

Penggunaan Blok Pracetak Heksagonal Dan Vegetasi Rumput untuk Mengurangi Limpasan Permukaan Pada Tebing

Arsyuni Ali Mustary¹, Muh. Saleh Pallu², Rita Tahir Lopa³ dan Arsyad Thaha⁴

¹ Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 6 Gowa, Telp. 082110146777, email: arsyuni.jinne02@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 6 Gowa Telp. 0811444983, email: salehpallu@hotmail.com

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 6 Gowa, Telp. 08181266719, email: ritalopa04@yahoo.com

⁴ Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 6 Gowa, Telp 081242985988, email: athaha_99@yahoo.com

Abstrak

Curah hujan merupakan faktor penting dalam laju limpasan permukaan (*runoff*) apalagi jika lahan tersebut tidak tertutupi oleh Vegetasi, berbagai metode untuk mengurangi limpasan permukaan yang selama ini digunakan namun metode yang ada belum mampu menjawab seluruh permasalahan dan cenderung tidak memperhatikan efek terhadap lingkungan, namun seiring dengan berkembangnya konsep restorasi sungai dan restorasi lereng, menjadi sebuah tuntutan dalam perlindungan lereng agar karakteristik ekologi tetap terjaga. Berbagai jenis pelindung tebing memiliki kelebihan dan kekurangan baik itu yang murni vegetasi maupun yang murni struktur, untuk itu kami mengevaluasi dan mendesain model pelindung tebing dari kedua metode tersebut, yaitu dengan mendesain Blok pracetak berlubang dan memvariasikan dengan vegetasi rumput sehingga diperoleh manfaat dari kedua metode tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya debit limpasan aliran permukaan (*run off*) yang terjadi pada variasi tutupan tanah dengan Blok Pracetak Berlubang dan Vegetasi rumput pada kemiringan permukaan tanah 15°, 25° dan 40°.

Pengambilan sampel dilakukan diawali dengan kalibrasi Curah hujan sehingga diperoleh 3 (tiga) jenis Curah Hujan, selanjutnya membuat skala model dengan kemiringan tanah 15°, 25° dan 40° pada Bak *Rainfallsimulator*, selanjutnya variasi model tutupan tanah termasuk juga model *Blok Pracetak Berlubang* di susun pada model tebing dan dilakukan running dengan 3 Varian Curah Hujan, 4 (empat) varian model tutupan lahan, dengan 3 (tiga) varian kemiringan, dari ketiga varian Curah Hujan jumlah limpasan rata-rata menunjukkan tutupan tanah menggunakan Blok Pracetak Berlubang kombinasi vegetasi rumput dapat menurunkan limpasan permukaan secara signifikan yaitu sebesar 41.06 % pada kemiringan 15°, pada kemiringan 25° penurunan limpasan yang terjadi sebesar 45.41 %, sedangkan pada kemiringan 40° penurunan limpasan yang terjadi sebesar 41.77 % dari tanah tanpa tutupan, juga semakin curam kemiringan tanah maka jumlah limpasan permukaan juga semakin tinggi.

Kata Kunci : limpasan, Tebing, Blok Pracetak Hexagonal, Vegetasi, *Rainfallsimulator*.

1. Pendahuluan

Hujan yang jatuh ke tanah membentuk limpasan (*runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus ke bawah (*perkolasi*) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah. Air dalam tanah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk kesungai atau kadang-kadang langsung ke laut. infiltrasi didefinisikan sebagai gerakan air ke bawah melalui permukaan tanah ke dalam profil tanah. Limpasan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi dan penguapan.

Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah. Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas di permukaan tanah.

Faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu elemen meteorologi dan elemen sifat fisik atau karakteristik daerah pengaliran. Pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Hubungan antara resapan dengan variasi kepadatan adalah

berbanding terbalik, resapan akan meningkat jika tingkat kepadatannya menurun

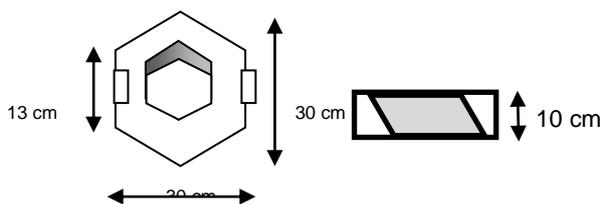
Hasil hidrograf limpasan merupakan salah satu hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatasi masalah-masalah hidrologi seperti merencanakan sumber air dan perencanaan perkiraan banjir. Hal ini karena hidrograf menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran permukaan di suatu tempat pengukuran, yakni hasil dalam bentuk grafik yang dapat menunjukkan kapan terjadinya debit puncak. Melalui alat *rainfall simulator* hujan menjadi sebuah alternatif pemodelan untuk menampilkan proses hujan-limpasan. *Rainfall simulator* hujan adalah alat yang dapat mengeluarkan air dari *nozzle* sebagai hujan buatan, dimana untuk intensitas hujan dan kemiringan lahan dapat diatur sesuai kebutuhan. Permasalahan tersebut menarik kami untuk mengevaluasi kedua metode ini, sehingga kami mengangkat permasalahan ini untuk diteliti yaitu, bagaimana kombinasi struktur dan ekohidraulik dalam menangani erosi tebing akibat hujan *Blok Precast Hexagonal* dengan vegetasi

Metode penelitian ini yaitu dengan menguji model pelindung tebing sungai dengan *Blok Precetak Berlubang* dengan kombinasi vegetasi terhadap limpasan permukaan (run off).

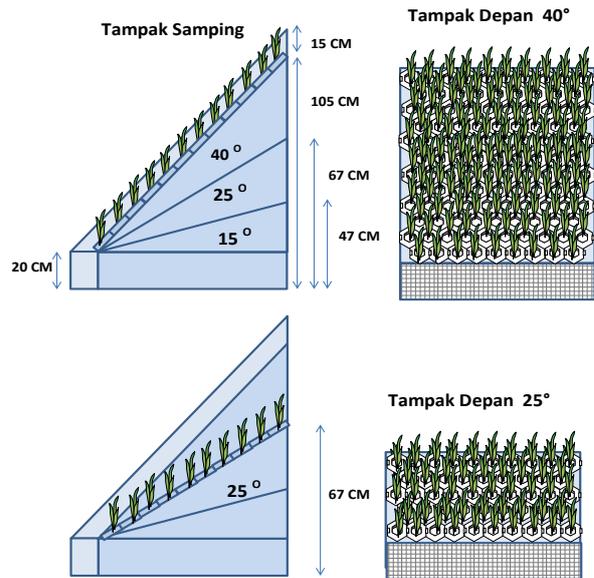
2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan *Model Blok Precetak Berlubang serta Model Vegetasi rumput*, selanjutnya diadakan simulasi dengan bantuan instrumentasi *Rainfall simulator*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Lama penelitian direncanakan selama 6 bulan.

Seperti pada gambar dibuat benda uji *Blok Precetak Berlubang*. Benda uji *Blok Precetak Berlubang* yang tidak dipasang vegetasi pada masing-masing variasi kemiringan (15°, 25°, dan 40°), sebelum pembuatan benda uji terlebih dahulu cetakan dibuat sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan (ukuran model), setelah itu barulah bahan dicetak dengan precast beton K125, setelah model Precast selesai dibuat kemudian dikeringkan, setelah selesai kemudian disusun secara rapi dan saling menutup satu sama lain dengan formasi 7 baris 12 kolom, seperti pada gambar 1 dan gambar 2



Gambar 1. Dimensi *Blok Precetak Berlubang*



Gambar 2. Formasi *Blok Precetak Berlubang* dan Vegetasi rumput pada variasi kemiringan tanah pada bak *Rainfallsimulator*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa curah hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan persatuan waktu (mm/jam, mm/min, mm/det). Lama waktu hujan adalah lama waktu berlangsungnya hujan, Durasi hujan adalah lamanya curah hujan dalam menit atau jam. Intensitas hujan diartikan sebagai pengukuran curah hujan dilakukan untuk mengetahui jumlah dan lama curah hujan.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Intensitas Curah Hujan pada alat *Rainfall Simulator*

Dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{Q}{A.t} \times 600$$

$$I = \frac{68}{441.56 \times 15} \times 600 = 61.6 \text{ mm/jam}$$

Nama CH	Jenis Hujan	Hujan Rata-rata hasil pengamatan (ml)	Waktu Pengamatan (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)
Curah Hujan I	Rendah	68	15	61.6
Curah Hujan II	Sedang	107	15	96.93
Curah Hujan III	Tinggi	122	15	110.5

3.2. Analisa Limpasan Permukaan

Jumlah limpasan menggambarkan seberapa besar pengaruh variasi tutupan lahan dengan kemiringan tanah terhadap limpasan permukaan dengan menggunakan vegetasi, precast dan tanpa menggunakan tutupan tanah (ranning kosong).cx

Hasil perhitungan besar pengaruh variasi tutupan lahan dengan kemiringan tanah terhadap

limpasan permukaan dan perlakuan yang digunakan dalam penelitian, untuk kemiringan 15° dan CH = 61,6 mm/jam, diperoleh dengan persamaan :

$$Q = VI/t$$

$$Q = 9,1 / 600$$

$$= 0,0151667 \text{ L/det}$$

Keterangan tabel :

T : model percobaan I dengan Tanah tanpa pelindung

TR : model percobaan II menggunakan model vegetasi rumput

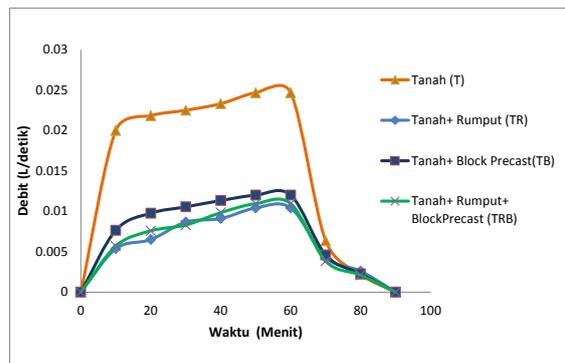
TB : model percobaan III menggunakan *Blok Pracetak Berlubang*

TRB : model percobaan IV menggunakan gabungan antara vegetasi rumput dan *Blok Pracetak Berlubang*.

Tabel 2 . Hasil analisis Debit Limpasan pada Intensitas Hujan 61,1 mm/jam pada variasi tutupan tanah dengan kemiringan 15°

Curah Hujan I, I = 61.1 mm/ jam									
Kemiringan 15°									
Waktu / Tutupan Tanah		Tanah (T)		Tanah+ Rumput (TR)		Tanah+ Blok Precast(TB)		Tanah+ Rumput+ BlockPrecast (TRB)	
Waktu (Menit)	Waktu (Jam)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.1667	9.1	0.015166667	2.77	0.0046167	4.2	0.007	2.92	0.0048667
20	0.3333	9.85	0.016416667	3.1	0.0051667	4.35	0.00725	3.15	0.00525
30	0.5	11.1	0.0185	3.55	0.0059167	5.15	0.0085833	3.98	0.0066333
40	0.6667	12.15	0.02025	4.20	0.007	5.66	0.0094333	4.21	0.0070167
50	0.8333	12.25	0.020416667	5.15	0.0085833	5.93	0.0098833	5.06	0.0084333
60	1	13.3	0.022166667	6.21	0.01035	6.72	0.0112	5.29	0.0088167
70	1.1670	13.3	0.022166667	6.21	0.01035	6.72	0.0112	5.29	0.0088167
80	1.3333	3.2	0.005333333	2.15	0.0035833	3.2	0.0053333	2.41	0.0040167
90	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari tabel diatas diperoleh analisis dengan grafik sebagai berikut :



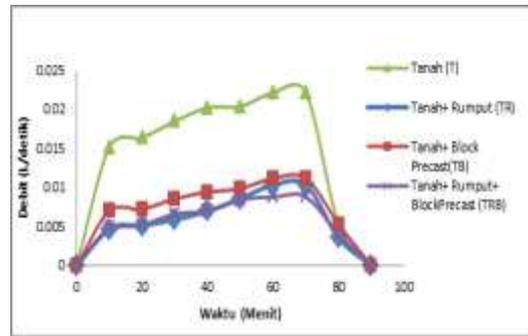
Gambar 3. Grafik Hubungan Debit Limpasan dengan Variasi Tutupan Tanah pada Kemiringan 15° dengan Intensitas Hujan 61,6 mm/Jam

Pada Gambar 3. Grafik Debit limpasan pada kemiringan tanah 15° ,memperlihatkan bahwa debit limpasan pada tanah dengan kemiringan 15° (landai) pada tanah tanpa tutupan (T) memiliki limpasan permukaan dengan debit yang besar, sedangkan untuk tutupan tanah dengan (TB) *Blok Pracetak Berlubang* dan Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi rumput cenderung rendah dan hampir sama dengan tutupan tanah dengan full Vegetasi rumput. Hal ini

membuktikan bahwa Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi Rumput (TRB) pada kemiringan tanah 15° sangat efektif menurunkan Limpasan Permukaan.

Tabel 3 . Hasil analisis Debit Limpasan pada Intensitas Hujan 96,93 mm/jam pada variasi tutupan tanah dengan kemiringan 25°

Curah Hujan II, I = 96.93 mm/ jam									
Kemiringan 25°									
Waktu / Tutupan Tanah		Tanah (T)		Tanah+ Rumput (TR)		Tanah+ Blok Precast(TB)		Tanah+ Rumput+ BlockPrecast (TRB)	
Waktu (Menit)	Waktu (Jam)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.1667	12	0.02	3.22	0.005367	4.59	0.00765	3.42	0.0057
20	0.3333	13.1	0.021833	3.9	0.0065	5.86	0.009767	4.55	0.007583
30	0.5	13.5	0.0225	5.2	0.008667	6.33	0.01055	4.98	0.0083
40	0.6667	13.99	0.023317	5.46	0.0091	6.8	0.011333	5.9	0.009833
50	0.8333	14.8	0.024667	6.25	0.010417	7.2	0.012	6.57	0.01095
60	1	14.8	0.024667	6.25	0.010417	7.2	0.012	6.57	0.01095
70	1.1667	3.8	0.006333	2.56	0.004267	2.76	0.0046	2.3	0.003833
80	1.3333	1.31	0.002183	1.56	0.0026	1.36	0.002267	1.26	0.0021
90	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0



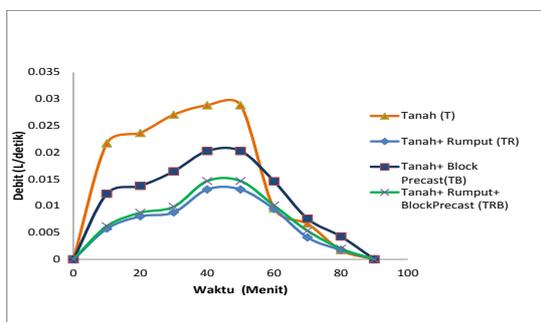
Gambar 4. Grafik Hubungan Debit Limpasan dengan Variasi Tutupan Tanah pada Kemiringan 25° dengan Intensitas Hujan 96,93 mm/Jam

Bagian ini berisi hasil analisis dan pembahasan hasil analisis. Uraikan secara terstruktur, rinci, lengkap dan padat, sehingga pembaca dapat mengikuti alur analisis dan diskusi peneliti dengan baik. Uraian pada bagian ini dapat menggunakan sub judul sesuai dengan poin-poin analisis dan pembahasan yang ingin dijelaskan oleh penulis. Analisis dan pembahasan dapat dilengkapi dengan tabel dan gambar sehingga lebih jelas dan menarik dengan tata cara seperti yang dijelaskan berikut ini.

Pada Gambar 4. Grafik Debit limpasan pada kemiringan tanah 25° pada Intensitas hujan I = 96,93 mm/jam (Hujan Sedang) ,memperlihatkan bahwa debit limpasan pada tanah dengan kemiringan 25° (kemiringan sedang) pada tanah tanpa tutupan (T) memiliki limpasan permukaan dengan debit yang besar, sedangkan untuk tutupan tanah dengan (TB) *Blok Pracetak Berlubang* dan Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi rumput cenderung rendah dan hampir sama dengan tutupan tanah dengan full Vegetasi rumput. Hal ini membuktikan bahwa Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi Rumput (TRB) pada kemiringan tanah 25° sangat efektif menurunkan Limpasan Permukaan

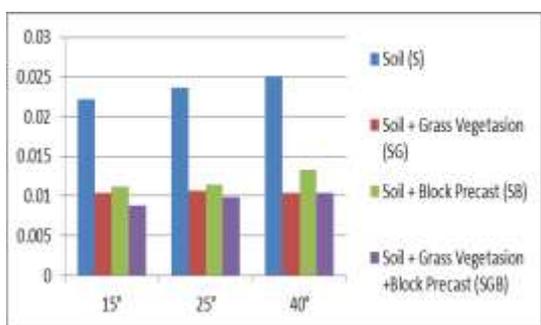
Tabel 4 . Hasil analisis Debit Limpasan pada Intensitas Hujan 110.5 mm/jam pada variasiutupan tanah dengan kemiringan 40°

CH3, I= 110,5 mm/jam									
Waktu / Tutupan Tanah		Kemiringan 40°							
		Tanah (T)		Tanah+ Rumput (TR)		Tanah+ Blok Precast(TB)		Tanah+ Rumput+ BlokPrecast (TRB)	
Waktu (Menit)	Waktu (Jam)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)	Limpasan (L)	Debit (L/Det)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.1667	13.02	0.0217	3.43	0.00716667	7.35	0.01225	3.71	0.006183333
20	0.3333	14.18	0.02633333	4.82	0.008033333	8.24	0.013733333	5.23	0.008716667
30	0.5	16.23	0.02705	5.26	0.008766667	9.87	0.01645	5.90	0.009833333
40	0.6667	17.29	0.02816667	7.84	0.013066667	12.15	0.02025	8.78	0.014633333
50	0.8333	17.29	0.02816667	7.84	0.013066667	12.15	0.02025	8.78	0.014633333
60	1	5.71	0.00916667	5.64	0.0094	8.75	0.014583333	6.03	0.010005
70	1.167	4.01	0.006833333	2.45	0.004083333	4.56	0.0076	3.20	0.006533333
80	1.3333	1.01	0.001683333	1.05	0.00175	2.56	0.004266667	1.20	0.002
90	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0



Gambar 5. Grafik Hubungan Debit Limpasan dengan Variasi Tutupan Tanah pada Kemiringan 40° dengan Intensitas Hujan 110.5 mm/Jam

Pada Gambar 5. Grafik Debit limpasan pada kemiringan tanah 40° ,memperlihatkan bahwa debit limpasan pada tanah dengan kemiringan 40° (Curam) pada tanah tanpa tutupan (T) memiliki limpasan permukaan dengan debit yang besar, sedangkan untuk tutupan tanah dengan *Blok Pracetak Berlubang* (TB) memiliki limpasan yang cukup tinggi , namun pada tutupan tanah Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi rumput cenderung rendah dan hampir sama dengan tutupan tanah dengan full Vegetasi rumput. Hal ini membuktikan bahwa Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi Rumput (TRB) pada kemiringan tanah 40° sangat efektif menurunkan Limpasan Permukaan



Gambar 6. Grafik Limpasan permukaan (Ql) maksimum dengan Curah hujan 61.1 mm/jam pada Variasi kemiringan tanah

Pada Gambar 6. Grafik hubungan variasi kemiringan tanah dengan limpasan permukaan, pada Intensitas Hujan rendah (61,1 mm/jam) memperlihatkan bahwa debit limpasan pada tanah dengan kemiringan 15° (landai) memiliki debit limpasan yang lebih kecil dibandingkan limpasan permukaan pada tanah dengan kemiringan sedang atau curam 25° - 40° (sedang - Curam) , untuk tutupan tanah dengan *Blok Pracetak Berlubang* (TB) memiliki limpasan yang cukup tinggi pada kemiringan 40°, namun pada tutupan tanah Kombinasi *Blok Pracetak Berlubang* dan Vegetasi rumput cenderung rendah dan hampir sama dengan tutupan tanah dengan full Vegetasi rumput (TR) pada semua kemiringan (landai – curam) . Hal ini membuktikan bahwa Kombinasi Vegetasi Rumput dan *Blok Pracetak Berlubang* (TRB) pada variasi kemiringan tanah sangat efektif menurunkan Limpasan Permukaan. Fenomena ini juga terlihat pada Intensitas Hujan sedang (96.93 mm/jam) maupun Intensitas hujan Tinggi (110.5 mm/jam).

Dari analisa perhitungan menunjukkan pengaruh limpasan permukaan tanah dari keempat percobaan variasi tutupan lahan, baik itu tanah tanpa tutupan, vegetasi rumput, *Blok Pracetak Berlubang*, maupun gabungan vegetasi rumput dan blok pricast hexagonal menunjukkan kecenderungan semakin kecil saat melewati tutupan lahan dengan kemiringan 15°, 25° dan 40°.

2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian laboratorium tentang pengaruh variasi tutupan lahan dengan kemiringan tanah terhadap limpasan permukaan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Block Pracetak Heksagonal dengan kombinasi vegetasi rumput atau tanpa vegetasi rumput di tanah dengan kemiringan 15°- 25 ° efektif mengurangi debit Permukaan (Runoff), namun tidak efektif pada tanah dengan kemiringan $\geq 40^\circ$.
2. Debit Limpasan permukaan pada lahan akan menurun seiring menurunnya kemiringan lahan dan menurunnya curah hujan

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami atas bantuan dan kerjasama demi terlaksananya penelitian ini:

- Orang tua yang telah mendorong dalam studi
- Pihak Universitas Muhammadiyah Makassar yang memberi kesempatan dalam studi S3
- Pihak Universitas Hasanuddin yang telah membimbing dalam Studi
- Pihak DIKTI yang telah membiayai Studi
- Panitia dan pelaksana RETII2017 yang telah memberi kesempatan dalam Publikasi Ilmiah
- Dan pihak-pihak lainnya yang tidak bisa kami sebutkan

Daftar Pustaka

- Arfan, H., dan Pratama, A. 2010. *Model Eksperimen Pengaruh Kepadatan, Intensitas Curah Hujan dan Kemiringan Terhadap Resapan Pada Tanah Organik*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Arsyad. Sitanala, 2012. *Konservasi Tanah & Air*, Edisi Kedua, PT.Penerbit IPB Press, ISBN : 978-979-493-415-9, Yogyakarta.
- Asdak. Chay, 2010. *Hidrologi*, Cetakan Kelima (Revisi), Gadjah Mada University Press. ISBN 979-420-737-3, Yogyakarta.
- Bentroup, G. and J.C Hoang. 1998. *The practical streambank bioengineering guide*. USDA NRCS. Aberdeen, ID 55p, USA.
- Fischenic, JC .1989. *Channel Erosion Analysis and Control*. In Woessmer, W .and DFology..Potts ,eds Proceeding Headwater Hydrology. American Water Resources Association. Bethesda, Md
- Garanaik, Amrapalli and Sholtes, Joel. 2013. *River Bank Protection*. New York
- Gerken. B, 1988: *Auen, verborgene Lebensadern der Natur (Bantaran Sungai Merupakan Urat Nadi Kehidupan Alam yang Tersembunyi)*, Rombach, Freiburg.
- Ishak .M. Galib, Pallu.M.Saleh, Thaha M. Arsyad, Lopa. Tahir Rita, 2014. *The Changes Of Superelevation Coefficient Of Flow With Pillar Installed Simultaneously At Interval Of 30° And 60° Along The Channel Bend Of 180°*. Asian Academic Research Journal Of Multidisciplinary, Japan
- Kaharuddin, 2014. 1939. *Kajian Pengendalian Laju Sedimen Dengan Bangunan Pengendali Di Das Hulu Batang Gadis* Propinsi Sumatera Utara
- Kodoatie, R.J dan Syarif.Rustam, 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi ,Yogyakarta
- Kusminingrum.Nanny., 2011. *Peranan Rumput Vetiver dan Bahia dalam Meminimasi Terjadinya erosi lereng (The Role of Vetiver and Bahia Grass in Minimizing Slope Erosion)*, Jurnal Eko Hidrolik.
- Laoh OEH. 2002. *Keterkaitan Faktor Fisik , Faktor Sosial Ekonomi dan Tataguna Lahan di daerah tangkapan air dengan erosi dan sedimentasi* (Tesis). Bogor Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Lopa.T.Rita, Shimatani. Yukihiro, 2013. *Evaluating The River Health of Pre- And Post-Restoration In The Kamisaigo River*, Fukuoka, Japan River Restoration Centre 13th Annual Network Conference
- Maryono, A. 2008: *Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: GadjahMada University Press. Yogyakarta.
- Maryono, A., 2005. *Eko-Hidrolik Pembangunan Sungai*. Yogyakarta : Magister Sistem Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rini .Dayu Setyo., 2015. *Penerapan Rekayasa Ekohidrolika untuk Penguatan Tebing Sungai dan Pemulihan Habitat Kawasan Suakalkan Kali Surabaya*, Jurnal Eko Hidrolik, Malang.
- Saragih. Alvian, Widiarti .Wiwik Y., Wahyuni.Sri, 2014. *Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Menggunakan Alat Rainfall Simulator*, Journal Universitas Jember.
- Suleman. A. Rivai, Pallu.Muh.Saleh, Patanduk.J, Harianto.T, *Experimental Study of Rainfall Intensity Effects on the Slope Erosion Rate for Silty Sand Soil with Different Slope Gradient*, IJET, United Kingdom, 2014.
- Suprayogi. Slamet, Purnama. Setyawan, Darmanto Darmokusomo. 2015. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Thaha.Arsyad, Muhiddin .M. A.B. *The Combination Of Low Crested Breakwater With Mangroves To Reduce The Vulnerability Of The Coast Due To Climate Change*, Proceedings of the Sixth International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2011) December 14 – 16, 2011, Hong Kong, China
- Triatmodjo, Bambang, *Hidrologi Terapan*. Cetakan ke-3, Beta Offset, Yogyakarta, 2013.
- Truong, P., Tran Tan Van and Elise Pinners. 2008. *Vetiver Grass – The Plant*. The Vetiver System, Vietnam.
- U.S. Department of Agriculture. Forest Service. 1973. *Soil resource inventory*. San Mateo Mountains, Magdalena Ranger District, Cibola National Forest. USA.