

ANALISIS KETERSEDIAAN AIR DAN PENGGUNAAN AIR (WATER BALANCE) UNTUK PENDUDUK KOTA KUPANG

Ivonia Isabela Raya¹, Wilhelmus Bunganaen^{2*}, Rosmiyati A. Bella³

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

^{1,2,3}Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur

* E-mail : elaraya2020@gmail.com, wilembunganaen@yahoo.co.id, qazeboo@yahoo.com

ABSTRAK

Kota Kupang merupakan salah satu Kota di provinsi Nusa Tenggara Timur yang memiliki kondisi iklim yang kering dengan curah hujan tahunan sebesar 731 mm/tahun, sehingga dapat dikategorikan sebagai kota dengan curah hujan rendah (<1500 mm/tahun). Kondisi ini menyebabkan diperlukannya suatu analisis keseimbangan air. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi, pemanfaatan air dan keseimbangan air di Kota Kupang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif berupa analisis data yang diperoleh dari lapangan yaitu data koordinat dan elevasi lokasi studi dan metode kuantitatif berupa analisis hidrologi untuk analisis neraca air berdasarkan metode FJ Mock dan analisis penduduk menggunakan metode aritmatik. Selanjutnya pengumpulan data primer dilakukan melalui pengambilan titik koordinat dan dokumentasi di lapangan, sedangkan data sekunder yang dikumpulkan adalah data curah hujan dari BMKG, data embung dari BWS NT2, data mata air dan sumur bor dari P2AT dan data penduduk dari BPS Kota Kupang. Berdasarkan hasil perhitungan neraca air, total ketersediaan air (aktiva) di Kota Kupang sebesar 147.120.00 m³/tahun dan total pemanfaatan / kebutuhan air (pasiva) sebesar 129.120.000 m³/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa di Kota Kupang terjadi surplus air. Namun di sisi lain, penelitian ini juga memperlihatkan adanya defisit air di tiga Kecamatan di Kota Kupang pada musim kemarau. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan dan pemanfaatan air agar terjadi keseimbangan air pada musim hujan dan musim kemarau.

Kata kunci : Ketersediaan, Neraca Air Penggunaan

PENDAHULUAN

Ketersediaan air di dunia ini begitu melimpah, hampir 70% dari bumi adalah air namun yang dapat dikonsumsi oleh manusia untuk keperluan air minum sangatlah sedikit, dari total jumlah air yang ada, hanya 5% saja yang tersedia sebagai air minum, sedangkan sisanya adalah air laut (<https://kelair.bppt.go.id>). Ketersediaan air minum yang minim ini belum dapat memenuhi kebutuhan air penduduk yang setiap saat bertambah. Semakin meningkatnya populasi penduduk maka semakin meningkat pula kebutuhan akan air. Hal ini menimbulkan terjadinya kekurangan air yang berdampak pada ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Ketidakseimbangan air memicu munculnya persoalan kekurangan air yang hampir selalu dialami di beberapa wilayah, termasuk Kota Kupang. Dilansir dari sebuah sumber menyatakan bahwa Kota Kupang mengalami krisis air bersih dan defisit air akibat kemarau panjang

(<https://Republika.co.id>). Kota Kupang memiliki beberapa potensi sumber air yang dikembangkan berupa 7 Daerah Aliran Sungai (Sungai Dendeng, Sungai Salak, Sungai Kolano, Sungai Alak, Sungai Oesapa Besar, Sungai Baumata dan Sungai Osmok), 11 embung potensial, 13 mata air serta 33 sumur bor (Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, P2AT Kota Kupang). Namun karena belum optimalnya pemanfaatan sumber daya air yang ada maka hingga saat ini masih terdapat kasus krisis air bersih pada musim kemarau. Selanjutnya hal ini juga disebabkan Kota Kupang memiliki iklim kering sedang yang ditandai dengan musim kemarau yang sangat panjang (April– November) dan musim hujan yang sangat pendek (Desember–Maret). Selain itu rata-rata temperatur udara minimum berkisar 20,1^o – 24,5^o C dan maksimum berkisar 29,9^o – 35,2^o C, temperatur udara rata-rata sekitar 27,5^o C, kelembapan udara antara 64%-90%, dan rata-rata curah hujan 110 hari per tahun serta penyinaran matahari terendah

sebesar 50% pada musim hujan dan penyinaran matahari tertinggi 98% pada musim kemarau (BPS Kota Kupang, 2018). Krisis air bersih dapat terjadi tidak hanya disebabkan oleh faktor iklim tetapi juga dipengaruhi oleh adanya ketidakseimbangan ketersediaan dan penggunaan air. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian “**Analisis Keseimbangan Ketersediaan Air dan Penggunaan Air untuk Masyarakat Kota Kupang**” dengan memanfaatkan seluruh potensi sumber daya air di Kota Kupang sehingga dapat diketahui apakah Kota Kupang mengalami kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*defisit*) air.

TINJAUAN PUSTAKA

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan air laut menguap ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan menimbulkan limpasan yang mengalir kembali ke laut. Siklus hidrologi merupakan proses kejadian air yang berlangsung secara kontinu sehingga menghasilkan air menjadi sumber daya alam yang terbaharui (*renewable*). Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait yaitu antara proses hujan (*presipitation*), penguapan (*evaporation*), transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan (*runoff*), dan aliran bawah tanah. Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait yaitu antara proses hujan (*presipitation*), penguapan (*evaporation*), transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan (*runoff*), dan aliran bawah tanah (suripin, 2003).

Ketersediaan Sumber Daya Air (Aktiva)

1. Air hujan adalah air yang berasal dari sublimasi uap air di udara yang dihasilkan oleh awan yang potensial, terkondensasi karena suhu rendah akan terbentuk butir-butir air dan jatuh karena gaya grafitasi sebagai titik-titik hujan (Asdak, 2010).
2. Air Permukaan
 - a. Sungai dalam siklus hidrologi, aliran sungai digolongkan sebagai aliran permukaan.
 - b. Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan terutama pada saat musim kemarau.
 - c. Mata Air (*spring*) adalah sumber air yang muncul dengan sendirinya ke permukaan dari dalam tanah.

3. Air Tanah Berdasarkan UU No. 7, Tahun 2004 Bab I Pasal 1 tentang Sumber Daya Air, dikatakan bahwa Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah.

Analisis Proyeksi Penduduk

1. Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + (n.q)P_o \quad (1)$$
2. Metode Geometrik

$$P_n = P_o(1+r)^n \quad (2)$$
2. Metode Eksponensial

$$P_n = P_o(e)^{n.q} \quad (3)$$

Di mana :

- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke – n
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- n = Jumlah interval
- e = Nilai eksponensial yang besarnya adalah 2,7182818
- q = Perkembangan penduduk rata-rata

Kebutuhan Sumber Daya Air (Pasiva)

Tujuan pemeriksaan uji frekuensi adalah untuk mengetahui kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan. atau yang memperoleh secara teoritis dan mengetahui hipotesa (diterima atau ditolak).

a. Uji smirnov-kolmogorov

Uji smirnov-kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan-non-parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

b. Uji Chi-kudrat

Uji chikuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Waktu Konsentrasi

1. Kebutuhan air untuk irigasi

Penggunaan air untuk irigasi yang dipergunakan dalam waktu satu tahun sehingga pengaruh lama tanaman dan prosentase (%) intensitas tanaman harus diperhitungkan (Anonimus, 2011). Perhitungan penggunaan air untuk padi per tahun menggunakan persamaan :

Di mana:

A = Penggunaan air irigasi dalam

L = Luas daerah irigasi (Ha)

It = Intensitas tanaman dalam prosen (%) musim/ tahun

- a = Standar penggunaan air (1 L/det/ha)
atau
A = 0,001 m/det/ha x 3600 x 24 x 120 hari /
musim.
2. Kebutuhan air non irigasi
- a. Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga (Domestik)
Air yang diperlukan untuk rumah tangga yang diperoleh secara individu dari sumber air yang dibuat oleh masing masing rumah tangga seperti sumur dangkal, perpipaan atau hidran umum (Asdak, 2010).
- b. Kebutuhan air perkotaan -komersial dan sosial (non domestik)
Untuk komersial dan sosial seperti: toko, gudang, bengkel, sekolah, rumah sakit, hotel dan sebagainya.
- c. Kebutuhan air industri
Survei kebutuhan air industri diperlukan untuk menentukan rata-rata penggunaan air pada berbagai jenis industri tertentu.

Analisis Neraca Air (*Water Balance*)

1. Analisis neraca air dengan simulasi Mock
Dr. F.J. Mock (1973) memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran yang meliputi data hujan, evaporasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran (Soemarto C. D., 1981).
2. Evapotranspirasi aktual (Ea)
Evapotranspirasi aktual dari Evaporasi potensial metode Penman (ETo). Hubungan antara evaporasi potensial dengan evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus:
- $$ETo = c \times ETo^* \quad (5)$$
- $$ETo^* = \frac{W (0.75 R_s - R_{n1}) + (1-W) f(U)}{(ea-ed)} \quad (6)$$
- Di mana:
- Eto = Evaporasi potensial (mm/hari)
c = Faktor koreksi
ETo* = Evaporasi (mm/hari)
W = Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah.
Rs = Radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekivalen (mm/hari)
 $= (0.25 + 0.54 n/N) R_a$
Rn1 = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari).
f(U) = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (m/dt)

(ea-ed) = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

$$ea = Eto - \Delta E \rightarrow (Ea = Et) \quad (7)$$

$$\Delta E = ETo \times (m/20) \times (18 - n) \rightarrow (E = \Delta E) \quad (8)$$

Di mana:

Ea = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)

Et = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

Eto = Evaporasi Potensial metode Penman (mm/hari)

M = Prosentase lahan yang tertutup tanaman, ditaksir dari peta tata guna lahan

m = 0 untuk lahan dengan hutan lebat

m = 0 untuk lahan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10 % setiap bulan kering berikutnya

m = 10 – 40 % untuk lahan tererosi

m = 30 – 50 % untuk lahan pertanian yang diolah (misal: sawah, ladang)

n = Jumlah hari hujan dalam sebulan

3. Evapotranspirasi Terbatas (ET)

$$ET = Ep - E \quad (9)$$

$$E = Ep \times (m/20) \times (18 - n) \quad (10)$$

Di mana:

ET = Evapotranspirasi terbatas (mm)

Ep = Evapotranspirasi potensial (mm)

E = Beda antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (mm).

M = Exposed surface (singkapan lahan (%)). m= 0%, untuk lahan dengan hutan lebat.

M = 0%, untuk lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering berikutnya.

m = 10% - 40%, untuk lahan yang tererosi.

m = 20% - 50%, untuk lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang)

n = Jumlah hari hujan dalam sebulan

Metode Penelitian

1. Lokasi, Waktu dan Objek Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kota Kupang secara keseluruhan dengan objek penelitian yang ditinjau adalah sumber – sumber di air Kota Kupang yaitu di 7 Daerah Aliran Sungai, 13 Mata air, 33 Sumur bor dan 11 embung. Sumber – sumber air ini tersebar

di 6 kecamatan yakni Kecamatan Alak, Kota Lama, Kelapa Lima, Kota Raja, Oebobo dan Maulafa. Waktu penelitian dilakukan dari bulan Juni 2018 sampai Agustus 2019.

2. Sumber Data

Data primer dalam penelitian ini adalah data koordinat dan dokumentasi 7 DAS yaitu DAS Dendeng, Salak, Kolano, Osmok, Oesapa Besar, Baumata, Pasir Panjang serta data koordinat dan dokumentasi dari 11 embung yakni embung Manulai II, Koekila, Fatufutu, Kibiblian, Nunu'sa, Batu Gosok, Hoenebab, Klubiblian, Bisiti, Pohonitas, dan Kiumese. Sedangkan data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari instansi – instansi, buku literatur, dokumen-dokumen dan arsip yang telah ada berupa data curah hujan harian selama 20 tahun dari tahun 1998 -2017, data luas DAS, data embung, data sumur bor, data mata air serta data jumlah penduduk dan data fasilitas penduduk di Kota Kupang.

3. Teknik Pengumpulan Data dan Teknik Analisa Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi pustaka berupa pengumpulan data yang diperoleh dari dokumen, arsip atau buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini serta teknik dokumentasi berupa pengumpulan data yang diperoleh dengan cara pengambilan dokumentasi/gambar pada lokasi penelitian. Berdasarkan data yang didapat berupa data primer dan data sekunder maka dilakukan analisa data dengan langkah – langkah sebagai berikut :

Analisis proyeksi penduduk dilakukan untuk mengetahui jumlah penduduk untuk 20 tahun mendatang. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan tiga metode yakni metode aritmatik ($P_n = P_o + (n.q)P_o$), Geometrik ($P_n = P_o (1 + r)^n$) dan Eksponensial ($P_n = P_o (e)^{n.q}$). Dari ketiga metode tersebut, metode yang memiliki nilai standar deviasi mendekati satu akan digunakan hasilnya untuk analisis proyeksi kebutuhan air.

Analisis proyeksi kebutuhan air bersih dilakukan guna mengetahui kebutuhan air bersih yang di perlukan oleh penduduk. Dalam menganalisis kebutuhan air penduduk dilakukan perhitungan kebutuhan air domestik untuk keperluan rumah tangga yang dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan, kebutuhan air perkapita dan proyeksi waktu air akan digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan kebutuhan air non domestik untuk keperluan di dalam rumah,

di luar rumah dan keran umum seperti kebutuhan air untuk instansi/ kantor, untuk sekolah, untuk tempat ibadah, dll. Besarnya kebutuhan air bersih dihitung dengan menggunakan acuan Dirjen Cipta Karya, 1996.

Analisis ketersediaan air dilakukan dengan menghitung debit air permukaan yang terdiri atas analisis curah hujan, analisis air permukaan dan analisis air tanah selanjutnya dilakukan analisis neraca air (*water balance*) dengan simulsi Mock.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Sumber Daya Air (Pasiva) di Kota Kupang.

1. Proyeksi pertumbuhan penduduk

Untuk menganalisis proyeksi kebutuhan air untuk beberapa tahun ke depan maka terlebih dahulu dilakukan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode Aritmatik, metode Geometrik dan metode Eksponensial.

Jumlah penduduk yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air bersih adalah hasil proyeksi penduduk dari metode Aritmatik dikarenakan metode aritmatik memiliki standar deviasi yang terkecil.

2. Proyeksi kebutuhan air bersih

Kebutuhan air bersih untuk penduduk dibedakan menjadi dua yakni kebutuhan air sektor domestik dan non domestik. Kebutuhan air sektor domestik mencakupi perhitungan kebutuhan air saluran rumah tangga dan hidran umum yang dihitung menggunakan jumlah penduduk berdasarkan metode aritmatik, sedangkan kebutuhan air sektor non domestik mencakupi perhitungan kebutuhan air gereja, masjid, pasar, sekolah, rumah sakit, dan puskesmas.

Tabel 2 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih di Kota Kupang Sampai Tahun 2037

Tahun	SR	HU	Pendidikan	Peribadatan	Peribadatan	Pasar	Puskesmas	Jumlah
	(lt / det)	(lt / det)	(lt / det)	Gereja (lt / det)	Masjid (lt / det)	(lt / det)	(lt / det)	
2018	275,546	29,523	10,549	9,306	1,597	1,771	0,255	328,546
2019	283,593	30,385	10,836	9,306	1,597	1,823	0,255	337,795
2020	291,602	31,243	11,123	9,306	1,597	1,875	0,255	347,000
2025	299,691	32,110	12,560	9,340	1,620	1,927	0,255	357,502
2027	307,739	32,972	13,135	9,340	1,620	1,978	0,255	367,040
2030	347,853	37,270	13,997	7,986	1,644	2,236	0,255	411,240
2035	388,226	41,596	15,433	8,021	1,667	2,496	0,255	457,693
2037	428,470	45,908	16,008	8,021	1,667	2,754	0,255	503,082

Berdasarkan proyeksi kebutuhan air pada Tabel 2, berikut ini diproyeksikan kebutuhan air bersih berdasarkan kebutuhan normal, hari

maksimum dan jam puncak yang dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk mendapatkan nilai hari maksimum diperoleh dengan mengalikan jumlah total kebutuhan normal dengan faktor fluktuasi 1,15 (Lampiran 15). Untuk nilai jam puncak diperoleh dari mengalikan jumlah total kebutuhan normal dengan faktor fluktuasi 1,75.

Tabel 3 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kondisi Normal, Hari Maksimum, dan Jam Puncak Sampai Tahun 2037

Faktor	2018	2019	2020	2025	2027	2030	2035	2037
Normal (lt/det)	328,546	337,795	347,000	357,502	367,040	411,240	457,693	503,082
FHM (lt/det)	377,828	388,464	399,050	411,128	422,096	472,927	526,347	578,544
FTP (lt/det)	574,956	591,141	607,250	625,629	642,320	719,671	800,963	880,393

Setelah melakukan perhitungan proyeksi penduduk dan proyeksi kebutuhan air bersih, maka selanjutnya dilakukan perhitungan ketersediaan sumber daya air (aktiva) untuk mengetahui berapa besarnya ketersediaan air di Kota Kupang.

Analisis Ketersediaan Sumber Daya Air (Aktiva) di Kota Kupang

Ketersediaan sumber daya air pada penelitian di Kota Kupang ini terbagi menjadi 3 yaitu: air hujan, air permukaan, air tanah.

1. Air Hujan

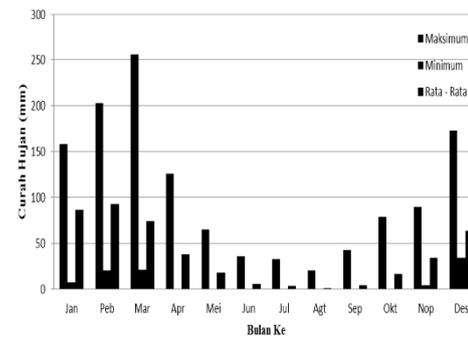
Dalam penelitian ini, data hujan diambil dari Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang karena dari 3 Stasiun Klimatologi yang aktif, Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang memiliki data yang paling lengkap yakni dari tahun 1998 – 2017. Hasil rekapitulasi curah hujan harian maksimum pada stasiun Klimatologi Lasiana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Stasiun Klimatologi Lasiana

Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum Pada Bulan (mm)											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1998	98	35	24	60	25	3	33	0	0	36	37	61
1999	76	134	256	23	0	0	0	0	0	19	47	53
2000	125	80	122	33	19	0	0	0	0	0	44	123
2001	128	79	21	19	0	36	7	0	0	2	90	56
2002	38	98	32	75	0	0	0	0	43	0	22	53
2003	158	203	65	56	3	13	0	0	0	37	13	128
2004	7	111	55	0	51	1	0	0	0	25	39	62
2005	58	57	65	22	0	0	0	0	0	79	44	41
2006	62	98	193	126	9	13	0	0	0	0	5	34
2007	70	113	101	49	0	16	0	0	0	0	34	44
2008	66	170	32	40	0	3	0	0	0	16	32	60
2009	86	113	43	2	32	0	2	0	0	0	79	173
2010	100	35	72	28	37	7	4	20	20	32	4	42
2011	51	78	53	62	62	0	0	0	0	17	24	37
2012	51	100	59	74	16	0	0	0	13	3	15	64
2013	139	79	87	23	14	20	0	0	0	13	84	57
2014	111	101	23	29	13	0	12	0	0	0	34	43
2015	154	28	98	38	10	0	0	0	0	0	10	51
2016	86	20	57	0	65	3	9	0	10	5	11	42
2017	65	129	26	6	1	0	3	0	0	43	22	45
Jumlah Curah Hujan	1729	1861	1484	765	357	115	70	20	86	327	690	1269
Maksimum	158	203	256	126	65	36	33	20	43	79	90	173
Minimum	7	20	21	0	0	0	0	0	0	4	34	34
Rerata Tebal Hujan	86,45	93,05	74,20	38,24	17,87	5,77	3,50	1,00	4,30	16,35	34,50	63,45
												731,12

Berdasarkan data pada Tabel 4 terlihat bahwa potensi tebal curah hujan di Kota Kupang adalah sebesar 731,12 mm/tahun,

Grafik Curah Hujan Harian Maksimum di Kota Kupang



sehingga curah hujan rata-rata yang terjadi di Kota Kupang termasuk dalam kelas rendah (< 1.500 mm/tahun). Untuk lebih jelas data dari Tabel 4 dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa potensi hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan potensi sebesar 1.00 mm/tahun dan potensi terbesar terjadi pada bulan Februari sebesar 93,05 mm/tahun.

Gambar 1 Curah Hujan Maksimum Bulanan di Kota Kupang

2. Air permukaan

a. Sungai

Untuk menganalisa debit sungai, pada penelitian ini digunakan pendekatan dan asumsi untuk mengubah data hujan menjadi data potensi air permukaan / sungai dengan menggunakan metode F.J. Mock. Rekapitulasi hasil perhitungan debit 7 DAS di Kota Kupang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Analisis Neraca Air Untuk DAS di Kota Kupang

No.	Bulan	Ketersediaan Air (l/detik)						Kebutuhan Air (l/detik)			
		Kota Lama	Kelapa Lima	Kota Raja	Oebobo	Maulafa	Alak	Total	2018	2017	2016
1	Jan	7.496,992	11.201,515	7.496,992	12.015,272	15.062,094	4.665,623	59.649,267			
2	Feb	8.520,624	12.532,698	8.520,624	14.226,651	17.655,651	5.185,481	66.265,928			
3	Mar	4.065,507	6.118,290	4.065,507	6.951,248	8.619,238	2.529,266	32.349,215			
4	Apr	1.067,494	1.606,378	1.067,494	1.824,809	2.261,012	664,291	8.495,558			
5	May	447,659	673,642	447,659	765,276	949,005	278,574	3.561,815			
6	Jun	174,357	262,375	174,357	290,065	369,625	108,501	1.387,201			
7	Juli	50,620	76,173	50,620	86,535	107,311	31,500	402,759	540,669	679,362	725,999
8	Aug	15,086	22,852	15,086	25,961	32,193	9,450	120,828			
9	Sep	4,371	6,578	4,371	7,473	9,267	2,720	34,701			
10	Oct	1,481	2,228	1,481	2,531	3,139	921	11,701			
11	Nov	0,412	0,620	0,412	0,704	0,873	0,256	3,277			
12	Dec	2.432,223	3.401,158	2.432,223	4.026,999	4.963,955	1.404,432	18.677,191			
	Total	24.085,105	35.984,509	24.085,105	41.051,805	50.866,161	14.879,016	190.951,702			

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa pada masing-masing kecamatan di Kota Kupang memiliki ketersediaan debit andalan sungai yang mencukupi di bulan Desember hingga Maret dengan ketersediaan air tertinggi terjadi pada bulan Februari untuk semua kecamatan. Namun setelah musim hujan, terjadi penurunan yang cukup drastis pada seluruh DAS di wilayah Kota Kupang. Potensi air sungai terbesar terletak pada Kecamatan Maulafa sebesar 50.866,091 l/detik, sedangkan potensi terendah terjadi pada Kecamatan Alak dengan potensi air sungai sebesar 14.879,016 l/detik.

b. Embung

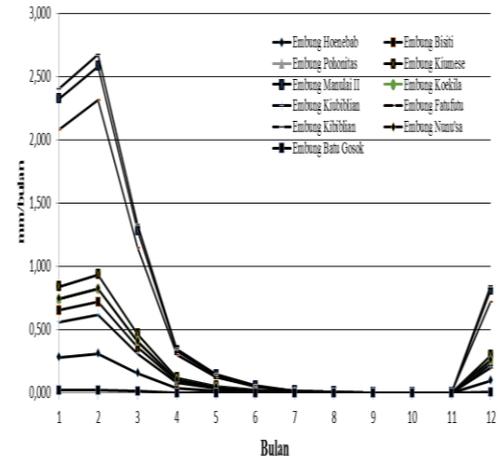
Berdasarkan hasil survei lapangan di Kota Kupang terdapat 11 embung yang terletak di Kecamatan Alak. Dalam menganalisis besarnya debit air embung dilakukan dengan menggunakan metode F.J. Mock. Rekapitulasi hasil perhitungan debit 11 embung di Kota Kupang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Andalan 11 Embung di Kota Kupang

No	Embung	Debit Andalan Pada Bulan (m ³ /dt)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ag	Sep	Okt	Nov	Des
1	Embung Horekebab	0,278	0,308	0,153	0,040	0,017	0,006	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,097
2	Embung Kibiblian	0,557	0,619	0,308	0,080	0,033	0,013	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,195
3	Embung Bisiti	0,651	0,723	0,360	0,093	0,039	0,015	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,228
4	Embung Pohonitas	0,740	0,822	0,407	0,106	0,044	0,017	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,257
5	Embung Kimase	0,839	0,931	0,464	0,120	0,050	0,020	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,295
6	Embung Mamali II	2,320	2,576	1,279	0,332	0,139	0,054	0,016	0,005	0,001	0,000	0,000	0,810
7	Embung Koelela	0,741	0,823	0,408	0,106	0,044	0,017	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,258
8	Embung Fatufatu	2,081	2,312	1,144	0,298	0,125	0,049	0,014	0,004	0,001	0,000	0,000	0,723
9	Embung Kibiblian	2,406	2,672	1,328	0,344	0,144	0,056	0,016	0,005	0,001	0,000	0,000	0,842
10	Embung Nunu'sa	0,740	0,822	0,407	0,106	0,044	0,017	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,257
11	Embung Batu Gosok	0,020	0,023	0,011	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
	Total	1,034	1,148	0,570	0,148	0,062	0,024	0,007	0,002	0,001	0,000	0,000	0,361

Dari Tabel 6 dapat dibuat grafik nilai evapotranspirasi untuk 11 Embung di

Kota Kupang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik nilai rata-rata debit embung andalan di Kota Kupang Berdasarkan Gambar 2 nilai debit tertinggi terjadi di Embung Kibiblian berada pada bulan Februari sebesar 0,027 m³/dtk. Sedangkan nilai debit terendah untuk tiap Embung berada pada bulan Juni – Oktober dengan nilai rata – rata debit sebesar 0,000 m³/dtk.Selanjutnya untuk analisis perhitungan volume tampungan embung secara keseluruhan perhitungannya menggunakan rumus (P - I - Eto).

c. Mata Air

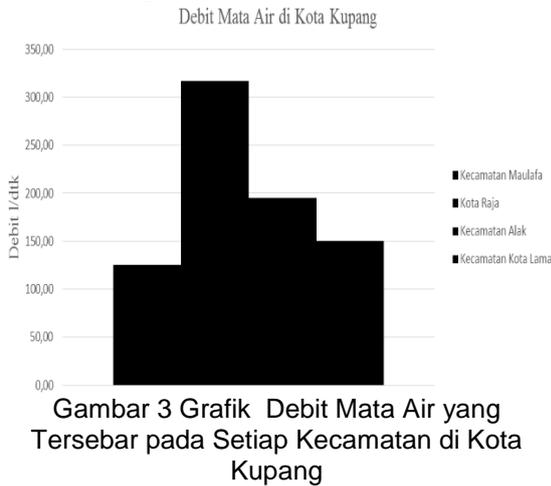
Mata air merupakan salah satu sumber air yang penting di Kota Kupang. Data hasil estimasi debit mata air di Kota Kupang dapat dilihat pada dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7 Data Mata Air yang Terdapat di Kota Kupang

No	Nama Mata Air	Estimasi Debit		
		Debit Musim Hujan (l/dt)	Debit Kemarau Hujan (l/dt)	Rata - rata (l/dt)
Kecamatan Maulafa				
1	M.A Oepura	118,00	25,00	71,50
2	M.A Kohua	35,50	15,00	25,25
3	M.A Hankoo	17,80	1,00	9,40
4	M.A Oetona	4,22	4,00	4,11
5	M.A Kati Fankoa	12,02	1,00	6,51
6	M.A Air Lobang	2,80	15,00	8,90
	Total Debit	190,34	61,00	125,67
Kecamatan Kota Raja				
1	M.A Dendeng	20,30	10,00	15,15
2	M.A Amresi	120,50	20,00	70,25
3	M.A Labat	323,00	20,00	171,50
4	M.A Air Nuna	110,00	10,00	60,00
	Total Debit	573,80	60,00	316,90
Kecamatan Alak				
1	M.A Sagu II	174,88	35,00	104,94
2	M.A Sagu I	150,00	30,00	90,00
	Total Debit	324,88	65,00	194,94
Kecamatan Kota Lama				
1	M.A Oeba	261,00	40,00	150,50
	Total Debit	261,00	40,00	150,50
Kecamatan Kelapa Lima				
Kecamatan Oebobo				

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat pada Kecamatan Oebobo dan Kelapa Lima tidak

memiliki sumber Mata Air. Ketersediaan air pada mata air terbesar terdapat pada mata air di Kecamatan Kota Raja dengan estimasi debit sebesar 316,90 l/dtk dan ketersediaan air terkecil berada pada Kecamatan Maulafa dengan estimasi debit sebesar 125,67 l/dtk. Besarnya nilai debit rata – rata pada mata air di Kota Kupang ditabulasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Debit Mata Air yang Tersebar pada Setiap Kecamatan di Kota Kupang

d. Air tanah

1. Sumur gali.

Menurut Laporan Akhir Penelitian Potensi Pengembangan Pengelolaan dan Zonasi Air tanah di Kota Kupang (2007), di daerah Kota Kupang dan sekitarnya terdapat lebih dari 6.000 sumur gali dan dari jumlah tersebut telah

didata 3100 sumur gali. Sebaran sumur gali yang paling banyak terdapat di daerah

Maulafa hingga Oebufu dan Pasir Panjang hingga Oesapa, di mana di daerah ini

hampir setiap 3-4 rumah memiliki satu buah sumur gali. Sumur gali juga banyak

terdapat di daerah Oebobo, Sikumana, Oetona, Labat, Oepura, Naikoten, Tofa, Bakunase-Manulai hingga Tabun Kedalaman sumur gali bervariasi, sumur terdangkal dengan kedalaman 1,2-2 meter terdapat di daerah Oesapa-Pasir Panjang dan Airmata sampai sumur terdalam yaitu kedalaman 42 meter, 48 meter di daerah Liliba. Umumnya sumur gali dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga, setiap sumur gali digunakan maksimal oleh 10-15 KK, yakni daerah Naimata dan Liliba (Adeo, 2008).

2. Sumur bor.

Untuk sumur bor di Kota Kupang terdapat 11 buah sumur bor yang dikelola oleh Proyek Pengembangan

Air Tanah (P2AT) Kota Kupang, 13 buah sumur bor yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Kupang dan 9 sumur bor lainnya dikelola oleh instansi pemerintah, pendidikan, seminari, swasta dan perorangan. Potensi ketersediaan air pada sumur bor terbesar terdapat pada Kecamatan Kelapa Lima sebesar 57,13 l/detik dan potensi terkecil terletak pada Kecamatan Kota Lama sebesar 4,00 l/detik. Data Sumur Bor di Kota Kupang ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Data Sumur Bor di Kota Kupang

No	No. Sumur / Nama Sumur	Pengelola	Koordinat		Data Teknis		Pemanfaatan
			S	E	Debit (l/dt)	Kedalaman Sumur	
Kecamatan Kelapa Lima							
1	TBM - 36	P2AT Kota Kupang	10° 9'18.99"	123° 38'5.36"	10,00	66	Air Baku
2	PSM - 41	P2AT Kota Kupang	10° 9'6.46"	123° 39'25.14"	5,00	70	Air Baku
3	PLM - 42	P2AT Kota Kupang	10° 8'51.17"	123° 40'40.46"	6,00	65	Air Baku
4	PKM - 43	P2AT Kota Kupang	10° 9'6.94"	123° 37'5.19"	5,00	55	Air Baku
5	POM - 46	P2AT Kota Kupang	10° 9'24.90"	123° 39'14.73"	3,00	80	Air Baku
6	AKL - 48	P2AT Kota Kupang	10° 9'22.88"	123° 39'18.32"	3,00	80	Air Baku
7	LPM - 54	Bor Andana Karya Sipil PT TDSP	10° 09'31.0"	123° 39'10.5"	2,33	70	Air Baku
8	RTM - 52	Bor Andana Karya Sipil PT TDSP	10° 10'00.3"	123° 39'13.0"	4,00	72	Air Baku
9	KKLM - 60	Bor Swakeloha 2017	10 09 16.00"	124 09 22.9"	0,80	73	Air Baku
10	S.B Kantor Walikota	Pdam Kota Kupang	10° 9'17.77"	123° 37'11.92"	10,00	52	Air Baku
11	S.B Lasima	Pdam Kota Kupang	10° 8'35.75"	123° 40'14.46"	8,00	40	Air Baku
Total						57,13	
Kecamatan Alak							
1	PAM - 39	P2AT Kota Kupang	10° 12'52.18"	123° 35'3.03"	5,00	75	Air Baku
2	ANAK 50	PT Gea Sakiti	10 10 47.65"	123 33 10.31"	1,00	73	Air Baku
3	KAMM - 58	Bor Swakeloha 2017	10 12 37.3"	123 35 11.3"	0,50	80	Air Baku
4	S. B Nuanuan Sabu	Pdam Kota Kupang	10° 10'38.5"	123° 33'51.7"	6,00	45	Air Baku
5	S.B Ahik Tenu	Pdam Kota Kupang	10° 11'51.84"	123° 32'4.31"	6,00	60	Air Baku
6	S.B Peikase	Pdam Kota Kupang	10° 11'24.41"	123° 32'44.62"	6,00	83	Air Baku
7	S.B Mamuli II	Pdam Kota Kupang	10° 13'8.06"	123° 34'46.20"	8,00	56	Air Baku
8	S.B Kamung Lama Ahik Pdam Kota Kupang	Pdam Kota Kupang	10° 11'51.84"	123° 32'4.31"	2,50	73	Air Baku
Total						35,00	
Kecamatan Maulafa							
1	PLM - 40	P2AT Kota Kupang	10° 10'14.23"	123° 38'43.19"	4,00	57	Air Baku
2	PLM - 46	P2AT Kota Kupang	10° 10'20.72"	123° 38'28.81"	2,50	78	Air Baku
3	KSM - 55	Sipil PT MRJ. Solar Cell	10° 13'14.60"	123° 37'01.08"	1,00	70	Air Baku
4	KSBM - 61	Bor Swakeloha 2017	10 11 4.21"	123 35 0.04"	0,70	51	Air Baku
5	S.B Belo	Pdam Kota Kupang	10° 12'10.2"	123° 37'03.3"	15,00	46	Air Baku
6	S.B Sikumana	Pdam Kota Kupang	10° 12'59.02"	123° 36'40.6"	5,00	49	Air Baku
7	S. B Fatikou	Pdam Kota Kupang	10° 13'8.06"	123° 34'46.20"	4,50	30	Air Baku
Total						32,70	
Kecamatan Kota Raja							
1	SOM - 01	PT Putra Yos Nial Solar Cell	10° 10'56.10"	123° 35'12.83"	3,50	63	Air Baku
2	KAM - 57	Sipil PT MRJ. Solar Cell	10° 10'59.00"	123° 35'36.10"	7,00	80	Air Baku
3	S.B Fontein	Pdam Kota Kupang	10° 10'18.3"	123° 35'01.1"	8,00	8	Air Baku
Total						79,90	
Kecamatan Oebobo							
1	PM - 83	P2AT Kota Kupang	10° 9'53.56"	123° 36'0.56"	1,00	72	Air Baku
2	S.B Liliba	Pdam Kota Kupang	10° 10'40.8"	123° 38'10.2"	3,00	35	Air Baku
3	S.B Fambui	Pdam Kota Kupang	10° 9'17.77"	123° 37'11.92"	1,50	37	Air Baku
Total						5,50	
Kecamatan Kota Lama							
1	KNBM - 59	Bor Swakeloha 2017	10° 09'27.54"	123° 36'02.79"	4,00	70	Air Baku
Total						4,00	

Keseimbangan Air (Water Balance) di Kota Kupang

Berdasarkan perhitungan ketersediaan air di Kota Kupang, selanjutnya akan dilakukan analisis keseimbangan air (Water Balance) berdasarkan hasil rekapan tiap – tiap sumber air di masing – masing kecamatan. Berikut ini merupakan rekapitulasi dari hasil analisis dan perhitungan data, khusus untuk hasil perhitungan ketersediaan sumber daya air (Aktiva) diasumsikan sebesar 25% dari hasil perhitungan untuk mencapai kondisi rill di lapangan dikarenakan faktor albedo evapotranspirasi 25% (0.25) oleh karena itu

diasumsi bahwa hasil yang telah diperoleh untuk mencapai kondisi rill tersebut telah dikalikan dengan 25% (0,25) neraca air untuk 6 kecamatan di Kota Kupang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Rekapitulasi Perhitungan Neraca Air 6 Kecamatan di Kota Kupang

No	Kecamatan	Luas	Volume Air Hujan		Air Permukiman			Air Tanah	Total Potensi SDA (Aktiva)	Pemanfaatan Kebutuhan Air per Tahun		Total Kebutuhan (Pasiva)	Neraca air
			Tahunan	Sungai	Cekungan (embung)	Mata Air	Domestik			Non Domestik			
a	b	c	d	e	f	g	h	i = e + f + g + h	j	k	l = j + k	m = l - i	
1	Alak	86,91	138,74	9,78	19,95	0,13	0,28	30,13	13,84	3,44	17,28	12,85	
2	Maulafa	54,80	87,48	33,42	0,00	0,08	0,26	33,76	17,31	4,29	21,60	12,16	
3	Oebobo	14,22	22,70	26,97	0,00	0,00	0,04	27,01	21,91	5,16	27,07	-0,06	
4	Kota Raja	6,10	9,74	15,82	0,00	0,21	0,15	16,18	11,83	2,68	14,51	-5,42	
5	Kelapa Lima	15,02	23,98	23,64	0,00	0,00	0,45	24,09	17,66	4,06	21,72	-2,98	
6	Kota Lama	3,22	5,14	15,82	0,00	0,10	0,03	15,95	7,45	1,77	9,22	1,45	
Total		180,27	287,78	125,45	19,95	0,52	1,20	147,12	90,00	21,40	111,40	18,01	

Berdasarkan hasil pada Tabel 9 untuk kondisi secara umum, kecamatan Oebobo, Kota Raja dan Kelapa Lima mengalami kekurangan air dikarenakan kebutuhan air di ketiga Kecamatan tersebut lebih besar di dibandingkan potensi sumber daya air yang dimiliki. Total ketersediaan air (Aktiva) di 6 kecamatan sebesar 147.120.000 m³/tahun dan total pemanfaatan / kebutuhan air (Pasiva) sebesar 129.120.000 m³/tahun. Ketersediaan air di 3 kecamatan sudah mencukupi untuk satu tahun namun di kecamatan Oebobo, Kota Raja dan Kelapa Lima terjadi defisit atau kekurangan air karena pemanfaatan air yang lebih besar dari ketersediaan air. Untuk neraca air di Kota Kupang dapat dilihat dalam Tabel 10.

Tabel 10 Rekapitulasi Perhitungan Neraca Air 6 kecamatan di Kota Kupang

		Bulan												
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jumlah
Hujan	(mm/bn)	393,60	401,85	272,24	77,185	27,850	101,75	4,40	1,60	5,20	30,60	107,200	267,140	1596
Ketersediaan air														
Debit aliran realdi (sungai)	(juta m ³ /bn)	159,76	166,04	83,85	22,75	9,54	3,60	1,08	0,32	0,99	0,03	0,01	50,01	497,08
Potensi air permukiman (embung)	(juta m ³ /bn)	48,14	48,65	40,81	18,73	6,90	-0,40	-2,06	-4,68	-3,01	4,26	15,23	34,21	
Kebutuhan air														
Kebutuhan air domestik & non-domestik	(juta m ³ /bn)	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	18,48
Kebutuhan air total	(juta m ³ /bn)	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	18,48
Neseimbangan air	(juta m ³ /bn)	206,37	213,14	123,12	39,93	14,90	1,66	-2,52	-5,89	-4,46	2,75	13,70	82,67	36,96

Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa pada bulan Juli – September terjadi defisit air. Pada bulan Mei – November, Kota Kupang mengalami musim kemarau yang mengakibatkan penurunan ketersediaan air di daratan. Namun sebaliknya pada bulan Desember – April, air hujan yang turun menyebabkan volume air yang tertampung di cekungan tanah (embung)

dan air yang mengalir di alur sungai menjadi cukup besar di sisi lain kebutuhan air total maksimum di Kota Kupang bersifat konstan yaitu sebesar 1,54 juta m³/bln. Dengan demikian ketersediaan air di Kota Kupang pada bulan Oktober – Juni menjadi surplus.

PENUTUP Kesimpulan

1. Proyeksi kebutuhan air bersih masyarakat Kota Kupang hingga tahun 2037 sebesar 834,005 l/detik.
2. Potensi ketersediaan sumber daya air (aktiva) untuk 7 DAS di Kota Kupang sebesar 190.951,702 l/detik.
3. Potensi ketersediaan air pada 13 mata air yang terdapat di kecamatan Alak, Maulafa, Kota Raja dan Kota Lama sebesar 788,010 l/detik.
4. Untuk potensi sumber air cekungan (embung) di Kota kupang, terdapat 11 embung yang hanya terdapat di Kecamatan Alak dengan potensi air sebesar 36.927,189 l/detik.
5. Untuk air tanah terdapat 2 jenis air tanah yakni sumur gali dan sumur bor. Terdapat ± 6.000 buah sumur gali milik warga yang tersebar di Kota Kupang yang airnya digunakan sebagai sumber air baku, sedangkan untuk sumur bor terdapat 33 buah sumur yang tersebar pada 6 kecamatan di Kota Kupang, dengan ketersediaan air sebesar 214,23 l/detik.
6. Berdasarkan hasil perhitungan neraca air di Kota Kupang, pada bulan Desember – April terjadi surplus air dengan rata – rata sebesar 133,05 m³ sedangkan pada bulan Juli – September Kota Kupang mengalami kekurangan (defisit) air dengan rata -rata sebesar -4,29 m³.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih detail terhadap jumlah dan pemanfaatan sumur gali di Kota Kupang.
2. Luas DAS yang digunakan sebaiknya dihitung dengan menggunakan program GIS agar luas DAS yang di tinjau pada setiap kecamatan lebih akurat.
3. Perlu dilakukan penambahan sumber data dari BPS mengenai fasilitas industri di masing – masing kecamatan agar penelitian kebutuhan dan pemanfaatan air lebih akurat untuk tiap – tiap kecamatan.
4. Perlu dibangun kolam – kolam retensi.
5. Perlu adanya stasiun – stasiun hujan di setiap kecamatan agar data curah hujan yang digunakan dapat mewakili seluruh persentase ketersediaan air hujan di Kota Kupang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. (2011). *Studi Alternatif Sistem Pengembangan Sumber Air Baku di Daerah Kering Pulau - pulau Kecil NTT*. Kupang: PT. Jasakons Putra Utama Konsultan Teknik.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- <https://kelair.bppt.go.id>. (n.d.). Retrieved from <https://kelair.bppt.go>.
- <https://Republika.co.id>. (n.d.). Retrieved from <https://Republika.co.id>
- Soemarto, C. D. (1981). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- suripin. (2003). *Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andy.