

# DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG: DARI KECEMASAN MENUJU KETAHANAN

Maros



Makassar

Penyunting:  
**D. A. Suriamihardja**

Lambung



Penyunting:  
D.A. Suriamihardja

DAS JENEBERANG: DARI KECEMASAN MENUJU KETAHANAN

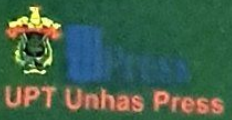
**M**engelola DAS Jeneberang memerlukan kajian yang terpadu, yaitu memadu berbagai disiplin ilmu yang secara bersama-sama menyoroti sejumlah objek kajian. Dalam buku ini akan disoroti berbagai objek kajian dari yang mendasar sampai pada pengelolaan DAS Jeneberang yang menunjang berbagai aspek kehidupan. Penyajian dari buku ini dimulai dengan gagasan tentang bagaimana mengelola DAS Bilibili agar tujuan multifungsinya berjalan secara seimbang. Bahasan pengelolaan tidak hanya terbatas pada memungsikan Waduk Bilibili, tetapi juga mengkaji bagaimana mengelola jumlah sedimen yang melimpah akibat runtuhnya dinding kawah Gunung Bawakaraeng pada tanggal 26 Maret

tahun 2004, agar Waduk Bilibili tetap berfungsi. Di samping hal-hal yang langsung tampak, dikaji pula hal-hal yang tidak langsung tampak seperti dinamika dan karakter geologi DAS Jeneberang.

Kesalahan dalam mengambil keputusan tindakan pengelolaan, akan berakibat pada kinerja tindakan pengelolaan yang justru mengundang kegagalan bahkan kerusakan. Kerusakan dapat terjadi pada suatu wilayah alam lingkungan boleh jadi karena kegagalan manusia dalam membaca peta, atau membaca peta yang tidak memuat pertanda alam (signs from nature) secara utuh, atau karena pertanda alam tenggelam dalam derau (noise). Kegagalan dalam memahami akan berakibat pada kesalahan bertindak, dan secara timbal balik alam pun akan bereaksi dengan arah yang tidak sesuai dengan harapan manusia. Semakin besar derau, semakin kecil informasi yang bermakna, maka semakin besar kecemasan.

Betapa penting mengelola informasi terlebih dahulu sebelum keputusan untuk bertindak diambil. Informasi perlu dijarah dari berbagai partisipasi dan aspirasi secara optimal (necessary condition). Melalui prinsip kebersamaan, data lingkungan dan dengan bantuan sistem informasi yang mencakup variasi dalam ruang maupun waktu akan membangun cara pandang yang tidak terlalu acak (diffuse). Pada tahap ini, kemungkinan konflik, kerumitan (complexity) dan keraguan (uncertainty) dapat dikurangi dengan membaca bersama daftar prioritas beserta resiko yang mengikutinya. Keputusan bersama untuk memilih tindakan yang paling kecil resikonya, tetapi besar manfaatnya adalah merupakan consensus yang disepakati. Beberapa bab dalam buku ini akan mengulas penggunaan sistem informasi untuk memfasilitasi para pemangku kepentingan.

Penerbit:



DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG:  
**DARI KECEMASAN  
MENUJU KETAHANAN**

A handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized, overlapping loops and lines, positioned in the center of the page.

*Syamsul M.*

DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBENG:

# DARI KECEMASAN MENUJU KETAHANAN

Penyunting:  
**D. A. Suriamihardja**



Penerbit:



Diterbitkan Oleh:



Kampus Unhas Tamalanrea, Jl. Perintis Kemerdekaan

Km. 10 Makassar 90245

☎ 085353555569

E-mail: unhaspress@gmail.com

**BUKU KUMPULAN HASIL KAJIAN  
TENTANG DAS JENEBERANG**

**Penulis:** Hazairin Zubair, D.A. Suriamihardja, Muh. Altin Massinai, M.A. Hamzah Assegaf, Syamsul A. Lias, Paharuddin, Muchtar S. Solle & Asmita Ahmad, Busthan Azikin, Paharuddin, Aryanti Virtanti Anas, Samsu Arif, Baharuddin Nurkin, Sakka, Eymal B. Demmalino

**Penyunting:** D.A. Suriamihardja

**Penghimpun Naskah:**

Bahrul Ulum

**Tata Letak dan Desain Cover:**

Muh Iswandhi Badillah

Telpon: 0411 586047

Email: puslitbang\_lh@unhas.ac.id

Terbit Juli 2018

ISBN: 978-979-530-190-5

Hak cipta@ Hazairin Zubair, D.A. Suriamihardja dkk. *All rights reserved.*  
Hak cipta dilindungi undang-undang.

*Dilarang memperbanyak isi buku ini, baik sebagian maupun seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.*

## **Kata Pengantar**

### **Rektor Universitas Hasanuddin**

**M**enyambut *anniversary* Unhas ke 62, kami mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan lindungan-Nya sehingga Universitas Hasanuddin tetap eksis memberikan peran yang sangat berarti pada lingkungan regional, nasional, dan bahkan internasional. Dari peran tersebut, Universitas Hasanuddin mendapat berkah timbal balik kemaslahatan bagi reputasi eksistensinya. Salah satu pencapaian riset bereputasi dari para dosen dan peneliti adalah tersusunnya sebuah buku ini, dari sekian banyak buku yang diterbitkan, berupa kumpulan hasil penelitian tentang dinamika potensi dan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang dengan judul '*DAS Jeneberang: Dari Kecemasan menuju Ketahanan.*'

Buku ini memaparkan kondisi geologi, hidrologi, bahaya longsor, dan manfaat bagi produktivitas pertanian dan pertambangan. Kandungan informasinya dinilai sangat penting bagi kemaslahatan masyarakat terutama yang bermukim dan berpenghidupan di DAS Jeneberang, termasuk Kota Makassar dan Kabupaten Takalar di wilayah hilir dan Kabupaten Gowa di wilayah hulu. Dengan pemaparan informasi lewat buku ini, diharapkan akan mengurangi kecemasan menjadi ketahanan dengan tatapan ke masa depan yang lebih optimis.

Selamat kepada para penyusun buku ini yang tergabung dalam Puslitbang Lingkungan Hidup, LP2M, Unhas atas pemaparan hasil karyanya. Buku ini merupakan rona awal pengetahuan kita dewasa ini, ke depan buku ini diharapkan dapat membangkitkan semangat meneliti tentang dinamika DAS Jeneberang secara lebih mendalam dan meluas yang sebesar-besarnya diperuntukkan bagi kemaslahatan masyarakat DAS Jeneberang sendiri dan berkahnya

bagi lingkungan luarnya. Diharapkan beragam penelitian dapat muncul dari DAS Jeneberang yang dapat memberikan beragam manfaat.

Sebagai contoh, lereng DAS Jeneberang yang menghadap ke arah barat menerima siraman hujan pada musim barat, mengalirkan air beserta larutan mineral, sedimen, dan ikutan lainnya ke dalam Waduk Bilibili Multi-guna. Air dari Waduk Bilibili ini didistribusikan lewat sistem irigasi mengairi sawah-sawah; diolah menjadi sumber air minum; tenaga potensialnya dimanfaatkan untuk pembangkit listrik; genangannya menjadi habitat perikanan dan destinasi pariwisata; dan sekaligus menjadi pengendali banjir. Di pihak lain dengan adanya Waduk Bilibili Multi-guna, kiriman sedimen ke wilayah pesisir menjadi berkurang dan garis pantai harus diproteksi dari kemungkinan erosi oleh gerusan angkutan pasir susur dan lintas pantai.

Akhir kata, semboyan “Jangan pernah berhenti menulis” bagi para dosen dan peneliti menjadi semangat untuk mengaktualisasikan potensi yang dimiliki. Semoga Allah SWT meridlai dan mengabulkan harapan kita.

Makassar, 30 Juli 2018

**Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA.**

## Kata Pengantar Penyunting

Segala puja dan puji dipanjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan peluang kepada kami untuk berkumpul menghimpun diri dalam suatu majelis penulis sehingga dapat mewujudkan buku kumpulan hasil kajian tentang pengelolaan dan kondisi alam lingkungan dan masyarakat Daerah Aliran Sungai Jeneberang. Sholawat dan salam takzim semoga terlimpah kepada Junjungan Rasulullah Muhammad SAW, yang telah mencontohkan suri tauladan kepada umatnya dalam merawat, memanfaatkan, dan mensyukuri anugerah alam lingkungan.

Ketika Lembaga kami bernama Pusat Studi Lingkungan (PSL) pada tahun 1987 pernah menuliskan buku berjudul "*Ecology of Sulawesi*," dan diterbitkan oleh Gadjah Mada University Press. Kemudian setelah berubah nama menjadi Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) telah menerbitkan buku berjudul: "*From Sky to Sea*" diterbitkan oleh *Department of Geography, Publication Series 61, University of Waterloo*, berkat bantuan dari CEPI-CIDA pada tahun 2001. Pada tahun 2006 berkat bantuan *Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University* turut berpartisipasi dalam menyusun buku berjudul: "*Crossing Disciplinary Boundaries and Re-visioning Area Studies: Perspective from Asia and Africa*." Ketika nama Lembaga kami berubah menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup (Puslitbang LH), terbitlah buku ini berjudul: *Daerah Aliran Sungai Jeneberang: Dari Kecemasan menuju Ketahanan.*"

Buku ini selain kumpulan hasil kajian, juga sebagai undangan kepada khalayak agar lebih banyak kajian yang dilakukan dalam wilayah DAS Jeneberang dalam lingkup yang lebih luas mencakup dunia *pleroma* dan dunia *creatura* dalam pandangan Bateson (1978), atau *abiotic*, *biotic* dan *culture* dalam pandangan Bastedo *et al.*, (1984), atau *non-human nature, human population*, dan *culture* menurut Weisz *et al.*,

(2011). Kajian-kajian *abiotic*, *biotic* dan *culture* yang terpisah-pisah diharapkan memiliki sejumlah titik yang menyambungkan satu sama lain. Kesenjangan yang pernah ada di antara ilmu-ilmu kealaman (*abiotics*), ilmu-ilmu hayati (*biotics*), dan ilmu kemasyarakatan (*culture*) terjembatani melalui kajian *multidiscipline*, jembatan ini disebut sebagai tonggak budaya ketiga (*the third culture*) oleh J. Brockmann pada akhir 1990.

Keberhasilan dalam interaksi ini harus dipandang sebagai hasil kolektif antara diri-diri dan berbagai komponen dari lingkungan eksternal dalam menghasilkan informasi atau kebaruan (*emergence of novelty*). Karena keberhasilan itu, selain kualitas diri dapat meningkat, juga berbagai komponen dari lingkungan eksternal akan menerima manfaat secara berkeadilan menurut ukuran partisipasinya. Keberbagian manfaat secara berkeadilan akan membangkitkan *positive feedback* baik bagi eksistensi diri maupun bagi komponen lainnya. Walaupun dapat juga terjadi hal yang sebaliknya, yaitu membangkitkan *negative feedback* yang dengan berjalannya waktu eksistensi diri atau eksistensi komponen lain akan menuju pada kepunahan. Semoga kecenderungan ini segera dideteksi, dan kita dapat menghindarinya.

Pemupukan silang ini diakui sangat penting di antara dunia *pleroma* (*abiotic-biotic*) dan dunia *creatura* agar meningkatkan kandungan informasi pada kedua belah pihak. Kandungan informasi yang kurang akan melemahkan kemampuan memilih dan menetapkan yang terbaik sehingga mendorong ke arah kondisi kecemasan. Sebaliknya kandungan informasi yang cukup akan menumbuhkan kemampuan untuk memilih yang terbaik dan menempatkannya pada kondisi dengan ketahanan. Semoga buku yang berjudul DAS Jeneberang: dari kecemasan menuju ketahanan ini dapat dibaca dan berberkah bagi kehidupan. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Makassar, 30 Juli 2018

**D.A. Suriamihardja**  
Penyunting

## Daftar Isi

Kata Pengantar Rektor .....	v
Kata Pengantar Penyunting .....	vii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xiii
1. PENDAHULUAN (D.A. Suriamihardja).....	1
2. PENGELOLAAN TERPADU DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG GAGASAN DAN KONSEPTUALISASI ( <u>Hazairin Zubair &amp; D.A. Suriamihardja</u> ).....	15
3. KARAKTERISTIK TEKTONIK DAS JENEBERANG (Muh. Altin Massinai).....	37
4. ANALISIS <i>RUNOFF</i> DAERAH TANGKAPAN AIR ( <i>WATERSHED</i> ) BILI-BILI ( <u>Syamsul Arifin Lias, Alimuddin Hamzah Assegaf dan Paharuddin</u> ) .....	71
5. TANAH LONGSOR DAN SEDIMENTASI DI DAS JENEBERANG HULU ( <u>Muchtar S. Solle &amp; Asmita Ahmad</u> ) .....	81
6. PROSES GEOLOGI TANAH LONGSOR SEBAGAI ANUGERAH (STUDI KASUS ANTARA MALINO – MANIPI) (Busthan) .....	101
7. SIMULASI GEOSPASIAL MENGGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA UNTUK EKSTRAPOLASI PERUBAHAN PENGUNAAN LAHAN DAN EROSI DI DAS JENEBERANG (Paharuddin).....	117

8. MODEL PENAWARAN DAN PERMINTAAN MATERIAL KONSTRUKSI DALAM MENDUKUNG PENGELOLAAN PERTAMBANGAN YANG BERKELANJUTAN DI SUNGAI JENEBERANG (Aryanti Virtanti Anas)..... 161
9. IMPLIKASI PENERAPAN GEOSPASIAL SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN TERHADAP PENGEMBANGAN LAHAN PANGAN DI KABUPATEN GOWA (Samsu Arif) 189
10. VEGETASI ALAMI DI MUARA SUNGAI JENEBERANG DAN SUNGAI TALLO (Baharuddin Nurkin) ..... 215
11. PERUBAHAN GARIS PANTAI DI SEKITAR MUARA SUNGAI JENEBERANG (Sakka)..... 239
12. KEANEKARAGAMAN SUMBER PENGHIDUPAN (Eymal B. Demmalino) ..... 273
- Biodata Penulis..... 284

## Daftar Tabel

<b>Tabel 1.1</b>	Kelas elevasi DAS Jeneberang	3
<b>Tabel 1.2</b>	Kelas kelerengan wilayah DAS Jeneberang	4
<b>Tabel 1.3</b>	Perkembangan pemikiran interaksi manusia dan alam	8
<b>Tabel 3.1</b>	Hasil Penentuan Umur Radiometri Pulau Sulawesi Bagian Selatan	49
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Optimasi Parameter <i>Curve Number</i> dan <i>Time Lag</i>	77
<b>Tabel 5.1</b>	Perkiraan massa longsor	85
<b>Tabel 5.2</b>	Hasil perhitungan debit aliran dan debit sedimen melayang	94
<b>Tabel 5.3</b>	Perbandingan konsentrasi sedimen yang terukur dengan rata-rata pengukuran sebelumnya (1994 – 2001)	96
<b>Tabel 6.1</b>	Terminologi Tingkat Pelapukan Batuan	107
<b>Tabel 6.2</b>	Komposisi mineral tufa secara petrografis	108
<b>Tabel 7.1</b>	Tabel kontingensi untuk J kategori	122
<b>Tabel 7.2</b>	Tingkat ketepatan nilai Kappa	124
<b>Tabel 7.3</b>	Luas dan persentase penggunaan lahan tahun 2000 s.d 2012	131
<b>Tabel 7.4</b>	Luas perubahan penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	132
<b>Tabel 7.5</b>	Luas dan persentase simulasi penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	138
<b>Tabel 7.6</b>	Luas simulasi perubahan penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	140
<b>Tabel 7.7</b>	Selisih antara hasil simulasi dengan perubahan penggunaan lahan existing	141

<b>Tabel 7.8</b>	Nilai Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan	142
<b>Tabel 7.9</b>	Nilai Fuzzy Kappa simulasi perubahan penggunaan lahan menurut kategori	142
<b>Tabel 7.10</b>	Luas dan persentase simulasi perubahan penggunaan lahan Tahun 2012 s.d 2037	143
<b>Tabel 7.11</b>	Curah hujan Sub-DAS Jeneberang	145
<b>Tabel 7.12</b>	Erosivitas Sub-DAS Jeneberang	146
<b>Tabel 7.13</b>	Sistem lahan Sub-DAS Jeneberang	147
<b>Tabel 7.14</b>	Struktur taxonomi tanah Sub-DAS Jeneberang	148
<b>Tabel 7.15</b>	Kelas lereng wilayah Sub-DAS Jeneberang	149
<b>Tabel 7.16</b>	TBE sebelum simulasi	150
<b>Tabel 7.17</b>	TBE setelah simulasi	151
<b>Tabel 9.1</b>	Jenis, bentuk dan sumber data	192
<b>Tabel 9.2</b>	Jenis dan luas penutupan lahan Kabupaten Gowa	201
<b>Tabel 9.3</b>	Pola ruang Kabupaten Gowa	208
<b>Tabel 11.1</b>	Persentase kecepatan dan arah angin selama tahun 1990-2008	249
<b>Tabel 11.2</b>	Presentase tinggi dan arah gelombang laut pada kedalaman 20 m selama tahun 1990-2008	252
<b>Tabel 11.3</b>	Jarak maksimum perubahan garis pantai hasil citra tahun 1990-2008, citra tahun 1990 digunakan sebagai titik awal perubahan	260
<b>Tabel 11.4</b>	Jarak maksimumperubahan garis pantai hasil model tahun 1990-2008	264
<b>Tabel 11.5</b>	Luas lahan yang mengalami abrasi dan akreasi serta jumlah sedimen yang terangkut dan terendapkan dari hasil model dan hasil citra	265

### Daftar Gambar

<b>Gambar 1.1</b>	Kelas elevasi DAS Jeneberang	3
<b>Gambar 1.2</b>	Kelas kelerengan DAS Jeneberang	4
<b>Gambar 3.1</b>	Peta struktur Sulawesi bagian selatan memperlihatkan sistem sesar utama (Modifikasi dari Berry and Grady, 1987)	39
<b>Gambar 3.2</b>	Peta Seismisitas Indonesia	40
<b>Gambar 3.3</b>	Kenampakan satuan morfologi DAS Jeneberang	41
<b>Gambar 3.4</b>	Geologi Sulawesi Selatan (Sukamto & Supriatna, 1982), kotak hitam adalah lokasi DAS Jeneberang	47
<b>Gambar 3.5</b>	Kolom Stratigraf Daerah DAS Jeneberang	48
<b>Gambar 3.6</b>	Peta kenampakan 3D hulu DAS Jeneberang	50
<b>Gambar 3.7</b>	Kenampakan kekar gerus di Sub DAS Malino, kenampakan bentuk rekahan dari jenis kekar tarikan pada tufa di Sub DAS Lengkese dan kenampakan bentuk rekahan dari jenis kekar gerus pada batulempung di Sub DAS Malino	51
<b>Gambar 3.8.</b>	Diagram Rosette pola kekar di Sub DAS Tallo dan Sub DAS Malino pada populasi 1 dan 2	52
<b>Gambar 3.9</b>	Diagram Rosette pola kekar di Sub DAS Lengkese dan Sub DAS Jenelata pada populasi 1 dan 2	53
<b>Gambar 3.10</b>	Pola kelurusan geomorfologi wilayah DAS Jeneberang	55
<b>Gambar 3.11</b>	Diagram Rosette kelurusan ( <i>lineament</i> ) daerah rendahan untuk data ASTER GDEM dan data DEM SRTM	56
<b>Gambar 3.12</b>	Diagram Rosette kelurusan ( <i>lineament</i> ) daerah tinggian untuk data ASTER GDEM dan data DEM SRTM	56
<b>Gambar 3.13</b>	Struktur kawah gunungapi purba Sapaya berdasarkan data ASTER GDEM	57

<b>Gambar 3.14</b>	Profil dasar sungai di Sub DAS Malino	59
<b>Gambar 3.15</b>	Profil dasar sungai di Sub DAS Lengkesse	59
<b>Gambar 3.16</b>	Profil dasar sungai di Sub DAS Jeneberang Hilir	59
<b>Gambar 3.17</b>	Kontak antara batuan berbutir kasar dengan batuan berbutir halus pada batupasir di Sub DAS Jeneberang Hilir	62
<b>Gambar 3.18</b>	Penampang utara – selatan aktivitas seismisitas di DAS Jeneberang	64
<b>Gambar 3.19</b>	Penampang kegunaan pada jalur bujur timur	65
<b>Gambar 3.20</b>	Posisi episentrum gempa dan mekanisme fokal di DAS Jeneberang dan sekitarnya	66
<b>Gambar 3.21</b>	Model subduksi di bawah daratan Sulawesi Selatan bagian selatan	66
<b>Gambar 4.1</b>	Posisi Stasiun Pengamat Curah Hujan di dalam dan sekitar DAS Jeneberang	73
<b>Gambar 4.2</b>	Curah Hujan Rata-rata Bulanan	74
<b>Gambar 4.3</b>	Kemungkinan hujan harian dan rata-rata DAS	74
<b>Gambar 4.4</b>	Proses <i>runoff</i> pada DAS	75
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil perhitungan <i>run off</i> untuk beberapa kejadian banjir menggunakan parameter tertal	77
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Verifikasi Perhitungan <i>run off</i>	78
<b>Gambar 5.1</b>	Perbandingan perjenis bencana 1885-2011	82
<b>Gambar 5.2</b>	Kejadian Tanah Longsor di DAS Jeneberang	82
<b>Gambar 5.3</b>	Kondisi sedimen di S. Jeneberang dan S. Jene-malino	84
<b>Gambar 5.4</b>	Sebaran massa longsor dinding kawah G. Bawakaraeng	85
<b>Gambar 5.5</b>	Skema gerakan tanah dan penyebab serta pemicu longsor	88
<b>Gambar 5.6</b>	Peta titik lokasi longsor	89
<b>Gambar 5.7</b>	Peta titik lokasi pengamatan longsor 2015	89
<b>Gambar 5.8</b>	Longsor pada morfologi sungai dan wilayah pada berbagai kemiringan topograf	90
<b>Gambar 5.9</b>	Kenampakan kuantitas air dan kenampakan kualitas air yang buruk	90

<b>Gambar 5.10</b>	Metode Davis & Reynolds (1996) tentang pembentukan <i>strike slip fault</i> dan arah tegasan utama, menyerupai model struktur geologi DAS Jeneberang	91
<b>Gambar 5.11</b>	Peta rekonstruksi pola struktur geologi yang menyebabkan meningkatnya intensitas kejadian longsor di DAS Jeneberang	92
<b>Gambar 5.12</b>	Tahapan kejadian tektonik di DAS Jeneberang Hulu	93
<b>Gambar 6.1</b>	Data DEM (SRTM) daerah Sinjai Barat dan sekitarnya yang menunjukkan adanya sesar utama yang berarah timur laut - barat daya	105
<b>Gambar 6.2</b>	Citra SRTM Malino – Manipi yang menunjukkan adanya beberapa jalur sesar di Daerah Malino dan sekitarnya (SRTMDEM)	106
<b>Gambar 6.3</b>	Faktor penyebab tanah longsor (faktor pengontrol dan faktor pemicu)	111
<b>Gambar 7.1</b>	Alur pola perubahan penggunaan lahan TBE	125
<b>Gambar 7.2</b>	Skema penentuan TBE	128
<b>Gambar 7.3</b>	Skema Simulasi perubahan penggunaan lahan	129
<b>Gambar 7.4</b>	Penggunaan lahan <i>existing</i> Tahun 2000 s.d 2012	130
<b>Gambar 7.5</b>	Grafik penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	131
<b>Gambar 7.6</b>	Grafik perubahan penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	132
<b>Gambar 7.7</b>	Perubahan penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	133
<b>Gambar 7.8</b>	Lapisan ganda faktor fisik lahan	136
<b>Gambar 7.9</b>	Ekstrapolasi penggunaan lahan Tahun 2012 s.d 2037	138
<b>Gambar 7.10</b>	Grafik simulasi penggunaan lahan Tahun 2000 s.d 2012	139
<b>Gambar 7.11</b>	Perbandingan perubahan penggunaan lahan <i>existing</i> dengan simulasi Tahun 2000 s.d 2012	139
<b>Gambar 7.12</b>	Data spasial faktor erosi format raster	146
<b>Gambar 7.13</b>	Grafik TBE sebelum simulasi	150
<b>Gambar 7.14</b>	Perbedaan TBE sebelum dengan setelah simulasi	152

<b>Gambar 8.1</b>	Produksi material konstruksi tahun 2007-2010	164
<b>Gambar 8.2</b>	Diagram alir model penawaran material konstruksi	165
<b>Gambar 8.3</b>	Diagram alir model permintaan material konstruksi	167
<b>Gambar 8.4</b>	Diagram alir model pasar dan cadangan	168
<b>Gambar 8.5</b>	Grafik simulasi pada laju <i>replenishment</i> 0%/tahun dan kenaikan harga menyebabkan jumlah penawaran meningkat, jumlah permintaan menurun, dan volume cadangan berkurang	169
<b>Gambar 8.6</b>	Titik keseimbangan pasar	169
<b>Gambar 8.7</b>	Hasil simulasi model dimana produksi diasumsikan sama dengan jumlah permintaan	170
<b>Gambar 8.8</b>	Grafik simulasi pada laju peningkatan harga sebesar 100%/tahun menyebabkan jumlah penawaran meningkat, jumlah permintaan menurun, dan volume cadangan berkurang	171
<b>Gambar 8.9</b>	Grafik simulasi pada laju penurunan harga sebesar 50% / tahun menyebabkan jumlah penawaran menurun dan jumlah permintaan meningkat	171
<b>Gambar 8.10</b>	Grafik simulasi perubahan jumlah penawaran dan jumlah permintaan jika volume cadangan tetap dan laju penurunan harga sebesar 3%/tahun	172
<b>Gambar 8.11</b>	Grafik simulasi pada laju pertumbuhan jumlah perusahaan 100%/tahun menyebabkan jumlah produksi meningkat dan volume cadangan berkurang	172
<b>Gambar 8.12</b>	Grafik simulasi pada laju penurunan jumlah perusahaan sebesar 90%/tahun menyebabkan penurunan jumlah produksi	173
<b>Gambar 8.13</b>	Grafik simulasi pada laju pertumbuhan penduduk sebesar 9%/tahun menyebabkan tingkat pendapatan per kapita dan jumlah permintaan meningkat	174

<b>Gambar 8.14</b>	Grafik simulasi pada laju replenishment sebesar 10%/tahun menyebabkan volume cadangan meningkat	175
<b>Gambar 8.15</b>	Grafik simulasi pada laju <i>replenishment</i> sama dengan jumlah produksi menyebabkan volume cadangan tidak berubah	175
<b>Gambar 8.16</b>	Grafik simulasi pada laju replenishment 10%/tahun, laju pertumbuhan harga 18%/tahun, dan laju pertumbuhan penduduk 17%/tahun menyebabkan jumlah penawaran, jumlah permintaan, dan volume cadangan meningkat	176
<b>Gambar 8.17</b>	Grafik simulasi jumlah penawaran dan jumlah permintaan jika volume cadangan tetap, laju pertumbuhan harga 18%/tahun, dan laju pertumbuhan penduduk 14%/tahun	177
<b>Gambar 8.18</b>	Keseimbangan baru pasar akibat penerapan pajak sebesar Rp1.400/m <sup>3</sup>	179
<b>Gambar 8.19</b>	Grafik simulasi pada laju peningkatan pajak 100%/tahun dan laju <i>replenishment</i> 10%/tahun menyebabkan jumlah penawaran meningkat, jumlah permintaan menurun, dan volume cadangan meningkat	180
<b>Gambar 8.20</b>	Grafik simulasi perubahan jumlah produksi dan volume cadangan akibat intervensi kebijakan kuota pada laju <i>replenishment</i> 11%/tahun	181
<b>Gambar 8.21</b>	Hubungan antara atribut-atribut kunci, strategi, dan kebijakan pengelolaan pertambangan	183
<b>Gambar 9.1</b>	Lokasi kajian Kabupaten Gowa	191
<b>Gambar 9.2</b>	Bagan alir algoritma GDSS	197
<b>Gambar 9.3</b>	Sistem aplikasi GDSS	197
<b>Gambar 9.4</b>	Peta penutupan lahan tahun 2015	202
<b>Gambar 9.5</b>	Sebaran indek kesusian lahan di Kabupaten Gowa	203
<b>Gambar 9.6</b>	Kategorisasi nilai IKL padi sawah irigasi	204
<b>Gambar 9.7</b>	Faktor pembatas dan jenis perbaikan	205
<b>Gambar 9.8</b>	Kategorisasi nilai <i>Compromise Programming</i> (p=1)	206

<b>Gambar 9.9</b>	Ilustrasi bagaimana pola penyebaran IKL dengan pola ruang di <i>overlay</i> dengan peruntukan pertanian lahan basah	209
<b>Gambar 10.1</b>	Komunitas vegetasi wilayah muara Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo sebelum terjadi konversi lahan secara besar-besaran	218
<b>Gambar 10.2</b>	Peta sebahagian wilayah pesisir Kota Makassar pada tahun 1991	220
<b>Gambar 10.3</b>	Peta sebahagian wilayah pesisir Kota Makassar pada tahun 2007	220
<b>Gambar 10.4</b>	Nilai indeks penting (INP) sepuluh species pohon di muara Sungai Jeneberang dan sekitarnya	222
<b>Gambar 10.5</b>	Nilai indeks penting (INP) lima species pohon di muara Sungai Tallo dan sekitarnya	224
<b>Gambar 10.6</b>	Penambahan lahan untuk tambak dengan penanaman mangrove pada bagian depan tambak yang sudah ada	226
<b>Gambar 11.1</b>	Diagram alir koreksi kecepatan angin dan perhitungan tinggi serta periode gelombang laut lepas	242
<b>Gambar 11.2</b>	Diagram alir transformasi gelombang	245
<b>Gambar 11.3</b>	Perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen	247
<b>Gambar 11.4</b>	Diagram alir perhitungan angkutan sedimen dan perubahan garis pantai	249
<b>Gambar 11.5</b>	Mawar angin ( <i>wind rose</i> ) pada tahun 1990-2008	250
<b>Gambar 11.6</b>	Proses refraksi gelombang yang menuju pantai	254
<b>Gambar 11.7</b>	Besar angkutan sedimen di sepanjang pantai dengan arah datang gelombang dari barat daya, barat dan barat laut	256
<b>Gambar 11.8</b>	Besar angkutan sedimen pada setiap lokasi daerah penelitian	258
<b>Gambar 11.9</b>	Perubahan garis pantai hasil citra tahun 1990-2008	259
<b>Gambar 11.10</b>	Jarak perubahan garis pantai hasil citra	261
<b>Gambar 11.11</b>	Perubahan garis pantai hasil model tahun 1990-2008	263

---

<b>Gambar 11.12</b>	Lokasi pantai yang mengalami abrasi dan akresi	265
<b>Gambar 11.13</b>	Jarak perubahan garis pantai hasil model	267

## ANALISIS *RUNOFF* DAERAH TANGKAPAN AIR (*WATERSHED*) BILI-BILI

*Syamsul Arifin Lias,  
Alimuddin Hamzah Assegaf dan Paharuddin*

### **Pendahuluan**

Daerah aliran sungai (DAS) Jeneberang membentang dari timur ke barat pada sisi selatan pegunungan Lompobattang. Hulu sungai Jeneberang berada di Gunung Bawakaraeng (elevasi  $\pm 1800$  mdpl ~ 2500 mdpl.) dan bermuara di sebelah barat Kota Makassar. Luas DAS secara keseluruhan adalah 788,84 km<sup>2</sup> yang dapat dibagi atas DAS Jeneberang Hilir dan DAS Hulu Jeneberang (elevasi  $\pm 1800$  mdpl) dengan Waduk Bili-Bili ( $\pm 106$  mdpl) sebagai pembatas. Dalam tulisan ini pembahasan akan difokuskan pada DAS Hulu Jeneberang yang selanjutnya disebut sebagai *Watershed* Bili-Bili. Luas *Watershed* Bili-Bili adalah 384 km<sup>2</sup> (Citra SRTM, 2010) yang dapat dibagi lagi menjadi beberapa *Watershed*: Jeneberang Tengah (73 km<sup>2</sup>), Jenerakikang (46 km<sup>2</sup>), Jenemalino (87 km<sup>2</sup>), Jenetasese (27 km<sup>2</sup>), Kunisi (68 km<sup>2</sup>) dan Jeneberang Hulu (83 km<sup>2</sup>).

Pada aliran sungai ini terdapat Waduk Bili-Bili yang memiliki kapasitas tampung total 375 juta m<sup>3</sup>, kapasitas tampung efektif 346 juta m<sup>3</sup> dan telah digenangi sejak tahun 1997. Tujuan utama pembangunan waduk ini adalah untuk pengendalian banjir untuk periode ulang 50 tahun (41 juta m<sup>3</sup>), irigasi (270 juta m<sup>3</sup>), pembangkit listrik (20,1 MW), suplai air baku untuk PDAM (35 juta m<sup>3</sup>), pariwisata, olah raga air dan perikanan darat. Latar belakang pembangunan waduk ini, akibat kejadian banjir besar di Kota Makassar pada tahun 1976 dimana 2/3 bagian kota terendam air. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka Pemerintah Republik Indonesia bekerjasama dengan JICA melakukan studi pada tahun

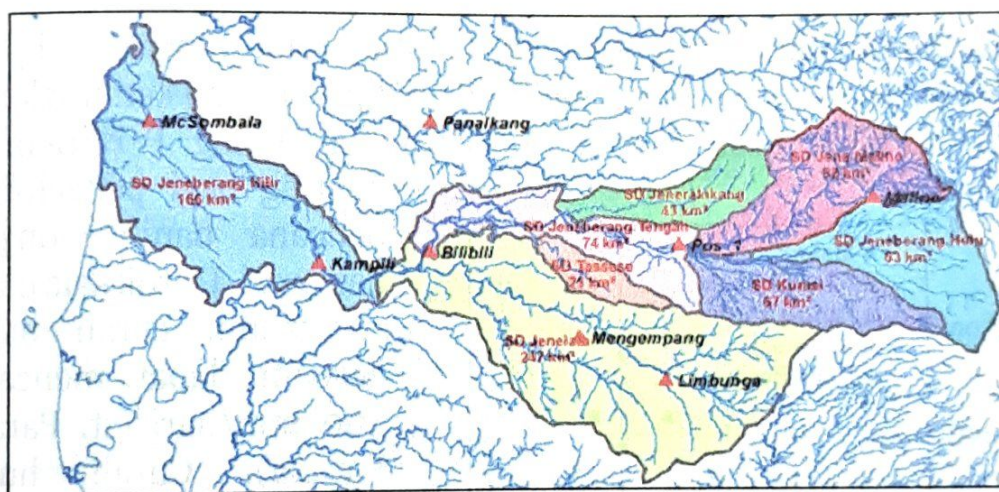
1978 dan hasilnya merekomendasikan: normalisasi hilir Sungai Jeneberang, pembangunan kanal kota Makassar dan pembangunan Waduk Bili-Bili.

Waduk Bili-Bili telah berfungsi dengan baik sejak dioperasikan pada tahun 1997, tetapi pada 26 Maret tahun 2004 terjadi longsor pada dinding kaldera Bawakaraeng yang menghasilkan  $\pm 300$  juta  $m^3$  sedimen. Sebagian besar sedimen hanyut ke dalam alur Sungai Jeneberang dan sebagian lainnya terendapkan di reservoir Waduk Bili-Bili (Solle, dkk., 2016). Tiga tahun kemudian (2007), diketahui bahwa sebanyak 105 juta  $m^3$  sedimen masih berada di sekitar kaldera, 134 juta  $m^3$  sedimen telah menjadi deposit di dasar sungai, 52 juta  $m^3$  sedimen telah masuk di reservoir waduk. Akumulasi sedimen di reservoir pada tahun 2008 telah bertambah menjadi 62,744 juta  $m^3$  (Solle dan Ahmad., 2016). Keadaan ini memaksa adanya tindakan penanganan mendesak yang kemudian digulirkan dalam bentuk *Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Bawakaraeng* yang dilaksanakan selama 10 tahun dengan berbagai program, yaitu: pembangunan sabo dam series 1-7, revegetasi di sekitar kaldera seluas  $\pm 45$  ha, pengerukan material di hulu reservoir sebanyak 25 juta  $m^3$ , dan pembangunan kembali Jembatan Daraha. Juga telah disusun master plan penanggulangan sedimen dan antisipasi potensi longsor susulan sebesar 113 juta  $m^3$  pada kaldera Bawakaraeng yang hasilnya merekomendasikan: pembangunan *sabo dam 8 series*, pembangunan *giant sand trap* dan pembangunan *selectable intake*, termasuk alternatif studi dan desain bendungan Jenelata (di Sungai Jenelata).

Tulisan ini memaparkan dinamika hidrologi di wilayah hulu Sungai Jeneberang (Sub DAS Bili-Bili). Dinamika ini penting sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan DAS. Uraian akan dimulai dengan membahas karakteristik curah hujan bulanan dan tahunan, kemudian dilanjutkan dengan pembahasan karakteristik curah hujan ekstrim dalam bentuk kemungkinan curah hujan harian (*probable daily rainfall*). Perhitungan *run off* pada beberapa kejadian banjir dikemukakan dengan menggunakan model HEC-HMS yang kemudian ditala/dikalibrasi dengan hasil pengukuran pada *inflow* Waduk Bili-Bili. Beberapa pertimbangan kemudian diajukan dalam aspek hidrologi untuk pengelolaan Sub DAS Bili-Bili di masa depan.

## Karakteristik Curah Hujan

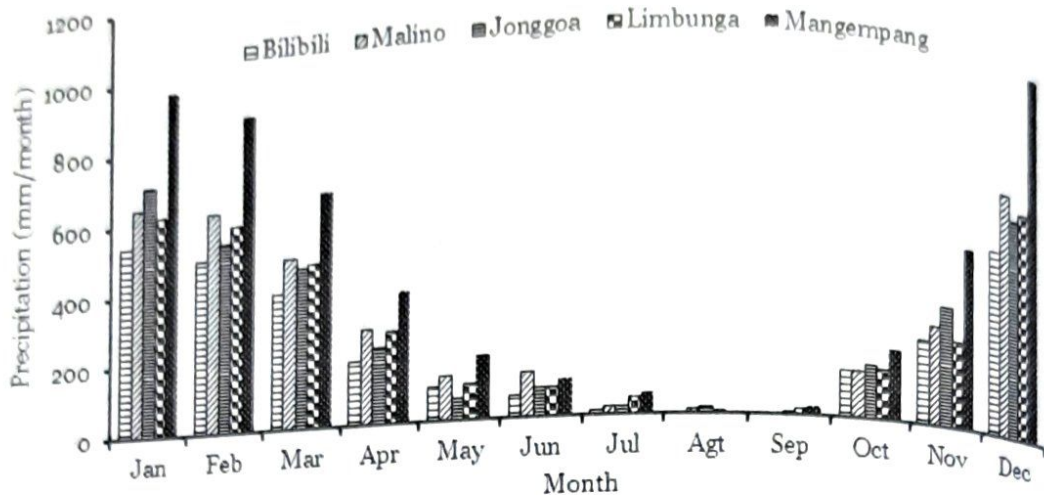
Secara keseluruhan terdapat 45 stasiun pengamat curah hujan yang berada di dalam dan sekitar DAS Jeneberang. Beberapa diantaranya telah dioperasikan sejak tahun 1975 dan sembilan diantaranya telah diabaikan. Terdapat beberapa stasiun pengamat curah hujan yang dapat dijadikan stasiun perwakilan pada Sub DAS Bili-Bili, meliputi: stasiun Malino, Jonggoa, Bili-Bili, Mangempang dan Limbunga, seperti terlihat pada **Gambar 4.1**. Kelima stasiun perwakilan yang dipilih dioperasikan oleh pengelola Waduk Bili-Bili. Data pengukuran dikirimkan dengan sistem telemetri sejak tahun 1999 (Yachiyo Engineering Co. Ltd., 2007). Adapun porsi curah hujan DAS dari kelima stasiun perwakilan yang dihitung dengan metoda Thiessen Polygon adalah: Malino (51,50%), Jonggoa (33,10%), Bili-Bili (10,10%), Mangempang (5,20%) dan Limbunga (0,10%).



**Gambar 4.1** Posisi Stasiun Pengamat Curah Hujan di dalam dan sekitar DAS Jeneberang

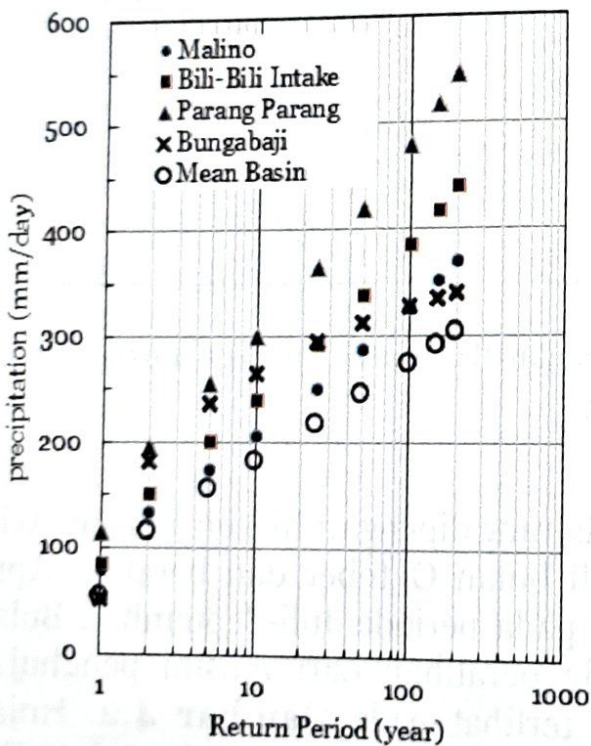
Pola curah hujan di DAS Jeneberang dipengaruhi oleh monsun Asia. Musim penghujan dimulai di bulan Oktober dan berakhir April dan musim kemarau berada pada periode Juli-September. Bulan Mei-Juni merupakan periode peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau, seperti terlihat pada **Gambar 4.2**. Hujan dominan turun pada periode Desember-Januari-Februari (DJF). Sangat sedikit hujan yang turun di bulan Agustus dan September. Curah hujan maksimum tahunan mencapai 5873 mm/tahun yang

terjadi di stasiun Mangempang, sementara curah hujan minimum sebesar 1429 mm/tahun. Hujan rata-rata tahunan adalah sebesar 3499 mm/tahun.



Gambar 4.2. Curah Hujan Rata-rata Bulanan

Berdasarkan data curah hujan maksimum harian yang terjadi pada periode tahun 1976 ~ 2001, maka dapat diperkirakan kemungkinan kejadian hujan ekstrim dalam beberapa kala ulang. Perkiraan ini

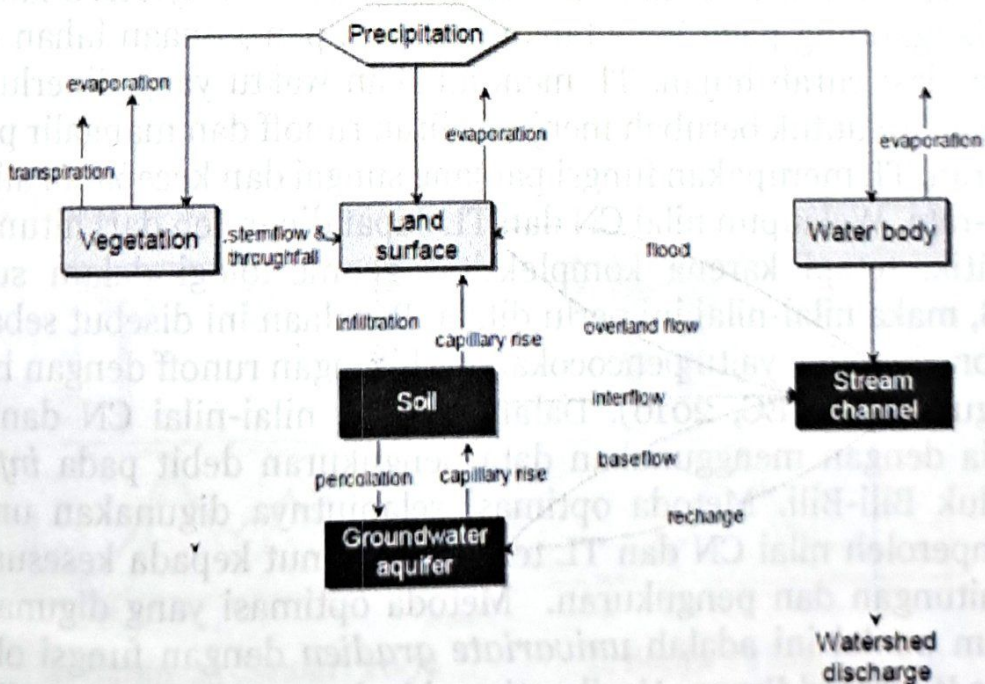


Gambar 4.3 Kemungkinan hujan harian dan rata-rata DAS

penting bagi pengelolaan bencana banjir, longsor dan erosi. Untuk kala ulang 10 tahun, curah hujan ekstrim dapat mencapai 300 mm/hari (st. Parang Parang). Curah hujan ekstrim rata-rata DAS untuk kala ulang ini adalah 182 mm/hari. Sementara, untuk kala ulang 50 tahun, curah hujan ekstrim dapat mencapai 420 mm/hari (st. Parang Parang). Curah hujan ekstrim rata-rata DAS untuk kala ulang ini adalah 246 mm/hari, seperti terlihat pada Gambar 4.3.

## Karakteristik *Runoff*

Pada daerah tropis, sumber air utama yang jatuh ke permukaan hanya dari curah hujan (*precipitation*). Air hujan yang jatuh akan kembali ke atmosfer melalui proses evaporasi dari permukaan tanah, tanaman, dan saluran (berupa danau, reservoir, sungai, laut, dan sebagainya), serta melalui transpirasi tanaman. Air yang jatuh ke permukaan akan mengalami infiltrasi. Proses ini akan sangat tergantung pada karakteristik tanah, tutupan lahan, dan sifat DAS lainnya. Air akan tersimpan sementara pada lapisan tanah atas yang sebagian akan tersaturasi pada tanah dan sebagian lagi akan kembali ke permukaan melalui proses kapilarisasi. Terdapat pula aliran mendatar sebagai *interflow* atau terperkolasi vertikal ke lapisan akuifer air tanah. *Interflow* dan air tanah akhirnya mengalir ke badan air sebagai *baseflow*. Air yang tidak terinfiltrasi atau jatuh ke badan air akan mengalir di permukaan menuju saluran. Dengan demikian semua air, baik berupa *baseflow*, *interflow*, maupun air yang langsung jatuh ke badan air akan mengalir ke saluran dan penjumlahan dari semuanya mewakili aliran total dari DAS. **Gambar 4.4** menunjukkan skematisasi proses *runoff* dalam suatu daerah aliran sungai (DAS).



**Gambar 4.4** Proses *runoff* pada DAS (Ward, 1975 dalam HEC, 2016)

Terdapat berbagai model hidrologi yang dapat digunakan untuk memperkirakan *runoff* pada suatu DAS (*watershed discharge*). Salah satu di antaranya adalah model HEC-HMS (HEC, 2000). Model ini terdiri atas sub model: *volume runoff*, *direct runoff* (termasuk *overland flow* dan *interland flow*), *baseflow*, dan *channel flow*. Curah hujan DAS yang jatuh pada Sub DAS Bili-Bili diasumsikan mengalir sebagai *runoff* dan tertampung di Waduk Bili-Bili. Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan DAS (*mean area precipitation depth*) yang merupakan curah hujan rerata *Thiessen* dari stasiun curah hujan: Malino, Jonggoa, Limbunga, Mangempang dan Bili-Bili. Perhitungan dilakukan dalam dua bagian:

1. Perhitungan *Loss*: Menghitung volume curah hujan yang jatuh ke dalam DAS, termasuk infiltrasi pada permukaan *pervious* dan *runoff* pada permukaan *impervious*, serta waktu terjadinya *runoff*. Metoda yang digunakan adalah *SCS Curve Number (CN)* dengan nilai  $CN=88$  dan prosentase *impervious* diasumsikan 5%;
2. Perhitungan *Transform*: Metoda yang digunakan adalah *SCS Unit Hydrograph* dengan *Unit hydrograph* standar dan *time lag (TL)* selama 174 menit.

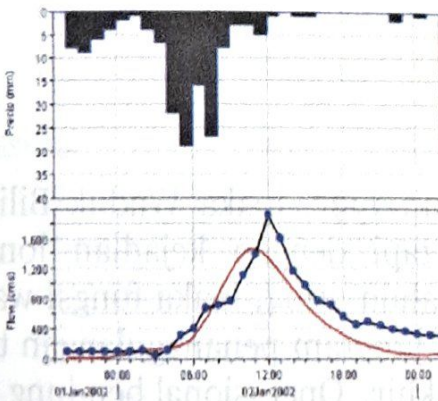
Dalam perhitungan ini diasumsikan tidak terjadi *baseflow*. Bilangan *CN* bergantung pada jenis tanah penutup, penggunaan lahan dan akumulasi curah hujan. *TL* menunjukkan waktu yang diperlukan oleh hujan untuk berubah menjadi aliran *runoff* dan mengalir pada saluran. *TL* merupakan fungsi panjang sungai dan kecepatan aliran rata-rata. Walaupun nilai *CN* dan *TL* dapat diperoleh dari hitungan teoritik, tetapi karena kompleksitas geomorfologi dalam suatu DAS, maka nilai-nilai ini perlu ditala. Penalaan ini disebut sebagai kalibrasi model, yaitu pencocokan perhitungan *runoff* dengan hasil pengukuran (HEC, 2016). Dalam hal ini, nilai-nilai *CN* dan *TL* ditala dengan menggunakan data pengukuran debit pada *inflow* Waduk Bili-Bili. Metoda optimasi selanjutnya digunakan untuk memperoleh nilai *CN* dan *TL* terbaik merunut kepada kesesuaian perhitungan dan pengukuran. Metoda optimasi yang digunakan dalam model ini adalah *univariate gradien* dengan fungsi objek *Time Weighted Error*. Hasil optimasi kedua parameter yang ditala ditampilkan pada **Tabel 4.1** dan perhitungan *runoff* menggunakan

parameter tertala disajikan pada **Gambar 4.5**. Verifikasi hasil perhitungan disajikan pada **Gambar 4.6**. Jangkauan *Curve Number* (CN) adalah 64~88 dan TL berada pada kisaran 170~ 250 menit.

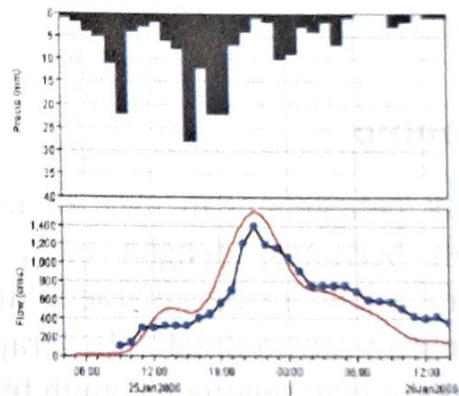
**Tabel 4.1** Hasil Optimasi Parameter *Curve Number* dan *Time Lag*

No	Kejadian Banjir	<i>Curve Number</i>	<i>Time Lag</i> (min)
1	1 Januari 2002	85,17	257,82
2	12 Februari 2003	77,7	169,68
3	29 Maret 2006	64,0	172,52
4	25 Januari 2006	88,5	226,14

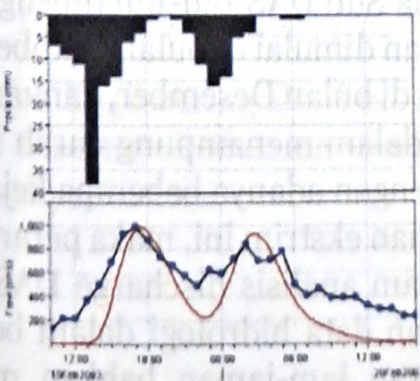
Catatan: nilai awal CN=88 dan TL=170,21 menit



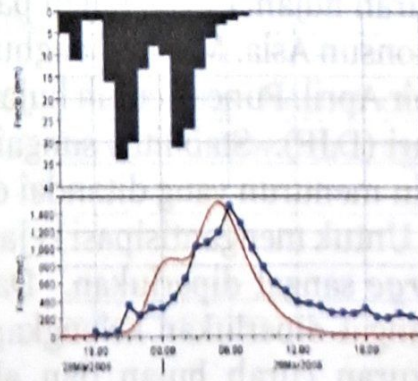
a. Banjir 1 Januari 2002



b. Banjir 12 Februari 2003

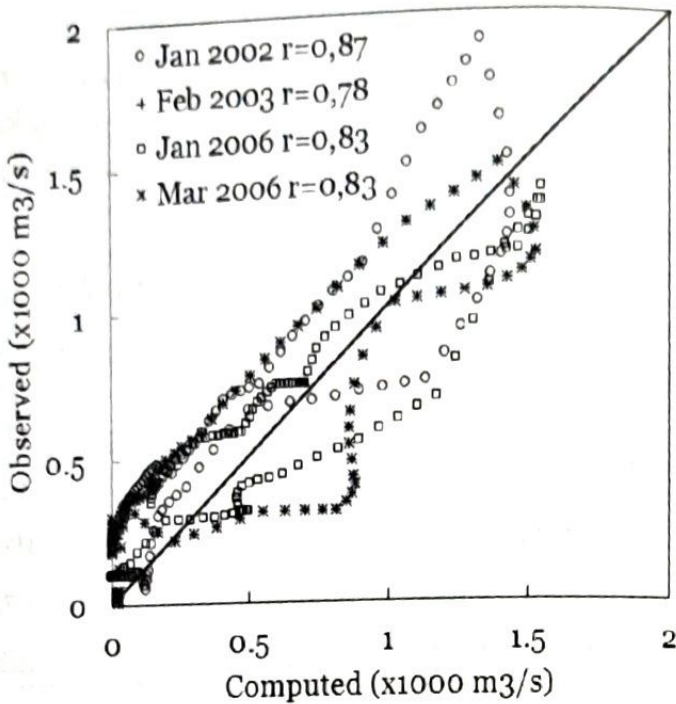


a. Banjir 25 Januari 2006



b. Banjir 29 Maret 2006

**Gambar 4.5** Hasil perhitungan *runoff* untuk beberapa kejadian banjir



**Gambar 4.6:** Hasil Verifikasi Perhitungan

## Penutup

Sejak penggenangan awal di tahun 1997, maka Waduk Bili-Bili telah berfungsi dengan baik, tetapi dengan kejadian longsor dinding kaldera Bawakaraeng di tahun 2004, maka fungsi waduk menurun secara drastis. Beberapa program penanggulangan telah dilaksanakan selama 10 tahun terakhir. Operasional bendung Bili-Bili sangat bergantung pada pola aliran air Sungai Jeneberang dan pola curah hujan. Curah hujan pada Sub DAS Bili-Bili dipengaruhi oleh monsun Asia. Musim penghujan dimulai di bulan Oktober dan berakhir April. Puncak curah hujan di bulan Desember, Januari dan Februari (DJF). Stabilitas sungai dalam menampung curah hujan semakin menurun yang ditandai dengan adanya beberapa kejadian banjir. Untuk mengantisipasi kejadian ekstrim ini, maka peramalan *discharge* sangat diperlukan. Dalam analisis discharge DAS/Sub DAS sangat diperlukan kelengkapan data hidrologi dalam bentuk pengukuran curah hujan dan aliran jam-jaman bahkan menit-menitan untuk melengkapi perhitungan debit ekstrim. Diperlukan pula informasi karakteristik tanah, tutupan lahan dan infiltrasi untuk menghitung parameter hidrologi.

### Daftar Pustaka

- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2016. Hydrologic Modeling System HEC-HMS: User's Manual ver. 4.2 August, 2016
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual, March 2000.
- Solle, M. S and A. Ahmad.,2016. Landslides Intensity on River Morphology of Jeneberang Watershed after Collapse of Caldera Wall at Mt. Bawakaraeng. Research Journal of Applied Sciences 11 (9):874-878. Medwell Journals.
- Solle, M. S., M. Mustafa, S. Baja, A.M. Imran, 2016. Landslide Susceptibility Zonation Model On Jeneberang Watershed Using Geographical Information System and Analytical Hierarchy Process. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Vol. 2 (7), January
- Massinai, M. A. 2012. Morfotektonik DAS Jeneberang dan Implikasinya Terhadap Dam Bili-Bili di Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan. Proceeding PIT HAGI 2012 37th HAGI Annual Convention & Exhibition Palembang, 10-13 September 2012
- Suriamihardja, D. A. 2001. Study on Integrated Management of Jeneberang Watershed. Environmental Study Center, Hasanuddin University, Makassar
- Yachiyo Engineering Co. Ltd. 2007. Hydrology Report of Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Bawakaraeng (tidak dipublikasi).