



PEMODELAN HIDROLOGI PADA DAS KENDILO DI KABUPATEN PASER, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Rofifah Nuur Adawiyah^{1*}, Yunianto Setiawan¹, Yohanes Budi Sulistioadi²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

²Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda

Korespondensi Penulis: rofifahnuur@gmail.com

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kendilo adalah salah satu DAS penting yang ada di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur dan termasuk dalam kondisi kritis. Pembukaan lahan dan perubahan tata guna lahan menyebabkan DAS Kendilo mengalami degradasi dan meningkatkan resiko bencana banjir. Penelitian ini berfokus pada transformasi curah hujan menjadi debit aliran yang dimodelkan dengan model HEC-HMS. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perancangan model hidrologi pada DAS Kendilo dan mengetahui besar debit yang dihasilkan pada curah hujan tertinggi dan terendah di DAS Kendilo. Penentuan volume limpasan, limpasan langsung, aliran dasar, dan rute aliran masing-masing menggunakan metode *SCS curve number*, *SCS unit hydrograph*, *Constant monthly* dan *Muskingum-Cunge routing*. Validasi model menggunakan uji statistik *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dengan hasil menunjukkan nilai NSE sebesar 0,53 dan 0,49, sehingga dapat dikatakan model HEC-HMS pada penelitian ini telah akurat. Pada curah hujan tertinggi DAS Kendilo dapat memproduksi debit sebesar 390 m³/detik dan pada curah hujan terendah DAS Kendilo dapat memproduksi debit sebesar 70 m³/detik. Berdasarkan hasil analisis, model hujan-limpasan dapat digunakan untuk memprediksi banjir pada wilayah DAS Kendilo.

Kata kunci: banjir, daerah aliran sungai (DAS) kendilo, HEC-HMS, model hujan-limpasan, *Nash Sutcliffe Efficiency*.

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai sumber daya air merupakan sumber daya alam yang pada saat ini kualitas dan kuantitasnya sudah menjadi masalah dunia karena hari demi hari keberadaannya sudah menuju kearah yang kritis (Kurnia, 2002). Balai Pengelolaan DAS (BPDAS) Mahakam Berau (2014) menyatakan, DAS Kendilo merupakan salah satu dari DAS di Provinsi Kalimantan Timur yang termasuk dalam Daerah Aliran Sungai yang dipulihkan, yang artinya DAS Kendilo termasuk DAS yang berada pada kondisi kritis dan memerlukan tindakan konservasi. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kendilo adalah salah satu DAS yang ada di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. DAS Kendilo memiliki luas 354.600 Ha. Daerah ini beriklim panas dengan suhu udara berkisar dari 22,88°C – 32,62°C, curah hujan tahunan sekitar 2.373 mm dan kelembaban udara sekitar 87,07 %. DAS ini mencakup 5 (lima) wilayah kecamatan, yaitu: Kecamatan Muara Komam, Kecamatan Batu Sopang, Kecamatan Muara Samu, Kecamatan Pasir Belengkong dan Kecamatan Tanah Grogot (BPDAS Mahakam Berau, 2012). Pengelolaan DAS dan konservasi tanah merupakan satu kesatuan, dimana di dalamnya terlibat berbagai unsur insitusi formal, baik insitusi pemerintah maupun non pemerintah. Keberhasilan pengelolaan suatu DAS dapat mencegah terjadinya banjir pada saat musim hujan dan menghindarkan kekeringan pada musim

kemarau (Satriawan, 2017). Dalam pengelolaan DAS, perubahan tata guna lahan sangat berpengaruh pula. Pada DAS Kendilo di Kabupaten Paser, pembukaan lahan dan perubahan tata guna lahan banyak terjadi dari kegiatan industri pertambangan baik penambangan batubara, emas, pasir/batu sungai, industri pengolahan kelapa sawit (CPO), penebangan hutan, pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan (BLH Kabupaten Paser, 2013). Pemodelan hujan-debit atau pemodelan HEC-HMS merupakan model dari proses presipitasi. Proses presipitasi (curah hujan) yang mempunyai peranan penting dalam dinamika debit sungai. Pada musim penghujan debit air suatu DAS meningkat tajam sehingga menyebabkan terjadinya banjir dan pada musim kemarau debit cenderung rendah. Hal ini memungkinkan untuk memprediksi respon hidrologi terhadap berbagai upaya pengelolaan daerah aliran sungai dan untuk memiliki pemahaman yang lebih baik tentang dampak dari upaya konservasi yang akan dilakukan (Kadam, 2011). Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan model HEC-HMS, yaitu (Chatterjee *et al.*, 2014) di daerah aliran sungai Damodar, India, dan (Skhakhfa dan Ouerdachi, 2016) di daerah aliran sungai Wadi Ressous, Algeria. Dengan metode penelitian tersebut, maka penulis melakukan perancangan model hidrologi dengan model HEC-HMS dan mengetahui pengaruh tata guna lahan, jenis tanah, dan curah hujan terhadap respon hidrologi DAS Kendilo. Diharapkan, dari hasil penelitian ini dapat

diperoleh informasi tentang fluktuasi dan prediksi debit untuk pengelolaan daerah aliran sungai pada DAS Kendilo.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Istilah DAS berkaitan erat dengan aliran permukaan. Menurut Indarto (2014), DAS (*basin, drainage, or watershed*) menunjukkan suatu luasan yang berkontribusi pada aliran permukaan. Konsep DAS (Daerah Aliran Sungai) ialah suatu batas wilayah imajiner, dibatasi oleh punggung-punggung pegunungan dan lembah, di mana air yang jatuh pada setiap lokasi di dalam batas tersebut, mengalir dari bagian hulu DAS melalui anak-anak sungai ke sungai utama, sampai akhirnya ke luar melewati satu outlet. Pemodelan Hujan-Limpasan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) merupakan program komputer untuk menghitung pengalihan hujan dan proses *routing* pada suatu sistem DAS. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume *run-off*, *direct run-off*, *baseflow* dan *channel flow* (USACE, 2010). Dalam *software HEC-HMS* terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data GIS (Affandy, 2007).

Limpasan Permukaan

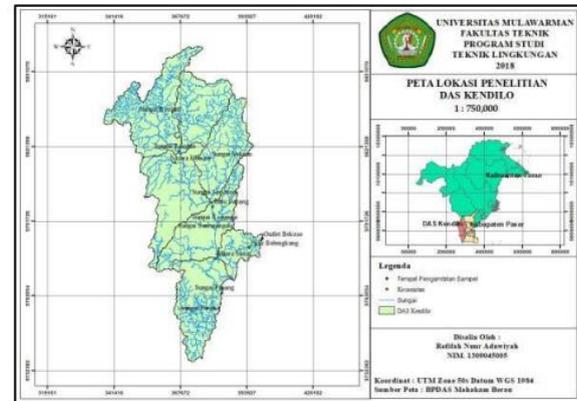
permukaan merupakan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Jumlah air yang menjadi limpasan ini sangat bergantung kepada jumlah air hujan persatuan waktu (intensitas), keadaan penutup tanah, topografi (terutama kemiringan lereng, jenis tanah, dan ada atau tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan) (Sosrodarsono, 1976).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kendilo, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Lokasi penelitian ini secara geografis terletak antara $00^{\circ} 45' 18.37''$ - $02^{\circ} 27' 20.82''$ LS dan antara $115^{\circ} 36' 14.5''$ - $116^{\circ} 57' 35.03''$ BT, dengan luas area sebesar 354.600 Ha. Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.

Penyusunan data hidrologi dilakukan dengan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan program HEC-GeoHMS. Debit aliran permukaan dihitung dengan metode kehilangan SCS dan metode transformasi hidrograf satuan SCS Simulasi hujan dengan menggunakan data hujan lapangan dan perkiraan parameter daerah aliran awal untuk menghasilkan hidrograf aliran permukaan yang akan digunakan sebagai dasar kalibrasi. Kalibrasi selanjutnya dilakukan dengan berdasarkan kepada hasil kalibrasi sebelumnya dengan mempertimbangkan

parameter yang paling sensitif. Parameter yang dikalibrasi adalah parameter Bilangan Kurva dan *Initial Abstraction* untuk metode kehilangan serta parameter *Time Lag* untuk metode transformasi.



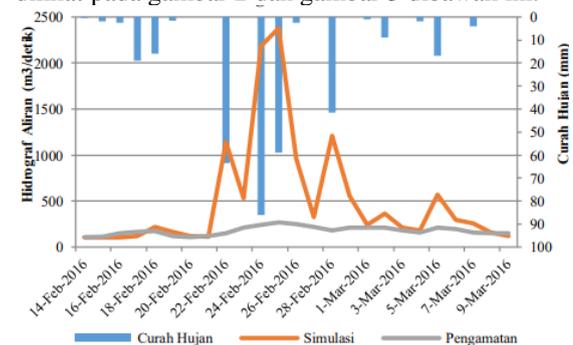
Gambar 1. Peta lokasi studi

Setelah dilakukan kalibrasi, validasi model dilakukan untuk memastikan kemampuan model untuk menangani variasi input yang banyak dan periode waktu yang berbeda, debit simulasi dan debit pengamatan akan dianalisis dengan menggunakan metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) sebagai metode statistik untuk mengetahui tingkat kebenaran model.

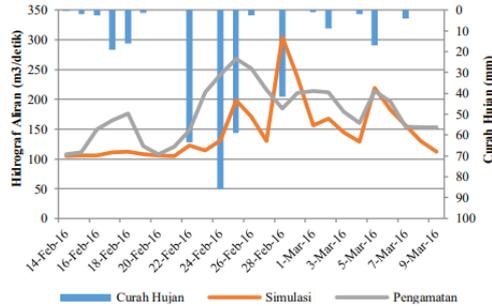
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Model

Proses kalibrasi pemodelan hujan-limpasan di DAS Kendilo ini menggunakan data hujan dan debit yaitu pada tanggal 14 Februari – 9 Maret 2016. Perbandingan antara diagram hidrograf pada simulasi pertama dan setelah dilakukan proses kalibrasi, dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 dibawah ini:



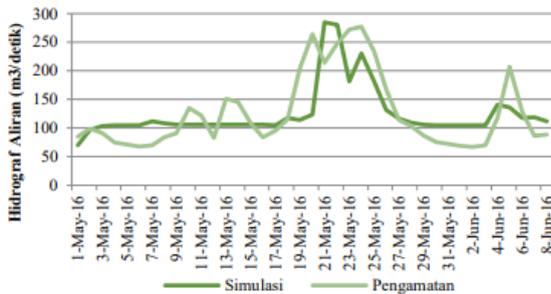
Gambar 2. Grafik Hidrograf Simulasi Pertama



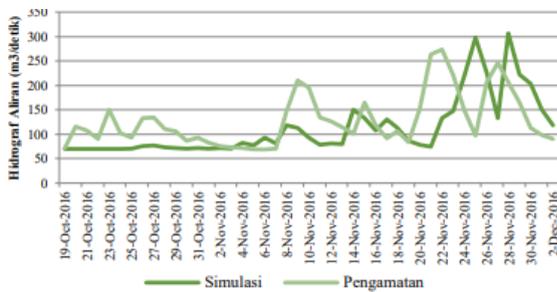
Gambar 3. Grafik Hidrograf Hasil Kalibrasi

Validasi Model

Proses validasi pemodelan hujan aliran di outlet bekoso menggunakan dua periode waktu, tanggal 1 Mei – 8 Juni 2016 dan tanggal 19 Oktober – 2 Desember 2016.



Gambar 4. Grafik Hidrograf Simulasi Pertama



Gambar 5. Grafik Hidrograf Simulasi Pertama

Kedua grafik diatas dapat dilihat bahwa hidrograf aliran simulasi dan hidrograf aliran pengamatan memiliki tren grafik yang hampir sama. Nilai NSE pada kedua periode dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai NSE pada Validasi Model HEC-HMS

Outlet	Periode Waktu	NS Efficiency Index (E)
Bekoso	1 Mei – 8 Juni 2016	0,537111
Bekoso	19 Oktober – 2 Desember 2016	0,49524

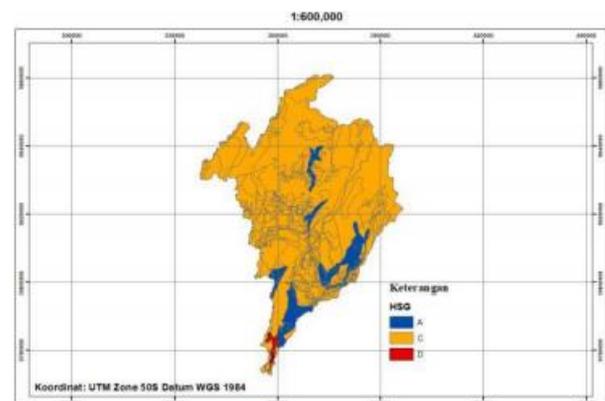
Berdasarkan hasil validasi antara prediksi model dengan debit pengamatan pada tanggal 1 Mei – 8 juni

2016 dan 19 Oktober – 2 Desember 2017 nilai efisiensinya sebesar 0,53 dan 0,49, dapat dikatakan nilai tersebut efisiensi 0 ($E = 0$). Nilai pada NSE dapat berkisar dari $-\infty$ sampai 1. Efisiensi 0 ($E = 0$) menunjukkan bahwa prediksi model sama akuratnya dengan *mean* data yang diamati, sedangkan efisiensi kurang dari nol ($E < 0$) terjadi bila *mean* yang diamati lebih baik dari model prediksi, sehingga nilai diatas menunjukkan bahwa prediksi model cukup akurat dengan data pengamatan.

Pada penelitian (Skhakhfa dan Ouerdachi, 2016; Sok dan Oeurng, 2016; Roy *et al.*, 2013), model HEC-HMS yang dikembangkan menghasilkan pula nilai NSE dengan rata-rata lebih dari 0,5. Nilai NSE pada penelitian ini termasuk dalam kategori memuaskan (*satisfactory*) (nilai antara $0,50 < NSE \leq 0,65$) berdasarkan evaluasi kriteria statistik pada model hidrologi (Moriassi *et al.*, 2007).

Pengaruh Tataguna Lahan dan Jenis Tanah Terhadap Respon Hidrologi DAS Kendilo

Jenis tanah dan penggunaan lahan merupakan faktor penting yang mempengaruhi limpasan permukaan (El Kateb, 2013). DAS Kendilo memiliki jenis tanah yang dominan yaitu jenis tanah tropudults, dystropepts, jenis tanah ini memiliki daya infiltrasi yang rendah, hal ini di buktikan oleh golongan HSG pada DAS Kendilo yang didominasi nilai C pada sebagian besar areal DAS Kendilo. Berikut adalah jenis hidrologi tanah (HSG) pada bagian hulu, tengah, dan hilir DAS Kendilo, dapat dilihat pada gambar 6., gambar 7., dan gambar 8. dibawah ini:

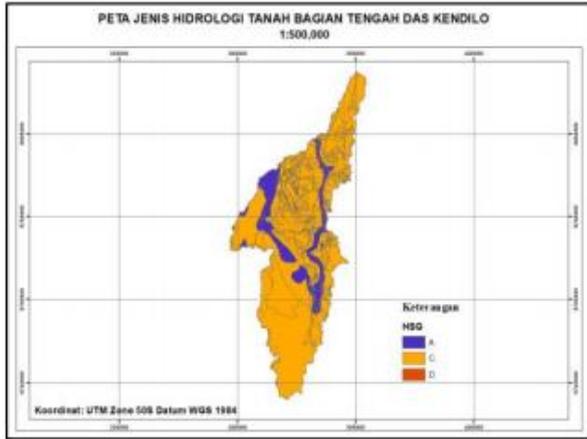


Gambar 6. Jenis Hidrologi Tanah Bagian Hulu DAS Kendilo

Nilai HSG akan menentukan besar bilangan kurva aliran (*curve number*) yang dikelompokkan berdasarkan jenis tutupan lahan. Jenis tutupan lahan akan mempengaruhi besar nilai bilangan kurva aliran. Nilai bilangan kurva aliran bervariasi antara 0 sampai 100 (Triadmojo, 2010). Nilai bilangan kurva yang besar menandakan bahwa permukaan lahan memiliki



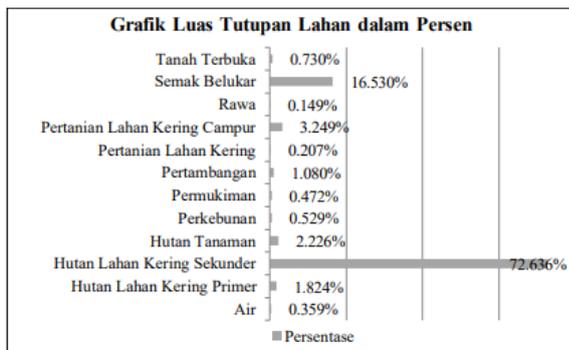
kemampuan menahan air yang rendah, sehingga sebagian hujan yang jatuh dipermukaan tanah menjadi limpasan permukaan dan berpengaruh pada kenaikan debit banjir (Ideawati, 2015). Berikut adalah penggunaan lahan pada bagian hulu, tengah, dan hilir DAS Kendilo, dapat dilihat pada gambar 9., gambar 10., dan gambar 11. dibawah ini:



Gambar 7. Jenis Hidrologi Tanah Bagian Tengah DAS Kendilo



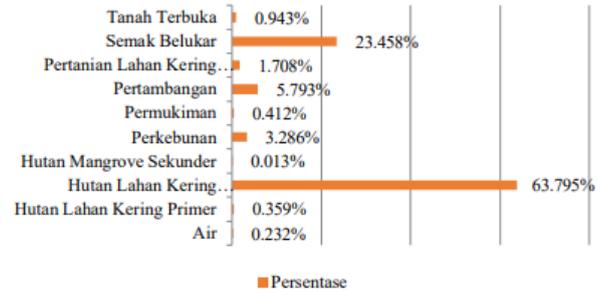
Gambar 8. Jenis Hidrologi Tanah Bagian Hilir DAS Kendilo



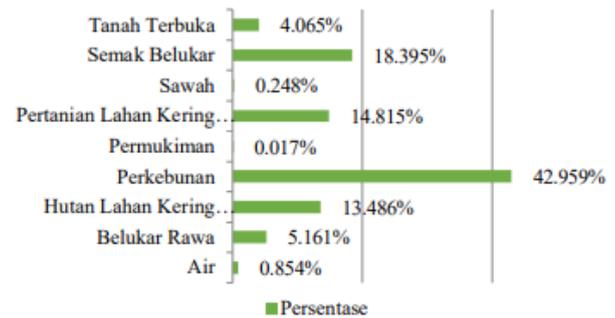
Gambar 9. Grafik Persentase Luas Tutupan Lahan pada Bagian Hulu DAS Kendilo

Tabel 2. Debit pada Outlet pada saat Curah Hujan Tertinggi dan Terendah

	Tanggal	Curah Hujan (mm)	Debit (m ³ /detik)
Curah Hujan Tertinggi	24 Februari 2016	86	390
Curah Hujan Terendah	27 Mei 2016	0,5	70



Gambar 10. Grafik Persentase Luas Tutupan Lahan pada Bagian Tengah DAS Kendilo



Gambar 11. Grafik Persentase Luas Tutupan Lahan pada Bagian Hilir DAS Kendilo

Pada bagian hulu dan tengah DAS Kendilo tipe tutupan lahan yang mendominasi adalah hutan lahan kering sekunder. Jika dihubungkan dengan nilai CN, nilai tipe penggunaan lahan hutan lahan kering sekunder adalah 83, nilai ini termasuk dalam kategori yang memiliki daya infiltrasi yang rendah yang kurang baik. Selain itu juga tipe penggunaan lahan yang jenisnya dapat dikatakan memiliki daya tahan air yang kurang baik, seperti areal pertambangan, tanah terbuka, permukiman juga terdapat pada tipe hidrologi tanah C. Sehingga, dapat dikatakan disebagian besar wilayah DAS Kendilo sangat cepat meloloskan air hujan dengan kata lain air hujan lebih banyak menjadi aliran limpasan daripada diserap oleh tanah dan semakin cepat menaikkan debit aliran sungai.

Pengaruh Curah Hujan Terhadap Respon Hidrologi DAS Kendilo

Berdasarkan model hidrologi pada tiga periode diatas,



dapat diketahui debit yang dihasilkan pada outlet DAS Kendilo pada curah hujan tertinggi dan terendah. Curah hujan tertinggi berada pada tanggal 24 Februari 2016, dan curah hujan terendah berada pada tanggal 27 Mei 2016. Debit pada outlet pada saat curah hujan tertinggi dan terendah dapat dilihat dalam Tabel 2.

Pada curah hujan tertinggi DAS Kendilo dapat memproduksi debit sebesar 390 m³/detik dan pada curah hujan terendah DAS Kendilo dapat memproduksi debit sebesar 70 m³/detik. Intensitas hujan dapat mempengaruhi debit limpasan (Arsyad, 2010). Sehingga jika terjadi hujan yang besar dengan curah hujan yang tinggi, maka dapat diprediksi akan meningkatkan resiko bencana banjir pada daerah hilir DAS Kendilo. Berdasarkan hasil analisis respon hidrologi DAS Kendilo, debit atau arus aliran yang melewati daerah aliran sungai Kendilo memiliki beberapa waktu untuk sampai pada outlet. Debit puncak yang terjadi tidak merata karena perbedaan topografi sub DAS dan pengaruh tata guna lahan, namun bagian hilir tetap memiliki debit dari hasil akumulasi debit dari bagian hulu dan tengah.

Berdasarkan informasi masyarakat dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Paser, kecamatan yang sering terjadi banjir yaitu Kecamatan Batu Sopang yang terletak pada sub DAS Kendilo Hulu 4 dan sub DAS Setiu, Kecamatan Pasir Belengkong yang terletak pada sub DAS Kendilo Hilir, Kecamatan Muara Komam yang terletak pada sub DAS Kendilo Hulu 3, dan Kecamatan Muara Samu (Desa Ratau Bitungan) yang terletak pada sub DAS Samu.

Salah satu upaya untuk mengurangi debit banjir adalah dengan membangun kolam retensi. Kolam retensi memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mereduksi debit banjir (Wicaksono *et al.*, 2013). Pada penelitian Florince (2015), kolam retensi direncanakan sebagai salah satu upaya penanggulangan banjir yang berwawasan lingkungan pada Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung yang dialiri Sungai Way Simpung. Konsep kolam retensi ini berkaitan dengan usaha konservasi sumber daya air, yaitu prinsipnya mengendalikan air hujan tidak hanya dengan mengalirkannya sebagai aliran permukaan melainkan lebih banyak meresapkannya ke dalam tanah. Oleh karena itu, kolam retensi dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam mengatasi masalah banjir pada daerah aliran sungai Kendilo.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil validasi antara prediksi model dengan debit pengamatan pada tanggal 1 Mei – 8 Juni 2016 dan 19 Oktober – 2 Desember 2017 nilai

efisiensinya sebesar 0,53 dan 0,49, dapat dikatakan nilai tersebut berada antara efisiensi 0 ($E = 0$) dan efisiensi 1 ($E = 1$). Nilai tersebut menunjukkan bahwa prediksi model cukup akurat, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi volume limpasan pada DAS Kendilo.

Berdasarkan hasil penentuan bilangan kurva pada DAS Kendilo, sebagian besar wilayah DAS Kendilo sangat cepat meloloskan air hujan menjadi aliran limpasan daripada diserap oleh tanah karena banyak memiliki kandungan tanah liat dan semakin cepat menaikkan debit aliran sungai dan dihubungkan dengan curah hujan tertinggi yang menghasilkan debit sebesar 390 m³/detik dan pada curah hujan terendah sebesar 70 m³/detik, maka dapat diprediksi akan meningkatkan resiko bencana banjir pada saat terjadi hujan dalam jangka waktu lama.

Referensi

- Affandy, N. A., dan Anwar, N., 2007, *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Sampean Baru*, Paper, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Arsyad, S., 2010, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB Press, Bogor.
- Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kabupaten Paser, 2013, *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Paser*, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Mahakam Berau, 2012, *Laporan Final Rencana Pengelolaan DAS Terpadu Pada DAS Prioritas I Kandilo Kabupaten Paser*, Samarinda, Kalimantan Timur.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Mahakam Berau, 2014, *Laporan Hasil Penyusunan Klasifikasi DAS Di Wilayah Kerja BPDAS Mahakam Berau*, Samarinda, Kalimantan Timur.
- Chatterjee, M., De, R., Roy, D., Das, S., dan Mazumdar, A., 2014, *Hydrological Modeling Studies with HEC-HMS for Damodar Basin, India*, World Applied Sciences Journal 31 (12): 2148-2154, ISSN 1818-4952.
- El Kateb, H., Zhang, H., Zhang, P., Mosandl, R., 2013, *Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China*, CATENA 2013, 105, 1–10.
- Florince, Arifaini, N., dan Adha, I., 2015, *Studi Kolam Retensi Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Sungai Way Simpung Kelurahan Palapa Kecamatan Tanjung Karang Pusat*, JRSDD, Edisi September 2015, Vol. 3, Hal: 507 - 520, ISSN:2303-0011.
- Ideawati, L. F., Limantara, L. M., Andawayanti, U., 2015, *Analisis Perubahan Bilangan Kurva Aliran*



- Permukaan (Runoff Curve Number) Terhadap Debit Banjir Di DAS Lesti*, Jurnal Teknik Pengairan, Volume 6, Nomor 1, Mei 2015, hlm. 37-45.
- Indarto, 2014, *HIDROLOGI Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Kadam, A. S., 2011, *Event based rainfall-runoff simulation using HEC-HMS model*, Unpublished P. G. thesis submitted to Dept. of Soil and water Conservation Eng., CAET, Dr. PDKV, Akola.
- Kurnia, N., 2002, *Pengelolaan DAS Citarum Berkelanjutan*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.3, No. 2, Mei 2002:82-91.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D. and Veith, T.L., 2007, *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50, 885-900.
- Roy, D., Begam, S., Ghosh, S., dan Jana, S., 2013, *Calibration and Validation of HEC-HMS Model for A River Basin In Eastern India*, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 8, NO. 1, January 2013 ISSN 1819-6608.
- Satriawan, H., 2017, *Strategi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Dalam Rangka Optimalisasi Kelestarian Sumberdaya Air (Studi Kasus DAS Peusangan Aceh)*, Majalah Ilmiah Universitas Almuslim, Volume 9 Desember 2017, ISSN : 2085.
- Skhakhfa, I. D., Ouerdachi, L., 2016, *Hydrological modelling of Wadi Ressoul watershed, Algeria, by HEC-HMS model*, Journal of Water and Land Development 2016, No. 31 (X–XII): 139–147 ISSN 1429–7426.
- Sok, K., Oeurng, C., 2016, *Application of HEC-HMS Model to Assess Streamflow*