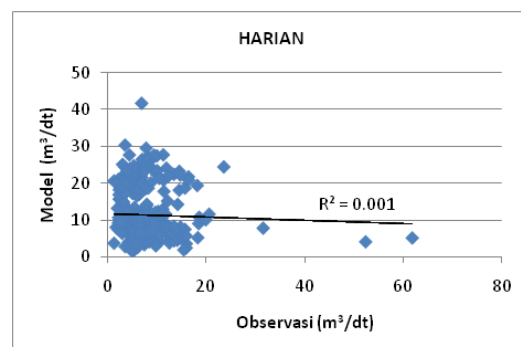
Gambar 13. Perbandingan Hidrograf Pengamatan dan Model Tahun 2010

Hasil analisa statistik dari debit hasil uji model dengan debit pengamatan metode Rsquare / korelasi, dapat dilihat Tabel 15.

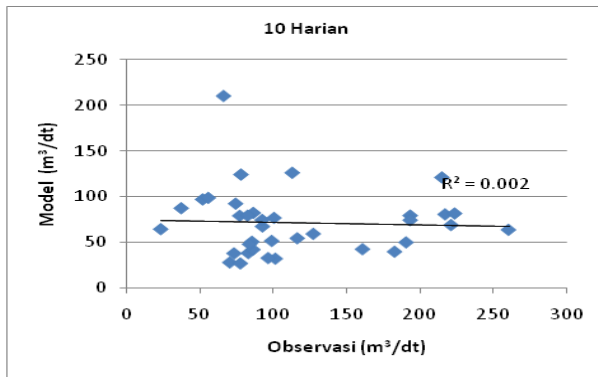
Tabel 15. Nilai Statististik Rsquare

No	Tahun	R square		
		Harian	10 harian	Bulanan
1	2010	0,001	0,002	0,03

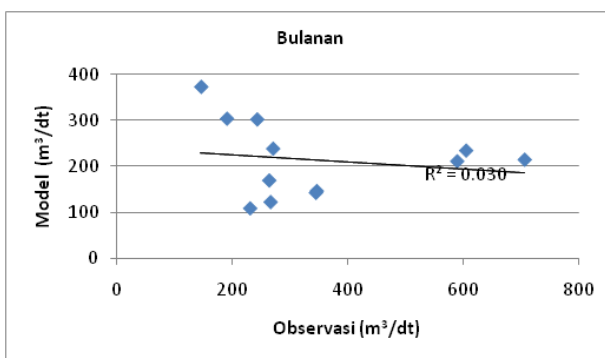
Sumber : Hasil Analisa



Gambar 14. Grafik Koefisien Korelasi Debit Harian Observasi dan Model Tahun 2010



Gambar 15. Grafik Koefisien Korelasi Debit 10 Harian Observasi dan Model Tahun 2009



Gambar 16. Grafik Koefisien Korelasi Debit Bulanan Observasi dan Model Tahun 2010.

Berdasarkan analisis perbandingan debit model terhadap nilai debit observasi dengan Uji RMSE dan Nash

RMSE = 284,395 dan Nash = 99,185

Berdasarkan hasil analisa Uji F, disimpulkan bahwa

1. Debit hasil pengamatan dan debit hasil model, sama jenis
2. Debit dari observasi dan model tidak sama sebagai fungsi waktu (bulan).

Tabel 16. Nilai F score dan Uji Hipotesis

F1	F2	Uji F Antar group	Hipotesis	Uji F Antar Kelas	Hipotesis
10.126	0.811	2.82	Ditolak	4.84	Diterima

Sumber : Hasil Analisa

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Telah terjadi perubahan tata guna lahan di Sub DAS Pekalen, dimana areal perkebunan, pemukiman, padang rumput serta kawasan hutan mening-kat.
2. Perubahan tata guna lahan yang mengakibatkan nilai *Curve Number* meningkat 0,59% maka, debit maksi-mum banjir yang akan terjadi juga mengalami peningkatan 1,99%.
3. Berdasarkan analisis pemodelan HEC HMS, hujan limpasan tahun 1997 dan 2006, menunjukkan adanya peningkat-an nilai limpasan sebesar 50098200 m³,
4. Berdasarkan analisa koefisien run off, hubungan hujan dan limpasan debit tahun 1997 dan tahun 2006, menun-jukan adanya peningkatan nilai koefi-sien run off/ C yaitu dari nilai 0,7 menjadi 0,8.
5. Parameter yang berpengaruh dalam mensimulasikan data hujan menjadi data debit pada model HEC-HMS di Sub DAS Pekalen dengan running model *continues flow*, antara lain .

Komponen Sub DAS (*Losses*)

Constant Loss Rate

- R10W10 (mm /jam) = 7,193
- R20W20 (mm /jam) = 45,864
- R30W30 (mm/jam) = 7,425
- R40W40 (mm /jam) = 27,937
- R50W50 (mm/jam) = 16,725
- R60W60 (mm/jam) = 19,098
- R70W70 (mm/jam) = 0,59529
- R80W80 (mm/jam) = 17,041

Initial Loss

- R10W10 (mm) = 11,421
- R20W20 (mm) = 7,44
- R30W30 (mm) = 11,43
- R40W40 (mm) = 9,469
- R50W50 (mm) = 5,94
- R60W60 (mm) = 6,702
- R70W70 (mm) = 21,143
- R80W80 (mm) = 59,439

Komponen *reach*

- R10 Muskingum K = 2,258
- R10 Muskingum X = 0,5
- R20 Muskingum K = 26,488
- R20 Muskingum X = 0,5
- R30 Muskingum K = 6,327

- R30 Muskingum $X = 0,5$
- R40 Muskingum $K = 13,386$
- R40 Muskingum $X = 0,26847$

6. Berdasarkan hasil analisis statistik untuk menguji model terhadap debit pengamatan metode *continues flow* (beberapa tahun) pada tahun 2009 dan 2010 berdasarkan uji statistik menunjukkan bahwa :
- Untuk tahun 2009, uji korelasi pada debit 10 harian dan debit bulanan mempunyai nilai regresi (0,8 dan 0,5)
 - Untuk tahun 2010, uji korelasi pada debit 10 harian dan bulanan, nilai regresinya dibawah 0,1
 - Menurut uji RMSE dan prediksi debit model tahun 2009 lebih mendekati lapangan / observasi dibandingkan pa-da debit model tahun 2010, yaitu dengan nilai RMSE sebesar 71,182 dan Nash sebesar 99,323. Sementara nilai RMSE tahun 2010 diatas 200 dan nilai Nash berkisar pada nilai 99,185.

Saran

- Data masukan model, hendaknya perlu diperiksa secara teliti sesuai dengan kondisi lapangan.
- Hasil running model HEC HMS, perlu diuji dan dibandingkan dengan software Hydroulic Modeling yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo Bambang. 2010. Hidrologi Terapan, Yogyakarta.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*, <http://www.Hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Application Guide*. Desember, <http://www.Hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2000. *Geospatial Hydrologic Modelling Extension HEC Geo MS Use Manual* <http://www.Hec.usace.army.mil>