**ANALISA OPTIMALISASI PADA BENDALI V PAPAN LESTARI KOTA BALIKPAPAN**

**Aldy Nurfajri Putra**

**12.11.1001.7311.116**

*Dalam rangka Pengendalian Banjir Kota Balikpapan Kota Balikpapan bekerjasama dengan Balai Wilayah Sungai Kalimantan III Provinsi Kalimantan Timur untuk lebih memprioritaskan pada manfaat penyediaan air untuk kebutuhan air baku, untuk memenuhi kebutuhan air baku yang semakin melonjak maka dibutuhkan juga tempat penampungan air seperti Bendali V ini yang tidak hanya berfungsi sebagai pengendalian banjir tetapi juga bias dimanfaatkan untuk air baku, untuk memenuhi kebutuhan air baku yang semakin melonjak maka dibutuhkan juga tempat penampungan air seperti Bendali V ini yang tidak hanya berfungsi sebagai pengendalian banjir tetapi juga bias dimanfaatkan untuk air baku.*

*Analisa perhitungan ini menggunakan metode Model F.J. Mock untuk mencari berapa debit air mingguan sungai Sepinggan pada tahun 2000-2014 dan metode Geometrik, Aritmatik untuk mencari berapa debit air baku yang diperlukan penduduk Perumahan Papan Lestari, Untuk mengetahui volume ketersediaan air baku yang dapat didistribusikan untuk Perumahan Papan Lestari Kota Balikpapan.*

*Debit air bulanan yang diperoleh di DAS Sepinggan pada Perumahan Sepinggan Papan Lestari dengan menggunakan metode F.J.Mock dapat memberikan hasil yang baik, dengan data curah hujan 14 tahun ( tahun 2000 – 2014). Besarnya debit bulanan rata-rata yang diperoleh berkisar Q = 0.100 m³/detik sampai dengan 0.516 m³/ /detik . Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan maka kebutuhan air baku yang diperlukan oleh penduduk Perumahan Papan Lestari adalah sebesar 3.930 lt/dtk.*

**Kata kunci : Bendali, debit air. DAS**

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang Masalah**

Air merupakan unsur utama dalam kehidupan manusia, air juga merupakan suatu yang sangat penting dalam rangka usaha untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat. Oleh karena itu sudah selayaknya bila air beserta sumber-sumbernya perlu dihargai dan dijaga kelestariannya serta dimanfaatkan dengan sebaik baiknya dalam arti harus dipergunakan secara efektif dan efisien. Di Kecamatan Balikpapan Selatan ,di kelurahan Sepinggan tepatnya dikawasan Perumahan Papan Lestari sering mengalami banjir sekaligus mengalami kekurangan air baku. Sehubungan dengan kondisi tersebut diatas ,maka dipandang perlu untuk melakukan suatu trobosan dalam mengatasi keadaan tersebut. Pada saat musim penghujan, banyak pemukiman yang terendam yang bisa menyebabkan banyak kerugian pada sisi ekonominya, sedangkan pada saat musim bukan penghujan justru akan kesulitan memenuhi kebutuhan air bakunya.

Dalam rangka Pengendalian Banjir Kota Balikpapan dan didasarkan oleh studi yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Balikpapan pada perencanaan pengembangan Kota Balikpapan, maka Pemerintah Kota Balikpapan bekerjasama dengan Balai Wilayah Sungai Kalimantan III Provinsi Kalimantan Timur untuk lebih memprioritaskan pada manfaat penyediaan air untuk kebutuhan air baku, untuk memenuhi kebutuhan air baku yang semakin melonjak maka dibutuhkan juga tempat penampungan air seperti Bendali V ini yang tidak hanya berfungsi sebagai pengendalian banjir tetapi juga bias dimanfaatkan untuk air baku. Berdasarkan data meteorologi yang ada, daerah Kota Balikpapan mempunyai kecenderungan curah hujan yang tidak merata sepanjang tahun, inilah yang menyebabkan daerah Kota Balikpapan terjadi kelebihan air bahkan menyebabkan banjir dan juga kadang kekurangan air. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, mengingat kondisi topografi yang berbukit, alternatif dibangunnya suatu Bendali (Bendungan Pengendali) sebagai tampungan air di musim hujan dan dapat digunakan sebagai penyimpanan air baku di musim kemarau, merupakan jalan keluar yang tepat.

**Rumusan Masalah**

1. Berapakah debit air mingguan sungai Sepinggan pada tahun 2000-2014?

2. Berapakah debit air baku yang diperlukan penduduk Perumahan Papan Lestari?

**Maksud dan Tujuan penelitian**

**1. Maksud**

Untuk mengetahui volume ketersediaan air baku yang dapat didistribusikan untuk Perumahan Papan Lestari Kota Balikpapan.

**2. Tujuan**

Untuk memberikan manfaat yang optimal pada Bendali V agar lebih berguna untuk penduduk pada Perumahan Papan Lestari Kota Balikpapan.

**Manfaat penelitian**

Manfaat pnelitian ini adalah memberikan solusi pemecahan masalah kekurangan air baku pada kawasan Perumahan Papan Lestari Kota Balikpapan.

**DASAR TEORI**

**Pengertian Bendali**

Bendali adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mengendalikan air di suatu tempat. Bendali merupakan sebuah bangunan bendungan tapi memiliki fungsi yang beragam. Ada yang sebagai tempat penampungan air ada juga yang sebagai pengendalian banjir.

**Simulasi Mock**

Pada prinsipnya metode F.J Mock ini disarkan pada konsep pokok hidrologi : ‘*water balance”* atau konsep keseimbangan air. Pada konsep ini berdasarkan pada sirkulasi air di bumi atau siklus hidrologi dimana hujan yang jatuh dipermukaan bumi dalam hal ini *catchment a*rea sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung *direct run off* (limpasan langsung). Data-data yang diperlukan dalam metode ini adalah :

1. curah hujan bulanan (P)
2. jumlah hari hujan (n)
3. evapotranspirasi potensial (PET)

langkah –langkah perhitungan water balance metode F.J Mock sesuai prosedur yaitu :

1. Menghitung limited evapotranspirasi (Et)
2. Menghitung *water surplus (ws)*
3. Menghitung besarnya *base flow* (aliran dasar)
4. Menghitung banyaknya *run off*

**Kalibarasi Model Mock**

***Parameter Model***

Mock menyajikan sebuah model yang sederhana untuk menaksirkan tersedianya air disungai dari angka curah hujan , evapotranspirasi, kelembaban tanah dan cadangan air tanah. Model mock menggunakan data hujan, data evapotranspirasi potensial, luas DAS dan data croip factor sebagai data masukan (input). Proses pengalihragaman hujan menjadi aliran memperhitungkan 6 parameter yang merupakan karakteristik DAS tersebut, yaitu :

1. koefisien infiltrasi musim basah (WIC)
2. koefisien infiltrasi musim kemarau (DIC)
3. initial Soil Moisture (ISM), yaitu kelembaban tanah pada kondisi awal
4. Soil Moisture Capacity (SMC), yaitu kapasitas kelembaban tanah yang digunakan pada seluruh pengaliran
5. Initial Groundwater Storage (IGWS) , yaitu tampungan air tanah pada kondisi awal
6. Groundwater Recession Constant (K), yaitu factor resesi aliran tanah,

Dasar dasar bekerjanya model ini disusun secara sistematis untuk membantu perhitungan model mock dengan menggunakan program computer.

**Kebutuhan Air untuk Penduduk**



dimana:

KA (pd) = Kebutuhan air untuk penduduk (m3 / bulan)

P = Jumlah penduduk (orang)

S (pd) = Standar kebutuhan air (liter/orang/hari)

Standar kebutuhan air untuk keperluan penduduk adalah sebagai berikut:

1). Ibu kota provinsi : 120 liter/orang/hari

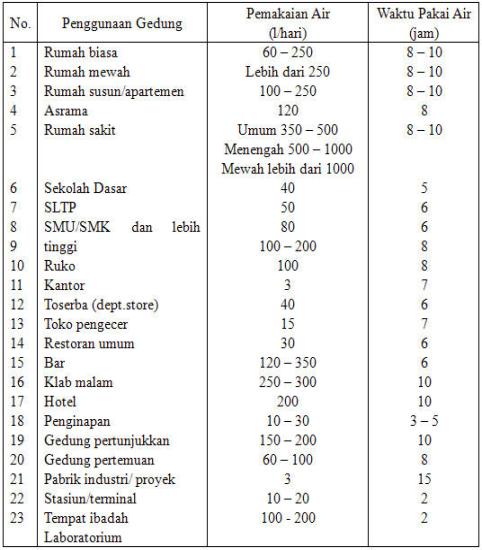
2). Ibu kota kabupaten : 100 liter/orang/hari

3). Ibu kota kecamatan : 80 liter/orang/hari

4). Perdesaan : 60 liter/orang/hari

**Kebutuhan Air per-Orang per-Hari**

Berdasarkan penelitian dari Puslitbang Pemukiman PU, beberapa kebutuhan pemakaian air di beberapa bangunan dituliskan seperti pada tabel berikut.

**Tabel Pemakaian Air per-Orang per-Hari**

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Secara Geografis Kota Balikpapan terletak pada 116,5° dan -117° Bujur Timur dan 1,0°-1,5° Lintang Selatan, Kota Balikpapan mempunyai luas 503,3 km2 dengan batas administrasi sebagai berikut:

* Sebelah Utara : Kabupaten Kutai Kartanegara
* Sebelah Timur : Selat Makassar
* Sebelah Selatan : Selat Makassar
* Sebelah Barat : Kabupaten Penajam Paser Utara

**Populasi dan Sample**

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 :

* Data Curah Hujan
* Data Klimatologi
* Data Kependudukan

**Teknik Pengumpulan Data**

1. Teknik kepustakaan yaitu dengan mendapatkan informasi dan data mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diperoleh dari literatur-literatur, bahan kuliah, majalah konstruksi, media internet dan media cetak lainnya.
2. Data dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur.
3. Data dari Dinas Bappeda Kota Balikpapan
4. Data dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan III
5. Data dari BMKG Sepinggan Kota Balikpapan
6. Wawancara : data yang diperoleh melalui wawancara langsung (*Direct* *interview*) dengan berbagi pihak yang terkait dengan pekerjaan tersebut.

**Metode Analisis Data**

Metode analisis data pada perhitungan yang dilakukan adalah meliputi :

1. Analisa atau Kajian :
   * 1. Analisa Statistik Curah Hujan Maksimum Tahunan.
     2. Analisa Data Hidrologi.
2. Perhitungan Curah Hujan

3. Merencanakan Distribusi Kebutuhan Air penduduk pada Bendali V Papan Lestari Kota Balikpapan

4. Menghitung Debit Andalan dengan menggunakan Metode FJ. Mock.

5. Memberikan kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisa.Selesai.

**PEMBAHASAN**

**Analisa Tangkapan Hujan**

Data curah hujan harian yang bersumber dari stasiun curah hujan Sepinggan Balikpapan, dengan periode pencatatan 2004 – 2014. Dipilih stasiun tersebut karena dekat dengan wilayah penelitian.Perhitungan curah hujan rata-rata aljabar.

**Data Curah Hujan Harian**



**Analisa Curah Hujan Harian Maksimum**

Data Curah Hujan Maksimun Harian dalam bulan Januari - Desember , periode 2000-2014 bisa dilihat pada table sebelumnya yaitu table 4.1 Data Curah Harian pada kolom 5 (yang tertulis MAX).

**Keadaan Iklim**

Data iklim untuk catchment area Sepinggan seperti : temperature udara, kecepatan angin , kelembaban relative dan penyinaran matahari, semuanya di rangkum dalam tabel berikut :

**Tabel Data Klimatologi Stasiun Meteorologi Sepinggan**



**Analisa Ketersediaan Air**

**Evapotranspirasi Potensial**

Menghitung angka angot pada Bendali V Papan Lestari Sepinggan, Besaran nilai angot dalam hubungan dengan letak lintang (mm/hari) (untuk daerah Indonesia, antara 5°LU sampai 10°LS)

**Tabel Harga RG untuk Indonesia**



**Angka 15 .23 di dapat dari :**

Letak Bendali V Papan Lestari pada Geografis Kota Balikpapan berada antara 1.0 LS - 1.5 LS*(UKL/UPL Bendali V Papan Lestari Kota Balikpapan).*

**Penjelasan Perhitungan pada tabel Analisa Pengalihan Data Hujan Menjadi Debit Sungai Sepinggan dengan Model F.J. Mock :**

|  |  |
| --- | --- |
| Kolom 1 | Tahun Data |
| Kolom 2 | Nama Bulan Data |
| Kolom 3 | Hujan 7 Harian , didapat dari tabel 1.1 data curah hujan harian kolom 7.8.9.10 |
| Kolom 4 | Hujan 7 Harian , didapat dari tabel 1.1 data curah hujan harian kolom 11.12.13.14 |
| Kolom 5 | Evapotranspirasi Potensial, didapat dari tabel perhitungan Evapotrasnpirasi Potensial dengan metode Pennman Nedeco |
| Kolom 6 | Evaporasi, didapat dari perhitungan :  E = (Ep x m x [0.75 x {9 – Hh}])/jumlah hari data dalam minggu  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  E = ( 2.26 x 0.35 x{0.75 x [9 – 1]})/ 7  = 0.68 |
| Kolom 7 | Evaporasi terbatas , didapat dari sebuah persamaan pernyataan  Et = IF (E > 0, Ep – E, Ep)  Jika nilai Evaporasi lebih besar dari nol, atau nilainya diantara Ep – E, maka yang dipakai adalah nilai E |
| Kolom 8 | Cukup Jelas ;  DS = P – Et  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  E = 80–(1.58 x 7)  = 68.931  → 80 nilai P (kolom 3); 1.58 nilai Et (kolom 7); 7 jumlah hari dalam minggu |
| Kolom 9 | Cukup Jelas ;  Nilai Tampungan Awal ( ISM) = 250 |
| Kolom 10 | WS = Ds – ( SMC – ISM)  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  WS = 68.931–(250-200))  = 118.931  → 68.931 nilai Ds (kolom 6); 250 nilai Smc (baris 3); 200 nilas ISM (baris 4 atas tabel) |
| Kolom 11 | Infiltrasi = WS x Koef.infiltrasi  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  I = 118.931 x 0.50  = 59.465  → 118.931 nilai Ws (kolom 10); 0.50 nilai koef.I (baris 5 atas tabel) |
| Kolom 12 | Cukup Jelas ;  0.5 x (1 +k ) x I  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  = 0.50 x (1 + 0.40) x 59.465  = 41.626  → 41.626 nilai (kolom 12); 0.50 nilai koef.; 0.40 nilai factor resesi (baris 6 atas tabel) ; 59.465 nilai infiltrasi (kolom 11) |
| Kolom 13 | Cukup Jelas ;  = K x (Vn -1)  = 0.4 x 47 = 18.800  → 18.800 nilai (kolom 13); 47 nilai IGWS; 0.40 nilai factor resesi (baris 6 atas tabel) |
| Kolom 14 | GWS = [0.5 (k+1)] +[kVn-1]  = kolom 12 + kolom 13  = 41.626 + 18.800 = 60.426  → 41.626 nilai kolom 12 ; 18.800 nilai kolom 13 |
| Kolom 15 | QB = Infiltrasi – (GWS – IGWS)  = Kolom 11 - (Kolom 14 – baris 5 atas tabel)  = 59.465 – (60.426 – 47)  = 46.046 |
| Kolom 16 | QI = IF ( WS – I < 0, 0 , WS – I)  Jika nilai WS - I lebih besar dari nol, atau 0, maka yang dipakai adalah WS - I |
| Kolom 17 | Q = IF (QI + QB < 0, 0, QI + QB)  Jika nilai QI + QB kurang dari nol, atau nol, maka yang dipakai adalah QiI + QB |
| Kolom 18 | Q Total = Luas DAS x 1000 x (kolom 17 x[ 7 x 24 x 3600)  Contoh perhitungan Bulan Januari Minggu 1 tahun 2000;  = 1.25 x 1000 x ( 105.505 x (7 x 24 x 3600)  = 0.218 m3/dtk  → |

**ANALISA KEBUTUHAN AIR**

**Proyeksi Jumlah Penduduk (Proyeksi tahun 2020)**

proyeksi jumlah penduduk di suatu daerah dan pada tahun tertentu dapat dilakukan apabila diketahui tingkat pertumbuhan penduduknya.

Proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode yaitu :

1. Metode Geometrik

Dengan menggunakan metode geometric, maka perkembangan penduduk suatu daerah dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

* : Pn = (Po (1 + r)n

Keterangan :

Pn = Jumlah Penduduk pada akhir tahun ke n (jiwa)

Po = Jumlah Penduduk tahun yang ditinjau (jiwa)

r = tingkat pertumbuhan penduduk pertahun (dalam %)

n = jangka waktu proyeksi dalam tahun

1. Metode Aritmatik

Dalam metode ini, pertumbuhan rata – rata penduduk berkisar pada persentase r (angka pertambaahan penduduk per tahun) yang konstan setiap tahun. Metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

* : Pn = Po (1 + rn)

Keterangan :

Pn = Jumlah Penduduk pada akhir tahun ke n (jiwa)

Po = Jumlah Penduduk Tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk pertahun (dalam %)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

1. Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode Eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut :

Pn = Po . e r.n

Keterangan

Pn = Jumlah Penduduk pada akhir tahun ke n (jiwa)

Po = Jumlah Penduduk Tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk pertahun (dalam %)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan logaritma natural = 2.7182818

dalam menetukan metode yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan adalah berdasarkan pendekatan yang sesuai beberapa hal berikut :

* Tata guna lahan yang ada dan kesesuaian lahan
* Kecenderungan pertumbuhan fisik kota dan penduduk
* Strategi kebijaksanaan yang ditetapkan dalam pengembangan kota

Untuk perkiraan kebutuhan air baku yang akan dating diperlukan perkiraan petambahan penduduk dan perkiraan sebarannya. Data kependudukan untuk keperluan analisa kebutuhan air baku di wilayah Perumahan Papan Lestari Sepinggan Kota Balikpapan diperoleh dari kelurahan setempat yaitu terdiri dari 5 RT dengan jumlah penduduk sebanyak 2.000 jiwa dan diketahui laju pertumbuhan penduduk di kota Balikpapan adalah sebesar 1.3 %.

* Rumus dasar : Pn = (Po (1 + r)n

Keterangan :

Pn = Jumlah Penduduk tahun yang diproyeksikan (2020)

Po = Jumlah Penduduk awal

r = tingkat pertumbuhan penduduk pertahun (dalam %)

n = jangka waktu proyeksi dalam tahun

* Hitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2020

Pn = (Po (1 + r)n

= 2.000 x (1+0.012)6

= 2.000 x (1.012)6

= 2.156,044 = **2.156 jiwa**

**Proyeksi Air Baku**

Kebutuhan air total berdasarkan jumlah pemakai air yang telah diproyeksikan untuk 5- 10 tahun mendatang an kebutuhan rata – rata setiap pemakai setelah ditambahkan 20 % sebagai factor kehilangan air (kebocoran). Kebutuhan total ini dipakai untuk mengecek apakah sumber air yang dipilih dapat digunakan . kebutuhan air bersih ini didasarkan atas pelayanan dengan menggunakan dengan Hidran Umum (HU) dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Hitung kebutuhan air bersih dengan mengalikan jumlah jiwa yang akan dilayani sesuai dengan tahun perencanaan (P) dikali kebutuhan air perorang perhari (q) dikali factor hari maksimum (fmd = 1.05 – 1.15)

Q = P.q

Q md = Q. fmd

1. Hitung kebutuhan total air baku(Qt), dengan factor kehilangan air 20 % dengan persamaan

Qt = Qmd x (100/80)

1. Kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran debit sumber air baku apakah dapat mencukupi atau tidak

* Kebutuhan air bersih : Qmd = Pn x q x fmd
* Kebutuhan air baku : Qt = Qmd x 100/80 (factor kehilangan 20 %)

Keterangan :

Qmd = Kebutuhan air baku

Pn = jumlah penduduk tahun n

fmd = factor hari max (1.05 - 1.15)

Qt = kebutuhan air total

Sumber air baku Bendali V dari segi kualitas baik untuk dijadikan air baku

Dengan perhitungan optimasi 90 % didapat debit yang direncanakan sebagai debit yang akan menyuplai air baku kepada warga perumahan Papan lestari.

Q yang diperhitungkan : 286.668 ltr/dtk

Jumlah penduduk pada perumahan : 2.000 jiwa

Pertumbuhan Penduduk : 1.3 %

Asumsi Kebutuhan air bersih skala komunal sampai dengan tahun 2020 : 120 ltr /org/hr (*Puslitbang Pemukiman PU)*

* Kebutuhan air bersih

Qmd = Pn x q x fmd

= 2.156 orng x 120 ltr /org/hr x 1.05

= 271.656 ltr/hari

= 3.144 ltr/dtk

* Hitungan Proyeksi kebutuhan air baku

Qt = Qmd x 100/80

= 3.144 x 100/80

= 3.930 ltr/dtk

= 339.552 ltr/hari

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

1. Debit air bulanan yang diperoleh di DAS Sepinggan pada Perumahan Sepinggan Papan Lestari dengan menggunakan metode F.J.Mock dapat memberikan hasil yang baik, dengan data curah hujan 14 tahun ( tahun 2000 – 2014). Besarnya debit bulanan rata-rata yang diperoleh berkisar Q = 0.100 m³/detik sampai dengan 0.516 m³/ /detik .
2. Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan maka kebutuhan air baku yang diperlukan oleh penduduk Perumahan Papan Lestari adalah sebesar 3.930 lt/dtk.

**Saran**

Berdasarkan hasil analisis dan manfaat dari analisis ini disarankan sebagai berikut :

1. Karena keterbatasan data sekunder berupa AWLR (*automatic water level recorder*) dan ARR (*automatic rainfall recorder*) pada suatu DAS menyebabkan penelitian ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu perlu adanya pengkajian kembali pengamatan yang ada sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Mengingat sulitnya penggunaan model Mock yang benar benar akurat sesuai dengan sifat dan karakteristik DAS, maka kepada Kementerian Pekerjaan Umum untuk jangka panjang disarankan melengkapi masing-masing DAS dengan data AWLR (*automatic water level recorder*) dan ARR (*automatic rainfall recorder*) di masing-masing DAS.
3. Jika ingin melakukan penelitian serupa hendaknya dilakukan dengan memperluas daerah penelitian. Sehingga nantinya Mock yang dihasilkan dapat mendekati kondisi lapangan.

**\**

**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim, Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Kota Balikpapan

Anonim, Balikpapan Dalam Angka 2014

Anonim, Balai Wilayah Sungai Kalimantan III Provinsi Kalimantan Timur

Anonim, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur

Anonim, RTRW Kota Balikpapan 2015-2032

E.M Wilson. 1993. *Hidrologi Teknik Edisi .* ITB Bandung

PU. 1997. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*

NotoAdmojo, Budiman. 2001. *Optimasi Pengembangan Embung* di Indonesia. Maret Vol.2.

PT. Hilmy Anugrah. 2012. *SID dan UKL/UPL Bendali V Papan Lestari Kota Balikpapan*

Sosrodarsono, Suyono. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan.* P.T. Pradya Pratama: Jakarta

Soedibyo, Ir. 2001. *Teknik Bendungan.*

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan.* Cetakan ke-2. Beta Offset: Yogyakarta