

# JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

P-ISSN NO. 2598-9758 E-ISSN NO. 2598-8581

VOL. 3, NO. 2, DESEMBER 2019



Diterbitkan oleh  
Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Politeknik Negeri Banjarmasin  
bekerjasama dengan  
Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Banjarmasin

# **JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN**

Jurnal Gradasi Teknik Sipil diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Banjarmasin. Ruang lingkup makalah meliputi Bidang Teknik dan Manajemen dengan konsentrasi Bidang Transportasi, Geoteknik, Struktur, Keairan dan Manajemen Konstruksi. Isi makalah dapat berupa penyajian isu aktual di bidang Teknik Sipil, review terhadap perkembangan penelitian, pemaparan hasil penelitian, dan pengembangan metode, aplikasi, dan prosedur di bidang Teknik Sipil. Makalah ditulis mengikuti panduan penulisan.

## **Penanggung Jawab**

Nurmahaludin, ST, MT.

## **Dewan Redaksi**

Ketua : Dr. Fitriani Hayati, ST, M.Si.  
Anggota : Riska Hawinuti, ST, MT.  
Nurfitriah, S.Pd, MA.  
Ir. Rusliansyah, M.Sc.  
Mitra Yadiannur, M.Pd.

## **Reviewer**

Dr. Ir. Yanuar Jarwadi Purwanto, MS. (Institut Pertanian Bogor)  
Dr. Ir. Achmad Rusdiansyah, MT. (Universitas Lambung Mangkurat)  
Dr. Ir. M. Azhar, M. Sc. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)  
Dr. Ir. Endang Widjajanti, MT. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)  
Joni Irawan, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)  
Yusti Yudiawati, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)

## **Editing dan Tata Bahasa**

Nurfitriah, S.Pd., MA.

## **Desain dan Tata Letak**

Abdul Hafizh Ihsani

## **Alamat Redaksi**

Jurusan Gradasi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri 70123  
Banjarmasin Telp/Fax 0511-3307757; Email: gradasi.tekniksipil@poliban.ac.id

## JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

### DAFTAR ISI

Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Pasir Putih Untuk Stabilisasi Tanah  
Desa Bangkuang ... ( 1 - 7 )

***Syahdi, Muhammad Suhaimi***

Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Rumah Konvensional dan Rumah RISHA di  
Kota Banjarmasin ... ( 8 - 16 )

***Puji Rahayu, Aunur Rafik, Rinova Firman Cahyani***

Evaluasi Perencanaan Menggunakan 2 Metode Di Ruas Jalan Anjir Pasar ... ( 17 – 22 )

***Ahmad Noor Irpansyah, Ria Adriyati***

Analisa Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Untuk Daerah Irigasi Pitap ... ( 23 -  
30 )

***Refky Husada Aditama, Adriani Muhlis***

Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan Pasir Dan Abu Serabut Kelapa Terhadap Nilai  
CBR ... ( 31 – 35 )

***Gusti Alvin Erliawan, Muhammad Firdaus***

Perencanaan Pintu Otomatis Pada Desa Jelapat Baru Kec. Tamban... ( 45 - 54 )

***Muhammad Rizki, Darmawani***

# Analisa Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Untuk Daerah Irigasi Pitap

Refky Husada Aditama<sup>1</sup>, Adriani Muhlis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

<sup>2</sup>Dosen Politeknik Negeri Banjarmasin

e-mail \*<sup>1</sup>refkysadatama@gmail.com (corresponding author), <sup>2</sup>Adrianimuhlis@poliban.ac.id

## Abstrak

Pertanian merupakan suatu bidang yang sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan pangan suatu Negara, Pembuatan irigasi bertujuan untuk mengontrol atau mengendalikan air pada lahan, sehingga proses bertani jadi lebih menghasilkan dan efektif, salah satu daerah yang punya potensi untuk dikembangkan pertaniannya adalah kabupaten Balangan, Kalimantan Selatan. Oleh karena itu dibuatlah saluran irigasi Pitap. Pembangunan saluran irigasi tersebut sudah kurang lebih 6 tahun (hingga tahun 2019) maka perlu dilakukan pengamatan dan analisa kebutuhan air dan ketersediaan air pada irigasi tersebut demi terciptanya kesesuaian perencanaan pembangunan dan produktifitas hasil pertanian untuk daerah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data primer dan sekunder, dan didapatkan hasil berupa: kebutuhan Air pada bulan November adalah sebesar 5,45 m<sup>3</sup>/detik untuk paruh pertama, dan untuk paruh kedua adalah sebesar 5,72 m<sup>3</sup>/detik, ketersediaan air pada bulan November adalah sebesar 3,981 m<sup>3</sup>/detik (diambil dari debit Andalan 80% bulanan), Neraca air menunjukkan bulan November terjadi defisit kekurangan air sebesar 1,47 m<sup>3</sup>/detik untuk paruh pertama, dan 1,74 m<sup>3</sup>/detik.

**Kata kunci :** Kebutuhan Air, ketersediaan Air, Neraca Air

## Abstract

Agriculture is a field that is very instrumental in meeting the food needs of a country. Irrigation is aimed at controlling or controlling water on land, so that the farming process is more productive and effective. One area that has the potential to develop agriculture is the district of Balangan, South Kalimantan. Therefore made Pitap irrigation channels. The construction of the irrigation channel has been around for more than 6 years (until 2019), it is necessary to observe and analyze the water demand and the availability of water in the irrigation in order to create a suitable development planning and productivity of agricultural products for the area. This study uses primary and secondary data collection methods, and the results obtained in the form: Water demand in November is 5.45 m<sup>3</sup> / second for the first half, and for the second half is 5.72 m<sup>3</sup> / second, water availability in November is 3,981 m<sup>3</sup> / second (taken from the mainstay of 80% monthly discharge), the water balance shows that in November there was a water shortage deficit of 1.47 m<sup>3</sup> / second for the first half, and 1.74 m<sup>3</sup> / second.

**Keywords:** Water Requirement, Water availability, Water Balance

## I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan suatu bidang yang sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan pangan suatu negara, tak terkecuali Indonesia yang penduduknya mayoritas mengkonsumsi nasi atau jagung, oleh karena itu sektor pertanian di Indonesia perlu ditingkatkan seiring dengan cepatnya pertumbuhan

penduduk Indonesia yang otomatis akan meningkatkan kebutuhan bahan pangan, maka untuk itu dibuatlah irigasi.

Pembuatan irigasi bertujuan untuk mengontrol atau mengendalikan air pada lahan, sehingga proses bertani jadi lebih menghasilkan dan efektif, salah satu daerah yang berpotensi untuk

dikembangkan pertaniannya adalah kabupaten Balangan, Kalimantan Selatan. Karena hal tersebut dibuatlah irigasi Pitap yang bersumber dari bendung pitap yang membendung sungai Pitap tersebut pada tahun 2013.

Pembangunan saluran irigasi tersebut sudah kurang lebih 6 tahun (hingga tahun 2019), maka perlu dilakukan pengamatan dan analisa kebutuhan air dan ketersediaan air pada irigasi tersebut, agar pertanian dapat memberikan dampak riil terhadap ketersediaan pangan terutama untuk Daerah Kabupaten Balangan.

Dari permasalahan yang ada pada latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan dan ketersediaan serta neraca air untuk Daerah Irigasi Pitap perlu dihitung dan diteliti lebih lanjut terutama untuk musim hujan.

Untuk melakukan penghitungan kebutuhan dan ketersediaan air tersebut diperlukan studi lanjut mengenai Daerah Aliran Sungai, hidrologi, curah hujan, ketersediaan air sungai dan debit sungai. Daerah Aliran Sungai (DAS) sendiri adalah suatu wilayah dataran yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama (Asdak C., 2010). Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebaran, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama makhluk hidup (Triatmodjo, B., 2008). Secara khusus menurut SNI No. 1727-1989-F, hidrologi

didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistim kajadian air di atas permukaan dan di dalam tanah. Definisi tersebut terbatas pada hidrologi rekayasa (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010). Analisis hidrologi dimaksudkan untuk memprediksi keberadaan sumber air pada daerah kajian dengan menggunakan persamaan empiris yang memperhitungkan parameter-parameter alam yang mempengaruhi. Sedangkan dari analisa hidrologi ini ditujukan untuk memberikan perkiraan mengenai ketersediaan air, kebutuhan air yang mungkin terjadi. (Simanjuntak, 2011). Curah Hujan diperlukan untuk pengolahan data simulasi metode Mock, yang juga bergantung pada data ketersediaan air pada sungai. Ketersediaan Air Sungai meliputi : Evapotranspirasi Potensial, Limpasan, dan Debit sungai.

Evapotranspirasi Potensial Faktor lain yang penting yaitu jumlah air yang tersedia cukup banyak. Jika jumlah air selalu tersedia secara berlebihan dari yang diperlukan oleh tanaman selama proses transpirasi, maka jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih besar dibandingkan jika tersedianya air dibawah keperluan. Untuk itu evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang berlebihan disebut evapotranspirasi potensial. Sedangkan evapotranspirasi yang tetap terjadi dalam kondisi air tidak berlebihan dengan didasarkan pada jenis tanaman (nilai crop factor) disebut

Evapotranspirasi Nyata(Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010).

Limpasan menurut Triatmodjo, B., (2008), adalah semua air yang mengalir lewat suatu sungai yang bergerak meninggalkan daerah tangkapan sungai (DAS) tanpa memperhatikan asal/jalan yang ditempuh sebelum mencapai saluran. Terjadinya air limpasan ini merupakan gabungan dari aliran air permukaan dan aliran air tanah. Perhitungan besarnya limpasan ini bertujuan untuk mendapatkan taksiran besarnya debit andalan sungai yaitu banyaknya air yang tersedia yang diperkirakan terus-menerus ada dalam sungai dengan jumlah dalam jangka waktu tertentu(Simanjuntak, 2011).

Debit Sungai adalah Debit total yang masuk ke sungai adalah penjumlahan dari debit yang berasal dari daratan dan debit yang berasal dari air hujan yang langsung jatuh ke permukaan sungai. Untuk mengetahui debit pada suatu DAS perlu dilakukan analisis ketersediaan debit. Analisa debit bias memakai pendekatan analisis sistim salah satunya adalah model Mock.

Pada prinsipnya metode Mock ini berasaskan pada konsep utama hidrologi “water balance” atau konsep kesetimbangan air. Pada konsep ini berdasarkan sirkulasi air di bumi atau siklus hidrologi yang mana hujan yang jatuh diatas permukaan bumi ini artinya catchment area sebagian akan menghilang sebagai evapotranspirasi, dan sebagiannya akan langsung

menjadi limpasan langsung. Data yang digunakan didalam metoda ini antara lain: Curah Hujan Bulanan (P), Jumlah Hari Hujan (n), dan Evapotranspirasi Potensial (PET).

Metode Mock ini menggunakan perhitungan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakter hidrologi daerah aliran sungai. Hasil akhir dari percobaan ini dianggap dapatt dipercaya jika ada pengamatan debit lapangan secara riil sebagai pembanding. Oleh karena itu diperlukan pendekatan hidrologi yang lebih cermat sehingga hasil permodelan bisa diterima dengan akurasi sedang tetapi masih dapat digunakan untuk analisa selanjutnya. Langkah-langkah perhitungan Water Balance metode F.J. Mock sesuai prosedur yaitu: Menghitung limited evapotranspirasi (Et), Menghitung water surplus (ws), Menghitung besarnya base flow (aliran dasar), dan Menghitung banyaknya run off.

## II. METODE PENELITIAN

### Lokasi Peneltian

Lokasi penelitian terletak pada kecamatan Awayan, kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan, yang berada pada 114°50'31-115°50'24 BT dan 2°1'31-2°35'58 LS, dan secara hidrologis terletak pada DAS Balangan.

Data yang diperlukan

Data-data yang diperlukan antara lain;

1. Data keadaan saluran dilapangan, data ini didapat dari observasi lapangan.
2. Data curah hujan dan data klimatologi.
3. Data perencanaan irigasi.

Analisis Data

Analisis data klimatologi dan hujan setengah bulanan. Data klimatologi (temperatur, penyinaran matahari, kecepatan angin dan kelembaban relatif) yang digunakan adalah dari Pos Klimatologi Banjarbaru selama 10 tahun (2009-2018). Sedangkan data curah hujan harian berasal dari 3 stasiun curah hujan yaitu : Batumandi, paringin, dan Juai

Analisa kebutuhan air untuk sawah berdasarkan metode yang terdapat pada KP-01 yakni metode penman dari FAO.

Metode FAO Penman-Monteith dalam hitungannya menggunakan data iklim secara maksimum seperti data temperatur, kelembaban udara, radiasi matahari dan kecepatan angin, maka prakiraan besarnya evapotranspirasi dianggap mempunyai derajat ketelitian yang cukup tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Metode FAO Penman-Monteith juga menggunakan beberapa kalibrasi lokal sesuai daerah setempat. Selain itu Metode FAO Penman-Monteith juga menyediakan alternatif perhitungan untuk data terbatas (*under standard conditions*)(departemen

pekerjaan umum., 1986). Bentuk persamaan FAO Penman-Monteith yang telah dimodifikasi berikut ini.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2)$$

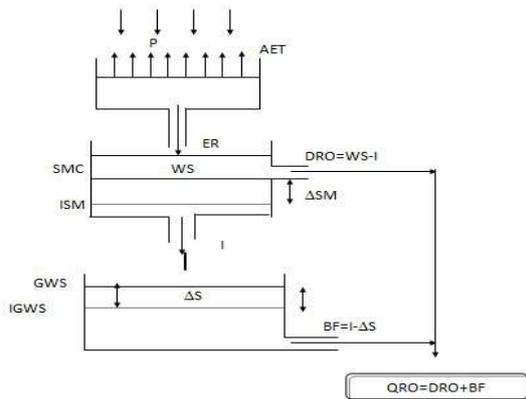
Keterangan:

- ET<sub>0</sub> : evapotranspirasi tetapan (mm/hari),
- R<sub>n</sub> : radiasi netto pada permukaan lahan (MJ/m<sup>2</sup>.hari)
- G : fluks panas tanah (MJ/m<sup>2</sup>.hari),
- T : rata-rata suhu udara harian pada ketinggian 2 m (°C),
- u<sub>2</sub> : kecepatan angin pada ketinggian 2 m
- e<sub>s</sub> : tekanan uap air jenuh (kPa),
- e<sub>a</sub> : tekanan uap air nyata (kPa),
- es-ea : penurunan tekanan uap air (kPa),
- Δ : kemiringan kurva tekanan uap air L (kPa/°C)
- γ : konstanta psychrometric (kPa/°C).

Analisis ketersediaan air dengan menggunakan metode Mock.

Perhitungan model ini didasarkan pada data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah aliran sungai yang ditinjau untuk menaksir/memperkirakan ketersediaan air di sungai, Model Mock yang

terdiri dari tiga bagian utama yaitu hujan, penguapan (evaporasi), aliran permukaan dan aliran dasar. Persamaan dasar Model Mock digunakan dalam perhitungan pengalihragaman hujan menjadi aliran (debit).(Nurrochmad.R., 1998).



Gambar 1. Struktur Model Mock

Sumber: Mock (1973) dalam

Nurrochmad (1998)

$$AET = CF * PET$$

$$ER = P - AET$$

$$\Delta SM = SMC - ISM$$

$$WS = ER - \Delta SM$$

$$I = C_{ds} * WS \quad ; \quad I = C_{ws} * WS$$

$$GWS = (0,5 * (1 + K) * I) + (k * IGWS)$$

$$\Delta S = GWS - IGWS$$

$$BF = I - \Delta S$$

$$DRO = WS - I$$

$$TRO = DRO + BF$$

$$RO = TRO * A$$

Keterangan:

DRO : *Direct runoff*/aliran langsung

TRO : *Total runoff*/total aliran

A : Luas daerah aliran sungai

QRO : Debit *runoff*/debit aliran

AET : Aktual evapotranspirasi

CF : *Crop factor*/faktor tanaman  
/koefisien tanaman

PET : Evapotranspirasi potensial

ER : *Excces rainfall*/hujan yang langsung sampai kepermukaan tanah

P : Curah hujan tengah bulanan

SM : *Soil moisture*/kelembaban tanah

ISM : *Initial soil moisture*/kelembaban tanah awal

WS : *Water surplus*/kelebihan air

I : Infiltrasi

C<sub>ds</sub> : Koefisien infiltrasi pada musim kemarau

C<sub>ws</sub> : koefisien infiltrasi pada musim hujan

GWS : *Groundwater storage*/tampungan air

IGWS : *Initial groundwater storage*/tampungan air tanah awal

K : konstanta resesi air tanah

$\Delta S$  : Perubahan tampungan

BF : *Baseflow*/aliran dasar

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Ketersediaan Air (metode Mock)

Ketersediaan air atau debit andalan didapatkan yakni dengan cara memproses data curah hujan per

15 hari dan data klimatologi menjadi data debit. Dalam proses pengubahan data curah hujan dan klimatologi menjadi data debit, dalam hal ini menggunakan Metoda Mock. Debit andalan saluran (Metode Mock) diperlihatkan pada Tabel I pada Daerah Tangkapan Air DAS Balangan.

Tabel I. Debit Andalan 80% DAS Balangan

DEBIT ANDALAN DAS BALANGAN (METODE MOCK)													
Pctiang	No.	Debit BALANGAN (m <sup>3</sup> /detik)											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des
9.09%	1	10.117	13.030	10.749	8.586	11.395	6.727	5.707	4.036	5.264	7.216	9.848	12.190
18.18%	2	9.960	9.091	8.852	7.904	8.117	6.106	5.257	3.749	5.011	6.740	9.732	10.026
27.27%	3	8.698	9.050	8.744	7.125	6.656	5.637	4.722	3.281	3.284	4.588	7.740	9.425
36.36%	4	7.786	8.458	8.056	6.842	6.043	4.869	3.837	3.063	2.814	4.277	7.679	8.921
45.45%	5	7.164	8.208	7.577	6.606	4.621	4.543	3.811	2.057	2.770	2.507	7.209	8.908
54.55%	6	7.121	7.977	7.455	6.051	4.051	3.646	3.215	1.899	2.412	2.153	7.168	8.620
63.64%	7	6.888	6.906	7.362	5.639	3.908	3.300	2.645	1.589	1.540	2.041	4.295	8.049
72.73%	8	5.610	6.864	7.267	5.547	3.792	3.146	2.116	1.341	1.355	1.341	4.049	7.422
81.82%	9	5.441	5.812	7.226	3.936	3.294	2.962	1.949	1.251	1.224	1.132	3.873	7.382
90.91%	10	5.058	5.788	5.369	3.681	3.293	2.871	1.759	0.820	1.039	0.755	3.329	6.995
Debit Andalan 80% (m <sup>3</sup> /detik)		5.475	6.022	7.234	4.258	3.393	2.999	1.982	1.269	1.250	1.174	3.908	7.390

sumber: hasil perhitungan

**B. Kebutuhan Air**

Kebutuhan air untuk irigasi Pitap menggunakan standar yang terdapat pada KP-01 yaitu metode Penman FAO, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel II berikut.

Tabel II. Kebutuhan Air Irigasi Pitap

Bulan	Periode	Kebutuhan air ( m <sup>3</sup> /detik)
November	I	5,45
	II	5,72
Desember	I	2,99
	II	3,70
Januari	I	3,76
	II	4,32
Februari	I	4,76
	II	5,58
Maret	I	3,94
	II	3,68
April	I	3,66
	II	0,00
Mei	I	0,00
	II	0,00
Juni	I	0,00
	II	0,00
Juli	I	0,00
	II	0,00
Agustus	I	0,00
	II	0,00
September	I	0,00
	II	0,00
Oktober	I	0,00
	II	0,00

sumber : hasil perhitungan

**C. Analisis Neraca Air Pada Kondisi Eksisting**

Analisis Neraca Air adalah ketersediaan air (debit andalan : Q80) dikurangi dengan total kebutuhan air. Sebelum melakukan perhitungan neraca air, lebih dahulu dilakukan simulasi perhitungan total kebutuhan air di Daerah Irigasi Pitap. Ketersediaan Air (Debit Andalan) dalam hal ini didapat dari data curah hujan menjadi debit-debit air pada saluran irigasi menggunakan metode Mock dan kemudian pada data debit yang didapat diurutkan berdasarkan prosentasi kejadian. Diurutkan dari nilai terbesar sampai nilai terkecil, ketersediaan air irigasi didapat dari debit andalan 80% (Q80).

Hasil perhitungan neraca air tersebut dapat dilihat pada tabel III neraca air, berikut:

Tabel III. Neraca Air Daerah Irigasi Pitap Dengan Awal Tanam November.

Bulan	Periode	ketersediaan air (m <sup>3</sup> /detik)	kebutuhan air ( m <sup>3</sup> /detik)	Defisit imbangan air (input-output)
November	I	3.981	5.45	-1.47
	II	3.981	5.72	-1.74
Desember	I	7.549	2.99	4.56
	II	7.549	3.70	3.85
Januari	I	5.518	3.76	1.76
	II	5.518	4.32	1.19
Februari	I	5.817	4.76	1.06
	II	5.817	5.58	0.24
Maret	I	7.597	3.94	3.65
	II	7.597	3.68	3.91
April	I	3.987	3.66	0.32
	II	3.987	0.00	3.99
Mei	I	3.393	0.00	3.39
	II	3.393	0.00	3.39
Juni	I	2.999	0.00	3.00
	II	2.999	0.00	3.00
Juli	I	1.982	0.00	1.98
	II	1.982	0.00	1.98
Agustus	I	1.269	0.00	1.27
	II	1.269	0.00	1.27
September	I	1.25	0.00	1.25
	II	1.25	0.00	1.25
Oktober	I	1.174	0.00	1.17
	II	1.174	0.00	1.17

sumber : hasil perhitungan

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu didapatkan hasil yakni neraca air menunjukkan bulan November terjadi defisit kekurangan air sebesar 1,47 m<sup>3</sup>/detik untuk paruh pertama, dan 1,74 m<sup>3</sup>/detik, sehingga awal masa tanam November tidak bisa diterapkan. Metode yang di gunakan untuk perhitungan debit andalan adalah metode mock dan untuk perhitungan kebutuhan air berdasarkan KP-01 dan metode penman dari FAO.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Adriani Muhlis selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu pembuatan jurnal ini.

#### REFERENSI

Asdak C. (2010) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Departemen Pekerjaan Umum. (1986) *Perencanaan Teknis Irigasi – Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP – 01)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2010) *Jaringan Irigasi 14 Kriteria Perencanaan – Jaringan Irigasi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Nurrochmad.R. (1998) *Optimasi Parameter Modul Hujan Aliran Mock Dengan Solver*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Simanjuntak, I. S. (2011) *Analisis Hidrologi Kebutuhan Air Pada Daerah Irigasi Pakkat Oleh Sudirman D Dan Wurjanto, A. (1973)*. Bandung.: ITB Press.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Pengairan. (1981) *Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknis Irigasi*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum

Indarto. (2010) *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. PT. Bumi Aksara. Jember.

Labdul, B. Y. (1992) *Tinjauan Ketersediaan Air Sungai Bolango Terhadap Kebutuhan Daerah Irigasi Lomaya-Pilohayanga*. Manado: Univeritas Sam Ratulangi.

Kamiana, I. M. (2010) *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. 1st edn, Graha Ilmu. 1st edn. Bandung.

Sukmanda, R. M. B. (2015) *Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Pada Daerah Aliran Sungai Percut Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih*. Medan.

Suyono, S., Kensaku, T. (2001) *Hidrologi Untuk Pengairan*. Penerbit PT. Pradynya Paramita.