

UJI KANDUNGAN UNSUR RADIOAKTIF DAN BAKTERI PENCEMAR *ESCHERICHIA COLI* PADA LIMBAH INDUSTRI DI DAERAH HILIR SUNGAI BADUNG, DESA PEMOGAN

Indah Suwandewi, Ni Made^{1*}, Ratnawati, I Gusti A.A.¹, Darmayasa, Ida Bagus Gede¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali Indonesia 80361.

*Email : indah.suwandewi@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan pengujian kandungan unsur radioaktif dan bakteri pencemar *E.coli* pada air sungai di daerah hilir Sungai Badung, Desa Pemogan. Pengujian kandungan unsur pada sampel air sungai menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Sphectrometer*) di Laboratorium Analitik Universitas Udayana. Unsur-unsur yang terkandung pada air sungai di daerah hilir Sungai Badung, Desa Pemogan yaitu Co, Cu, Pb, dan Cd. Diduga pencemaran air sungai Badung terhadap unsur-unsur tersebut disebabkan karena pembuangan limbah hasil produksi oleh industri pewarna tekstil yang berada di sekitar Sungai Badung, Desa Pemogan. Uji kandungan bakteri pencemar *E.coli* menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*). Hasil uji bakteri dengan metode MPN menunjukkan keberadaan bakteri *E.coli* pada air sungai Badung dengan jumlah berkisar antara 0 sampai >11.000 MPN/100ml sampel. Menurut PP No.82 tahun 2001, kandungan bakteri *E.coli* yang diperbolehkan pada air sungai maksimal berada pada kisaran 2000 MPN/100ml air. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan bakteri *E.coli* pada air sungai di daerah hilir Sungai Badung, Desa Pemogan telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Kata kunci : Unsur Radioaktif, *E.coli*, AAS (*Atomic Absorption Sphectrometer*), MPN (*Most Probable Number*).

Abstract

The radioactive element content and *E.coli* bacterial contaminants has been done testing in river water downstream of Badung River, Village Pemogan. The testing of elements content in the samples using AAS instrument (*Atomic Absorption Sphectrometer*) Analytical Laboratory Udayana University. The elements contained in the river water downstream of Badung River, Village Pemogan including Co, Cu, Pb, and Cd. The pollution in Badung river water to the elements thought due to the disposal of waste production by the textile dye industry was around the River Badung, Pemogan village. The test pollutant content of *E.coli* bacteria using the MPN (*Most Probable Number*). The results of the test bacteria by MPN method showed the presence of *E.coli* bacteria contaminants in Badung river water with amounts ranging from 0 to >11,000 samples MPN/100ml. According to PP 82 in 2001, the content of *E.coli* bacteria in the water of the river is allowed a maximum in the range of 2000 MPN/100ml water. This suggests that the content of *E.coli* bacteria in river water downstream of Badung River, Village Pemogan has exceeded a predetermined threshold.

Keywords : Radioactive Elements, *E.coli*, AAS (*Atomic Absorption Sphectrometer*), MPN (*Most Probable Number*).

I. PENDAHULUAN

Tercemarnya air sungai dengan adanya limbah industri tekstil atau garmen dapat mengakibatkan meningkatnya zat radioaktif (alami atau buatan) yang terkandung di dalam air tersebut. Secara alamiah zat radioaktif sudah ada sejak terbentuknya bumi. Namun, bertambahnya zat radioaktif di lingkungan, diakibatkan karena kegiatan membuang limbah industri dan limbah radiasi ke sungai. (Ratnawati, Darmayasa, 2012)

Air diijinkan mengandung unsur radioaktif seperti radionuklida, tetapi kelebihan kandungan radionuklida dari batas yang diijinkan merupakan tanda adanya pencemaran (Ratnawati, Darmayasa, 2012). Bahan pencemar lebih dikenal sebagai polutan. Polutan merupakan zat yang ditemukan dalam lingkungan, dan mempunyai efek buruk bagi manusia dan organisme hidup lainnya. Bahan-bahan pencemar terbanyak berupa bahan kimia, sisanya berupa bahan biologis serta fisika. Bahan-bahan pencemar ini umumnya bersifat toksik atau racun di dalam tubuh.

Disamping zat radioaktif, kualitas air juga dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan protozoa. Limbah berupa padatan maupun cair merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Air yang mengandung mikroorganisme merupakan air yang terkontaminasi sehingga air tersebut dapat menyebabkan berbagai macam penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen. Salah satu bakteri yang sering digunakan sebagai indikator adanya pencemaran bakteri pathogen pada air adalah bakteri pencemar *Escherichia coli* (Ukir Suwardani, 1998). Bakteri *E.coli* dapat menyebabkan berbagai macam penyakit, diantaranya gastroenteritis dan disentri pada manusia. Kualitas air yang baik, yaitu air yang tidak mengandung bakteri *E.coli*, karena apabila dalam air terdapat bakteri *E.coli*, maka air tersebut

telah tercemar oleh materi yang berasal dari feses manusia dan hewan berdarah panas lainnya. (Ratnawati, Darmayasa, 2012)

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radioaktivitas Lingkungan

Radioaktivitas adalah kemampuan inti atom yang tidak stabil untuk memancarkan radiasi dan berubah menjadi inti yang stabil. Proses perubahan ini disebut peluruhan dan inti atom yang tidak stabil disebut radionuklida. Unsur yang mengandung inti tidak stabil memancarkan radiasi, disebut zat radioaktif. Peluruhan adalah perubahan inti atom yang tidak stabil menjadi inti atom lain, atau perubahan suatu unsur radioaktif menjadi unsur yang lain. (Wardhana, 2009)

Radioaktivitas lingkungan, 87% disebabkan oleh sumber-sumber radiasi alam yang terdiri atas radiasi radon (51%), radiasi kosmik (10%), radiasi interna (12%), radiasi eksterna-gamma (14%) dan disebabkan oleh radiasi buatan sebanyak (13%), serta yang terdiri atas kegiatan medik (12%) dan lain-lain (1%). (Arief, 2006)

2.1.1 Radioaktivitas Alam

Unsur radioaktif alam, yaitu unsur radioaktif yang dapat ditemukan di alam, umumnya ditemukan dalam kerak bumi. Semua unsur radioaktif alam yang bernomor atom tinggi akan termasuk dalam deret radioaktif, seperti berikut : (Arief, 2006)

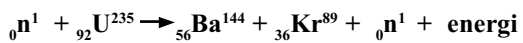
1. Deret Uranium, dimulai dari ${}_{92}\text{U}^{238}$ berakhir pada ${}_{82}\text{Pb}^{206}$
$${}_{92}\text{U}^{238} \longrightarrow {}_{82}\text{Pb}^{206} + 8 {}_2\hat{a}^4 + 6 {}_{-1}\hat{a}^0$$
2. Deret Thorium, dimulai dari ${}_{90}\text{Th}^{232}$ berakhir pada ${}_{82}\text{Pb}^{208}$
$${}_{90}\text{Th}^{232} \longrightarrow {}_{82}\text{Pb}^{208} + 6 {}_2\hat{a}^4 + 4 {}_{-1}\hat{a}^0$$
3. Deret Actinium, dimulai dari ${}_{92}\text{U}^{235}$ berakhir pada ${}_{82}\text{Pb}^{207}$
$${}_{92}\text{U}^{235} \longrightarrow {}_{82}\text{Pb}^{207} + 7 {}_2\hat{a}^4 + 4 {}_{-1}\hat{a}^0$$

2.1.2 Radioaktivitas Buatan

Radioaktif dapat dibuat oleh manusia berdasarkan reaksi inti antara dua nuklida yang tidak radioaktif dengan neutron atau biasa disebut dengan reaksi fisi di dalam reaktor atom. Unsur radioaktivitas buatan berasal dari hasil pembelahan (fisi), reaksi inti, dan debu-debu radioaktif. (Anies, 2006)

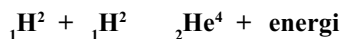
Reaksi Fisi merupakan reaksi pembelahan dari sebuah atom menjadi dua bagian atom lain yang disertai dengan pelepasan energi. (Adiarsito, 2013)

contoh :



Reaksi Fusi merupakan reaksi penggabungan 2 buah unsur ringan disertai pengeluaran energi. (Adiarsito, 2013)

contoh :



Pada reaksi inti dihasilkan neutron-neutron baru yang dapat meneruskan reaksi fisi secara berantai. Wardhana (1994) menyatakan bahwa reaksi berantai apabila tidak dikendalikan dapat menimbulkan ledakan. Reaksi fisi akan menghasilkan neutron dengan energi yang tinggi ± 2 MeV, tergantung dari jenis reaktornya. Sehingga, apabila reaksi fisi terjadi pada energi termal (sekitar 0,025 eV), energi pada neutron yang baru harus diturunkan dengan cara hamburan.

Radioisotop yang menyebabkan timbulnya radioaktivitas lingkungan, baik yang berasal dari radioaktivitas alam maupun yang berasal dari radioaktivitas buatan, akan mengalami salah satu atau lebih bentuk peluruhan berikut ini (Wardhana, 1994), diantaranya Radiasi Alpha, Radiasi Beta Min, Radiasi Beta Plus, Radiasi Gamma, Konversi Internal, dan Radiasi Neutron.

Sumber radiasi buatan yang ada di lingkungan berasal dari percobaan nuklir, daur ulang bahan bakar nuklir dan sumber-sumber lain yang merupakan hasil aktivasi. Aktivasi dari radioaktivitas jatuhnya (*fallout*) akibat percobaan nuklir merupakan bagian terbesar dari aktivitas radiasi buatan. Namun demikian, aktivitas dari radiasi buatan relatif sangat kecil dibandingkan dengan aktivitas radiasi alam. (Anonim, 2013)

2.2 Mikroorganisme di Dalam Air

Bermacam-macam mikroorganisme hidup di dalam air, baik yang bersifat patogen maupun non-patogen. Adanya mikroorganisme patogen dalam air merupakan indikator bahwa air tersebut telah tercemar (Drestha, 2001). Kualitas air untuk air minum ditentukan oleh keberadaan mikroorganisme patogen di dalam air tersebut (Suriawiria, 1996). Jenis bakteri patogen yang banyak terdapat dalam air yaitu bakteri *E.coli*.

Berdasarkan asal dan sifatnya, Drestha (2001) dalam Suriawiria (1996) mengelompokkan bakteri coli menjadi dua golongan, yaitu :

- a *Fecal coli*, seperti *E.coli* merupakan bakteri patogen yang berasal dari tinja manusia dan kotoran hewan berdarah panas.
- b *Coli non-fecal*, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi mungkin berasal dari sumber lain, seperti limbah pertanian, industri, dan rumah tangga.

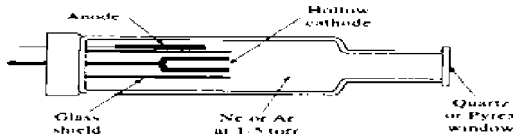
Suwardani (1998) menyatakan bahwa *E.coli* merupakan bakteri yang biasa dijumpai pada air yang tercemar oleh bahan pencemar biologis. Bakteri ini sering digunakan sebagai indikator adanya pencemaran bakteri patogen pada air. Ada empat macam *E.coli* patogen yang menyebabkan penyakit pada manusia, yaitu : (Suwardani, 1998 dalam Shulman *et al*, 1994)

2.3 Atomic Absorption Spectrometer (AAS)

Atomic Absorption Spectrometer (AAS) atau dalam bahasa Indonesia disebut Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. (Ayuningtyas, 2011)

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. Setiap alat AAS pada umumnya terdiri atas empat komponen yaitu, unit teratomisasi, sumber radiasi, monokromator dan detektor (Elfira, 2013).

Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda. Lampu ini terdiri dari sebuah tabung gelas dengan dua buah elektroda; satu elektroda terbuat dari unsur tertentu dan elektroda yang lain merupakan suatu anoda.



Gambar 2.5 Lampu Katoda (Skoog, Douglas A; West, Donald M; Holler, F. 1991.)

Jenis lampu logam dengan panjang gelombang tertentu dibedakan berdasarkan logam yang dipasang pada rongga katoda. Di depan rongga lampu katoda terdapat komponen yang disebut *chopper* atau pemenggal putar yang berfungsi sebagai pengatur frekuensi radiasi yang dipancarkan dari lampu. (Faiza Fatikatus, 2013)

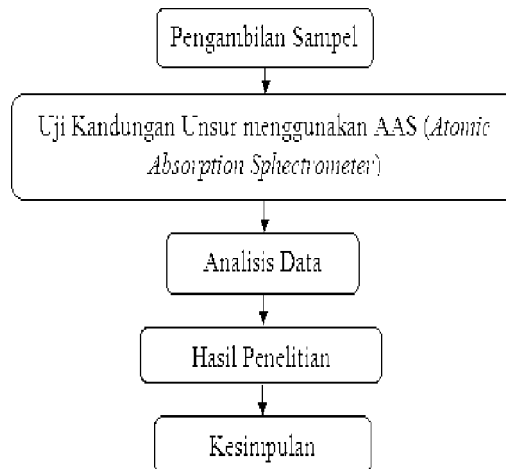
III. METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan di daerah hilir sungai Badung, dengan lokasi pengambilan sampel yang berbeda-beda. Lokasi pertama (S1) terletak di Jalan Pulau Batanta, Banjar Seblanga, Desa Dauh Puri, lokasi kedua (S2) terletak di Jalan Tukad Baru, Banjar Panti Gede, Desa Pemogan, dan untuk lokasi ketiga (S3) terletak di Jalan Taman Pancing, Kampung Islam, Desa Pemogan. Pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali selama tiga minggu.

3.1 Pengujian unsur radioaktif

Uji kandungan unsur pada sampel air sungai di daerah hilir sungai Badung menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*).

Sampel air yang telah diambil kemudian dibawa ke Laboratorium Analitik Universitas Udayana untuk diuji kandungan logam berat dan unsur radioaktifnya. Sebelum sampel dianalisis pada alat AAS, sampel diambil sebanyak 50 ml, kemudian ditambahkan larutan asam nitrat (HNO_3) pekat sebanyak 2 ml dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat sebanyak 2 ml. Skema penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.

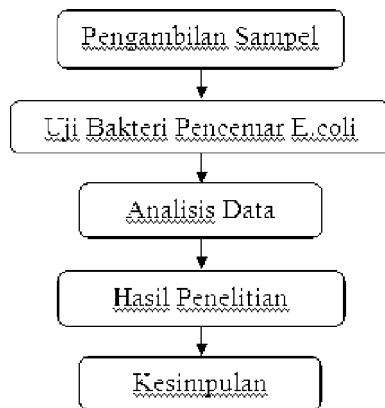


Gambar 3.1 Skema Penelitian Uji Unsur Radioaktif

Penentuan kandungan unsur pada sampel dengan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS) didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yaitu absorpsi berbanding lurus dengan konsentrasi uap atom (Anonim, 2013). Semakin tinggi konsentrasi larutan standar, maka nilai absorpsinya akan semakin tinggi.

3.2 Pengujian bakteri *E.coli*

Pengukuran derajat pencemaran pada air limbah secara mikrobiologis dapat dilakukan dengan menentukan kandungan bakteri pencemar *E.coli* (Ratnawati, Darmayasa, 2012). Sampel air yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam botol steril ±300 ml, selanjutnya mulut botol segera disterilkan dengan lampu *Bunsen* dan ditutup dengan penutup steril. (Drestha, 2001)



Gambar 3.2 Skema Penelitian Uji Bakteri Pencemar *E.coli*

Selanjutnya sampel dibawa ke Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi FMIPA UNUD untuk dianalisa secara mikrobiologi. Kandungan *coliform* dan *fecal coli* (*E.coli*) dianalisa dengan

metode MPN (*Most Probable Number*), yang terdiri dari tiga tahapan, yaitu : uji penduga (*Presumptiv Test*) dengan media *Laktose Broth* (LB), uji penetap (*Confirmative Test*) dengan *Brilliant Green Laktose Bile 2% Broth* (BGBB) untuk mengetahui adanya bakteri *coliform* dan *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) untuk mengetahui adanya *fecal coli* dan uji pelengkap (*Completed Test*). (Ariawan, 2012)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Unsur Radioaktif

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada ketiga sampel air di lokasi yang berbeda terdapat unsur radioaktif dan kandungan logam berat seperti Co (*Cobalt*), Pb (*Lead*), Cd (*Cadmium*) dan Cu (*Copper*). Menurut Wardhana (2009), unsur Co (*Cobalt*) dapat diklasifikasikan sebagai unsur yang dapat bersifat radioaktif karena Co dapat memancarkan radiasi gamma (γ) apabila intinya tidak stabil. Namun, untuk mengetahui besarnya tingkat radioaktivitas dari unsur tersebut, perlu diadakan penelitian lanjutan. Radioaktivitas lingkungan sudah ada sejak terbentuknya bumi, namun pembuangan limbah industri yang mengandung bahan kimia berbahaya dapat menyebabkan berbagai kerusakan biologis. (Wardhana, 2009)

Pengujian unsur radioaktif dan logam berat pada sampel air sungai di daerah hilir sungai Badung, Desa Pemogan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara deskriptif, data hasil penelitian dapat dijelaskan seperti pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Uji Konsentrasi Unsur Radioaktif dan Logam Berat

Ulangan (per minggu)	Lokasi	Nama unsur			
		Co (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)
Minggu I	S1	0,137	0,656	0,05	0,011
	S2	0,136	0,653	0,052	0,02
	S3	0,145	0,705	0,05	0,015
Minggu II	S1	0,145	0,697	0,054	0,019
	S2	0,135	0,651	0,047	0,009
	S3	0,135	0,644	0,051	0,012
Minggu III	S1	0,137	0,717	0,054	0,038
	S2	0,115	0,611	0,044	0,04
	S3	0,122	0,647	0,05	0,032

Metode pengujian unsur radioaktif dengan alat AAS berprinsip pada absorpsi atau penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam. Dimana, semakin besar konsentrasi sebuah unsur, maka absorpsi atau penyerapan terhadap unsur tersebut akan semakin besar. (Elfira, 2013)

Tabel 4.2 Hasil Uji Absorpsi Unsur Radioaktif dan Logam Berat

Ulangan (per minggu)	Lokasi	Nama unsur			
		Co	Pb	Cd	Cu
Minggu I	S1	0,01125	0,03	0,01575	0,001
	S2	0,01075	0,02975	0,01625	0,00225
	S3	0,01175	0,03175	0,01575	0,002
Minggu II	S1	0,01175	0,0315	0,01725	0,0025
	S2	0,011	0,0295	0,01475	0,001
	S3	0,01075	0,02925	0,016	0,0015
Minggu III	S1	0,011	0,03225	0,017	0,005
	S2	0,00925	0,02775	0,014	0,005
	S3	0,01	0,02925	0,01575	0,004

4.2 Uji Bakteri Pencemar *Escherichia coli*

Hasil uji kandungan bakteri *E.coli* pada air sungai di daerah hilir sungai Badung lebih banyak menunjukkan hasil positif pada setiap sampel yang diambil dari tiga lokasi yang berbeda. Berdasarkan penelitian, pada lokasi pertama (S1), jumlah bakteri *E.coli* rata-rata sebanyak >3.800 MPN/100ml sampel. Pada lokasi kedua (S2), jumlah bakteri *E.coli* tidak jauh berbeda dengan lokasi S1, yaitu rata-rata sebanyak >3.700 MPN/100ml sampel. Sedangkan pada lokasi ketiga (S3) jumlah bakteri *E.coli* sangat jauh berkurang daripada S1 dan S2, yaitu rata-rata <1.900 MPN/100ml sampel. Untuk lebih memperjelas jumlah bakteri *E.coli* pada air sungai di daerah hilir sungai Badung, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

4.3 Standar Baku Mutu Air

Berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang kriteria kelas air, kandungan bakteri *E.coli* maksimal berada pada kisaran 2000 MPN/100ml air. Namun, berdasarkan penelitian ini, didapatkan jumlah bakteri *E.coli* dengan jumlah lebih dari 11.000 MPN/100ml sampel. Hal ini dapat membuktikan bahwa, kandungan bakteri *E.coli*

pada sungai Badung sangat melebihi ambang batas yang telah ditentukan untuk standar baku mutu air. Pemerintah seharusnya lebih memperhatikan tingkat pencemaran perairan, terutama sungai, karena air sungai merupakan salah satu bahan baku air. Maka perlu adanya pengujian ulang tentang ketetapan standar baku mutu air pada sungai.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Air sungai di daerah hilir Sungai Badung, Desa Pemogan telah tercemari oleh unsur radioaktif dan logam berat, yaitu Co, Cu, Pb, dan Cd. Diduga, unsur-unsur tersebut berasal dari buangan limbah industri yang berada disekitar sungai Badung, Desa Pemogan. Untuk hasil uji mikrobiologi pada air sungai Badung menunjukkan keberadaan bakteri *E.coli* dengan jumlah 11.000 MPN/100ml sampel. Menurut PP No.82 tahun 2001, kandungan bakteri *E.coli* yang diperbolehkan maksimal berada pada kisaran 2000 MPN/100ml air. Hal ini menunjukkan kandungan bakteri *E.coli* pada air sungai Badung telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Tabel 4.3 Hasil Uji Bakteri *Coliform* dan *E.coli*

Lokasi	Ulangan (per Minggu)	<i>Coliform</i> (MPN/100ml)	<i>E.coli</i> (MPN/100ml)
S1	1	> 11.000	11.000
	2	> 11.000	70
	3	11.000	200
S2	1	> 11.000	> 11.000
	2	> 11.000	110
	3	2.900	70
S3	1	2.400	930
	2	11.000	0
	3	> 11.000	4600

5.2 Saran

1. Pemerintah dan masyarakat seharusnya bekerjasama untuk lebih memperhatikan kebersihan lingkungan, terutama kebersihan sungai. Karena air sungai termasuk bahan baku air untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari.
2. Industri pewarna tekstil, industri garmen dan industri lain yang berlokasi dekat dengan sungai, diharapkan mengolah secara benar limbah industri sebelum membuangnya ke sungai, agar tidak mengganggu ekosistem akuatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anies, Dr.dr, MKes PKK. 2006. *Potensi Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik SUTET*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo
- Ariawan, Putu Rusdi. 2012. *Kondisi Lingkungan Disepanjang Tukad Badung Provinsi Bali*. Denpasar : Universitas Udayana
- Arief, A.S. 2006. *Tingkat Radioaktivitas Radionuklida Primordial U dan Th*. Bogor : IPB (Institut Pertanian Bogor)
- Chandra, Dr. Budiman. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : EGC
- Drestha, Ida Bagus Gede Manu. 2001. *Kualitas Air Sungai Ayung Pada Musim Hujan Ditinjau dari Sifat Fisik Kimia dan Mikrobiologi*. Jimbaran : Universitas Udayana
- Elfira, Jumasing Rahmatiyah. 2013. http://www.academia.edu/3724508/Makalah_aas (diakses, 10 Desember 2013, pukul 22.00 WITA)
- Fardiaz, Srikandi. 2006. *Polusi Air Dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius
- Fatikatus, Faiza. 2013. Spektrofotometri Serapan Atom. www.scrib.com (diakses 21 Mei 2013, pukul 08.00 WITA)
- Pelczar, Michael J, Chan, E,C,S. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta : UI-Press
- Ratnawati, Darmayasa. 2012. *Uji Kandungan Unsur Radioaktif dan Bakteri Pencemar Escherichia coli Pada Limbah Pasar Badung*. Bali : Universitas Udayana
- Siregar, Sakti A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Kanisius
- Skoog, Douglas A; West, Donald M; Holler, F. 1991. *Fundamentals of Analytical Chemistry-Seventh Edition*. New York: Saunders College Publishing
- Skoog, Douglas A., West, Donald M., dan Holler, F.James. 1996. *Analytical Chemistry*. Amerika : Saunders College Publishing
- Sundra, I.K. 1997. *Pengaruh TPA Sampah Terhadap Kualitas Air Sumur di Wilayah Suwung Denpasar*.
- Suriawiria, Unus. 1996. *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*. Bandung : Penerbit Alumni
- Suwardani, Ni Made Ukir. 1998. *Kualitas Air Sungai Badung Selama Musim Penghujan Ditinjau dari Kandungan Coliform dan E.coli*. Jimbaran : Universitas Udayana
- Wardhana, Wisnu Arya. 1994. *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*. Yogyakarta : Andi
- Wardhana, Wisnu Arya. 2009. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi