

KAJIAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DI DAS NOELBAKI

Semuel J. Ch. Ahab¹, Lily Montarcih L.², Tri Budi Prayogo²

¹Staf Kementrian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang
chresahab@yahoo.co.id, lilymont2001@gmail.com, tribudip@yahoo.com

ABSTRAK: Provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu daerah Indonesia bagian timur yang mengalami kenaikan curah hujan (RAN Adaptasi Perubahan Iklim Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional /Badan Perencanaan Pembangunan Nasional). Pengujian statistik dengan uji t terhadap data hujan dapat disimpulkan terjadinya perubahan hujan pada periode tahun 1998 s/d 2014 dimana nilai t tabel < dari t hitung. Hasil pemodelan AVSWAT 2000 diperoleh rata-rata perubahan tata guna lahan untuk setiap jenis tanah dari tahun 1993 sampai tahun 2012 pada DAS Noelbaki sebesar 42,71 %. Perubahan tata guna lahan mengakibatkan terjadinya peningkatan debit puncak 5,12 % sebesar 0,02 m³/dt, sisanya 94,88 % sebesar 0,29 m³/dt diakibatkan adanya perubahan pola hujan pada DAS Noelbaki. Debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong berdasarkan hasil kajian diperoleh Skenario perubahan pola hujan > Skenario perubahan tata guna lahan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perubahan pola hujan pada DAS Noelbaki mengakibatkan terjadinya peningkatan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong saat musim penghujan.

Kata kunci: Pola Hujan, Tata Guna Lahan, Limpasan, Debit, AVSWAT 2000

ABSTRACT : East Nusa Tenggara Province is one of the eastern Indonesia region that experienced an increase in rainfall (RAN Adaptation to Climate Change of the Ministry of National Development Planning / National Development Planning Agency). Statistical testing by t test against rain data can be summed rainfall changes in the period of 1998 until 2014 where the value of t tables < t count. AVSWAT modeling results obtained in 2000 the average change in land use for each type of land from 1993 until 2012 at the Noelbaki watershed amounted to 42,71%. Changes in land use resulted 5,12% increase in peak discharge of 0,02 m³/s, the remaining 94,88% of 0,29 m³/s due to changes in rainfall patterns in the Noelbaki watershed. Peak discharge runoff at Tilong Dam based on the results of the study obtained Scenario changing rainfall patterns > Scenarios of land use change. It can be concluded that changes in rainfall patterns in the Noelbaki watershed lead to an increase in peak runoff discharge at the dam Tilong during the rainy season.

Keywords : Rain patterns, Land Use, runoff, discharge

Perubahan iklim menimbulkan pergeseran musim dan berdampak pada siklus hidrologi. Air di bumi mengalami proses sirkulasi secara kontinyu dari waktu ke waktu. Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan dan setelah melalui beberapa proses jatuh ke bumi sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan.

Pada akhir bulan Mei 1999 para serjana geofisika dan planetari mengadakan pertemuan Uni Geofisika Amerika (AGU) di

Boston, berpendapat bahwa dampak badai El Nino memperlambat kecepatan rotasi bumi sampai hampir 0,001 detik (http://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article). Dalam edisi harian Kompas tertanggal 31 Maret 2009 telah dilakukan penelitian pada 16 kota di Indonesia. Hasil penerlitian menyata-kan terjadi kenaikan suhu dalam 10 tahun terakhir sebesar 0,036°C sampai 1,38°C. Kupang merupakan kota kedua setelah Kota Wamena yang mengalami kenaikan suhu tertinggi sebesar 1,35 °C

([http:// forum .kompas.com/green-globalwarming /19-756 su-hu-udara-di-indonesia-rata-rata-naik.html](http://forum.kompas.com/green-globalwarming/19-756-su-hu-udara-di-indonesia-rata-rata-naik.html)). Dalam Laporan Sintesis Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim Kementerian Pe-rencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional Novem-ber 2013 pada bagian kedua Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia memperlihatkan *trend* tem-peratur rata-rata tahunan untuk wilayah daratan di Indonesia (6° LU - 11° 08' LS dan 95° BT - 141° 45' BT) menga-lami peningkatan kurang dari 1°C ber-dasarkan data dari CRU TS3.1.

Berdasarkan analisis curah hujan musiman di wilayah Indonesia dalam laporan *Indonesia Second National Communication*, kenaikan curah hujan tahun 1998 ke atas untuk Desember s/d Februari terjadi di hampir seluruh P. Jawa dan Indonesia bagian timur, seperti Bali, NTB, dan NTT (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional; 2014).

DAS Noelbaki terletak di Ka-bupaten Kupang Provinsi Nusa Teng-gara Timur dengan musim hujan yang cukup pendek yaitu bulan Nopember s/d Pebruari, suhu udara ter-tinggi mencapai 34°C (BMKG Klas II El Tari Kupang). Kondisi geologis sebahagian hulu DAS Noelbaki memiliki topografi berbukit, geologi batu cadas, batu kapur, batu karang. Pada bagian hilir DAS Noelbaki terdapat Bendungan Tilong yang berfungsi sebagai penyedia air irigasi, penyedia air baku Kota Kupang dan sekitarnya, serta pengendali banjir daerah permukiman dan Daerah Irigasi (DI) di sepanjang hilir aliran Sungai Tilong. Alih fungsi lahan pada hulu Bendungan Tilong berdampak pada perubahan tata guna lahan. Dalam buku Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai (Asdak, 2007) tata guna lahan merupakan komponen ekosistem DAS yang akan berpengaruh bila terjadi perubahan.

IDENTIFIKASI MASALAH

Adanya pergeseran pola hujan pada tahun 1998 ke atas dengan peluang hujan ekstrim yang disebabkan pe-rubahan cuaca global yang berdampak pada limpasan permukaan di DAS Noelbaki. Perubahan penggunaan lahan yang berfungsi konservasi ke peng-gunaan lain berdampak pada limpasan permukaan di DAS Noelbaki. Oleh karena itu perlu dikaji perubahan iklim

tersebut terhadap limpasan permukaan di DAS Noelbaki.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan kajian ini adalah:

1. Mengetahui perubahan pola hujan yang terjadi di DAS Noelbaki akibat adanya perubahan iklim.
2. Mengetahui pengaruh perubahan pola hujan terhadap Limpasan Permukaan di DAS Noelbaki.
3. Mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan DAS Noelbaki.

Diharapkan hasil kajian ini bisa dipakai sebagai acuan dan masukan untuk penelitian lebih lanjut di lokasi penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Montarcih & Soetopo (2013) uji t termasuk jenis uji untuk sampel kecil, dimana ukuran sampel $n < 30$. Untuk mengetahui apakah 2 sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama, maka dihitung t score dengan rumus :

$$t = \frac{[\bar{x}_1 - \bar{x}_2]}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad \{1\}$$

$$\sigma = \left(\frac{N_1 \cdot S_1^2 + N_2 \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{0.5} \quad \{2\}$$

dimana :

$\bar{x}_1$ = rerata dari sampel x_1

$\bar{x}_2$ = rerata dari sampel x_2

s_1 = simpangan baku dari sampel x_1

s_2 = simpangan baku dari sampel x_2

N_1 = ukuran dari sampel x_1

N_2 = ukuran dari sampel x_2

Hipotesa :

H_0 = sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama

H_1 = sampel x_1 dan x_2 tidak berasal dari populasi yang sama

Apabila $t \text{ score} < t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima, dan jika sebaliknya maka H_0 ditolak.

Menurut Suhartanto (2008) untuk menentukan kedalaman curah hujan berlebih atau limpasan permukaan dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_{\alpha})}{(R_{day} - I_{\alpha} + S)} \quad \{3\}$$

dimana:

Q_{surf} = kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)

I_{α} = abstraksi awal (*initial abstraction*)

R_{day} = kedalaman hujan harian (mm)

S = volume total simpanan per-mukaan (*retention parameter*) (mm)

Modifikasi rumus rasional digunakan untuk memperkirakan besarnya debit puncak limpasan, didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3.6 \cdot t_{conc}} \quad \{4\}$$

dimana:

q_{peak} = debit puncak limpasan (*peak runoff rate*) (m³/dt)

α_{tc} = fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

$Area$ = luas wilayah sub DAS (km²)

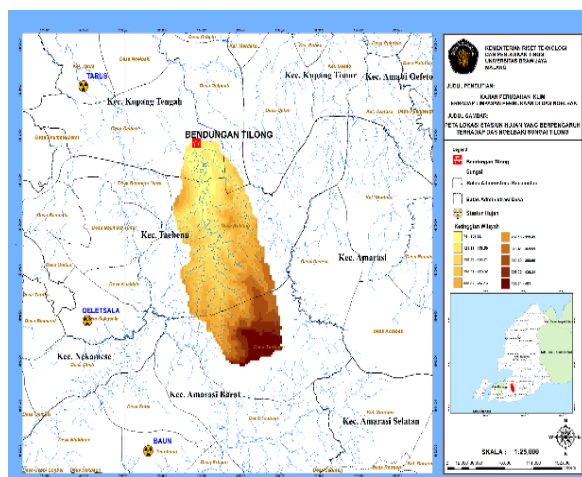
t_{conc} = waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

3.6 = faktor konversi

Q_{surf} = kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff / rainfall excess*) (mm)

METODOLOGI

A. Lokasi Studi



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Stasiun Hujan yang berpengaruh pada DAS Noelbaki.

(Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000)

Secara geografis wilayah DAS Noelbaki terletak di Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan titik koordinat antara 10°10' - 10°15' LS dan 123°44' - 123°47' BT dengan luas 3505.94 ha. Stasiun hujan yang digunakan adalah stasiun hujan Tarus, stasiun hujan Oeletsala dan stasiun hujan Baun. Wilayah studi dan lokasi stasiun hujan pada DAS Noelbaki.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Peta topografi dengan skala 1:25.000 dari BAKOSURTANAL yang meliputi wilayah DAS Noelbaki.
2. Peta Jenis Tanah
3. Peta Lokasi Stasiun Hujan Tarus, Stasiun Hujan Oeletsala dan Stasiun Hujan Baun
4. Peta Tata Guna Lahan
5. Data curah hujan harian tahun 1988 s/d 2014.
6. Data Klimatologi tahun 1988 s/d 2014.
7. Data hasil pengukuran lapangan tahun 2004.

B. Tahapan Studi.

Adapun tahapan studi yang dilakukan :

- I. Dalam penentuan basis perubahan pola curah hujan akibat perubahan iklim dilakukan dengan pengujian nilai rata-rata, data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih. Setiap pasangan 2 kelompok diuji dengan menggunakan Uji t. Untuk mengetahui apakah 2 sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama. Apabila $t \text{ score} < t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima, dan jika sebaliknya maka H_0 ditolak
- II. Selanjutnya dilakukan tahapan analisis dengan menggunakan model AVSWAT 2000 :
 1. Menyiapkan data-data untuk input data yang diatur dan diolah sedemikian rupa sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWAT. Data-data yang disesuaikan formatnya adalah:
 - a. Data curah hujan
 - b. Data jenis tanah
 - c. Data penggunaan lahan
 2. Menampilkan peta lokasi studi
 - a. Peta topografi
 - b. Peta tataguna lahan
 - c. Peta jenis tanah
 - d. Peta sungai
 3. Metode pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*) adalah salah satu

metode pendekatan yang bisa dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi.

4. Membangkitkan jaringan sungai sintetis (*stream network*) dari DEM
5. Membuat daerah tangkapan sungai (*Catchment Area*)
6. Pengolahan peta tata guna lahan dalam kaitannya untuk memperoleh pengelolaan tanaman dan koservasi tanah (CP).
7. Pengolahan peta jenis tanah di-perlukan untuk mengetahui besar-nya nilai indeks erodibilitas tanah (K).

Setelah membuat AVSWAT *Landuse Class* dan AVSWAT *Soil Class*, dilakukan *overlay* antara peta *grid* tata guna lahan dengan peta *grid* jenis tanah. Dari hasil *overlay* tersebut akan meng-hasilkan *Landuse Soil Report* yang mendeskripsikan secara detail distribusi tata guna lahan dan jenis tanah pada setiap Daerah Aliran Sungai.

8. Menjalankan menu HRU (*Hydro-logic Response Unit*):
Menjalankan menu *HRU Distri-bution* dari *toolbar* AVSWAT 2000 untuk memproses distribusi *Hydrologic Response Unit* dari setiap sub DAS, sehingga akan dihasilkan database tabel *Distrswat* yang berisi informasi penyebaran distribusi tataguna lahan dan jenis tanah pada DAS dan sub DAS.

9. Pengolahan data *base* curah hujan dan klimatologi pada AVSWAT 2000.

10. *Input* AVSWAT dengan menjalan-kan menu *Write all* yang akan me-lakukan *input* dari hasil proses data-data yang telah didefinisikan sebelumnya.

11. Pengecekan data-data dari menu *sub basins data* pada menu *toolbar Edit input* AVSWAT 2000.

12. Menjalankan menu *Run SWAT* dari menu *simulation* pada *toolbar* AVSWAT 2000.

- a. Melakukan *Set Up* untuk periode waktu simulasi, dan frekuensi waktu hasil *running*.

- b. *Running* SWAT dari tool *setup SWAT Run*.

13. Melakukan kalibrasi debit limpasan permukaan dengan hasil pengukuran lapangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

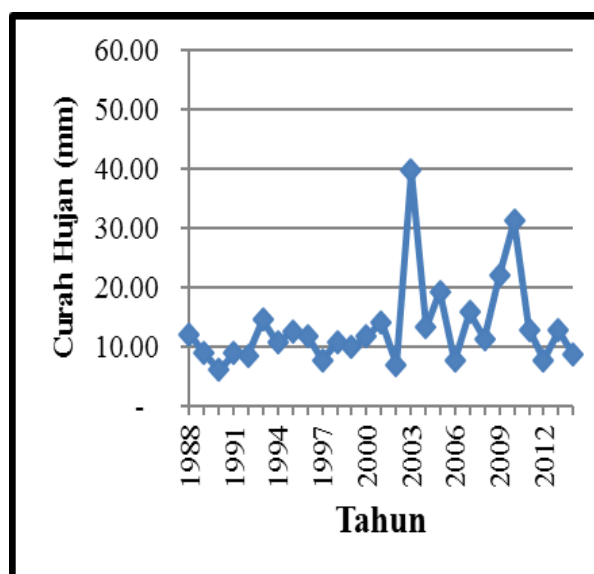
A. Kajian Perubahan Pola Hujan

Data hujan harian pada Stasiun Hujan Tarus, Stasiun Hujan Oeletsala dan Stasiun Hujan Baun dilakukan analisis terhadap perubahan pola hujan, guna memberikan informasi tentang adanya pola kecenderungan (*trend*) siklus atau fluktuasi disekitar nilai rata-rata jangka panjang.

Untuk mengkaji perubahan pola hujan menggunakan uji statistik dengan teori uji t. Periode I dijadikan sebagai variable tetap dengan asumsi pada periode tersebut belum terjadi perubahan pola hujan.

Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah data hujan pada musim basah dari tahun 1988 s/d 2014 dan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Periode I tahun 1988 s/d 1997
2. Periode II tahun 1998 s/d 2007
3. Periode II tahun 1999 s/d 2008
4. Periode III tahun 2000 s/d 2009
5. Periode IV tahun 2001 s/d 2010
6. Periode V tahun 2002 s/d 2011
7. Periode VI tahun 2003 s/d 2012
8. Periode VII tahun 2004 s/d 2013
9. Periode VIII tahun 2005 s/d 2014



Gambar 2. Pola Rerata Curah Hujan Harian Tahunan 1988 s/d 2014 Stasiun Oeletsala
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan pola hujan pada Stasiun Oeletsala dilakukan pengujian statistik Uji T untuk melihat pengaruh antara variabel bebas

terhadap variabel terikat apakah masih dalam populasi yang sama.

Periode I dijadikan dasar penelitian dengan asumsi pada periode ini kondisi masih normal. Pengujian uji t satu sisi (*one-tailed*) menggunakan *Level of Significance* $\alpha = 5\%$.

Tabel 1. Pengujian Statistik Uji t Tahun 1998-2007 Stasiun Oeletsala

	Variable 1	Variable 2
Mean	15.59143904	22.11732244
Variance	14.11503904	234.64146
Observations	10	10
Pooled Variance	124.3782495	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	1.308434816	
P(T<=t) one-tail	0.103593829	
t Critical one-tail	1.734063592	
P(T<=t) two-tail	0.207187657	
t Critical two-tail	2.100922037	

Sumber : hasil pengolahan data

Dari hasil pengujian diperoleh hasil nilai t tabel > t hitung dimana $1,73 > 1,31$, maka disimpulkan bahwa pengamatan hujan pada stasiun Oeletsala tahun 1998 s/d 2007 populasinya sama.

Tabel 2. Pengujian Statistik Uji t Tahun 1999 s/d 2008 Stasiun Oeletsala

	Variable 1	Variable 2
Mean	15.59143904	22.53474254
Variance	14.11503904	228.5718219
Observations	10	10
Pooled Variance	121.3434305	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	1.409428396	
P(T<=t) one-tail	0.087875933	
t Critical one-tail	1.734063592	
P(T<=t) two-tail	0.175751866	
t Critical two-tail	2.100922037	

Sumber : hasil pengolahan data

Nilai t tabel > dari t hitung $1,73 > 1,41$, maka pengamatan hujan pada stasiun Oeletsala tahun 1999 s/d 2008 populasinya sama.

Tabel 3. Pengujian Statistik Uji t Tahun 2000 s/d 2009 Stasiun Oeletsala

	Variable 1	Variable 2
Mean	15.59143904	24.75325096
Variance	14.11503904	242.2602414
Observations	10	10
Pooled Variance	128.1876402	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	1.809436296	
P(T<=t) one-tail	0.043557439	
t Critical one-tail	1.734063592	
P(T<=t) two-tail	0.087114878	
t Critical two-tail	2.100922037	

Sumber : hasil pengolahan data

Nilai t tabel < dari t hitung $1,73 < 1,81$, maka pengamatan hujan pada stasiun Oeletsala tahun 2000 s/d 2009 populasinya berbeda. Sehingga hasil uji t untuk semua tahapan Periode I sampai Periode VIII pada Stasiun Oeletsala dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian Statistik Uji t Stasiun Oeletsala

N o	Pengujian Tahun	Tabel	T Kritis Hitung	Keterangan
1	1998 - 2007	1.73	1.31	Populasi Sama
2	1999 - 2008	1.73	1.41	Populasi Sama
3	2000 - 2009	1.73	1.81	Populasi Berbeda
4	2001 - 2010	1.73	1.98	Populasi Berbeda
5	2002 - 2011	1.73	1.86	Populasi Berbeda
6	2003 - 2012	1.73	1.82	Populasi Berbeda
7	2004 - 2013	1.73	1.65	Populasi Sama
8	2005 - 2014	1.73	1.30	Populasi Sama

Sumber : hasil pengolahan data

Hasil pengujian menggunakan uji t untuk Stasiun Tarus sebagai berikut :

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Statistik Uji t Stasiun Tarus

N o	Pengujian Tahun	T Tabel	T Kritis Hitung	Keterangan
1	1998 - 2007	1.73	0.88	Populasi Sama
2	1999- 2008	1.73	0.74	Populasi Sama
3	2000- 2009	1.73	0.73	Populasi Sama
4	2001- 2010	1.73	1.24	Populasi Sama
5	2002- 2011	1.73	1.52	Populasi Sama
6	2003- 2012	1.73	1.68	Populasi Sama
7	2004- 2013	1.73	2.31	Populasi Beda
8	2005- 2014	1.73	1.92	Populasi Beda

Sumber : hasil pengolahan data

Hasil pengujian menggunakan uji t untuk Stasiun Baun sebagai berikut :

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Statistik Uji t Stasiun Baun

N o	Pengujian Tahun	T Tabel	T Kritis Hitung	Keterangan
1	1998 - 2007	1.73	0.52	Populasi Sama
2	1999- 2008	1.73	0.91	Populasi Sama
3	2000- 2009	1.73	1.25	Populasi Sama
4	2001- 2010	1.73	1.12	Populasi Sama
5	2002- 2011	1.73	1.04	Populasi Sama
6	2003- 2012	1.73	1.03	Populasi Sama
7	2004- 2013	1.73	1.21	Populasi Sama
8	2005- 2014	1.73	1.15	Populasi Sama

Sumber : hasil pengolahan data

Berdasarkan kajian diatas, maka dampak nyata dari perubahan pola hujan yang terjadi

didas tahun 1998 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada stasiun hujan Oeletsala terjadi perubahan pola hujan pada periode pengujian tahun 2000 s/d 2009, tahun 2001 s/d 2010, tahun 2002 s/d 2011 dan tahun 2003 s/d 2012
2. Pada stasiun hujan Tarus terjadi perubahan pola hujan pada periode pengujian tahun 2004 s/d 2013 dan periode tahun 2005 s/d 2014
3. Pada stasiun hujan Baun tidak terjadi perubahan pola

Dari ketiga stasiun hujan yang dilakukan pengujian uji t terhadap pola pola hujan dari tahun 1988 s/d 2014, dua stasiun mengalami perubahan pola hujan setelah tahun 1998. Berdasarkan hasil pengujian ini maka data hujan dibagi menjadi periode sebelum perubahan pola hujan (tahun 1988 s/d 1997) dan periode setelah perubahan pola hujan (tahun 1998 s/d 2014) yang akan digunakan untuk mengkaji penga-ruhnya terhadap limpasan permukaan yang terjadi di DAS Noelbaki.

Kajian Perubahan Pola Hujan Terhadap Limpasan Permukaan Lahan dan Debit Puncak Limpasan.

Berdasarkan kajian perubahan pola hujan terhadap limpasan permukaan dapat dikelompokkan skenarionya sebagai berikut

1. Skenario 1 s/d 3 perubahan pola hujan periode 1988 s/d 1997 dan periode 1998 s/d 2014 terhadap tata guna lahan yang tetap.
2. Skenario 4 dan 5 perubahan tata guna lahan tahun 1993 dan tahun 2012 terhadap pola hujan yang tetap.

Kajian perubahan pola hujan sebagai berikut

1. Kajian Skenario 1 : Limpasan permukaan di lahan dan Debit Puncak Limpasan pada Bendungan Tilong dengan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997 terhadap tata guna lahan tahun 1993, diban-dingkan skenario perubahan hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap tata guna lahan tahun 2012 sebagaimana dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Terhadap Perubahan Pola Hujan

Land Use 1993												
1988 s/d 1997	97.58	154.96	89.43	11.67	2.22	0.08	0.01	0	0	0.02	3.18	60.04
Land Use 2012												
1998 s/d 2014	175	210.92	121.1	19.81	1.39	0.69	0.03	0.39	0.14	0.76	31.53	104.6

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi limpasan permukaan lahan DAS Noelbaki, untuk periode hujan tahun 1987 s/d 1998 terhadap kondisi tata guna lahan tahun 1993 dan hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap tata

guna lahan tahun 2012 mengalami peningkatan 58,96 %

Peningkatan debit puncak limpasan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 8. Perbandingan Debit Puncak Limpasan Pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki Terhadap Perubahan Pola Hujan

Land Use 1993												
1988 s/d 1997	1.6	2.45	1.58	0.62	0.49	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41	0.44	1.17
Land Use 2012												
1998 s/d 2014	2.62	3.42	2.02	0.77	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.43	0.83	1.78

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Rata-rata nilai debit puncak limpasan periode perubahan pola hujan (tahun 1998 s/d 2014) pada Bendungan Tilong menghasilkan peningkatan sebesar 35, 17 % dibandingkan dengan periode sebelumnya (tahun 1988 s/d 1997).

pada Bendungan Tilong dengan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997 terhadap tata guna lahan tahun 1993 dibandingkan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap tata guna lahan tahun 1993, sebagaimana dilihat pada tabel sebagai berikut :

2. Kajian Skenario 2 : Limpasan permukaan lahan dan debit puncak limpasan

Tabel 9. Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Akibat Perubahan Pola Hujan Kondisi Tata Guna Lahan Tahun 1993

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1988 s/d 1997	97.58	155	89.43	11.67	2.22	0.08	0.01	0	0	0.02	3.18	60.04
1998 s/d 2014	144.3	178	97.48	14.17	0.67	0.17	0.03	0.1	0.07	0.45	24.11	81.9

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi limpasan permukaan lahan DAS Noelbaki, untuk periode hujan tahun 1987 s/d 1998 dan hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap

kondisi tata guna lahan tahun 1993 mengalami peningkatan 29,17 %

Peningkatan debit puncak limpasan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 10. Perbandingan Rerata Debit Puncak Limpasan Pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki Akibat Perubahan Pola Hujan Kondisi Tata Guna Lahan Tahun 1993

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1988 s/d 1997	1.6	2.45	1.58	0.62	0.49	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41	0.44	1.17
1998 s/d 2014	2.32	3.04	1.83	0.85	0.66	0.64	0.63	0.61	0.58	0.56	0.85	1.58

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Rata-rata nilai debit puncak limpasan periode perubahan pola hujan (tahun 1998 s/d 2014) pada Bendungan Tilong menghasilkan peningkatan sebesar 34, 10 % dibandingkan dengan periode sebelumnya (tahun 1988 s/d 1997).

1. Kajian Skenario 3 : Limpasan permukaan lahan dan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong

dengan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997 terhadap tata guna lahan tahun 2012 dibandingkan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap tata guna lahan tahun 2012, menghasilkan peningkatan limpasan permukaan lahan sebagaimana dilihat pada tabel berikut :

Tabel 11. Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Akibat Perubahan Pola Hujan Kondisi Tata Guna Lahan Tahun 2012

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1988 s/d 1997	123.84	187.7	104.6	19.07	4.11	0.08	0.01	0	0.01	0.04	5.66	71.37
1998 s/d 2014	174.99	210.92	121.1	19.81	1.39	0.69	0.03	0.39	0.14	0.76	31.53	104.6

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi limpasan permukaan lahan DAS Noelbaki, untuk periode hujan tahun 1987 s/d 1998 dan hujan periode tahun 1998 s/d 2014 terhadap

kondisi tata guna lahan tahun 2012 mengalami peningkatan 29,09 %. Peningkatan debit puncak limpasan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 12. Perbandingan Rerata Debit Puncak Limpasan Pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki Akibat Perubahan Pola Hujan Kondisi Tata Guna Lahan Tahun 2012

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1988 s/d 1997	1.89	2.85	1.71	0.62	0.41	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.38	1.24
1998 s/d 2014	2.62	3.42	2.02	0.77	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.43	0.83	1.78

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Rata-rata nilai debit puncak limpasan periode perubahan pola hujan (tahun 1998 s/d 2014) pada Bendungan Tilong menghasilkan peningkatan sebesar 33,01 % dibandingkan dengan periode sebelumnya (tahun 1988 s/d 1997).

Kajian Skenario 4 : Limpasan permukaan lahan dan debit puncak limpasan pada

Bendungan Tilong dengan skenario perubahan tata guna lahan tahun 1993 terhadap pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997, dibandingkan skenario perubahan tata guna lahan tahun 2012 terhadap pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997, menghasilkan peningkatan limpasan permukaan lahan sebagaimana dilihat pada tabel berikut :

Tabel 13. Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Periode Hujan Tahun 1988 s/d 1997

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1993	97.58	155	89.43	11.67	2.22	0.08	0.01	0	0	0.02	3.18	60.04
2012	123.8	187.7	104.6	19.07	4.11	0.08	0.01	0	0.01	0.04	5.66	71.37

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi limpasan permukaan lahan DAS Noelbaki, untuk periode hujan tahun 1987 s/d 1998 terhadap

kondisi tata guna lahan tahun 1993 dan tahun 2012 mengalami peningkatan 23,21 %. Peningkatan debit puncak limpasan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 14. Perbandingan Rerata Debit Puncak Limpasan Pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Periode Hujan Tahun 1988 s/d 1997

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1993	1.6	2.45	1.58	0.62	0.49	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41	0.44	1.17
2012	1.89	2.85	1.71	0.62	0.41	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.38	1.24

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Rata-rata nilai debit puncak limpasan yang diakibatkan perubahan tata guna lahan tahun 2012 pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki menghasilkan peningkatan sebesar 2,47 % dibandingkan dengan tata guna lahan tahun 1993.

Kajian Skenario 5 : Limpasan permukaan lahan dan debit puncak limpasan pada

Bendungan Tilong dengan skenario perubahan tata guna lahan tahun 1993 terhadap pola hujan periode tahun 1998 s/d 2014, dibandingkan skenario perubahan tata guna lahan tahun 2012 terhadap pola hujan periode tahun 1998 s/d 2014, menghasilkan peningkatan limpasan permukaan lahan sebagaimana dilihat pada tabel berikut :

Tabel 15. Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Periode Hujan Tahun 1998 s/d 2014

Land Use	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Tahun 1993	144.3	178	97.48	14.17	0.67	0.17	0.03	0.1	0.07	0.45	24.11	81.9
Tahun 2012	175	210.9	121.1	19.81	1.39	0.69	0.03	0.39	0.14	0.76	31.53	104.6

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi limpasan permukaan lahan DAS Noelbaki, untuk periode hujan tahun 1998 s/d 2014 terhadap

kondisi tata guna lahan tahun 1993 dan tahun 2012 mengalami peningkatan 23,07 %. Peningkatan debit puncak limpasan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 16. Perbandingan Rerata Debit Sungai DAS Noelbaki Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Periode Hujan Tahun 1998 s/d 2014

Land Use	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Tahun 1993	2.32	3.04	1.83	0.85	0.66	0.64	0.63	0.61	0.58	0.56	0.85	1.58
Tahun 2012	2.62	3.42	2.02	0.77	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.43	0.83	1.78

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Rata-rata nilai debit puncak limpasan yang diakibatkan perubahan tata guna lahan tahun 2012 pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki menghasilkan peningkatan sebesar 1,63 % dibandingkan dengan tata guna lahan tahun 1993.

Berdasarkan kajian skenario pada pembahasan diatas diperoleh hasil :

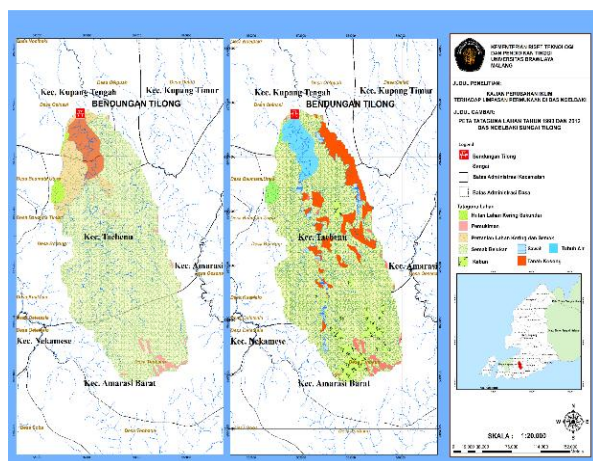
1. Skenario 1 > Skenario 4 dan Skenario 5
2. Skenario 2 > Skenario 4 dan Skenario 5
3. Skenario 3 > Skenario 4 dan Skenario 5

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perubahan pola hujan pada DAS Noelbaki mengakibatkan terjadinya peningkatan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong.

Kajian Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan.

Perluasan daerah pemukiman pada Kabupaten Kupang dan khususnya DAS Noelbaki mengakibatkan alih fungsi lahan

pada hulu Bendungan Tilong berdampak terhadap perubahan tata guna lahan. Hasil pemodelan AVSWAT 2000 diperoleh rata-rata perubahan tata guna lahan untuk setiap jenis tanah dari tahun 1993 sampai tahun 2012 pada DAS Noelbaki sebesar 42,71 %.



Gambar 3. Peta Tata Guna Lahan Tahun 1993 dan Tahun 2012 DAS Noelbaki.
(Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000)

Prosentasi perubahan tata guna lahan setiap jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 17. Perubahan Tutupan Lahan Pada Jenis Tanah Latosol Eutrik

No	Tutupan Lahan	Tata Guna Lahan		Perubahan (%)
		Tahun 1993 (Ha)	Tahun 2012 (Ha)	
1	Hutan Lahan Kering	6.69	6.69	-
2	Pemukiman	1.39	1.65	0.01
3	Pertanian Lahan Kering	36.90	5.30	0.90
4	Sawah	-	0.01	0.00
5	Semak Belukar	84.41	57.44	0.77
6	Tanah Kosong	23.75	58.30	0.99
7	Tubuh Air	-	23.76	0.68
Jumlah		153.14	153.14	3.34

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Jenis tanah latosol eutrik pada DAS Noelbaki mengalami perubahan tutupan lahan sebesar 3,34 %.

Tabel 18. Perubahan Tutupan Lahan Pada Jenis Tanah Aluvial

No	Tutupan Lahan	Tata Guna Lahan		Perubahan (%)
		Tahun 1993 (Ha)	Tahun 2012 (Ha)	
1	Kebun	-	9.31	0.27
2	Pemukiman	1.48	9.76	0.24
3	Pertanian Lahan Kering	41.29	16.24	0.71
4	Sawah	-	52.42	1.50
5	Semak Belukar	270.49	148.99	3.47
6	Tanah Kosong	115.99	76.53	1.13
7	Tubuh Air	-	115.99	3.31
Jumlah		429.25	429.25	10.61

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Jenis tanah aluvial pada DAS Noelbaki mengalami perubahan tutupan lahan sebesar 10,61 %.

Tabel 19. Perubahan Tutupan Lahan Pada Jenis Kambisol Eutrik

No	Tutupan Lahan	Tata Guna Lahan		Perubahan (%)
		Tahun 1993 (Ha)	Tahun 2012 (Ha)	
1	Kebun	-	39.54	1.13
2	Pemukiman	0.62	0.80	0.01
3	Pertanian Lahan Kering	-	5.25	0.15
4	Sawah	-	17.33	0.49
5	Semak Belukar	793.25	721.79	2.04
6	Tanah Kosong	-	9.15	0.26
Jumlah		793.87	793.87	4.08

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Jenis tanah kambisol eutrik pada DAS Noelbaki mengalami perubahan tutupan lahan sebesar 4,08 %.

Tabel 20. Perubahan Tutupan Lahan Pada Jenis Kambisol Ustik

No	Tutupan Lahan	Tata Guna Lahan		Perubahan (%)
		Tahun 1993 (Ha)	Tahun 2012 (Ha)	
1	Hutan Lahan Kering	38.79	38.79	-
2	Kebun	-	182.71	5.21
3	Pemukiman	48.44	54.41	0.17
4	Pertanian Lahan Kering	204.46	3.87	5.72
5	Sawah	-	26.12	0.74
6	Semak Belukar	1,790.57	1,558.44	6.62
7	Tanah Kosong	47.44	217.90	4.86
8	Tubuh Air	-	47.44	1.35
Jumlah		2,129.69	2,129.68	24.68

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Jenis tanah kambisol ustik pada DAS Noelbaki mengalami perubahan tutupan lahan sebesar 24,68 %.

Peningkatan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki akibat

adanya perubahan tutupan lahan pada setiap jenis tanah untuk tata guna lahan tahun 1993 ke tata guna lahan tahun 2012 sebagaimana dilihat pada Tabel 21 dan Gambar 4.

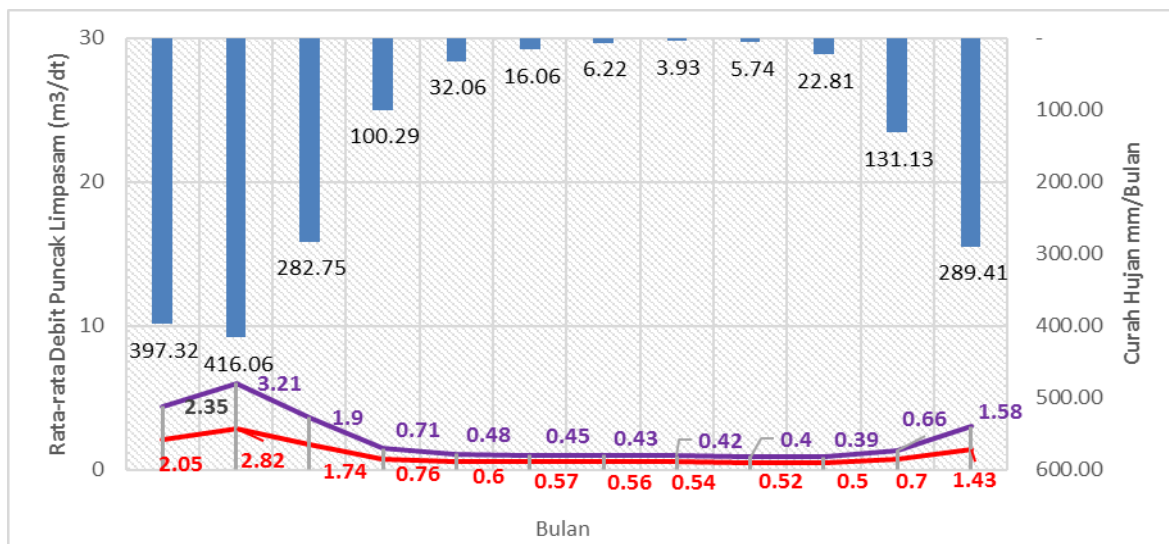
Tabel 21. Tabel Debit Puncak Limpasan Terhadap Perubahan Tata Guna Lahan

Tata Guna Lahan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Land Use 1993	2.05	2.82	1.74	0.76	0.6	0.57	0.56	0.54	0.52	0.5	0.7	1.43
Land Use 2012	2.35	3.21	1.9	0.71	0.48	0.45	0.43	0.42	0.4	0.39	0.66	1.58

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Simulasi pemodelan hidrologi debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki terhadap perubahan tata guna lahan

yang terjadi dari tahun 1993 ke tahun 2012 mengalami peningkatan sebesar 0,02 m³/dt.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Rerata Limpasan Permukaan Lahan DAS Noelbaki Akibat Perubahan Tata Guna Lahan (Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000)

Hasil Pemodelan AVSWAT 2000 perubahan pola hujan terhadap perubahan tata guna lahan yang berdampak pada debit puncak limpasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perubahan tata guna lahan mengakibatkan terjadinya peningkatan debit puncak 5,12 % sebesar 0,02 m³/dt.
2. Peningkatan debit puncak 94,88 % sebesar 0,29 m³/dt diakibatkan adanya perubahan pola hujan pada DAS Noelbaki.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan:

1. Dampak nyata perubahan iklim terhadap pola hujan yang terjadi pada DAS

Noelbaki berdasarkan kajian penelitian ini didapat sebagai berikut:

- a. Hasil pengujian statistik dengan menggunakan uji t terhadap data hujan tahun 1988 s/d 2014 menunjukkan adanya perubahan pola hujan pada periode tahun 1998 s/d 2014.
 - b. Kupang merupakan daerah tropis yang seharusnya mengalami mu-sim kemarau dan penghujan. Namun perubahan pola hujan yang terjadi karena perubahan iklim, mengakibatkan terjadinya musim basah sepanjang tahun 2010 (bulan Januari s/d Desember)
2. Dari hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan skenario perubahan pola hujan periode tahun 1988 s/d 1997 dan

periode tahun 1998 s/d 2014 dibandingkan skenario perubahan tata guna lahan pada DAS Noelbaki, diperoleh hasil peningkatan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong disebabkan terjadinya perubahan pola hujan yang mengakibatkan peningkatan debit puncak limpasan sebesar 0,31 m³/dt.

3. Kondisi tata guna lahan tahun 1993 sampai tahun 2012 pada DAS Noelbaki mengalami perubahan tutupan lahan sebesar 42,71 % dengan peningkatan debit puncak limpasan pada Bendungan Tilong DAS Noelbaki sebesar 0,02 m³/dt. Peningkatan debit puncak limpasan yang terjadi karena perubahan tata guna lahan terhadap peningkatan debit puncak limpasan akibat perubahan pola hujan dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Peningkatan debit puncak limpasan pada bendungan Tilong 0,02 m³/dt sebesar 5,12 % disebabkan karena perubahan tata guna lahan DAS Noelbaki.
 - b. Peningkatan debit puncak limpasan pada bendungan Tilong 0,29 m³/dt sebesar 94,88 % disebabkan karena perubahan pola hujan pada DAS Noelbaki.
 - c. Akibat perubahan fungsi lahan tahun 2012, kawasan resapan lahan DAS Noelbaki menjadi banyak berkurang, sehingga berdampak pada degradasi debit sungai pada musim kering.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan upaya konservasi pada DAS Noelbaki bertujuan menambah kemampuan resapan air. Hal ini dimaksudkan saat musim kering ketersediaan debit pada Bendungan Tilong dapat terjaga, atau degradasi

debit saat musim hujan dan musim kemarau tidak memiliki selisih yang sangat besar.

2. Untuk menghadapi perubahan pola hujan di wilayah studi yang tidak menentu, dibutuhkan kajian tambahan dalam perencanaan tata ruang yaitu memasukkan elemen konservasi SDA untuk upaya menambah kemampuan resapan lahan. Sehingga lahan DAS Noelbaki, dan wilayah Kabupaten Kupang pada umumnya dalam menghadapi pola hujan yang ekstrim, tidak menimbulkan dampak bencana yang besar.
3. Hasil penelitian ini dapat dilanjutkan untuk penelitian berikutnya mengenai upaya kajian konservasi yang tepat pada DAS Noelbaki, untuk keamanan dan keberlanjutan fungsi Bendungan Tilong.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Penge-lolaan daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Bappenas. 2013 Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN API). Jakarta
- Bappenas. 2014 Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN API). Jakarta
- Kompas Harian 2009, Suhu udara di Indonesia naik rata-rata <http://forum.kompas.-com/green-global-warming/> (diakses tanggal 30 Januari 2015)
- Limantara, Lily Montarchih., Soetopo, Widandi 2013. *Statistika Terapan*. Penerbit Citra Malang
- Suhartanto, Ery 2008. *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. CV: Asrori Malang
- Syahbudin, Basman 2010. *Fenomena El Nino dan Pengaruhnya* <http://jurnal.lapan.go.-id/index.php/> (diakses tanggal 30 Januari 2015)