

Analisis *Run Off* Berdasarkan Data Curah Hujan DAS Loning, Luk Ulo Hulu

Saifudin, Arief M. Nur dan Dedi Mulyadi

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

Abstrak. Hubungan antara hujan dan limpasan (*run off*) dalam suatu sistem sungai atau DAS, selain ditentukan oleh karakteristik hujan, juga tergantung pada karakteristik DAS. Analisis *run off* ini dimaksudkan untuk mengkaji proses-proses hidrologi yang ada pada daerah penelitian yaitu DAS Loning, sub-DAS Luk Ulo hulu. Analisis *run off* bertujuan membuat pemodelan hidrologi hubungan hujan dan limpasan. Hasil yang diperoleh antara hubungan curah hujan dan debit menunjukkan hubungan yang signifikan artinya apabila terjadi hujan merata di DAS, maka akan terjadi kenaikan TMA di bagian hilir tergantung dari jumlah curah hujan yang jatuh hasil tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Sedangkan sifat aliran sungai digambarkan dalam bentuk hidrograf satuan, yang digunakan untuk memisahkan antara aliran bawah tanah (*base flow*) maupun jumlah limpasan. Hasil yang diperoleh sebagai jadi *run off* dan sebagian masuk ke dalam tanah sebagai *base flow*. Berdasarkan dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa variasi hujan sangat berpengaruh pada debit aliran, struktur geologikara, kateristik fisik, dan morfometri DAS berpengaruh terhadap bentuk dan ukuran hidrograf.

PENDAHULUAN

Perumusan masalah

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari keberadaan, penyebaran, gerak dan sifat air di bumi serta hubungannya dengan lingkungan (Viessman et al.,1988). Hubungan antara hujan dan limpasan (*run off*) dalam suatu system sungai atau DAS merupakan topik yang menarik untuk dikaji dalam hidrologi. Hubungan antara hujan dan limpasan sebenarnya merupakan proses hidrologi yang cukup rumit. Banyaknya limpasan yang dihasilkan, selain ditentukan oleh karakteristik hujan, juga tergantung pada karakteristik DAS. Karakteristik DAS ini meliputi keadaan topografi, geologi, geomorfologi, tanah, penutup lahan /vegetasi, dan pengelolaan lahan. Sebagaimana diketahui bahwa bagian hujan yang jatuh tidak semuanya jadi limpasan sebagian air hujan akan mengalami infiltrasi ke dalam tanah, intersepsi oleh tanaman dan evapotranspirasi ke udara. Dengan demikian jelas bahwa prosentase yang menjadi limpasan tergantung pada berbagai factor. Banyaknya air yang tidak langsung dapat mencapai permukaan tergantung pada karakteristik tanaman penutup. Air yang meresap kedalam tanah tergantung pada sifat-sifat tanah terutama tekstur tanah.

Apabila proses hidrologi dalam lingkup hubungan hujan limpasan dapat dapat diterangkan secara rinci, maka hal ini merupakan terobosan yang sangat bermanfaat dalam penerapan ilmu hidrologi untuk kegiatan pembangunan. Di lain pihak, dalam rangka pelaksanaan pembangunan khususnya perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air, dibutuhkan data dasar hidrologi yang cukup lengkap. Kenyataan data seperti ini sulit didapatkan, penyediaan data semacam ini memerlukan waktu yang lama dan memerlukan biaya yang tidak sedikit. Pelaksanaan pembangunan, khususnya perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air merupakan pekerjaan yang cukup mendesak untuk dilaksanakan. Oleh sebab itu perlu diupayakan suatu terobosan untuk pengadaan data dasar hidrologi, agar perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air dapat dilakukan dengan baik. Terobosan untuk memperoleh data dasar hidrologi tersebut yaitu dengan membuat pemodelan hidrologi.

Pemodelan hidrologi dimaksudkan untuk menerangkan proses-proses hidrologi yang ada pada daerah kajian. Apabila proses hidrologi, yang sebenarnya merupakan proses yang sangat rumit, dapat diterangkan dengan pemodelan, maka diharapkan keluaran-keluaran data hidrologi, seperti hidrograf aliran, sifat-sifat hujan serta data-data hidrologi lainnya, dapat diperkirakan dengan bantuan pemodelan yang ada. Dengan demikian pengadaan data hidrologi yang diperlukan untuk perencanaan, pengembangan dan pengelolaan sumberdaya air dapat lebih mudah dilakukan.

Hubungan antara hujan dan limpasan (*run off*) dalam suatu system selain ditentukan oleh karakteristik DAS, juga ditentukan karakteristik hujan yaitu besar hujan, lamanya hujan dan penyebaran hujan, yang kesemuanya ini akan berpengaruh terhadap besarnya erosi serta sumberdaya air secara keseluruhan. Dalam penelitian ini digunakan satuan sistem sungai yaitu DAS Loning yang merupakan anak sungai Luk Ulo hulu.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari permasalahan dasar pemikiran dan konsep dasar diatas maka penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan hidrologi hubungan hujan dan limpasan yang dapat diterapkan secara praktis, adapun sasaran dari pemodelan ini dapat diterapkan dalam pengelolaan sumberdaya air dalam suatu DAS dengan mempertimbangkan kesederhanaan data masukan.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan satuan daerah aliran sungai (DAS) sebagai satuan daerah penelitian. Daerah penelitian adalah DAS Loning yang merupakan sub-DAS Luk Ulo hulu.

Adapun kegiatan yang dilakukan dalam mendapatkan data hujan dengan memasang alat pengukur curah hujan pada beberapa tempat, sedangkan data aliran. didapatkan dengan pengukuran tinggi muka, kecepatan aliran dan pembuatan cross section sungai pada outlet.

Peralatan yang dipakai untuk kecepatan aliran dengan current meter dan pelampung. Interpretasi penginderaan jauh dari landsat dan foto udara, disertai pengamatan lapangan digunakan untuk mengenali kondisi dan karakteristik fisik DAS, morfologi, morfometri, tataguna lahan dan pola aliran. Langkah-langkah kegiatan tersebut di atas dapat dilihat pada diagram alir dibawah. (Gb 1.)



Gambar 1. Kondisi Fisik Daerah Penelitian.

DAS Loning yang merupakan anak sungai Luk Ulo. Daerah penelitian secara geografis terletak antara $109^{\circ} 30' 30''$ - $109^{\circ} 52' 30''$ BT dan $07^{\circ} 37' 30''$ - $07^{\circ} 22' 30''$ LS, morfologi Perbukitan-Pegunungan berlereng seragam. Morfologi ini memberikan kesan seperti prisma-prisma sehingga disebut juga sebagai *morfologi perbukitan-pegunungan prismatic*. Kemiringan lereng morfologi ini cukup besar berkisar antara 30° - 50° bahkan di beberapa tempat menunjukkan kemiringan $> 60^{\circ}$. Lihat



Gambar 2. Kenampakan morfologi perbukitan-pegunungan berlereng seragam yang telah mengalami proses erosional cukup intensif.

Batuan penyusun morfologi ini berupa beraneka ragam batuan tua yang bercampur aduk akibat proses tektonik yang dikenal dengan *komplek mélange*. Batuan yang ada dalam *komplek mélange* berupa batulempung sebagai massa dasar yang didalamnya terdapat bongkah-bongkah batuan lain seperti basalt gabro, serpentinit, sekis mika, rijang dan marmer. Pelapukan yang terjadi cukup intensif dan menghasilkan tanah yang relatif cukup tebal dengan tekstur tanah secara umum lempung pasir dan kedalaman efektif tanah dapat mencapai 30 cm, pola aliran denritik. Pada umumnya anak-anak sungai masih muda berbentuk V. Proses erosi yang berlangsung berupa erosi alur yang cukup intensif dan cenderung menjadi tingkat erosi lanjut serta berkembang menjadi *gully erosion*. Akibat erosi yang intensif ini di banyak tempat mengindikasikan potensi terjadi longsor dan bahkan beberapa tempat telah terjadi longsor.

Mata air maupun rembesan (*seepage*) pada morfologi ini banyak dijumpai terutama pada daerah *break slope* maupun pada daerah tekuk lereng. (Gb 3).



Gambar 3. Kenampakan mata air pada daerah tekuk lereng morfologi perbukitan- pegunungan berlereng seragam karena kontrol struktur kekar dan kontak antara tanah pasiran dengan batulempung

Keberadaan mata air maupun rembesan pada daerah *break morfologi* berada pada daerah perbatasan dengan Morfologi Perbukitan-Pegunungan. Keterdapat mata air dan rembesan pada daerah ini disebabkan oleh 2 (dua) faktor, yaitu kontak antara batuan yang *porous*- batuan kedap air dan adanya kontrol struktur geologi. Mata air yang disebabkan karena kontak batuan banyak terdapat pada daerah perbatasan dengan morfologi perbukitan-pegunungan. Sebagai contoh adalah mata air di daerah Curug Mletuk (Gb 4), mata air ini terjadi karena kontak antara breksi andesit yang bersifat relatif *porous* yang menumpang pada batulempung (komplek *mélange*) yang kedap air.



Gambar 4. Kenampakan mata air di daerah Curug Mletuk yang terjadi karena ada kontak breksi andesit (A) dan Batulempung (B)

Adapun mata air yang terjadi karena kontrol struktur geologi banyak terdapat di komplek *mélange*. Komplek *mélange* merupakan komplek batuan yang terdiri dari berbagai macam batuan yang telah mengalami struktur geologi yang intensif baik berupa patahan maupun kekar (retakan). Disamping itu juga dimungkinkan akibat kontak antara lapisan hasil pelapukan batuan yang bersifat cukup *porous* menumpang pada batuan dasar yang kedap air. (Gb 5).



Gambar 5. Kenampakan mata air pada daerah Kebutuh Duwur dengan morfologi perbukitan-pegunungan berlereng seragam karena kontrol struktur kekar ataupun patahan pada batuan basal gabro.

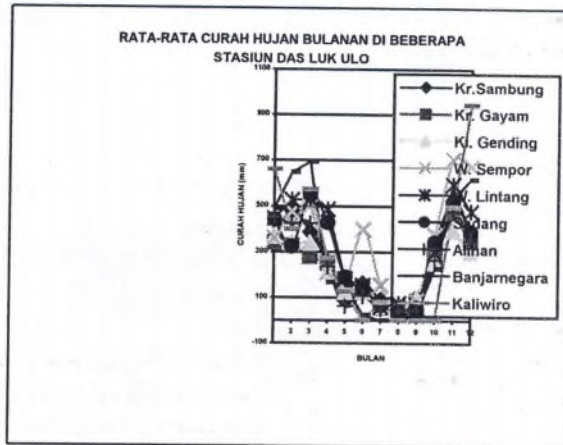
Satuan-satuan tanah yang berkembang di Sub-DAS Luk Ulo hulu pada umumnya mengarah ke pembentukan tanah **Ordo Vertisols**. Pada satuan tanah ini didominasi oleh pembentukan lempung tipe **smektit** yaitu lempung yang mempunyai daya kembang kerut tinggi.

DAS Loning didominasi penutupan lahan berupa hutan dan tegalan. Umumnya persawahan di daerah penelitian merupakan sawah tadah hujan yang pada waktu musim hujan ditanami padi sedangkan pada musim kemarau biasanya ditanami jagung, ketela, kacang, tembakau dan lain-lain, yang merupakan tanaman yang tidak membutuh kan air banyak. (Gb 6).

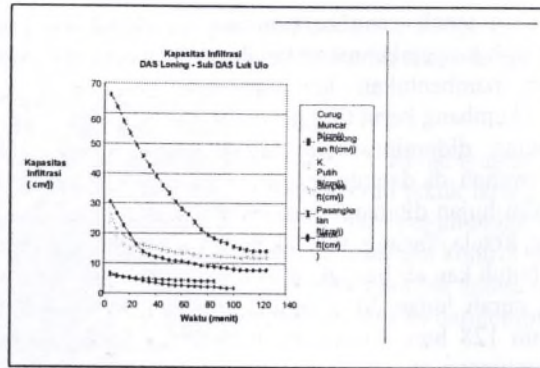
Rata-rata curah hujan 3433 mm/tahun, dengan jumlah hari hujan efektif selama satu tahun 128 hari. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu 945 mm umumnya musim kemarau mulai pada bulan Mei sampai Agustus. Rata-rata curah hujan bulanan daerah berkisar antara 37 mm-525 mm. (Tabel 1).

Tabel 1. RATA-RATA CURAH HUJAN BULANAN DAS LUK ULO HULU DARI TAHUN 1972 - 2005

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Juml
Kr.Sambung	359	479	387	257	88	163	91	57	101	298	528	390	3197
Kr. Gayam	341	327	279	251	126	143	56	57	54	273	473	347	2739
Kl. Gending	369	338	340	211	125	126	63	40	101	257	395	302	3414
W. Sempor	361	476	498	211	163	398	155	29	90	376	705	675	4137
W. Lintang	446	526	530	486	181	153	60	76	24	298	595	479	3838
Sadang	442	324	548	427	191	140	67	38	56	342	520	385	3492
Alihan	453	423	425	236	64	107	51	40	46	267	477	353	2941
Banjarnegara	489	647	694	168	154	25	2	0	24	228	534	619	3584
Kaliwiro	660	400	572	273	127	0	81	0	0	0	498	945	3556

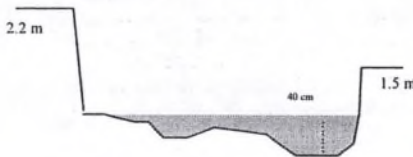


Kapasitas infiltrasi di DAS Loning rata-rata 8,2 cm/jam. Daerah resapan yang paling potensial terletak di bagian hulu sebelah Utara sekitar daerah Curug Mletuk. Kondisi mata air daerah ini tidak pernah kering baik pada musim kemarau apalagi penghujan



HASIL DAN ANALISA

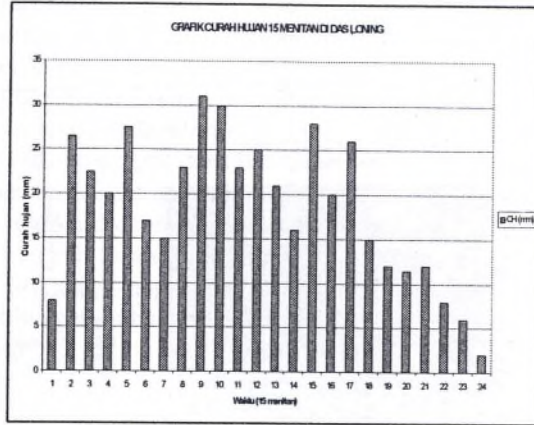
DAS Loning terletak di sebelah barat sungai Maetan yang mempunyai bentuk seperti daun dan mempunyai kemiringan yang besar membentuk lembah yang dalam, kemiringan lereng rata-rata berkisar antara 30-50%, sungai induk Loning menuju kearah Selatan dengan anak-anak sungainya mengalir ke arah tenggara dan barat daya dan membentuk pola aliran denritik. Pada umumnya anak-anak sungai mempunyai bentuk V sedangkan sungai induknya berbentuk U. Dasar sungai banyak terdapat batu-batu yang sedang yaitu berkisar antara 20-50 cm. Penampang melintang outlet sungai Loning dapat dilihat pada GB 7. Sedangkan hasil pengukuran dan ceking lapangan karakteristik DAS Loning dapat dilihat pada table 2. Grafik pengukuran intensitas curah hujan periode 15 menitan dapat dilihat Gb 8. Sedangkan hasil pengukuran tinggi muka air di outlet dapat dilihat pada Tabel 3.



Gb 7. Cross Section S. LONING, lebar 16.5 m

Tabel 2. Hasil pengukuran dan ceking lapangan karakteristik DAS Loning

Data Pengukuran	Hasil
Luas (km ²)	35
Slope rata-rata (%)	40
TMA rata-rata (cm)	76,2
Debit rata-rata (m ³ /det)	21,51
Kapasitas Infiltrasi (cm/j)	8,2
Landuse dominan	Tegalan
Batuan dominan	basalt gabro, sekis mika, serpentinit, rijang
Curah hujan (mm/th)	4126
Curah hujan per 15 menitan (mm)	8, .5,22.5,20,27,17,15,23,31,30,23, 25,21,16,28,20,26,15,12,12,11,8,2.

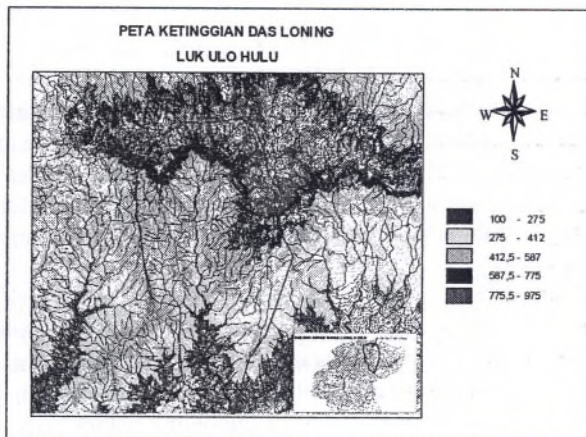


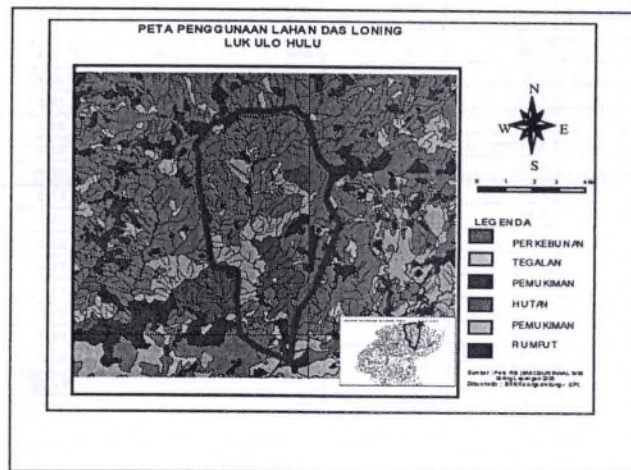
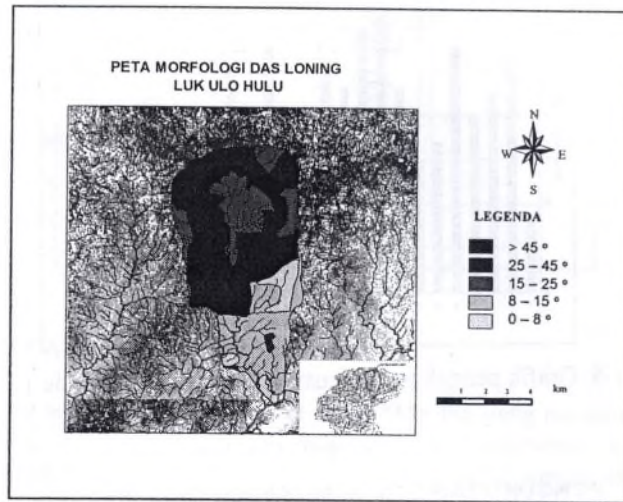
Gambar 8. Grafik pengukuran intensitas curah hujan periode 15 menit

Tabel 3.

PENGUKURAN TINGGI MUKA AIR DAN DEBIT

WAKTU (menit)	TMA (m)	DEBIT (m ³ /det)	WAKTU (menit)	TMA (m)	DEBIT (m ³ /det)
10	0.44	10,1	190	0.79	42,1
20	0.48	10,6	200	0.80	34,4
30	0.5	11	210	0.81	40,1
40	0.53	11,6	220	0.84	27,6
50	0.56	12,2	230	0.87	24,3
60	0.57	13,1	240	0.90	22,1
70	0.59	14,2	250	0.94	19,8
80	0.62	16,3	260	0.98	17,6
90	0.68	16,6	270	1.06	16,1
100	0.7	17,6	280	1.06	16,2
110	0.71	18,3	290	1.07	12,6
120	0.72	19	300	1.08	11,6
130	0.73	19,8	310	1.09	10,6
140	0.74	28,6	320	1.1	10,2
160	0.76	40,6	330	1.13	10,1
160	0.76	44,2	340	1.16	10,06
170	0.77	49,2	350	1.2	10
180	0.78	46,3			



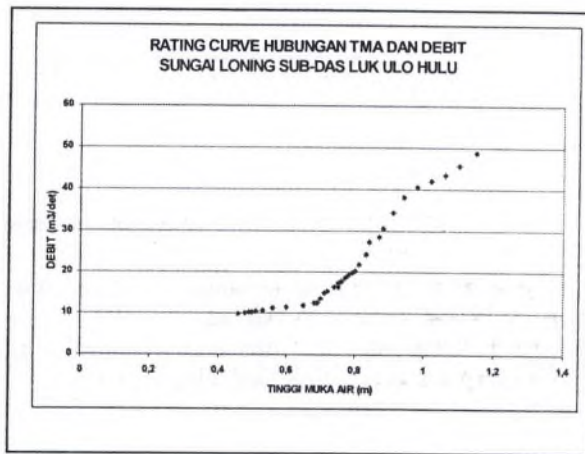


Analisis Karakteristik Sub-DAS Luk Ulo Hulu

Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran dan data tinggi muka air yang tercatat dalam pengukuran 15 menit pada waktu banjir, di outlet Sungai Loning-sub DAS Luk Ulo hulu, maka dapat dibuat suatu hubungan antara debit aliran dengan tinggi muka air, yang disebut rating curve. Hasil perhitungan tinggi muka air dan debit dari sub-DAS luk ulo hulu telah diterapkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar dibawah.

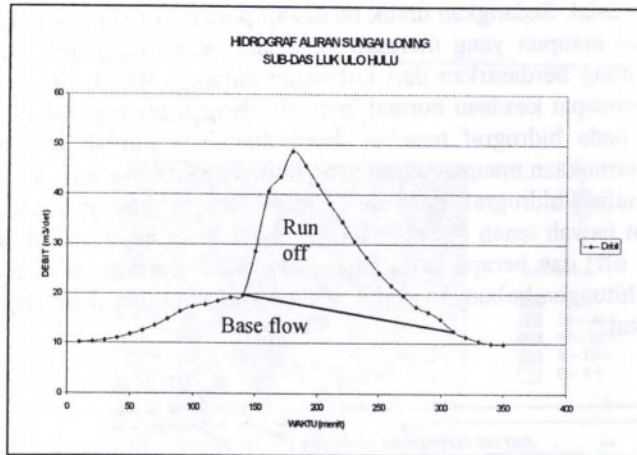
Berdasarkan dari hasil pengukuran hubungan tinggi muka air (TMA) dengan debit dilapangan yang dikerjakan pada waktu mulai hujan dan mencapai banjir hingga aliran normal kembali, dapat digambarkan pada grafik di atas. Berdasarkan dari hasil plotting dan perhitungan debit yang dituangkan dalam bentuk grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa umumnya hubungan antara tinggi muka air dan debit di Sungai Loning, sub-DAS Luk Ulo hulu membentuk garis eksponensial,

yang artinya semakin tinggi muka air sungai semakin besar debit yang dihasilkan secara eksponensial. Sedangkan untuk mengkaji potensi air sungai yang menjadi aliran permukaan maupun yang meresap ke dalam tanah yang disebabkan oleh hujan dapat dihitung berdasarkan dari hubungan antara waktu terjadinya puncak banjir hingga mencapai keadaan normal kembali, dengan menggunakan hidrograf aliran. Dimana pada hidrograf tersebut dapat dianalisis jumlah air yang akan menjadi aliran permukaan maupun aliran yang masuk ke dalam tanah, yaitu dengan menggunakan analisis hidrograf. Berdasarkan dari analisis hidrograf tersebut dapat dipisahkan aliran bawah tanah (base flow) dan bagian air hujan mulai jadi aliran permukaan (run off) dan berapa lama hujan yang dapat berpotensi menyebabkan banjir. Hasil perhitungan hubungan tinggi muka air (TMA) dan debit dapat dilihat pada grafik berikut.



HIDROGRAF

Hidrograf merupakan gambaran air yang dihasilkan oleh daerah aliran sungai. Bentuk dan ukuran hidrograf dipengaruhi oleh faktor morfometri DAS seperti, luas, bentuk, kemiringan, pola aliran sungai, kerapatan aliran dan landaian sungai. Disamping itu faktor iklim (curah hujan, tanah dan penggunaan lahan merupakan faktor penting. Bentuk dan ukuran hidrograf aliran dipengaruhi oleh faktor fisiografi dan meteorologi. Sifat aliran sungai yang dihubungkan dengan waktu dapat untuk menganalisa timbunan air pada aliran bawah tanah, yaitu dengan menghubungkan antara lengkung mulai naik dan lengkung mulai normal yaitu dengan metode 'Straight Line Method' Sedangkan untuk mengetahui timbunan aliran permukaan atau potensi air permukaan, dengan cara menghitung jumlah luas aliran permukaan dikalikan dengan luas DAS. Menetapkan parameter hidrograf-satuan al.; waktu hujan, pusat curah hujan, debit (Q), waktu puncak banjir (tp), debit Banjir (Qp), dan waktu dasar hidrograf (Td).Menetapkan faktor-faktor morfometri DAS yang diduga kuat berpengaruh terhadap hidrograf satuan. Hasil hidrograf aliran sub-DAS Luk ulo hulu dapat dilihat pada grafik dibawah.



KESIMPULAN

1. Variasi hujan sangat berpengaruh pada hidrograf satuan, sehingga perlu didasarkan pada hidrograf aliran dan hujan.
2. Morfometri DAS seperti panjang sungai, landaian sungai, luas dan bentuk berpengaruh terhadap bentuk dan ukuran hidrograf.
3. Hidrograf satuan dapat digunakan untuk menduga hidrograf aliran langsung, dengan syarat tidak ada perubahan kondisi fisik aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. 1969. Applied Hydrology. McGraw Hill. New York
- Gang, S.K. 1977, Water resources Hydrology, Publisher New Delhi.
- J.C. Van Dam, W. R. Raaff and A Volker, 1972, "Clymatology", ILRI Wageningen Netherlands.
- Suyono S. and Kensaku Takeda, 1977, " Hidrologi Untuk Pengairan" Tokyo, Japan
- Wilson, E.M. 1969. Engineering Hydrology. MacMillan Press Ltd.