

Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO₂, SO₂ Dan NO₂ Di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak)

Nurul Kusuma Wardhani¹⁾, Andi Ihwan¹⁾, Nurhasanah¹⁾

¹⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia;

*Email : iwankonjo@yahoo.com

Abstrak

Pengaruh gas CO₂, SO₂ dan NO₂ terhadap tingkat keasaman air hujan telah dianalisis dengan membandingkan hasil perhitungan dari ketiga gas tersebut terhadap pH air hujan observasi. Pengukuran dilakukan di Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak pada bulan April, Mei dan Juni tahun 2014. Konsentrasi gas CO₂, SO₂ dan NO₂ diukur menggunakan *gastect*. Curah hujan dan tekanan udara diukur menggunakan *Modular Automatic Weather Station (MAWS)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gas CO₂ memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap keasaman air hujan dibandingkan dengan gas SO₂ dan NO₂. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar CO₂ lebih banyak terkandung di dalam sampel air hujan dibandingkan dengan kadar sulfat dan nitrat. Dengan menggunakan korelasi Pearson, didapatkan nilai koefisien korelasi CO₂ terlarut dalam air hujan sebesar -0,64 dengan koefisien penentu sebesar 40,72 %. Nilai koefisien korelasi sulfat sebesar 0,43 dengan koefisien penentu 18,48 %. Sedangkan nilai koefisien korelasi nitrat sebesar 0,04 dengan koefisien penentu 0,18 %.

Kata Kunci : Curah hujan, pH, Gas CO₂, Gas SO₂, Gas NO₂.

1. LatarBelakang

Menurut Nicholson (2005) semua jenis cairan yang berasal dari atmosfer dinamakan presipitasi. Tjasyono (2004) mendefinisikan presipitasi sebagai bentuk air cair dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Hujan adalah bentuk endapan yang sering dijumpai, dan di Indonesia yang dimaksud dengan endapan adalah curah hujan. Hujan secara alami bersifat asam (pH 5,6) karena karbondioksida (CO₂) di udara dapat larut dalam air hujan dan menghasilkan senyawa yang bersifat asam. Hujan asam terjadi karena tingginya gas sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂). Zat-zat ini apabila berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air akan membentuk asam sulfat dan asam nitrat dan kemudian jatuh bersama air hujan.

Penelitian dilakukan selama tiga bulan dari bulan April, Mei dan Juni di Balai pengamatan Dirgantara Pontianak untuk mengetahui pengaruh gas CO₂, SO₂ dan NO₂ terhadap tingkat keasaman air hujan di wilayah tersebut. Penelitian dilakukan dengan menghitung konsentrasi gas CO₂, SO₂ dan NO₂ di udara, kemudian dengan menggunakan persamaan kimia didapatkan nilai pH air hujan akibat absorpsi gas tersebut. Nilai perhitungan kemudian dibandingkan terhadap nilai pH air hujan observasi yang terukur setiap minggu selama tiga bulan. Selain itu dilakukan juga analisis kadar gas CO₂, kadar sulfat dan nitrat yang terlarut di dalam air hujan untuk

mengetahui seberapa besar pengaruh gas terlarut terhadap tingkat keasaman air hujan.

2. Metodologi

2.1 Pengambilan Sampel

Pengukuran curah hujan, pengambilan sampel gas di udara dan pengambilan sampel air hujan dilakukan di Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak. Pengukuran curah hujan dilakukan setiap terjadi hujan selama bulan April, Mei dan Juni dengan menggunakan *Modular Automatic Weather Station (MAWS)* sedangkan pengukuran konsentrasi gas di udara dilakukan satu kali setiap bulan dengan menggunakan *gastect* (alat pengukur konsentrasi gas di udara).

Pengukuran pH air hujan observasi menggunakan pH meter. Untuk mendapatkan hasil perhitungan pH observasi digunakan data curah hujan setiap minggu dan data curah hujan rata-rata setiap bulan. Adapun perhitungan pH observasi seperti persamaan (1) (Kurniawan, 2009) :

$$\bar{K} [H^+] = \frac{\sum K [H^+]}{\sum CH} \quad (1)$$

dengan:

$\bar{K} [H^+]$: rata-rata konsentrasi [H⁺]
 $\sum K [H^+]$: total konsentrasi [H⁺]
 $\sum CH$: total curah hujan

Sehingga,

$$\text{pH rata-rata tiap bulan} = -\log \bar{K} [H^+] \quad (2)$$

2.2 Pengujian Sampel

Setelah dilakukan pengukuran pH air hujan, kemudian dianalisis kadar gas CO₂, kadar sulfat dan kadar nitrat.

a. Pengujian Gas CO₂

Pengukuran gas CO₂ dilakukan dengan cara titrasi menggunakan indikator Phenol Pthalein (PP), asam oksalat dan natrium hidroksida (NaOH). Cara perhitungan kadar CO₂ seperti pada persamaan (3) (APHA, 2005) :

$$\text{mg CO}_2/\text{L} = \frac{A \times N \times 44.000}{V} \quad (3)$$

dengan:

- A : volume titrasi (ml)
N : konsentrasi NaOH (N)
V : volume sampel air hujan (ml)

b. Pengujian Kadar Nitrat

Pengukuran kadar nitrat menggunakan reagen *NitraVer 6 Nitrate Reagent Powder Pillow* dan reagen *NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow*. Setelah sampel dihomogenasi dengan reagen, kemudian kadar nitrat pada sampel diukur menggunakan alat Spektrofotometer DR 2010 dengan panjang gelombang 507 nm.

c. Pengujian Kadar Sulfat

Pengukuran kadar sulfat menggunakan alat Spektrofotometer DR 2010 dengan panjang gelombang 450 nm. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan ditambahkan 1 reagen *Sulfaver reagent Powder Pillow*. Sampel yang telah siap kemudian dimasukkan ke dalam spektrofotometer dan dicatat kadar sulfat yang terbaca pada alat.

2.3 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu analisis data curah hujan terhadap pH air hujan, analisis data konsentrasi gas di udara terhadap pH air hujan observasi dan analisis data kadar gas CO₂, kadar sulfat dan kadar nitrat di dalam air hujan terhadap pH air hujan.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui nilai pH air hujan akibat absorpsi gas CO₂, SO₂ dan NO₂ di udara. Pengukuran pH air hujan observasi dilakukan untuk melihat seberapa besar nilai pH air hujan selama penelitian. Selain itu dilihat juga korelasi antara pH air hujan observasi terhadap kandungan gas CO₂, kadar sulfat dan kadar nitrat yang terdapat di dalam air hujan tersebut. Analisis gas CO₂,

kadar sulfat dan kadar nitrat di dalam air hujan untuk melihat seberapa besar gas CO₂, sulfat dan nitrat mempengaruhi tingkat keasaman air hujan.

Adapun perhitungan tersebut dirumuskan menjadi tujuh hipotesa sebagai berikut :

a. pH air hujan hanya dipengaruhi gas CO₂ di udara

Nilai pH air hujan yang hanya dipengaruhi gas CO₂ di udara dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (4) (Kurniawan, 2011) :

$$[\text{H}^+] = (\sqrt{K_1 \times K_H \times p\text{CO}_2}) \quad (4)$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

b. pH air hujan hanya dipengaruhi gas SO₂ di udara

Gas SO₂ apabila bereaksi dengan uap air di atmosfer akan membentuk asam lemah (H₂SO₃) dan bila teroksidasi akan membentuk asam kuat (H₂SO₄). Asam sulfat di dalam air akan terdisosiasi membentuk dua proton [H⁺]. Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari SO₂ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5) (Kurniawan, 2011) :

$$[\text{H}^+] = (2 \times \sqrt{K_1 \times K_H \times p\text{SO}_2}) \quad (5)$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

c. pH air hujan hanya dipengaruhi gas NO₂ di udara

Asam nitrat (HNO₃) merupakan asam kuat dan di dalam air akan membentuk satu proton [H⁺]. Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari NO₂ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (6) (Kurniawan, 2011) :

$$[\text{H}^+] = (K_H \times p\text{NO}_2) \quad (6)$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

d. pH air hujan dipengaruhi gas CO₂ dan SO₂ di udara

Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari gabungan kedua gas CO₂ dan SO₂ diperoleh dengan menggunakan persamaan (7) (Kurniawan, 2011):

$$[\text{H}^+] = (\sqrt{K_1 \times K_H \times p\text{CO}_2}) +$$

$$(2 \times \sqrt{K_1 \times K_H \times p\text{SO}_2}) \quad (7)$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

- e. pH air hujan dipengaruhi gas CO₂ dan NO₂ di udara

Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari gabungan CO₂ dan NO₂ diperoleh dengan menggunakan persamaan (8) (Kurniawan, 2011):

$$[H^+] = \frac{(\sqrt{K_1 \times K_H \times pCO_2}) + (K_H \times pNO_2)}{K_H \times pNO_2} \quad (8)$$

$$pH = -\log [H^+]$$

- f. pH air hujan dipengaruhi gas SO₂ dan NO₂ di udara

Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari gabungan gas SO₂ dan NO₂ diperoleh dengan menggunakan persamaan (9) (Kurniawan, 2011):

$$[H^+] = \frac{(2 \times \sqrt{K_1 \times K_H \times pSO_2}) + (K_H \times pNO_2)}{K_H \times pNO_2} \quad (9)$$

$$pH = -\log [H^+]$$

- g. pH air hujan dipengaruhi gas CO₂, SO₂ dan NO₂ di udara

Untuk mencari konsentrasi [H⁺] dari gabungan CO₂, SO₂ dan NO₂ diperoleh dengan menggunakan persamaan (10) (Kurniawan, 2011) :

$$[H^+] = \frac{(\sqrt{K_1 \times K_H \times pCO_2}) + (2 \times \sqrt{K_1 \times K_H \times pSO_2}) + (K_H \times pNO_2)}{K_H \times pNO_2} \quad (10)$$

$$pH = -\log [H^+]$$

dengan :

- [H⁺] : konsentrasi ion hidrogen
- K₁ : konstanta disosiasi gas
- K_H : konstanta Henry
- p_{CO₂} : tekanan parsial CO₂
- p_{SO₂} : tekanan parsial SO₂
- p_{NO₂} : tekanan parsial NO₂

2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi pengaruh gas di udara terhadap pH air hujan dan pengaruh kadar gas terlarut terhadap pH air hujan menggunakan korelasi Pearson.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Nilai Keasaman Air Hujan Observasi

Penelitian ini menggunakan dua jenis sampel yaitu sampel air hujan dan sampel konsentrasi gas di udara. Sampel air hujan

digunakan untuk mendapatkan nilai keasaman (pH) air hujan observasi, sedangkan sampel konsentrasi gas di udara digunakan untuk mendapatkan perkiraan nilai pH air hujan perhitungan. Untuk mendapatkan nilai keasaman air hujan observasi digunakan data curah hujan rata-rata selama satu minggu dan digunakan juga data pH air hujan mingguan.

Cara perhitungan seperti yang terlihat pada Persamaan (1) dan (2). Data curah hujan dan pH air hujan selama bulan April, Mei dan Juni dapat dilihat pada Tabel 1. Curah hujan tertinggi pada penelitian ini terjadi pada bulan April minggu keempat dengan curah hujan sebesar 151 mm dan pH 6,49. Sedangkan curah hujan terendah terjadi pada minggu kedua pada bulan April dengan curah hujan 12,5 dan pH 7,40. Dari data tersebut dibuat suatu hubungan pengaruh curah hujan terhadap pH menggunakan korelasi Pearson dan didapat korelasi sebesar 0,04 dengan koefisien penentu sebesar 0,18 persen. Dari korelasi tersebut dapat dikatakan bahwa curah hujan mempengaruhi pH air hujan sebesar 0,18 persen pada saat penelitian.

Tabel 1. Data curah hujan dan pH air hujan selama bulan April, Mei dan Juni tahun 2014

No	Keterangan	Tanggal	Curah Hujan (mm)	pH
1	Minggu 1	1-6 April 2014	40.0	4.88
2	Minggu 2	7-13 April 2014	12.5	7.40
3	Minggu 3	14-20 April 2014	76.5	7.39
4	Minggu 4	21-30 April 2014	151	6.49
5	Minggu 1	1-11 Mei 2014	120	6.62
6	Minggu 2	12-18 Mei 2014	78.0	6.42
7	Minggu 3	19-25 Mei 2014	66.6	6.69
8	Minggu 4	26-31 Mei 2014	38.5	6.39
9	Minggu 1	1-8 Juni 2014	96.5	5.98
10	Minggu 2	9-15 Juni 2014	105	5.70
11	Minggu 3	16-22 Juni 2014	16.5	5.89
12	Minggu 4	23-30 Juni 2014	25.5	6.15

3.2 Nilai Perhitungan Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO₂, SO₂ dan NO₂ Di Udara

Pengaruh gas di udara (CO₂, SO₂ dan NO₂) terhadap tingkat keasaman air hujan didapat dengan melakukan perhitungan pada nilai konsentrasi gas dan tekanan udara rata-rata setiap bulan selama penelitian. Hasil perhitungan pengaruh gas di udara terhadap pH air hujan selama bulan April, Mei dan Juni disajikan pada Tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai pH perhitungan yang mendekati nilai pH hasil observasi adalah nilai perhitungan dari gas CO₂. Data ini menjelaskan bahwa gas CO₂ memiliki pengaruh yang besar terhadap pH air hujan pada bulan April. Gas CO₂ terdapat di alam antara lain akibat dari sisa hasil pembakaran kendaraan bermotor dan pembukaan lahan gambut. Kedua hal ini memiliki potensi yang besar dalam peningkatan emisi gas CO₂. Gas ini apabila bereaksi dengan air hujan akan membentuk asam karbonat, asam inilah yang berpengaruh terhadap nilai keasaman air hujan.

Nilai pH air hujan akibat absorpsi gas SO₂ sebesar 4,24, nilai ini di bawah nilai pH air hujan observasi. Hal ini menunjukkan bahwa gas SO₂ memiliki pengaruh yang kecil terhadap keasaman air pada bulan April. NO₂ merupakan gas yang sedikit larut dalam air. Dari data penelitian, pH air hujan apabila terabsorpsi gas NO₂ akan memiliki nilai sebesar 9,75. Walaupun gas ini apabila larut di dalam air langsung membentuk asam kuat namun pada penelitian ini kadar gas NO₂ yang ada di udara sangat kecil sekali sehingga saat perhitungan nilai pH menjadi 9,75, dan nilai ini memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap pH air hujan dibandingkan gas SO₂ di udara. Apabila nilai ini digabungkan dengan nilai perhitungan pH air hujan akibat absorpsi gas CO₂ dan SO₂ maka tidak terdapat hasil yang signifikan pada nilai pH air hujan tersebut.

Tabel 2. Perhitungan pengaruh gas terhadap pH air hujan pada bulan April tahun 2014

Hasil Perhitungan		pH Hasil Observasi
Gas	pH	
CO ₂	5,61	5,68
SO ₂	4,24	
NO ₂	9,75	
CO ₂ + SO ₂	4,22	
CO ₂ + NO ₂	5,61	
SO ₂ + NO ₂	4,24	
CO ₂ + SO ₂ + NO ₂	4,22	

Tabel 3. Perhitungan pengaruh gas terhadap pH air hujan pada bulan Mei tahun 2014

Hasil Perhitungan		pH Hasil Observasi
Gas	pH	
CO ₂	5,63	6,54
SO ₂	4,25	
NO ₂	9,75	
CO ₂ + SO ₂	4,23	
CO ₂ + NO ₂	5,63	
SO ₂ + NO ₂	4,25	
CO ₂ + SO ₂ + NO ₂	4,23	

Tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai pH air hujan sebesar 6,54. Nilai ini merupakan nilai di atas batas nilai minimum air hujan. Dengan demikian dapat diartikan bahwa air hujan pada bulan tersebut bersih dan tidak dipengaruhi oleh ketiga gas tersebut.

Tabel 4. Perhitungan pengaruh gas terhadap pH air hujan pada bulan Juni tahun 2014

Hasil Perhitungan		pH Hasil Observasi
Gas	pH	
CO ₂	5,61	5,84
SO ₂	4,25	
NO ₂	9,75	
CO ₂ + SO ₂	4,23	
CO ₂ + NO ₂	5,61	
SO ₂ + NO ₂	4,25	
CO ₂ + SO ₂ + NO ₂	4,23	

Tabel 4 memperlihatkan pH air hujan sebesar 5,84. Nilai ini mendekati nilai perhitungan pH air hujan akibat absorpsi gas CO₂ di udara pada bulan Juni. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa pada bulan Juni keasaman air hujan disebabkan oleh adanya pengaruh gas CO₂ di udara yang kemudian bereaksi dengan H₂O menghasilkan asam karbonat yang dapat mengakibatkan air hujan menjadi asam.

Setelah dilakukan analisis kemudian dibuat korelasi untuk melihat seberapa besar pengaruh curah hujan terhadap pH air tersebut. Hasil korelasi curah hujan terhadap pH air hujan didapat nilai koefisien korelasi sebesar 0,04. Nilai koefisien korelasi bernilai positif yang menunjukkan bahwa apabila curah hujan mengalami kenaikan maka pH hujan juga akan mengalami kenaikan. Hal ini juga menjelaskan bahwa apabila terjadi hujan, air hujan yang jatuh tersebut mencuci polutan-polutan di atmosfer sehingga saat terjadi hujan di hari berikutnya polutan di atmosfer telah bersih.

3.3 Analisis Kadar Gas CO₂ Dalam Sampel Air Hujan

Tabel 5. Hasil analisis kadar gas CO₂ dalam sampel air hujan

Bulan	Kode Sampel	pH Air Hujan	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V _{rata-rata} (ml)	Kadar CO ₂ (mg/L)
April	1	4.88				10.54
	2	7.40				3.92
	3	7.39				5.59
	4	6.49				5.32
Mei	5	6.62	0.8	0.7	0.75	3.30
	6	6.42	1	0.8	0.90	3.96
	7	6.69	1	1	1.00	4.40
	8	6.39	1	1	1.00	4.40
Juni	9	5.98	1	1	1.00	4.40
	10	5.70	1.2	1.3	1.25	5.50
	11	5.89	1.1	1.1	1.10	4.84
	12	6.15	0.90	0.90	1.90	3.96

Korelasi data kadar CO₂ terhadap pH air hujan pada Tabel 5 sebesar $-0,64$ dengan koefisien penentu sebesar 40,72 persen. Tanda minus pada hasil korelasi CO₂ terhadap pH air hujan menunjukkan apabila kadar CO₂ mengalami peningkatan maka pH air hujan mengalami penurunan. Sedangkan koefisien penentu menjelaskan bahwa kandungan gas CO₂ mempengaruhi pH air hujan sebesar 40,72 persen. Dengan demikian dapat diartikan apabila gas CO₂ larut dalam air hujan, gas ini akan membentuk asam karbonat yang merupakan asam lemah dan mengakibatkan nilai pH air menjadi 5.60. Data ini didukung dengan nilai koefisien penentu sebesar 40,72 persen. Nilai ini menjelaskan bahwa gas CO₂ merupakan gas yang paling banyak mempengaruhi pH air hujan dibandingkan kadar sulfat dan nitrat.

3.4 Analisis Kadar Sulfat Dalam Sampel Air Hujan

Tabel 6. Hasil analisis kadar sulfat dalam sampel air hujan

pH air hujan	Kadar Sulfat (mg/L)
4,88	<0,4629
7,40	3
7,39	<0,4629
6,49	<0,4629
6,62	2
6,42	<0,4629
6,69	2
6,39	2
5,98	<0,4629
5,70	<0,4629
5,89	3
6,15	1

Korelasi hasil analisis sulfat terhadap pH air hujan pada Tabel 6 sebesar 0,43 dengan koefisien penentu sebesar 18,48 persen. Nilai persentase yang kecil menunjukkan bahwa ion sulfat memiliki pengaruh sebesar 18,48 persen terhadap pH air hujan. Dari hasil pendugaan dengan menggunakan perhitungan gas di udara juga memperlihatkan pH air hujan di wilayah tersebut tidak dipengaruhi oleh gas SO₂ di udara. Hal ini didukung dengan wilayah pengamatan tersebut jauh dari pusat kota yang memiliki polusi udara yang lebih besar akibat asap kendaraan bermotor.

3.5 Analisis Kadar Nitrat Dalam Sampel Air Hujan

Tabel 7. Hasil analisis kadar nitrat dalam sampel air hujan

pH air hujan	Kadar Nitrat (mg/L)
4,88	0,18
7,40	0,10
7,39	0,18
6,49	0,01
6,62	0,05
6,42	0,01
6,69	0,05
6,39	0,08
5,98	0,06
5,70	0,03
5,89	0
6,15	0,08

Nilai koefisien korelasi kadar nitrat terhadap pH air hujan pada Tabel 7 sebesar 0,04 dengan koefisien penentu sebesar 0,18 persen. Dari data ini disimpulkan bahwa ion nitrat tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap pH air hujan. Data ini juga merupakan data pendukung dari hasil perhitungan pH air akibat absorpsi gas NO₂ di udara. Dari perhitungan diperoleh nilai

pH air hujan akibat absorpsi gas NO_2 di udara sebesar 9,75 pada bulan April, Mei dan Juni. Ini terjadi karena gas NO_2 memiliki sifat sedikit larut dalam air dan saat pengukuran kandungan gas NO_2 di udara hanya sebesar 0,018 ppm setiap bulannya, karena kadar di udara sedikit maka gas NO_2 tidak memiliki pengaruh yang besar dalam proses keasaman air di wilayah tersebut.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perhitungan pH gas di udara (CO_2 , SO_2 dan NO_2) yang mendekati pH air hujan observasi adalah pH perhitungan dari gas CO_2 di udara. Hasil analisis dari gas terlarut (kadar CO_2 , sulfat dan nitrat) pada air hujan diperoleh total koefisien penentu sebesar 59,38 %. Dari total tersebut dapat diduga ada polutan-polutan lain yang mempengaruhi tingkat keasaman air hujan pada wilayah tersebut. Analisis kadar CO_2 , sulfat dan nitrat pada sampel air hujan diperoleh kadar CO_2 yang paling banyak terkandung dalam air hujan, sehingga dapat disimpulkan bahwa gas CO_2 memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat keasaman air hujan dibandingkan gas SO_2 dan NO_2 dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,64 dan koefisien penentu sebesar 40,72 %.

Daftar Pustaka

- APHA, 2005, *Standart methods for the examination of water and waste, 14ed*, APHA, Washington D.C
- Kurniawan, A., 2009, *Pengaruh Gas CO_2 dan SO_2 , Terhadap pH Air Hujan di Bukit Kototabang*, Megasains Buletin, 2:56-66
- Kurniawan, A., 2011, *Pembuatan Model Sederhana pengaruh Gas CO_2 , SO_2 dan NO_2 Terhadap Tingkat Keasaman Air Hujan*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 12:43-52
- Nicholson, 2005, *Cuaca. Intisari Ilmu*, Penerbit Pertama 2001 Oleh Marshall Publishing, Alih Bahasa Anggia Prasestyoputri, Hak Penerjemah 2005, Erlangga, Jakarta
- Tjasyono, B., 2004, *Klimatologi*, Edisi Kedua, ITB Press, Bandung