

TINJAUAN HIDROLOGIS MASALAH BANJIR (Hydrological View of Flood)

Oleh/by

A.B. Suriadi M. Arsjad.

Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Cibinong.
budiman6109@gmail.com

ABSTRAK

Pembalakan hutan belum tentu penyebab utama terjadinya banjir. Penyebab utama banjir adalah curah hujan yang tinggi dalam waktu yang relatif lama dan terjadi di daerah yang luas. Banjir tidak akan terjadi kalau tidak terjadi hujan dalam DAS dalam waktu yang relative lama dengan intensitas yang tinggi. Penebangan liar (*Illegal logging*) tidak selalu lebih buruk dampaknya terhadap banjir dari pada konversi hutan ke penggunaan lainnya, misalnya konversi hutan ke lahan pertanian. Biasanya konversi hutan ke penggunaan lain dimulai dengan perambahan (*land clearing*). Tahapan ini saja kemungkinan sudah akan menyebabkan aliran permukaan yang tinggi dan memicu terjadinya banjir. Tulisan ini menguraikan tentang proses *runoff* yang mempengaruhi terjadinya banjir secara rasional dengan contoh-contoh yang mudah di fahami.

ABSTRACT

Logging activity is not always a main cause of flood. The main cause of flood is heavy rainfall on relatively large area in long duration. The Flood will not occur when there is no heavy rainfall occurred in a watershed. The Illegal logging is not always more harmful than forest conversion to another use e.g. conversion forest to agricultural land. It usually starts with land clearing. Just this step only can cause high runoff and triggering flood. This paper describes runoff process in relation with flood, and factors influenced rationally.

Kata kunci: Banjir, Logging, Curah Hujan Tinggi, Konversi Hutan.
Keywords: Flood, Logging, Highly Rainfall, Forest Conversion.

1. PENDAHULUAN

Pada penghujung tahun 2006 dan awal 2007 beberapa daerah di Sumatera mengalami banjir besar, antara lain di Aceh Tamiang-NAD, di Langkat-Sumut, di Kabupaten Kampar-Riau. Banjir juga terjadi di daerah-daerah lain seperti di Pesisir Selatan-Sumbar, Jambi, dan di Kampung Melayu-Jakarta.

Menurut Badan Meteorologi dan Geofisika musim hujan akan mencapai puncaknya di bulan Januari dan Februari. Banjir besar sudah terjadi di Jakarta bulan Januari 2007, namun sampai bulan Maret

ini masih terjadi banjir di daerah-daerah lainnya di Indonesia.

Banyak tanggapan yang dilontarkan baik oleh orang awam, pejabat pemerintah, LSM, bahkan wakil presiden dan para menteri. Semuanya seolah-olah sepakat bahwa banjir besar yang terjadi disebabkan oleh perambahan hutan yang tidak legal atau sering juga dikenal dengan *illegal logging*. Namun apakah benar penyebab utamanya adalah *illegal logging*? Secara hidrologis jawabnya belum tentu, karena rusaknya hutan atau konversi hutan ke dalam fungsi lain seperti perkebunan atau perladangan, merupakan salah satu dari beberapa

faktor penting yang mempengaruhi kejadian banjir.

II. METODE

Makalah ini merupakan studi pustaka dan analisis data sekunder. Sebagian dari data yang digunakan merupakan hasil penelitian banjir Jakarta tahun 2002, sebagian lagi merupakan hasil penelitian banjir Sinjai tahun 2006. Data lain diambil dari penelitian-penelitian para ahli di berbagai tempat misalnya di India, Malaysia, Kenya, Cina dan lain-lain.

Data tersebut kemudian dianalisis dan dirangkai menjadi suatu tinjauan ilmiah tentang banjir.

III. HASIL

Tinjauan ini menghasilkan beberapa ulasan seperti di bawah ini:

3.1. Faktor-Faktor yang Berperan dalam Kejadian Banjir

Beberapa faktor yang mempengaruhi kejadian banjir dapat dikategorikan menjadi dua faktor utama, yakni faktor input dan faktor struktur. Faktor input adalah curah hujan, dan ada kalanya juga pasang air laut. Sedangkan faktor struktur adalah sistem DAS (*watershed system*).

Sistem DAS berfungsi sebagai operator dalam peristiwa banjir. Faktor DAS ini meliputi sistem jaringan drainase (*drainage system*), *landforms*, *soils*, dan liputan lahan (*land use*)

a. Curah Hujan

Faktor input curah hujan merupakan faktor penyebab, kalau tidak ada hujan tidak akan terjadi banjir. Kalau curah hujannya kecil tidak akan terjadi banjir, maka disini kita berbicara mengenai intensitas curah hujan, yaitu berapa banyak curah hujan yang turun dalam satuan waktu tertentu, misalnya berapa millimeter curah hujan yang turun dalam satu hari, satu jam atau satu menit, misalnya 15 millimeter. Kalau hujan tersebut terjadi selama 3 jam berarti

intensitas curah hujan ini adalah 5 milimeter per jam.

Intensitas curah hujan sangat penting artinya dalam kejadian banjir. Curah hujan total 100 mm yang turun dalam waktu 5 jam akan memberikan dampak yang sangat berbeda dibanding dengan kalau curah hujan 100 mm tersebut turun dalam 2 jam. Curah hujan 100 mm dalam waktu 5 jam berarti 20 mm per jam, sedangkan 100 mm dalam 2 jam berarti 50 mm per jam. Intensitas curah hujan yang sangat tinggi akan menyebabkan sebagian besar air hujan tersebut menjadi aliran permukaan (limpasan permukaan) karena kesempatan untuk infiltrasi sangat pendek waktunya, sehingga sangat berpotensi mendatangkan banjir.

Secara sederhana bisa diilustrasikan sebagai berikut, misalnya kita punya air 1 gelas. Air itu diteteskan ke tanah setetes demi setetes, maka sebagian air tersebut akan meresap dulu baru setelah lama sebagiannya mengalir di permukaan. Namun kalau tetesannya dipercepat maka sebagian besar air tersebut akan mengalir karena tidak mendapat kesempatan meresap atau kecepatan meresapnya lebih kecil daripada volume tetesan. Hal seperti ilustrasi ini juga terjadi di alam nyata (*real world*), infiltrasi lebih rendah dari intensitas hujan.

Menurut *Soil Conservation Service* (SCS), Departemen Pertanian Amerika Serikat, limpasan permukaan tinggi kalau kondisi kelembaban tanah tinggi. Teori SCS mencatat bahwa limpasan permukaan tinggi tercapai kalau *Antecedent Moisture Condition* (AMC) tinggi. AMC diidentifikasi berdasarkan curah hujan berturut-turut selama lima hari dan disimplifikasi menjadi tiga kategori AMC seperti pada Tabel 1 (Viessman, *et al*, 1989).

Tabel 1. Kategori AMC

Kategori AMC	Jumlah curah hujan 5 hari berturut-turut
AMC I	< 36 mm
AMC II	36 - 56 mm
AMC III	>56 mm

dalah 5

t penting
 rah hujan
 waktu 5
 ak yang
 an kalau
 un-dalam
 am waktu
 edangkan
 mm per
 g sangat
 an besar
 n permu-
 arena ke-
 t pendek
 erpotensi

strasikan
 nya air 1
 h setetes
 r tersebut
 lah lama
 kaan. Na-
 bat maka
 mengalir
 atan me-
 nya lebih
 al seperti
 yata (*real*
 dari inten-

Service
 Amerika
 ggi kalau
 ggi. Teori
 n permu-
 antecedent
 ggi. AMC
 ah hujan
 hari dan
 gori AMC
 an, et al,

hujan
 t-turut
 m

Kecenderungan teori ini hanya berla-ku di daerah yang *land cover* (penutup lahannya) pertanian atau hutan dan lahan yang tidak rawa. Kalau di daerah per-kotaan sebagian besar permukaan lahan tertutup bangunan maka limpasan permu-kaan selalu tinggi karena air hujan hampir tidak ada yang meresap ke dalam tanah. Di daerah rawa tanahnya hampir sepan-jang tahun jenuh, oleh sebab itu air hujan yang jatuh di daerah rawa tidak ada yang meresap, tetapi akan menambah aliran air rawa.

Walaupun intensitas curah hujan sangat tinggi, kalau terjadi di daerah yang sempit saja atau sebarannya tidak meluas maka volume aliran permukaan yang dihasilkan sedikit juga, maka curah hujan tersebut tidak akan mendatangkan banjir. Curah hujan normal di Indonesia (Kawas-an Barat) sekitar 200 – 600 mm per bulan pada musim penghujan (Oktober – Maret) dan 0 – <200 mm per bulan pada musim kemarau (Juni – Agustus). Kalau terjadi curah hujan 100 mm per hari, maka curah hujan tersebut termasuk ekstrim tinggi.

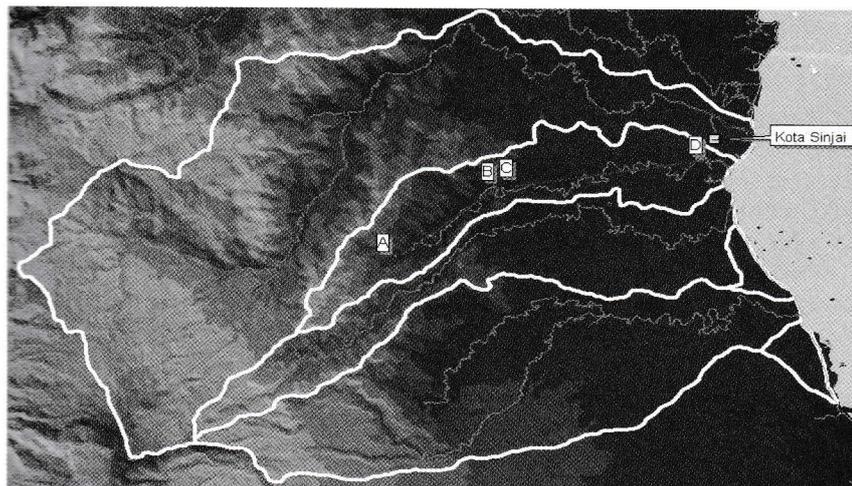
b. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berbicara mengenai luas area sebaran curah hujan maka kita memasuki faktor yang kedua yaitu daerah aliran sungai (DAS) atau *watershed*. Daerah Aliran

Sungai adalah suatu daerah di muka bumi yang merupakan suatu sistem yang terdiri dari lahan dan jaringan sungai, oleh sebab DAS merupakan suatu sistem dan berfungsi sebagai operator dalam proses curah hujan menjadi aliran sungai. Batas atas dari DAS adalah igir-igir perbukitan atau pegunungan. Semua jaringan sungai tersebut merupakan suatu sistem drainase yang bermuara ke satu pintu keluar yang disebut muara sungai (*outlet*). Sebagai contoh DAS Bekasi, sungai utamanya Sungai Bekasi, sungai ini mempunyai anak sungai yaitu Cileungsi dan Cikeas, Cileungsi mempunyai anak yaitu Citeureup, dan seterusnya sungai-sungai ini mempunyai cabang/anak sungai sampai saluran-saluran drainase buatan.

Luas DAS akan menentukan luas tampungannya terhadap hujan, oleh sebab itu DAS juga disebut *Catchment Area* atau Daerah Tangkapan Hujan. Gambar 1 menunjukkan beberapa DAS di Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan.

Peta ini dibuat oleh Balai Geomatika BAKOSURTANAL dalam rangka evaluasi banjir yang terjadi di Sinjai pertengahan tahun 2006. Peta ini dengan jelas dapat memberikan gambaran mengenai konsep DAS dan sungai-sungai yang mengalir di-



Gambar 1. Contoh Daerah Aliran Sungai (DAS)

dalamnya. Kota Sinjai terletak di kawasan muara Sungai Mangotong. Kota ini mengalami banjir bandang yang sangat besar walaupun setelah diteliti tidak terlihat adanya perambahan hutan. Banjir bandang di Sinjai ini disebabkan oleh curah hujan yang sangat tinggi. Data dari UNHAS dalam Kardono, P (2006) mengatakan bahwa curah hujan waktu itu sekitar 200 mm dalam beberapa hari berturut-turut.

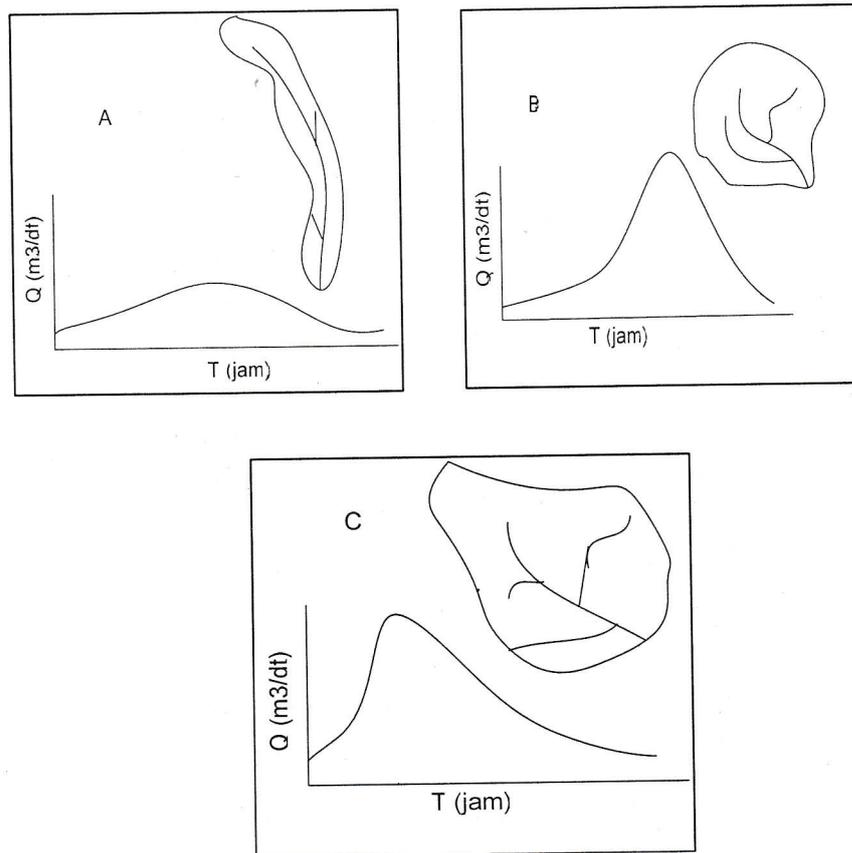
Disamping luas DAS, bentuk DAS juga berpengaruh pada karakteristik banjir. DAS yang berbentuk memanjang seperti Ciliwung mempunyai puncak banjir yang landai. Naiknya muka air secara perlahan namun turunnya juga perlahan. Seyhan

(1977) memberikan ilustrasi seperti yang tersaji pada Gambar 2.

DAS A menunjukkan DAS dengan pola memanjang, seperti DAS Ciliwung. Grafik banjir DAS seperti ini sebagaimana terlihat dengan pola yang landai, puncak banjir naik secara perlahan dan turunnya juga lambat.

DAS B dengan pola mumbulat seperti lingkaran melancip ke hilir. Puncak banjir agak lama tercapainya, turunnya cepat.

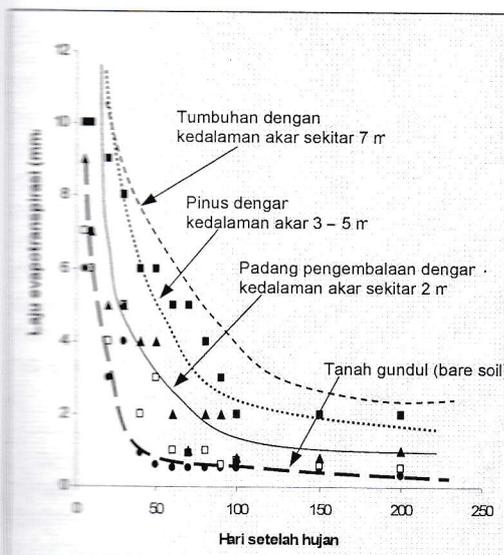
DAS C kebalikan dari DAS B, mumbulat dan melebar ke hilir. Puncak sangat cepat datangnya dan turunnya agak melandai atau perlahan.



Gambar 2. Bentuk DAS dan Pola Hidrograf Alirannya.

c. Liputan Lahan, Tanah, Lereng dan Bentuk Lahan

Sebagaimana diterangkan sebelumnya liputan lahan merupakan bagian dari faktor sistem DAS. Di atas DAS biasanya terdapat hutan, sawah, kebun campuran, pedesaan, perkotaan, rawa, danau, semak belukar, padang rumput, dan lain-lain. Ini semua adalah liputan lahan (*land cover/landuse*) yang sangat mempengaruhi terjadinya limpasan permukaan pada waktu terjadi hujan. Liputan lahan terutama vegetasi mempengaruhi besarnya curah hujan yang menjadi *runoff* dalam dua hal utama yaitu melalui transpirasi dan intersepsi. Vegetasi membutuhkan air untuk tumbuh. Air diambil melalui akar dan dikeluarkan melalui daun pada proses transpirasi. Gambar 3, menggambarkan pengaruh vegetasi terhadap evapotranspirasi.



Gambar 3. Pengaruh vegetasi terhadap evapotranspirasi (Dune and Leopold, 1978)

Intersepsi atau curah hujan yang tertangkap oleh tumbuhan dan tertahan kemudian menguap. Secara mudah kita bisa mengenal dalam kehidupan sehari-hari kalau sehabis hujan kita goyahkan sebuah pohon maka akan turun air yang melekat di daun dan ranting pohon. Itu

adalah intersepsi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa intersepsi bisa menahan air hujan sampai 35 % dari total curah hujan. Menurut suatu penelitian tumbuhan konifera menahan air hujan 25 - 35 % dari curah hujan tahunan dan tumbuhan desidu menahan air hujan tahunan sebesar 15 - 25 % (<http://uregina.ca/~sauchyn/geog327/intercept.html>)

Bukit, gunung, dataran bergelombang, dataran aluvial yang datar, cekungan, rawa, danau dan lain-lain adalah bagian dari bentuklahan (*land-forms*). Bentuk lahan ini ada yang berlereng terjal ada yang curam, ada yang bergelombang, dan banyak juga yang datar di daerah pesisir dan muara sungai.

Tanah yang terdapat dalam suatu DAS bermacam-macam, ada tanah pasir dengan tingkat kelolosan air yang tinggi, ada tanah liat dengan tingkat kelolosan air yang amat rendah dan tanah-tanah yang mempunyai tingkat kelolosan air di antara dua tipe tersebut. Semua yang ada di permukaan DAS tersebut mempengaruhi proses terjadinya banjir dan sifat-sifat banjir.

3.2. Koefisien Aliran (C)

Suatu pendekatan yang paling sederhana dalam menganalisis pengaruh kondisi permukaan lahan misalnya penggunaan lahan terhadap aliran permukaan adalah dengan metode koefisien aliran (*runoff coefficient*).

Koefisien aliran adalah suatu konstanta yang menunjukkan berapa bagian dari curah hujan yang menjadi aliran permukaan langsung (*direct runoff*). Kalau $C = 0,5$ berarti 50% dari curah hujan menjadi aliran permukaan langsung. Sebagai perkiraan beberapa ahli hidrologi telah meneliti tipe-tipe penggunaan lahan dan berapa koefisien alirannya seperti tersaji dalam Tabel 2.

Air setebal 1 mm pada area seluas 1 ha akan menghasilkan volume 1 meter kubik, jadi kalau curah hujan jatuh setebal 1 mm pada area 1 km persegi atau = 100 ha akan menghasilkan volume 100 meter

kubik. Kalau koefisien aliran 0,5 berarti volume aliran = 50 meter kubik. Kita dapat menghitung kalau curah hujan 100 mm/hari, jatuh di DAS Ciliwung yang luasnya sekitar 35.937 ha. Dengan kondisi seperti sekarang ini koefisien runoff rata-rata kurang lebih 0,8 maka volume aliran yang masuk ke Jakarta sebesar $0,8 \times 35.937 \times 100 \text{ mm} = 2,7$ juta meter kubik air dalam 1 hari. Tabel 3 memperlihatkan DAS yang masuk ke kawasan Jakarta.

Tabel 2. Koefisien Aliran

Tipe lahan	Koefisien Aliran (C)
I. Perkotaan (developed area)	
• Daerah bisnis (<i>business area</i>)	0,75 – 0,95
• Pemukiman (tergantung kepadatan)	0,50 – 0,75
• Daerah industri (industri ringan – berat)	0,50 – 0,90
• Taman	0,10 – 0,25
• Kuburan	0,20 – 0,35
• Lapangan	0,10 – 0,30
• Pemukiman sub urban	0,70 – 0,90
II. Pedesaan	
1. Tanah gravel, pasir dan sejenisnya	
• Daerah tanaman/sawah	0,20
• Ladang, padang gembalaan, semak	0,15
• Hutan buatan, hutan	0,10
• Tanah loam, dan sejenisnya	
• Daerah tanaman/sawah	0,40
• Ladang, padang gembalaan, semak	0,35
• Hutan buatan, hutan	0,30
2. Tanah liat, heavy clay dan sejenisnya	
• Daerah tanaman/sawah	0,50
• Ladang, padang gembalaan, semak	0,45
• Hutan buatan, hutan	0,40

Sumber : Seyhan (1977), Dune & Leopold (1978) dan Chow (1988)

Kalau hujan 100 mm jatuh pada seluruh DAS yang masuk ke kawasan Jakarta maka volume airnya lebih kurang 7,5 juta meter kubik. Bagaimana kalau curah hujan ekstrim misalnya 200 mm per

hari?. Dalam kondisi hujan ekstrim ini fungsi hutan sebagai penutup lahan tidak efektif lagi karena intensitas yang begitu tinggi sebagian besar dari curah hujan akan menjadi *runoff*. Biasanya kondisi kelembaban tanah di kawasan muara sudah sangat tinggi sehingga terjadi dua hal, yaitu di kawasan atas terjadi *horton overland flow* dan di kawasan bawah/ muara terjadi *saturation overland flow*. Hal ini akan mendatangkan banjir besar yang kadangkala diluar dugaan orang awam.

Tabel 3. Luas DAS dari sistem sungai yang masuk ke Kaw. Jakarta.

DAS	Luas (Ha)
Angke	54.267
Cakung	10.533
Ciliwung	19.664
Ciliwung Katulampa	16.273
Kalibaru	10.484
Krukut	14.119
Jumlah	125.340

Sumber : Suriadi dkk (2002)

Horton overland flow adalah aliran permukaan yang terjadi karena intensitas curah hujan melebihi kapasitas resapan/ infiltrasi. *Saturation overland flow* adalah aliran permukaan yang terjadi karena curah hujan jatuh pada tanah yang sudah sangat tinggi kelembabannya sehingga air tidak meresap lagi ke dalam tanah.

3.3. Banjir Bandang

Kita sering mendengar istilah banjir bandang. Banjir bandang ini sering terjadi di daerah dengan bentuklahan berbukit terjal, dan tanah yang liat. Banjir bandang dalam hidrologi disebut dengan *mudflow*. Sebenarnya termasuk kategori *mass-wasting* atau gerakan masa tanah. Prosesnya berawal dari longsoran-longsoran kecil yang terjadi di sepanjang aliran anak-anak sungai. Pada waktu hujan tidak besar intensitasnya longsoran itu mengendap di pinggir atau di saluran-saluran anak-anak sungai. Suatu ketika terjadi curah hujan dengan intensitas

tinggi dan sebaran yang luas. Curah hujan ini akan mendatangkan aliran permukaan yang sangat besar sehingga aliran pada anak sungai mempunyai energi yang cukup untuk mengangkut endapan-edapan yang ada di pinggir atau di saluran-saluran sungai. Pada lereng yang terjal energinya semakin besar sehingga mengangkut apa saja yang dilewatinya. Aliran air bercampur lumpur dan batu-batu akan menerjang dan menghancurkan segala sesuatu yang menghalangi. Kalau bersamaan dengan longsor lahan dalam skala besar maka banjir bandang akan sangat dahsyat.

3.4. Pengaruh Konversi Hutan Jadi Penggunaan Lain

Illegal logging, perambahan hutan, perladangan berpindah (*sifting cultivation*) merupakan hal yang sering dihubungkan dengan banjir. Seberapa jauh hubungannya dapat dianalisis sebagai berikut; kalau pengambilan kayu (*logging*) biasanya hanya menebang pohon-pohon yang komersial dan besar-besar. Dengan asumsi tebang pilih tersebut maka pengaruhnya

terhadap aliran permukaan tidak terlalu besar. Setelah pohon-pohon besar ditebang akan tumbuh generasi baru yang disebut hutan sekunder atau *secondary growth*. Hutan sekunder ini biasanya lebih rapat daripada hutan primer, dengan demikian pengaruhnya terhadap meningkatnya aliran permukaan tidak akan terlalu berbeda dengan hutan primer, bahkan mungkin lebih kecil.

Lain halnya kalau hutan dikonversi menjadi penggunaan lain maka pengaruhnya terhadap peningkatan aliran permukaan akan sangat signifikan. Oleh sebab itu pembukaan hutan untuk areal perkebunan lebih mempengaruhi kejadian banjir daripada HPH/legal logging maupun *illegal logging*.

Logging atau pembalakan kemungkinan akan mempengaruhi sedimentasi karena pembuatan jalan logging yang dapat mendatangkan erosi yang cukup signifikan. Hal ini bisa terlihat air sungai-sungai di area logging terlihat keruh. Sebagai pembandingan data pada Tabel 4 dapat dijadikan referensi.

Tabel 4. Konversi Hutan dan Efeknya Terhadap Aliran Sungai

Lokasi studi	Tipe liputan lahan dan konversinya	Efek pada aliran puncak
Telem, Malaysia	dari hutan dikonversi 60% menjadi kelapa sawit.	38% bertambah setelah pembakaran, 65% bertambah setelah penormalan sungai-sungai, 17% turun setelah kelapa sawit dewasa
Dehradun, India	konversi dari semak menjadi eucalyptus	73 % berkurang selama 5 tahun pertama.
Chandigarh, India	semak yang tidak subur diperlakukan sbb: - pembakaran tiap tahun - logging + overgrazing - overgrazing - penghutanan (<i>forestation</i>)	225 % bertambah 52 % bertambah 47 % bertambah 73 % berkurang.
Kericho, Kenia	dari hutan dikonversi menjadi permukiman	1140 % bertambah pada tahun pertama.
Lien Hua-Chi, Taiwan	hutan ditebang habis (<i>clearcutting</i>)	48 % bertambah untuk median <i>peak discharge</i> (debit median).

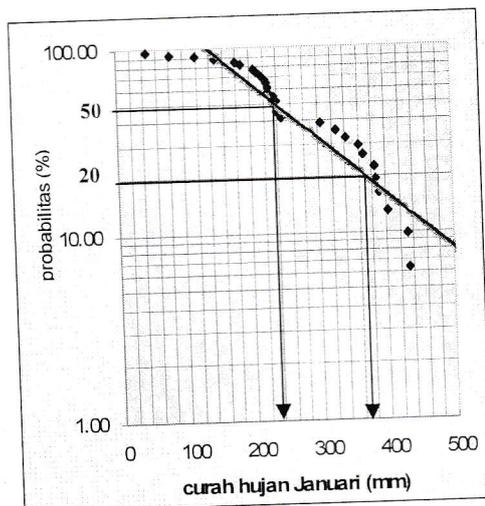
Sumber : Bruijnzeel (1990)

IV. BANJIR DAN PERIODE ULANG

Kita mengenal secara umum istilah banjir 5 tahunan. Istilah tersebut kadangkala diartikan seolah-olah banjir sebesar x akan terjadi tiap lima tahun. Pengertian ini tentu kurang tepat, karena asal kata periode ulang adalah dari istilah *hidrologis recurrent interval* atau *return period*. Artinya kemungkinan suatu peristiwa atau *event* (curah hujan maksimum dan banjir) dengan besar tertentu akan terlampaui. Atau disebut juga dengan *probability of exceedence*. Kalau serial nilai maksimum tiap tahun dari suatu data curah hujan (p) dirata-ratakan maka nilai rata-rata tersebut mempunyai probabilitas terlampaui/tersamai adalah 50%. Jadi probabilitas (P) dari $p \geq (x) = 50\%$. Dimana x adalah nilai tertentu tersebut. Misalnya berapa probabilitas curah hujan bulanan rata-rata di Lamongan (lihat Gambar 4). Dari grafik ini dapat dibaca probabilitas 50% sebesar 230 mm.

Probabilitas 50% artinya kalau sekarang terjadi tahun depan kemungkinan tidak terjadi, artinya periode ulang 2 tahun sekali. Untuk probabilitas 20% berarti periode ulang 5 tahun sekali curah hujan sekitar 370 mm.

Untuk curah hujan perhitungan ini mungkin cukup mendekati, tapi untuk banjir bisa jauh menyimpang karena



Gambar 4. Probabilitas curah hujan Januari di Lamongan (Suriadi dkk (2002))

curah hujan yang sama bisa mendatangkan banjir yang berbeda karena faktor lingkungan DAS-nya sudah berubah. Banjir 5 tahunan 10 tahun yang lalu kemungkinan sekarang merupakan banjir 2 tahunan atau bisa juga terjadi tiap tahun karena liputan lahan berubah dengan cepat.

V. KESIMPULAN

Penyebab utama banjir adalah curah hujan yang tinggi, sebaran merata di daerah yang luas dalam suatu DAS, terjadi pada saat kelembaban tanah tinggi (setara dengan $AMC \geq 56$ mm).

Boleh dikatakan tidak ada daerah muara atau kawasan lowland yang tidak rawan banjir terutama daerah-daerah muara sungai-sungai besar.

Kondisi hutan yang masih baik tidak menjamin tidak akan terjadi banjir, sehingga tidak bisa dikatakan kalau kondisi DAS-nya masih berhutan tidak akan terjadi banjir.

Logging, baik yang legal maupun yang illegal tidak akan mempengaruhi banjir secara langsung. Lain halnya kalau setelah kayunya diambil kemudian hutannya dibabat habis dan dikonversi ke penggunaan lain, seperti areal pertanian, atau pemukiman maka pengaruhnya terhadap banjir akan nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow V.T., et al. 1988. *Applied Hydrology*. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- Dune T, and Leopold B L. 1978. *Water in Environmental Planning*. W H, Freeman and Company. San Francisco.
- Bruijnzeel, L.A.. 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion : A State of Knowledge Review*. Faculty of Earth Sciences Free University. Amsterdam. The Netherlands.
- Kardono, P. 2006. *Informasi dan Telaah Geospasial Kawasan Bencana Banjir*

dan Longsor Kab. Sinjai. Balai Penelitian Geomatika Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. (BAKOSURTANAL). Cibinong.

Seyhan, Ersin. 1977. *Fundamentals of Hydrology*. Geografisch Institut der Rijksuniversiteit te Utrecht Universiteitscentrum " De Uithof " Transitorium II Heidelberglaan 2. Netherlands.

Suriadi, A.B, dkk. 1996. *Pemodelan Spasial Sebaran Kekeringan di Kabupaten Lamongan Jawa Timur*. Pusat Bina Aplikasi Inderaja dan SIG. BAKOSURTANAL. Cibinong.

Suriadi, A.B, dkk. 2002. *Kajian Keruangan Banjir Jakarta*. BAKOSURTANAL. Cibinong.

Viessman, W.Jr, et al. 1989. *Introduction to Hydrology*. Harper & Row Publisher. New York.

<http://uregina.ca/~sauchyn/geog327/intercept.html>, Geography 327 Hydrology

pendatang-
ena faktor
berubah.
yang lalu
akan banjir
tiap tahun
h dengan

alah curah
merata di
atu DAS,
anah tinggi

da daerah
yang tidak
rah-daerah

baik tidak
anjir, sehing-
au kondisi
idak akan

upun yang
ruhi banjir
nya kalau
kemudian
konversi ke
pertanian,
engaruhnya

Applied
Book Co.

8. *Water in*
W H,
any. San

ogy of Moist
Effects of
Knowledge
n Sciences
rdam. The

dan Telaah
cana Banjir