

**STUDI OPTIMALISASI EMBUNG SEI LIMAU
UNTUK PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BAKU (AIR BERSIH)
DI KECAMATAN NUNUKAN SELATAN
KABUPATEN NUNUKAN**

Dina Oktavia

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

ABSTRAK

Kabupaten Nunukan mempunyai banyak sumber alam antara lain minyak bumi dan gas alam sehingga beberapa perusahaan internasional pengeksplorasian minyak bumi dan gas alam beroperasi di daerah tersebut. Dengan adanya aktifitas tersebut, pertumbuhan ekonomi terpacu dan disusul dengan meningkatnya sektor-sektor lain, antara lain pertumbuhan penduduk yang harus diimbangi dengan pembangunan sarana infrastruktur seperti sarana air baku untuk memenuhi kebutuhan air bersih.

Total kebutuhan air baku untuk air bersih Kabupaten Nunukan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dari berbagai tahapan yang telah di analisa diketahui debit kebutuhan air baku untuk air bersih Kabupaten Nunukan sebesar 0,0754 m³/dtk dan kebutuhan air untuk penduduk di Kecamatan Nunukan Selatan sebesar 0,0752 m³/dtk, dari hasil perhitungan kebutuhan air Embung Sei Limau masih mencukupi untuk menyuplai air sampai periode 15 tahun kedepan

Kabupaten Nunukan tidak mempunyai sungai besar, disarankan untuk mencari alternatif tampungan-tampungan air lain, untuk mencukupi kebutuhan air penduduk di waktu yang akan datang. Bagi penelitian selanjutnya, dapat dikaji mengenai permasalahan sedimentasi yang dapat mengakibatkan luas tampungan dari Embung semakin berkurang dari waktu ke waktu..

Kata kunci : *Optimalisasi Embung, Sumber air baku untuk Kebutuhan air bersih*

ABSTRACT

Nunukan regency has many natural resources such as petroleum and natural gas so that some international companies exploring oil and natural gas operations in the area. Given these activities, economic growth accelerated and was followed by increase in other sectors, such as population growth must be balanced with the construction of infrastructure facilities such as raw water facilities to meet water needs.

The total requirement of raw water to clean water Nunukan regency of calculations that have been done of sharing the stage that has been analyzed is known discharge raw water requirements for clean water Nunukan regency of 0,0754 m³ / sec and water needs for residents in the District of south Nunukan 0,0752 m³ / sec, from the calculation of water needs Embung Sei Limau still sufficient to supply water to a period of 15 years ahead

Nunukan regency has a large river, it is advisable to look for alternatives to other water reservoirs, to meet the water needs of the population in the future. For further research it can be studied regarding sedimentation, it will cause the reservoir area to diminish over time.

Keywords : *Optimization Embung, source of raw water for the need for clean water*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang.

Pembangunan wilayah merupakan bagian integral dari pembangunan nasional yang bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah sumber daya air. Air merupakan sumber daya alam yang dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup, baik untuk memenuhi kebutuhan manusia secara langsung sebagai air baku untuk air minum maupun yang tidak langsung seperti kebutuhan untuk irigasi. Menyadari ketergantungan tersebut, manusia dituntut untuk selalu dapat menyediakan air bersih guna dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

Indonesia sebagai negara kepulauan dan lebih dari dua pertiga bagian berupa perairan memiliki kandungan air yang sangat melimpah. Faktanya masih banyak daerah yang memiliki potensi tampungan air baku, yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Salah satu daerah tersebut adalah daerah Sei

Limau yang berlokasi di Kecamatan Nunukan Selatan, Kabupaten Nunukan.

Pertumbuhan ekonomi Kabupaten Nunukan sendiri sebagai salah satu kabupaten kepulauan, sedang mengalami peningkatan yang pesat. Dengan meningkatnya sektor perekonomian mendorong juga peningkatan di berbagai sektor lain seperti pertumbuhan penduduk, tidak terkecuali daerah Sei Limau. Hal ini harus diimbangi dengan pembangunan sarana infrastruktur, salah satunya sarana air baku untuk pemenuhan kebutuhan air bersih.

Dari permasalahan tersebut di atas, maka dalam penelitian ini akan mengkaji kemampuan Embung Sei Limau dalam memenuhi kebutuhan air bersih.

2. Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa kebutuhan air yang dapat disuplai oleh Embung Sei Limau?
2. Berapa kebutuhan air bersih untuk masyarakat yang dapat terlayani oleh Embung Sei Limau di Kecamatan Nunukan Selatan?

3. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan lingkup penelitian ini, karena luasnya permasalahan, maka diberikan batasan-batasan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Secara umum penelitian ini merupakan studi kasus dengan perhitungan menggunakan rumus yang di uraikan pada Bab II : Tinjauan Pustaka dan Bab III : Metodologi Penelitian.
2. Penelitian ini menganalisa berapa besar kebutuhan air bersih yang dapat disuplai oleh Embung Sei Limau.
3. Penelitian ini menganalisa berapa besar kebutuhan air bersih yang dapat terlayani di Kecamatan Nunukan Selatan.
4. Tidak membahas perhitungan struktur bangunan utama embung maupun pelengkap embung, rencana anggaran biaya embung, serta pompa pengambilan air baku (intake) maupun pipa distribusi air bersih.

Maksud dan Tujuan Penelitian

4. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan studi terhadap kemampuan Embung Sei Limau dalam memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat di Kecamatan Nunukan Selatan Kabupaten Nunukan.

5. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan besaran total kebutuhan air bersih yang dapat disuplai oleh Embung Sei Limau.

2. Mendapatkan besaran total kebutuhan air bersih untuk masyarakat yang dapat terlayani oleh Embung Sei Limau di Kecamatan Nunukan Selatan Kabupaten Nunukan.

TINJAUAN PUSAKA

1. Uraian Umum

Air sebagai salah satu komponen penting bagi kehidupan manusia secara nyata, ikut menentukan taraf hidup, baik itu secara individual maupun komunal. Objek individual berarti bahwa upaya pemenuhan dan pengolahan kebutuhan air dilakukan oleh tiap individu, baik secara terstruktur oleh instansi terkait atau bahkan oleh kelompok masyarakat. Sedangkan secara komunal, dilakukan untuk sebuah komunitas di suatu wilayah dengan tingkat pelayanan secara menyeluruh untuk penduduk yang berdomisili tetap maupun yang tidak tetap.

2. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Metode/cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- b. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.

- c. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
- d. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- e. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

3. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk mengetahui debit aliran sungai dan parameter-parameter lainnya yang diperlukan dalam analisa kebutuhan air Embung Sei Limau.

4. Analisa Debit Metode FJ Mock

Model FJ Mock pertama kali dikenalkan oleh Dr. Fj Mock (1973), yaitu analisis keseimbangan air untuk menghitung harga debit bulanan berdasarkan transformasi data curah hujan bulanan, evapotranspirasi kelembaban tanah dan tampungan air tanah.

Prinsip metode Mock menyatakan bahwa hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air, sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah atau terjadi infiltrasi. Infiltrasi ini mula-mula akan menjenuhkan permukaan tanah, kemudian terjadi perkolasi ke air tanah dan akan keluar sebagai base flow. Hal ini terdapat keseimbangan antara air hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, direct run off dan infiltrasi ini kemudian berupa soil moisture dan ground water discharge. Aliran

dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung di permukaan tanah dan baseflow

5. Debit Andalan

Debit andalan (dependable flow) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk kebutuhan air baku.

Misalnya ditetapkan debit andalan 99% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 1% pengamatan. Debit tersebut digunakan sebagai patokan ketersediaan debit yang masuk ke waduk pada saat pengoperasiannya. Untuk menghitung debit andalan tersebut, dihitung peluang 99% dari debit *infow* sumber air pada pencatatan debit pada periode tertentu. Debit andalan 99% ialah debit dengan kemungkinan terpenuhi 99% atau tidak terpenuhi 1% dari periode waktu tertentu. Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun dengan urutan dari terbesar menuju terkecil.

6. Analisa Evapotranspirasi

Evaporasi adalah proses perubahan dari molekul air menjadi uap air dan kembali lagi ke atmosfer (Soewarno, 2000:115). Faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986:43):

1. Radiasi matahari.

Evaporasi berjalan terus hampir tanpa henti disiang hari dan kerap kali juga dimalam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas latent untuk evaporasi. Proses evaporasi akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari.

2. Angin.

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses tersebut berjalan terus lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya dimungkinkan jika ada angin.

3. Kelembaban (*humidity*) relatif.

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi.

4. Suhu (*temperature*).

Energi sangat dibutuhkan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah karena adanya energi panas yang tersedia.

Transpirasi adalah proses pengangkutan air yang berasal dari daerah perakaran (root zone) suatu tanaman, melalui jaringan perakaran air tersebut diangkut sampai daun dengan membawa sedikit CO² dan menguap kembali ke atmosfer. Umumnya transpirasi sulit diukur secara langsung, oleh karena itu untuk tujuan praktis digabungkan dengan penguapan di permukaan bumi sehingga dinyatakan sebagai evapotranspirasi (Soewarno, 2000 : 143).

7. Laju Pertumbuhan Jumlah Penduduk

1) Angka pertumbuhan penduduk

Angka pertumbuhan penduduk dihitung dengan prosentase memakai rumus:

Angka pertumbuhan penduduk
$$\frac{\Sigma \text{penduduk } n - \Sigma \text{penduduk } n-1}{\Sigma \text{penduduk } n-1} \times 100\%$$

2) Proyeksi Jumlah Penduduk

Dari angka pertumbuhan penduduk diatas dalam persen digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk sampai dengan lima puluh tahun mendatang. Meskipun dalam kenyataannya tidak selalu tepat, tetapi perkiraan ini dapat dijadikan dasar perhitungan volume kebutuhan air di masa mendatang. Ada beberapa metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk antara lain yaitu:

**a. Metode Geometrical Increase
(soemarto,1999)**

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan menggunakan cara perhitungan laju perlambatan geometri (Geometri Rate of Growth) (Rusli, Said, 1985). Cara ini mengansumsikan besarnya laju pertumbuhan yang menggunakan dasar bunga berbunga (buanga majemuk) dimana angka pertumbuhannya adalah sama untuk setiap tahun. Proyeksi laju pertumbuhan geometris adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Dimana :

- P_n : Jumlah penduduk pada tahun ke n
- P_o : Jumlah penduduk pada awal tahun
- R : angka pertumbuahn penduduk
- n : interval waktu (tahun)

**b. Metode Arithmetical Increase
(soemarto,1999)**

$$R = \frac{P_o - P_t}{T}$$

Dimana :

- P_n : Jumlah Penduduk pada tahun ke-n
- P_o : Jumlah penduduk pada awal tahun
- r : angka pertumbuhan penduduk tiap tahun
- n : Periode waktu yang ditinjau
- t : Banyak tahun sebelum tahun analisis
- P_t : Jumlah penduduk pada tahun ke-t

8. Data Kependudukan

Jumlah penduduk Kecamatan Nunukan tahun 2016 berdasarkan data dari BPS Kabupaten Nunukan adalah 22.491 jiwa.

Data selengkapnya mengenai jumlah penduduk dari tahun 2012-2016 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Data Penduduk Kecamatan Nunukan

No.	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2012	15500
2	2013	17043
3	2014	18717
4	2015	20527
5	2016	22491

(Sumber : BPS Nunukan)

9. Kebutuhan Air untukPenduuduk

Tabel 2.2. Standar kebutuhan air untuk keperluan penduduk adalah sebagai berikut:

Jumlah Penduduk	Jenis Kota	Jumlah Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
> 2.000.000	Metropolitan	> 210
1.000.000-2.000.000	Metropolitan	150-210
500.000-1.000.000	Besar	120-150
100.000-500.000	Besar	100-150
20.000-100.000	Sedang	90-100
3.000-20.000	Kecil	60-100

Sumber : Kimpraswil 2003

10. Pengertian Embung

Embung adalah bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan dan digunakan pada musim kemarau bagi suatu kelompok masyarakat, atau embung didefinisikan sebagai konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan (run off) serta sumber air lainnya sehingga fungsi utama embung adalah untuk mengatur sumber air.

11. Tipe-tipe Embung

Tipe embung dapat dikelompokkan menjadi 4 keadaan (soedibyo, 1993), yaitu :

a. Embung berdasarkan tujuan pembangunannya

Ada 2 tipe embung berdasarkan tujuan pembangunannya yaitu embung dengan tujuan tunggal dan embung serbaguna (soedibyo, 1993).

- 1) Embung dengan tujuan tunggal (single purpose dams) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik atau irigasi (pengairan) atau pengendalian banjir atau perikanan darat atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.
- 2) Embung serba guna (multipurpose dams) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan misalnya : pembangkit tenaga listrik (PLTA) dan

irigasi (pengairan), dan lain-lain.

b. Embung berdasarkan tujuan penggunaannya

Ada 3 tipe embung yang berbeda berdasarkan penggunaannya (soedibyo, 1993), yaitu :

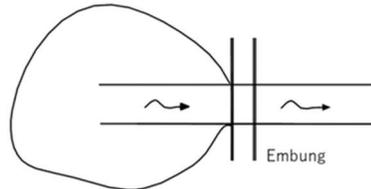
- 1) Embung penampung air (storage dams) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Termasuk dalam embung penampung air adalah untuk tujuan rekreasi , perikanan, pengendalian banjir dan lain-lain.
- 2) Embung pembelok (diversion dams) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air kedalam system aliran menuju ke tempat yang memerlukan,
- 3) Embung penahan (detention dams) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (outlet). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap didaerah sekitarnya.

c. Embung berdasarkan jalannya air

Ada 2 tipe embung berdasarkan jalannya air yaitu embung untuk dilewati air dan embung untuk menahan air (Soedibyo, 1993).

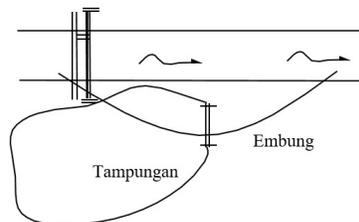
- 1) Embung untuk dilewati air (overflow

dams) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (spillway).



Gambar 2.1. Embung *on stream*

- 2) Embung untuk menahan air (non overflow dams) adalah embung yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air. Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu atau pasangan bata.



Gambar 2.2. Embung *off stream*

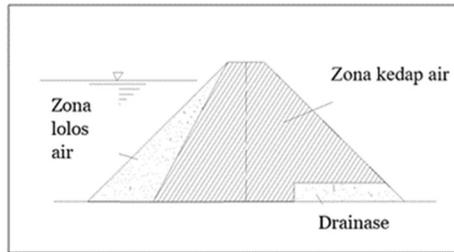
d. Embung berdasarkan material pembentuknya

Ada 2 tipe embung berdasarkan material pembentuknya yaitu embung urugan, embung beton dan embung lainnya (Soediby, 1993).

- 1) Embung urugan (fill dams, embankment dams) adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa

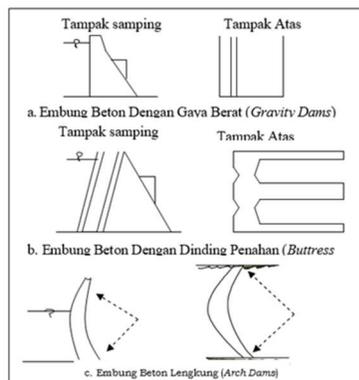
tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia, jadi betul-betul bahan pembentuk embung asli. Ditinjau dari penempatan serta susunan bahan yang membentuk tubuh embung untuk dapat memenuhi fungsinya dengan baik, maka embung urugan dapat digolongkan dalam 3 type utama, yaitu :

- Homogen, suatu embung urugan digolongkan dalam tipe homogen, apabila bahan yang membentuk tubuh bendungan tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam.
- Zonal, embung urugan digolongkan dalam tipe zonal apabila timbunannya yang membentuk tubuh embung terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu. Pada type ini sebagai penyangga terutama dibebankan pada timbunan yang lulus air (zona lulus air) sedang penahan rembesan dibebankan kepada timbunan yang kedap air (zona kedap air).
- Bersekat, apabila di lereng udik tubuh embung dilapisi dengan sekat tidak lulus air (dengan kekedapan yang tinggi) seperti lembaran baja tahan karat, beton aspal, lembaran beton bertulang, hamparan plastik, susunan beton blok dan lain-lain.



Gambar 2.3. Embung Urugan

2) Embung beton (concrete dam) adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi : embung beton berdasar berat sendiri stabilitas tergantung pada massanya, embung beton dengan penyangga (buttress dam) permukaan hulu menerus dan dihilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi (soedibyo, 1993).



Gambar 2.4. Tipe-tipe Embung Beton

METODOLOGI PENELITIAN

1. Populasi dan Sample

Dalam penelitian ini, fokus utama yang menjadi pembahasan adalah embung Sei Limau. Embung Sei Limau sendiri memiliki volume tampungan total sebesar 387.000 m³, sedangkan volume efektifnya adalah sebesar 260.000 m³.

Embung Sei Limau mempunyai fungsi sebagai bangunan penampungan air hujan di saat kemarau dan dimanfaatkan untuk penyediaan air baku untuk air bersih.

Dalam Studi ini, data yang digunakan hanya data sekunder. Data sekunder yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini ataupun hasil survei dari instansi lain, serta data penunjang lainnya, antara lain :

- Peta Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Embung Sei Limau
- Data Curah Hujan dan Klimatologi
- Data Kependudukan
- Data Perencanaan Embung Sei Limau

2. Desain Penelitian

Desain penelitian merupakan pedoman, prosedur, dan teknik yang digunakan dalam perencanaan penelitian yang berguna sebagai panduan untuk membangun strategi yang menghasilkan model. Desain dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

- 1) Survei Pendahuluan, dilakukan untuk mengidentifikasi dari permasalahan yang

ada sehingga dapat diambil langkah-langkah selanjutnya.

- 2) Studi Pustaka, melakukan studi literatur yang berasal dari *textbook*, jurnal dan buku-buku referensi sebagai bahan acuan agar dalam penyelesaian penelitian ini sesuai tahapan.
- 3) Pengumpulan Data.
- 4) Proses Perhitungan dan Analisa.
- 5) Memperoleh Hasil Penelitian.

3. Teknik Pengumpulan Data

Setelah mengidentifikasi seluruh permasalahan yang ada, maka langkah selanjutnya adalah mencari data pendukung untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data-data yang diperlukan antara lain diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai Kalimantan III, serta dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Nunukan. Data-data yang diperoleh antara lain adalah :

- Peta Lokasi dan DAS Embung Sei Limau
- Data Curah Hujan
- Data Klimatologi
- Dan Data-data Penunjang Lainnya (Perencanaan Embung).

4. Teknik Analisa Data

Setelah data yang diperlukan terkumpul, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah analisa dan perhitungan, sebagai berikut :

1) Analisa Hidrologi

Dalam analisa hidrologi akan dibahas mengenai perhitungan volume debit Embung, curah hujan efektif hingga perhitungan kebutuhan air bersih untuk penduduk di lokasi penelitian.

Faktor-faktornya meliputi :

a. Data Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh adalah curah hujan harian mulai tahun 2004 sampai tahun 2017. Data tersebut berasal dari Sta. Meteorologi Kabupaten Nunukan yang letaknya berdekatan dengan daerah penelitian.

Dari data curah hujan tersebut, ditentukan curah hujan rata-rata dan maksimum kemudian menganalisa curah hujan rancangan, perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu, metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana metode E.J Gumbel Tipe I dan Log Pearson Tipe III sebagai perbandingan.

Setelah diketahui curah hujan rancangan pada periode ulang tertentu kemudian dilakukan uji kesesuaian frekuensi untuk menentukan persamaan distribusi yang dapat diterima, metode yang digunakan untuk uji kesesuaian frekuensi adalah Smirnov Kolmogorov dan uji Chi Kuadrat.

Setelah dilakukan uji frekuensi kemudian menghitung intensitas curah hujan untuk kala ulang tertentu. Setelah mendapatkan intensitas hujan yg diperkirakan selanjutnya menghitung debit yg akan digunakan untuk menghitung kebutuhan air di Embung Sei Limau.

Data Klimatologi Embung Sei Limau yang digunakan adalah dari pencatatan stasiun Sta. Meteorologi Kabupaten Nunukan. Data klimatologi yang dipakai suhu udara dan penyinaran matahari. meliputi data kelembaban relatif, kecepatan angin, Perhitungan Evapotranspirasi Potensial dalam penelitian ini menggunakan Metode Penmann Modifikasi

- 2) Analisa Debit *Inflow* Waduk dan Debit Andalan
 - a. Menghitung besarnya debit yang masuk ke waduk setiap bulannya berdasarkan data curah hujan, *base flow* dan *direct runoff*, yang merupakan sumber air utama waduk.
 - b. Menghitung besarnya volume andalan serta debit andalan, debit yang tersedia sepanjang tahun untuk selanjutnya dibandingkan dengan kebutuhan air penduduk. Dalam penelitian ini, debit andalan dihitung dengan menggunakan metode F.J. Mock.

3) Analisa Laju Pertumbuhan Penduduk

Data yang digunakan berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Nunukan untuk menghitung laju pertumbuhan penduduk dilokasi penelitian. Metode yang digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan penduduk adalah metode geometri dan aritmatik

4) Analisa Kebutuhan Air Baku

Dalam analisa kebutuhan air baku, dibahas mengenai tinjauan umum tentang kebutuhan air baku dilokasi penelitian yang meliputi pemakain air bersih perorang yang di dapat dari penelitian puslitbang pemukiman PU yang selanjutnya mengitung kebutuhan air dari debit yang tersedia di embung Sei Limau masih mencukupi untuk periode atau kala ulang tertentu. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini secara garis besar adalah:

- a. Menganalisa Data Curah hujan maksimal rata-rata
- b. Menganalisa Evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penmann Modifikasi
- c. Menganalisa Debit Andalan menggunakan metode F.J. Mock
- d. Menghitung Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Pemakain Air Penduduk
- e. Memberikan kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisa.
- f. Selesai.

PEMBAHASAN

Tabel 4.2 Perhitungan Analisa debit aliran Metode FJ Mock (Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut Perhitungan tahun 2017 :

No	URAIAN	Jan			Feb		
		I	II	III	I	II	III
I	DATA HUJAN						
1	Curah Hujan (P)	38.2	3.8	98.5	61.9	13.5	1.2
2	Jumlah Hari Hujan (h)	4.0	1.0	5.0	5.0	3.0	2.0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)						
3	Evapotranspirasi (Eto)	50.3	50.3	55.3	62.0	62.0	49.6
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	17.6	21.4	18.0	20.1	23.2	19.8
7	Eta = Eto - ΔE	32.7	28.9	37.3	41.8	38.7	29.8
III	KESEIMBANGAN AIR						
8	P - Eta	5.5	-25.1	61.2	20.1	-25.2	-28.6
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	205.5	174.9	261.2	220.1	174.8	171.4
10	Kandungan Air Tanah (SS)	0.0	25.1	0.0	0.0	25.2	28.6
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	200	175	200	200	175	146
12	Kelebihan Air (WS)	5.5	0.0	61.2	20.1	0.0	0.0
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH						
13	Infiltrasi (i)	1.7	0.0	18.4	6.0	0.0	0.0
14	$0.5(1 + k) i$	1.4	0.0	15.1	5.0	0.0	0.0
15	$k * V(n - 1)$	130.0	85.4	55.5	45.9	33.1	21.5
16	Volume Penyimpanan (Vn)	131.4	85.4	70.6	50.9	33.1	21.5
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	-68.6	-46.0	-14.7	-19.8	-17.8	-11.6
18	Aliran Dasar (BF)	70.3	46.0	33.1	25.8	17.8	11.6
19	Aliran Langsung (DR)	3.9	0.0	42.8	14.0	0.0	0.0
20	Aliran (R)	74.2	46.0	75.9	39.8	17.8	11.6
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI						
21	Debit Aliran Sungai	0.831	0.516	0.774	0.446	0.200	0.162
22	Debit Aliran Sungai	831	516	774	446	200	162
23	Jumlah hari	10	10	11	10	10	8

Tabel bulan Jan-Feb

No	URAIAN	Mei			Jun		
		I	II	III	I	II	III
I	DATA HUJAN						
1	Curah Hujan (P)	68.1	24.3	189.3	103.6	65.0	7.3
2	Jumlah Hari Hujan (h)	5.0	4.0	7.0	4.0	7.0	4.0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)						
3	Evapotranspirasi (Eto)	48.4	48.4	53.3	43.7	43.7	43.7
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	15.7	17.0	14.7	15.3	12.0	15.3
7	Eta = Eto - ΔE	32.7	31.5	38.6	28.4	31.7	28.4
III	KESEIMBANGAN AIR						
8	P - Eta	35.4	-7.2	150.7	75.2	33.3	-21.1
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	235.4	192.8	350.7	275.2	233.3	178.9
10	Kandungan Air Tanah (SS)	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	21.1
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	200	193	200	200	200	179
12	Kelebihan Air (WS)	35.4	0.0	150.7	75.2	33.3	0.0
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH						
13	Infiltrasi (i)	10.6	0.0	45.2	22.6	10.0	0.0
14	$0.5(1 + k) i$	8.8	0.0	37.3	18.6	8.2	0.0
15	$k * V(n - 1)$	3.5	8.0	5.2	27.6	30.0	24.9
16	Volume Penyimpanan (Vn)	12.3	8.0	42.5	46.2	38.3	24.9
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	6.9	-4.3	34.5	3.7	-7.9	-13.4
18	Aliran Dasar (BF)	3.8	4.3	10.7	18.8	17.9	13.4
19	Aliran Langsung (DR)	24.8	0.0	105.5	52.6	23.3	0.0
20	Aliran (R)	28.5	4.3	116.2	71.4	41.2	13.4
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI						
21	Debit Aliran Sungai	0.320	0.048	1.184	0.801	0.462	0.150
22	Debit Aliran Sungai	320	48	1184	801	462	150
23	Jumlah hari	10	10	11	10	10	10

Tabel Lanjutan bulan Mei-Jun

No	URAIAN	Mar			Apr		
		I	II	III	I	II	III
I	DATA HUJAN						
1	Curah Hujan (P)	7.0	0.0	105.4	17.5	24.6	20.1
2	Jumlah Hari Hujan (h)	2.0	0.0	5.0	3.0	4.0	3.0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)						
3	Evapotranspirasi (Eto)	66.1	66.1	72.7	55.8	55.8	55.8
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	26.5	29.8	23.6	20.9	19.5	20.9
7	Eta = Eto - ΔE	39.7	36.4	49.1	34.9	36.3	34.9
III	KESEIMBANGAN AIR						
8	P - Eta	-32.7	-36.4	56.3	-17.4	-11.7	-14.8
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	167.3	163.6	256.3	182.6	188.3	185.2
10	Kandungan Air Tanah (SS)	32.7	36.4	0.0	17.4	11.7	14.8
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	114	77	200	183	171	156
12	Kelebihan Air (WS)	0.0	0.0	56.3	0.0	0.0	0.0
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH						
13	Infiltrasi (i)	0.0	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0
14	$0.5(1 + k) i$	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0
15	$k * V(n - 1)$	14.0	9.1	5.9	12.9	8.4	5.4
16	Volume Penyimpanan (Vn)	14.0	9.1	19.8	12.9	8.4	5.4
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	-7.5	-4.9	10.8	-6.9	-4.5	-2.9
18	Aliran Dasar (BF)	7.5	4.9	6.1	6.9	4.5	2.9
19	Aliran Langsung (DR)	0.0	0.0	39.4	0.0	0.0	0.0
20	Aliran (R)	7.5	4.9	45.5	6.9	4.5	2.9
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI						
21	Debit Aliran Sungai	0.084	0.055	0.464	0.078	0.051	0.033
22	Debit Aliran Sungai	84	55	464	78	51	33
23	Jumlah hari	10	10	11	10	10	10

Tabel Lanjutan bulan Mar-Apr

No	URAIAN	Jul			Agst		
		I	II	III	I	II	III
I	DATA HUJAN						
1	Curah Hujan (P)	80.2	19.2	137.1	298.3	183.1	99.6
2	Jumlah Hari Hujan (h)	4.0	3.0	9.0	7.0	8.0	9.0
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)						
3	Evapotranspirasi (Eto)	45.6	45.6	50.2	54.0	54.0	59.4
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	16.0	17.1	11.3	14.8	13.5	13.4
7	Eta = Eto - ΔE	29.6	28.5	38.9	39.1	40.5	46.0
III	KESEIMBANGAN AIR						
8	P - Eta	50.6	-9.3	98.2	259.2	142.6	53.6
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	250.6	190.7	298.2	459.2	342.6	253.6
10	Kandungan Air Tanah (SS)	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	200	191	200	200	200	200
12	Kelebihan Air (WS)	50.6	0.0	98.2	259.2	142.6	53.6
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH						
13	Infiltrasi (i)	15.2	0.0	29.5	77.8	42.8	16.1
14	$0.5(1 + k) i$	12.5	0.0	24.3	64.1	35.3	13.3
15	$k * V(n - 1)$	16.2	18.6	12.1	23.7	57.1	60.1
16	Volume Penyimpanan (Vn)	28.7	18.6	36.4	87.8	92.4	73.3
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	3.8	-10.0	17.8	51.4	4.6	-19.1
18	Aliran Dasar (BF)	11.4	10.0	11.7	26.4	38.2	35.1
19	Aliran Langsung (DR)	35.4	0.0	68.8	181.4	99.8	37.5
20	Aliran (R)	46.8	10.0	80.4	207.8	138.1	72.7
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI						
21	Debit Aliran Sungai	0.524	0.113	0.820	2.330	1.548	0.741
22	Debit Aliran Sungai	524	113	820	2330	1548	741
23	Jumlah hari	10	10	11	10	10	11

Tabel Lanjutan bulan Jul-Agust

No	URAIAN	Sept			Okt		
		I	II	III	I	II	III
I DATA HUJAN							
1	Curah Hujan (P)	229.0	138.4	108.5	95.1	101.1	63.8
2	Jumlah Hari Hujan (h)	7.0	8.0	8.0	7.0	8.0	3.0
II EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)							
3	Evapotranspirasi (Eto)	57.3	57.3	57.3	58.2	58.2	64.0
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	15.8	14.3	14.3	16.0	14.5	24.0
7	$Eta = Eto - \Delta E$	41.6	43.0	43.0	42.2	43.6	40.0
III KESEIMBANGAN AIR							
8	P - Eta	187.4	95.4	66.5	52.9	117.5	23.8
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	387.4	296.4	265.5	252.9	317.5	223.8
10	Kandungan Air Tanah (SS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	200	200	200	200	200	200
12	Kelebihan Air (WS)	187.4	95.4	66.5	52.9	117.5	23.8
IV ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH							
13	Infiltrasi (i)	56.2	28.6	19.7	15.9	35.2	7.1
14	$0.5(1 + k) i$	46.4	23.6	16.2	13.1	29.1	5.9
15	$k * V(n - 1)$	47.7	61.1	55.1	48.3	38.6	44.0
16	Volume Penyimpanan (Vn)	94.0	84.7	71.3	59.4	67.7	49.9
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	20.7	-9.3	-13.4	-11.9	8.3	-17.8
18	Aliran Dasar (BF)	35.5	37.9	33.1	27.7	27.0	24.9
19	Aliran Langsung (DR)	131.2	66.8	45.9	37.0	82.2	16.7
20	Aliran (R)	166.7	104.7	79.0	64.8	109.2	41.6
V DEBIT ALIRAN SUNGAI							
21	Debit Aliran Sungai	1.869	1.174	0.885	0.726	1.224	0.424
22	Debit Aliran Sungai	1869	1174	885	726	1224	424
23	Jumlah hari	10	10	10	10	10	11

Tabel Lanjutan bulan Sept-Okt

No	URAIAN	Nov			Des		
		I	II	III	I	II	III
I DATA HUJAN							
1	Curah Hujan (P)	103.2	27.8	45.2	188.5	65.2	128.8
2	Jumlah Hari Hujan (h)	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0
II EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)							
3	Evapotranspirasi (Eto)	56.7	56.7	56.7	56.4	55.4	60.9
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
5	(m/20) * (18 - h)	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
6	$\Delta E = (Eto) * (m/20) * (18 - h)$	21.3	19.8	17.0	16.8	16.6	18.3
7	$Eta = Eto - \Delta E$	35.4	36.8	39.7	38.8	38.8	42.7
III KESEIMBANGAN AIR							
8	P - Eta	67.8	-9.2	5.5	147.7	28.4	88.1
9	SMS = ISMS + (P - Eta)	267.8	190.8	205.5	347.7	228.4	288.1
10	Kandungan Air Tanah (SS)	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	200	191	200	200	200	200
12	Kelebihan Air (WS)	67.8	0.0	5.5	147.7	28.4	88.1
IV ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH							
13	Infiltrasi (i)	20.3	0.0	1.7	44.3	7.9	25.8
14	$0.5(1 + k) i$	16.8	0.0	1.4	36.8	6.5	21.3
15	$k * V(n - 1)$	32.4	32.0	20.8	14.4	33.1	25.8
16	Volume Penyimpanan (Vn)	49.2	32.0	22.2	51.0	39.7	47.1
17	Perubahan Volume Air (ΔVn)	-0.7	-17.2	-9.8	28.8	-11.3	7.4
18	Aliran Dasar (BF)	21.0	17.2	11.5	15.5	19.2	18.4
19	Aliran Langsung (DR)	47.4	0.0	3.9	103.4	16.5	80.3
20	Aliran (R)	68.5	17.2	15.4	118.9	37.7	78.7
V DEBIT ALIRAN SUNGAI							
21	Debit Aliran Sungai	0.768	0.193	0.172	1.333	0.423	0.802
22	Debit Aliran Sungai	768	193	172	1333	423	802
23	Jumlah hari	10	10	10	10	10	11

Tabel Lanjutan bulan Nov-Des

Tabel 4.4 Rekapitulasi Analisa Debit

Andalan Q99 (Sumber: Hasil

Perhitungan)

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Debit

Aliran FJ Mock (Sumber: Hasil Perhitungan)

No.	Bulan	Periode	Debit Aliran Total	
			m3/detik	liter/detik
1	Januari	I	0.831	831
		II	0.516	516
		III	0.774	774
2	Februari	I	0.446	446
		II	0.200	200
		III	0.162	162
3	Maret	I	0.084	84
		II	0.055	55
		III	0.464	464
4	April	I	0.078	78
		II	0.051	51
		III	0.033	33
5	Mei	I	0.320	320
		II	0.048	48
		III	1.184	1184
6	Juni	I	0.801	801
		II	0.462	462
		III	0.150	150
7	Juli	I	0.524	524
		II	0.113	113
		III	0.820	820
8	Agustus	I	2.330	2330
		II	1.548	1548
		III	0.741	741
9	September	I	1.869	1869
		II	1.174	1174
		III	0.885	885
10	Oktober	I	0.726	726
		II	1.224	1224
		III	0.424	424
11	November	I	0.768	768
		II	0.193	193
		III	0.172	172
12	Desember	I	1.333	1333
		II	0.423	423
		III	0.802	802

No	Bulan	Periode	Debit Andalan Q99
1	Januari	I	0.642
		II	0.402
		III	0.247
2	Februari	I	0.167
		II	0.098
		III	0.074
3	Maret	I	0.041
		II	0.023
		III	0.015
4	April	I	0.010
		II	0.013
		III	0.007
5	Mei	I	0.017
		II	0.026
		III	0.015
6	Juni	I	0.052
		II	0.098
		III	0.051
7	Juli	I	0.093
		II	0.083
		III	0.063
8	Agustus	I	0.030
		II	0.054
		III	0.028
9	September	I	0.030
		II	0.134
		III	0.028
10	Oktober	I	0.038
		II	0.024
		III	0.033
11	November	I	0.020
		II	0.012
		III	0.008
12	Desember	I	0.007
		II	0.016
		III	0.018
Jumlah			2.716
Rerata			0.075

Tabel 4.5 Kebutuhan air baku di Kecamatan Nunukan Selatan

Uraian	Satuan	Tahun 2031
Jumlah penduduk	jiwa	45489
Tingkat pelayanan	%	90,00
Total penduduk berdasarkan tingkat pelayanan	jiwa	40940
Kebutuhan Air Penduduk	ltr/jiwa/hari	100
Kebutuhan Domestik	liter/hari	4094047
	liter/detik	47,38
Kebutuhan non domestik (15% domestik)	liter/detik	7,11
Kehilangan air akibat kebocoran (20% kebutuhan domestik & non domestik)	liter/detik	10,90
Kebutuhan air rata-rata	liter/detik	65,39
Kebutuhan harian maksimum	liter/detik	75,20
Kebutuhan jam puncak	liter/detik	114,43

- Jumlah penduduk 2031 (15th)= 45489 jiwa
- Kebutuhan Air Penduduk =100 ltr/jiwa/hr
- Tingkat Pelayanan = 90 %
- Jumlah Penduduk berdasarkan tingkat pelayanan = Jumlah Penduduk x Tingkat Pelayanan
-
- Kebutuhan Domestik = Jumlah Penduduk berdasarkan tingkat pelayanan x kebutuhan air
- Kebutuhan Non Domestik = Kebutuhan Non Domestik x15%
- Kehilangan air akibat kebocoran (20% domestik & non domestik) = (domestik + Non domestic) x 20%
- Kebutuhan Air rata-rata = domestik + Non domestik + Kehilangan air akibat kebocoran
- Kebutuhan harian Maksimum = Faktor hari maksimum + Kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak = Faktor hari maksimum + Kebutuhan air rata-rata
-

Tabel 4.6 Perbandingan kebutuhan air dan debit Andalan

P (15) Th (org)	Kebutuhan Peduduk (m3/dtk)	Debit Andalan Q 99 (m3/dtk)	Ket
45489	0,0752	0,0754	CUKUP

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan :

P : Proyeksi Jumlah Penduduk 15 tahun

Q : Kebutuhan Air Penduduk di Kec.Nunukan Selatan selama 15 Tahun

PENUTUP

1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proyeksi pertumbuhan penduduk Kecamatan Nunukan Selatan selama 15 Tahun (2031) adalah 45.489 jiwa. Total kebutuhan air baku maksimal untuk air bersih di Kecamatan Nunukan Selatan selama 15 Tahun (2031) adalah 0,0752 m³/detik.
2. Kebutuhan air bersih yang dapat disuplai oleh Embung Sei Limau untuk penduduk di Kecamatan Nunukan Selatan adalah sekitar 0,0754 m³/detik (Q99), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Embung Sei Limau bisa mencukupi kebutuhan air bersih di Kecamatan Nunukan Selatan sepanjang tahun sampai dengan 15 Tahun ke depan.

2. Saran

Bagi instansi Pemerintah, disarankan agar mencari alternatif tampungan-tampungan air lain, mengingat di pulau Nunukan tidak ada sungai besar, guna mencukupi kebutuhan air penduduk di waktu yang akan datang.

Bagi penelitian selanjutnya, agar dikaji mengenai permasalahan sedimentasi yang bisa mengakibatkan luas tampungan dari Embung semakin berkurang dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, 1994. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*, PT. Tata Guna Patria Pustaka
2. Dwicahyo, Indrasto. 2013. *Kajian Pengoperasian Bendungan Samboja Kalimantan Timur*, Tesis, Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung
3. Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius : Yogyakarta
4. E.M Wilson. 1993. *Hidrologi Teknik Edisi 4*. ITB Bandung
5. Harto, B.R, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
6. Kohler, M.A, Linsley, R.K dan Apulhus
7. NotoAdmojo, Budiman. 2001. *Optimasi Pengembangan Embung di Indonesia*. Maret Vol.2
8. Prawito, Adi. 2010. *Studi Optimasi Embung Tlogo di Kabupaten Rembang*. Agustus
9. Prof. Dr.Ir.Sri Harto, BR. 2000 *Hidrologi*. Nafiri Offset. Yogyakarta
10. Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional : Surabaya
11. Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Edisi Ke-2. Erlangga : Jakarta
12. Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 1976. *Hidrologi Untuk Pengairan*. P.T. Pradya Pratama : Jakarta
13. Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Cetakan ke-2. Beta Offset : Yogyakarta