

PENGARUH PERUBAHAN GUNA LAHAN TERHADAP DEBIT LIMPASAN AIR PERMUKAAN DI KOTA BOGOR

YOVI RUSDIAN PUTRA¹ , ISRO SAPUTRA, S.T., M.T.²

1. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
2. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email : Yoviputray@gmail.com

ABSTRAK

Kota Bogor memiliki fungsi sebagai Kota pemukiman, Perdagangan, dan industri. Kota Bogor memiliki posisi strategis karena sebagai salah satu penyangga Ibukota. Setiap tahun kebutuhan akan lahan untuk tempat tinggal akan semakin bertambah menjadikan perkembangan perubahan guna lahan di Kota Bogor tidak terkendali banyak perubahan guna lahan dan alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun yang terjadi di tahun 2012 – 2015. Perubahan guna lahan yang terjadi dapat mengakibatkan meningkatnya debit limpasan air permukaan di Kota Bogor, karena daerah resapan air yang semakin berkurang. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah perhitungan debit limpasan air permukaan menggunakan rumus $Q1 = 0.0028 \times C \times i \times A$ dan perubahan guna lahan yang di analisis adalah perubahan guna lahan Kota Bogor tahun 2012 - 2015 sehingga menghasilkan angka debit limpasan air permukaan Kota Bogor. Berdasarkan hasil analisis perhitungan debit limpasan air permukaan di Kota Bogor, setelah terjadinya perubahan guna lahan antara tahun 2012 – 2015 debit limpasan air permukaan di Kota Bogor berubah dan debit limpasan Kota Bogor meningkat.

Kata Kunci : *Perubahan guna lahan, intensitas curah hujan, debit limpasan air permukaan.*

ABSTRACT

Bogor has a function as a residential, trade and industrial city. The city of Bogor has a strategic position because it is one of the buffers for the capital. Every year the need for land for housing will increase, making the development of land use change in Bogor uncontrollable, many changes in land use and conversion of land into built-up land that occurred in 2012 - 2015. Changes in land use that occur can result in increased runoff discharge surface water in the city of Bogor, because the water catchment area is decreasing. analytical method used in this study is the calculation of surface water runoff using the formula $Q1 = 0.0028 \times C \times i \times A$ and land use change in the analysis is the land use change of Bogor City in 2012 - 2015 so as to produce the surface water runoff rate of Bogor City. Based on the results of the analysis of the calculation of surface water runoff in the city of Bogor, after the change in land use between 2012 - 2015 the runoff

discharge of surface water in the city of Bogor changed and the runoff discharge in the city of Bogor increased.

Keywords : *Land use change, rain intensity, surface water runoff*

1. PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk yang setiap tahunnya terus meningkat membuat kebutuhan akan lahan terus meningkat, kebutuhan akan lahan ini mencakup lahan untuk tempat tinggal maupun usaha perdagangan dan jasa. Terjadinya pertambahan penduduk ini menjadikan banyaknya perubahan guna lahan maupun perubahan fungsi guna lahan, perubahan guna lahan yang terjadi membuat debit limpasan air permukaan bertambah sehingga menyebabkan banjir (Asdak, 2010). Limpasan permukaan berasal dari bagian dari curah hujan yang tidak masuk ke dalam tanah sehingga mengalir di permukaan, atau dari bagian curah hujan yang masuk ke dalam tanah yang jenuh air sehingga air tersebut ke luar ke permukaan dan mengalir di permukaan menuju tempat yang lebih rendah (Chow 1964, Seyhan 1977). Kota Bogor adalah Kota yang memiliki fungsi sebagai Kota sebagai kota perdagangan, kota industri, kota pemukiman, kota wisata ilmiah dan kota pendidikan sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Bogor nomor 1 tahun 2000 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah 1999-2000. Kota Bogor yang dikenal dengan sebutan Kota Hujan ini memang memiliki intensitas hujan yang cukup tinggi dengan curah hujan tertinggi di Indonesia yaitu berada pada kisaran antara 3500-4000 mm/tahun. . Lahan Kota yang tadinya merupakan ruang terbuka hijau dan situ-situ yang berfungsi menampung air hujan, mengalami perubahan penggunaan lahan menjadi kawasan terbangun. Perubahan penggunaan lahan ditambah dengan tingginya curah hujan di Bogor mengakibatkan semakin besarnya limpasan air permukaan (*surface run-off*) pada saat turun hujan.

1. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Jenis Metode Penelitian

Metode penelitian deskriptif adalah penelitian yang benar-benar hanya memaparkan apa yang terdapat atau terjadi di dalam sebuah kancah, lapangan, atau wilayah tertentu. Metode deskriptif dirancang untuk mengumpulkan informasi tentang keadaan-keadaan nyata pada saat ini atau yang sedang berlangsung. Survei sekunder dilakukan untuk mencari literatur mengenai perubahan guna lahan dan peresapan air tanah baik dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu. Pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perubahan guna lahan yang terjadi di Kota Bogor dan tingkat limpasan air permukaan yang ada di Kota Bogor. Sumber data yang diperoleh untuk penelitian ini adalah berupa peta penggunaan lahan Kota Bogor tahun 2012 – 2015, dan intensitas curah hujan Kota Bogor. Setelah mendapatkan data tersebut analisis pertama pada penelitian ini adalah analisis perubahan guna lahan yang terjadi di Kota Bogor dengan menggunakan teknik *overlay* peta. Setelah mendapatkan perubahan guna lahan untuk menghitung debit limpasan pada penelitian ini menggunakan metode rasional dengan rumus $0,0028 \times C \times i \times A$.

2.2 Metode Pengumpulan Data

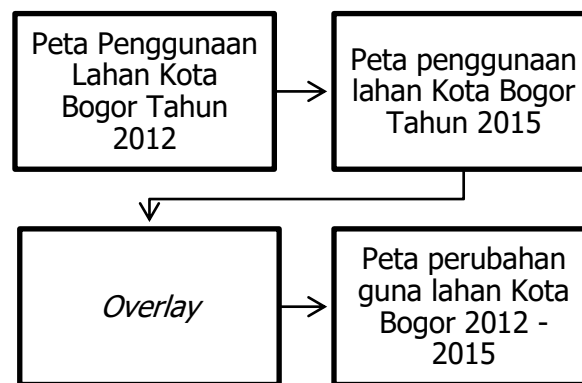
Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah data sekunder untuk mencari literatur mengenai perubahan guna lahan dan peresapan air tanah baik dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu. Pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana

perubahan guna lahan yang terjadi di Kota Bogor dan tingkat limpasan air permukaan yang ada di Kota Bogor.

2. 3 Metode Analisis

1. Analisis Perubahan Guna Lahan

Pada tahap ini, dilakukan dengan menggunakan analisis *overlay*. Analisis overlay (tumpang tindih) adalah salah satu teknik analisis yang dapat dilakukan dengan bantuan software pengolahan data spasial ArcGIS. Teknik analisis overlay dilakukan dengan cara meletakkan sebuah peta beserta seluruh atribut di dalamnya di atas sebuah peta lain untuk kemudian ditampilkan hasilnya. Dengan menggunakan peta penggunaan lahan tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 untuk melihat perubahan guna lahan yang terjadi.



Gambar 1.1 Proses *overlay* Peta Guna Lahan

2. Analisis Debit Limpasan Air Permukaan

metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit rencana), yaitu Metode Rasional. Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut:

Dimana :

Rumus : $Q_1 = 0.0028 \times C \times i \times A$

Q = Debit ($m^3/detik$)

0,0028 = Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan Ha

C = Koefisien aliran

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (Ha)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perubahan guna lahan Kota Bogor tahun 2012 – 2015

Berdasarkan hasil analisis pada peta guna lahan Kota Bogor memiliki sebesar 2106.687 Ha. Terdapat 15 guna lahan dari guna lahan non terbangun dan guna lahan terbangun sesuai dengan variabel koefisien limpasan air permukaan.

Tabel 3. 1Guna Lahan Kota Bogor

No	Guna Lahan	Luas Tahun 2012 (Ha)	Luas Tahun 2015 (Ha)	Perubahan Guna lahan Tahun 2012 – 2015 (Ha)
1	Kebun Campuran	2,5020	2,4810	0,021
2	Komersil	274,0000	493,0000	219,000
3	Lapangan	340,0000	269,0600	70,940
4	Rawa	130,0000	120,0000	10,000
5	Sawah	6,0470	4,2310	1,816
6	Semak	1,1120	1,0610	0,051
7	Industri	112,0000	201,0000	89,000
8	Tambak	333,0000	124,0000	209,000
9	Permukiman	5,0260	16,8560	11,830
10	Lahan Kosong	248,0000	200,0000	48,000
11	Sunagi	144,0000	158,0000	14,000
12	Pendidikan	72,0000	72,0000	0
13	Taman	103,0000	111,0000	80,000
14	Ladang	200,0000	180,0000	20,000
15	Pemukaman	136,0000	154,0000	18,000
Total		2106,6890	2106,6890	2106,6890

Sumber hasil analisis 2021

Berdasarkan hasil analisis perubahan guna lahan di Kota Bogor pada tahun 2012 sampai tahun 2015, perubahan yang paling besar terjadi pada guna lahan pemukiman pada tahun 2012 luas guna lahan pemukiman memiliki luas sebesar 5,026 Ha, dan pada 2015 luas guna lahan pemukiman meningkat menjadi 16,856 Ha guna lahan pemukiman di Kota Bogor tahun 2012 sampai 2015 meningkat sebesar 11,830 Ha. Berdasarkan peraturan daerah Kota Bogor no 1 tahun 2000 dimana Kota Bogor memiliki fungsi sebagai Kota pemukiman, Perdagangan, dan industri. Kota Bogor memiliki posisi strategis karena sebagai salah satu penyangga ibukota. Selain itu, kondisi alam yang relatif lebih nyaman dibanding kota penyangga lainnya. Kondisi demikian menjadikan Kota Bogor sebagai pilihan bagi penduduk baik yang datang dari sekitar Kota Bogor maupun perantau dari daerah daerah lainnya.

3.1 Analisis Debit Limpasan Air Permukaan

1. Debit Limpasan Air Permukaan Kota Bogor Tahun 2012

Analisis debit limpasan kawasan yaitu debit limpasan permukaan dengan guna lahan yang ada di Kota Bogor di tahun 2012 dengan menggunakan rumus perhitungan limpasan air permukaan.

Tabel 3.2 Debit Limpasan Air Permukaan Tahun 2012

No	Guna Lahan	C	I (MM/jam)	A (Ha)	Konstanta	Debit Limpasan M3/detik
1	Kebun Campuran	0,25	3,304	2,502	0,0028	0,00579
2	Komersil	0,95	3,304	274,000	0,0028	2,40821
3	Lapangan	0,25	3,304	340,000	0,0028	0,78639
4	Rawa	0,20	3,304	130,000	0,0028	0,24054
5	Sawah	0,20	3,304	6,047	0,0028	0,01119
6	Semak	0,07	3,304	1,112	0,0028	0,00072
7	Industri	0,90	3,304	112,000	0,0028	0,93257
8	Tambak	0,20	3,304	333,000	0,0028	0,61616
9	Pemukiman	0,40	3,304	5,0260	0,0028	0,01860
10	Lahan Kosong	0,50	3,304	248,000	0,0028	1,14721
11	Sungai	0,00	3,304	144,000	0,0028	0,00000
12	Pendidikan	0,70	3,304	72,000	0,0028	0,46628
13	Taman	0,30	3,304	103,000	0,0028	0,28588
14	Ladang	0,25	3,304	200,000	0,0028	0,46258
15	Pemukaman	0,25	3,304	136,000	0,0028	0,31456
Total				2106,687		7,69668

Sumber hasil analisis 2021

Di tahun 2012 intensitas hujan di Kota Bogor cukup tinggi curah hujan pada tahun 2012 sebesar 3,304 MM/jam , karena rata rata curah hujan di Kota Bogor sebesar 3,500 – 4,000. Di tahun 2012 Kota Bogor memiliki limpasan air permukaan sebesar 7,69668 M3/detik.

2. Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Tidak Terbangun Kota Bogor Tahun 2012

Analisis limpasan air permukaan berdasarkan lahan terbuka tidak terbangun ini bertujuan agar mengetahui perbandingan antara debit limpasan ruang terbuka tidak terbangun dan ruang terbuka terbangun.

Tabel 3.3 Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Tidak Terbangun Tahun 2012

No	Guna Lahan	C	I (MM/jam)	A (Ha)	Konstanta	Debit Limpasan M3/detik
1	Kebun Campuran	0,25	3,304	2,50	0,0028	0,00579
2	Lapangan	0,25	3,304	340,00	0,0028	0,78639
3	Rawa	0,20	3,304	130,00	0,0028	0,24054
4	Sawah	0,20	3,304	6,05	0,0028	0,01119
5	Semak	0,07	3,304	1,11	0,0028	0,00072
6	Lahan Kosong	0,50	3,304	248,00	0,0028	1,14721
7	Sungai	0,00	3,304	144,00	0,0028	0,00000
8	Taman	0,30	3,304	103,00	0,0028	0,28588
9	Ladang	0,25	3,304	200,00	0,0028	0,46258
10	Pemukaman	0,25	3,304	136,00	0,0028	0,31456
	Total			1310,66		3,25485

Sumber hasil analisis 2021

Berdasarkan tabel analisis guna lahan terbuka tidak terbangun di Kota Bogor pada tahun 2012 memiliki total luas sebesar 1310.66 Ha, dengan total debit limpasannya sebesar 3.25485 M3/detik, dapat dilihat hasil analisis tingkat debit air limpasan tertinggi terdapat pada guna lahan lahan kosong. Guna lahan lahan kosong di Kota Bogor pada tahun 2012 memiliki luas sebesar 248.000 Ha, dan memiliki debit limpasan terbesar yaitu sebesar 1.1472 M3/detik. dan untuk debit limpasan air permukaan paling kecil terdapat pada guna lahan semak yang mempunyai luas sebesar 0.0007 Ha.

3. Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Tahun 2012

Analisis limpasan air permukaan berdasarkan lahan terbuka tidak terbangun ini bertujuan agar mengetahui perbandingan antara debit limpasan ruang terbuka tidak terbangun dan ruang terbuka terbangun.

3.4 Tabel Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Tahun 2012

No	Guna Lahan	C	I	A	Q	Debit Limpasan M3/detik
1	Komersil	0,95	3,304	274,000	0,0028	2,40821
2	Industri	0,90	3,304	112,000	0,0028	0,93257
3	Tambak	0,20	3,304	333,000	0,0028	0,61616
4	Permukiman	0,40	3,304	5,0260	0,0028	0,01860
5	Pendidikan	0,70	3,304	72,000	0,0028	0,46628
	Total			796,026		4,44182

Sumber hasil analisis 2021

Berdasarkan tabel analisis guna lahan terbangun di Kota Bogor pada 2012 memiliki luas sebesar 796,026 Ha, dengan debit limpasan sebesar 4,44182 M3/detik. Dapat dilihat pada tabel analisis limpasan air permukaan debit limpasan terbesar ada pada guna lahan Komersil. Guna lahan komersil di Kota Bogor memiliki luas sebesar 274,000 Ha, dan memiliki debit limpasan sebesar 2,4082 M3/detik. dan untuk debit limpasan air permukaan paling kecil terdapat pada guna lahan permukiman yang mempunyai luas sebesar 5,0260 Ha, guna lahan permukiman pada tahun 2012 memiliki debit limpasan air permukaan sebesar 0,0186 M3/detik.

4. Analisis Debit Limpasan Air Permukaan Kota Bogor Tahun 2015

Analisis limpasan air permukaan di Kota Bogor Pada tahun 2015 memiliki banyak perubahan setelah adanya perubahan guna lahan dan alih fungsi lahan yang terjadi dalam kurun waktu 2012-2015.

3.5 Tabel Debit Limpasan Air Permukaan Kota Bogor Tahun 2015

No	Guna Lahan	C	I (MM/jam)	A (Ha)	Konstanta	Debit Limpasan M3/detik
1	Kebun Campuran	0,25	6,492	2,481	0,0028	0,01127
2	Komersil	0,95	6,492	493,000	0,0028	8,51304
3	Lapangan	0,25	6,492	269,060	0,0028	1,22265
4	Rawa	0,20	6,492	120,000	0,0028	0,43624
5	Sawah	0,20	6,492	4,231	0,0028	0,01538
6	Semak	0,07	6,492	1,061	0,0028	0,00135
7	Industri	0,90	6,492	201,000	0,0028	3,28816
8	Tambak	0,20	6,492	124,000	0,0028	0,45078
9	Permukiman	0.40	6.492	16.856	0.0028	0.12255
10	Lahan Kosong	0.50	6.492	200.000	0.0028	1.81767
11	Sunagi	0.00	6.492	158.000	0.0028	0.00000
12	Pendidikan	0.70	6.492	72.000	0.0028	0.91610
13	Taman	0.30	6.492	111.000	0.0028	0.60528
14	Ladang	0.25	6.492	180.000	0.0028	0.81795
15	Pemukaman	0.25	6.492	154.000	0.0028	0.69980
Total				2106.689		18.91824

Sumber hasil analisis 2021

Berdasarkan hasil analisis debit limpasan air permukaan di Kota Bogor pada tahun 2015 mengalami peningkatan, peningkatan yang terjadi ini karena ada beberapa faktor yaitu meningkatnya curah intensitas curah hujan dan perubahan guna lahan. Di tahun 2015 intensitas curah hujan meningkat menjadi 6,492 mm/jam, dan berubahnya luasan guna lahan di setiap penggunaan lahan menjadikan debit limpasan air permukaan di Kota Bogor meningkat menjadi 18,91824 m3/detik.

5. Analisis Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Tidak Terbangun Tahun 2015

3.6 Tabel Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Tahun 2015

No	Lahan Tidak Terbangun	C	I (MM/jam)	A (Ha)	Konstanta	Debit Limpasan M3/detik
1	Kebun Campuran	0,25	6,492	2,48	0,0028	0,01127
2	Lapangan	0,25	6,492	269,06	0,0028	1,22265
3	Rawa	0,20	6,492	120,00	0,0028	0,43624
4	Sawah	0,20	6,492	4,23	0,0028	0,01538
5	Semak	0,07	6,492	1,06	0,0028	0,00135
6	Lahan Kosong	0,50	6,492	200,00	0,0028	1,81767
7	Sungai	0,00	6,492	158,00	0,0028	0,00000
8	Taman	0,30	6,492	111,00	0,0028	0,60528
9	Ladang	0,25	6,492	180,00	0,0028	0,81795
10	Pemukaman	0,25	6,492	154,00	0,0028	0,69980
	Total			1199,83		5,62760

Sumber hasil analisis 2021

Berdasarkan hasil analisis pada tahun 2012 debit limpasan air ruang terbuka tidak terbangun memiliki debit limpasan sebesar 3,259 M3/detik sedangkan di tahun 2015 meningkat sebesar 2,3727 M3/detik menjadi total debit limpasan lahan terbuka tidak terbangun di tahun 2015 sebesar 5,62760 M3/detik. Meningkatnya debit limpasan guna lahan terbuka tidak terbangun di tahun 2015 terjadi karena beberapa faktor yaitu perubahan luasan guna lahan dan alih fungsi kawasan yang terjadi dalam tahun 2012 – 2015 luas guna lahan terbangun pada tahun 2015 meningkat menjadi 1199,83 Ha dan meningkatnya intensitas curah hujan di Kota Bogor yang cukup tinggi yaitu 6,492 mm/jam. Intensitas curah hujan yang tinggi pada tahun 2015 membuat terganggunya resapan air ke dalam tanah, karena kondisi guna lahan yang sudah berubah menjadi guna lahan terbangun sehingga mengakibatkan limpasan air permukaan yang dapat mengakibatkan banjir yang belum pernah terjadi sebelumnya.

5. Analisis Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Terbangun Tahun 2015

3.7 Tabel Debit Limpasan Air Permukaan Lahan Terbangun Tahun 2015

No	lahan terbangun	C	I (MM/jam)	A (Ha)	Konstanta	Debit Limpasan M3/detik
1	Komersil	0,95	6,492	493,000	0,0028	8,51304
2	Industri	0,90	6,492	201,000	0,0028	3,28816
3	Tambak	0,20	6,492	124,000	0,0028	0,45078
4	Permukiman	0,40	6,492	16,856	0,0028	0,12255
5	Pendidikan	0,70	6,492	72,000	0,0028	0,91610
	Total			906,856		13,29064

Sumber hasil analisis 2021

Debit limpasan air permukaan guna lahan terbangun pada tahun 2012 memiliki debit limpasan sebesar 4.4418 M³/detik, sedangkan di tahun 2015 meningkat sebesar 8.8488 M³/detik dan total debit limpasan air permukaan guna lahan terbangun menjadi 13.2906 M³/detik. Meningkatnya debit limpasan guna lahan terbangun di tahun 2015 terjadi karena faktor meningkatnya luas lahan dan meningkatnya intensitas curah hujan.

4. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- Debit limpasan air permukaan di Kota Bogor pada tahun 2012 sebesar 7,69668 M³/detik, setelah terjadinya perubahan guna lahan dan luas lahan terbangun semakin bertambah di tahun 2015 debit limpasan air permukaan di Kota Bogor bertambah menjadi 18,91824 M³/detik.
- Intensitas curah hujan yang meningkat dari di tahun 2012 sebesar 3,304 mm/jam dan di tahun 2015 meningkat menjadi 6,492 mm/jam.
- Guna lahan komersil memiliki debit limpasan dengan perubahan paling tinggi dalam tahun 2012 – 2015, pada tahun 2012 memiliki luas sebesar 274,000 Ha dan debit limpasan air permukaan sebesar 2,40821 M³/detik dan setelah adanya perubahan guna lahan di tahun 2015 debit limpasan air permukaan di Kota Bogor untuk luas guna lahan komersil menjadi 493,000 Ha dan debit limpasan aliran permukaan sebesar 8,5130 M³/detik.

DAFTAR RUJUKAN

- Arya Wardana, W. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Asdak, C. (2001). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Pengelolaan DAS*.
- Asdak, C. (2001). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Catanese, A. (1979). *History and Trends of Urban Planning*. New York: McGraw Hill.
- Chapin, J. F. (1995). Urban Planning. *Urban Land Use and Planning*.
- Dardak, H. (2005). Tata Ruang. *Pemanfaatan Lahan Berbasis Rencana Tata Ruang Sebagai Upaya Perwujudan Ruang Hidup yang Nyaman, Produktif, dan Berkelanjutan*.
- Lichfield, D. D. (1980). Planning. *Land Policy in Planning*.
- Lichfield, N. d. (1980). Planning. *Land Policy in Planning*.
- Pairunan. (1985). Dasar-Dasar Ilmu Tanah. *Ilmu Tanah*.
- Prof. Dr. Ir. Ali Kabul Mahi, M. (2006). *Pengembangan Wilayah Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Kharisma Putra Utama.
- Seyhan, Ersin. 1977. Dasar-Dasar Hidrologi. Editor, Soenardi Prawirohatmojo. Yogyakarta: UGM Press.
- Sarief, D. I. (1985). *Konversi Tanah dan Air*. Bandung: PT. Pustaka Buana.
- Soedarmo, D. d. (1985). Fisika Tanah Dasar. *Fisika Tanah Dasar*.
- Soegijoko. (1997). *Bunga Rampai Perencanaan Pembangunan di Indonesia*. Bandung: Yayasan Soegijanto Soegijoko.

- Suratmo, Gunarwan. 2004. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soesanto. (2008). Infiltrasi. *Analisis Infiltrasi*.
- Suharta, N. d. (2008). Susunan Mineral dan Sifat Fisik Kimia Tanah Bervegetasi. *Sifat Fisik Tanah*.
- Suratman, J. d. (1993). Pengantar Geografi Tanah. *Pengantar Geografi Tanah*.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Utomo, W. (1989). Konservasi Tanah. *Erosi dan Konservasi Tanah*.
- Yuliprianto, H. (2010). *Biologi Tanah dan Strategi Pengolahannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.