

KAJIAN KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR BAKU DENGAN PEMODELAN IHACRES DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TAPUNG KIRI

Mashuri¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Ari Sandhyavitri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : Mashuri1805@gmail.com

Abstract

The demand of raw water in Kampar Districts is increasing in step with population growth. At this time, the water supply system is regulated by PDAM Tirta Kampar what still have problem to service coverage. Especially Tapung Sub-District has not been served. Therefore, the existence of the Tapung Kiri River is expected to be a solution to overcome these problems. This study use IHACRES for rainfall - runoff modeling, which in the calibration stage reach Nash-Sutcliffe effectiveness value of 0.630. Overall, this model provides an understanding that the success obtained on the calibration stage does not guarantee success in the verification stage. Analysis of water availability is done to analyze the realable discharge river ($Q_{90\%}$) based on average annual the discharge resulting realable discharge occurred in 2000. The greatest realable discharge occured in October amounted to $93.75 \text{ m}^3/\text{sec}$, and the smallest in Maret amounted to $43,69 \text{ m}^3/\text{sec}$. Analysis of water demand is forecasted to the population growth of up to 22 years and produce raw water demand total with forecasts early of the year (2013) of $0.109 \text{ m}^3/\text{sec}$ and the end forecasts of the year (2035) of $0.264 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Keyword : Tapung Kiri River, IHACRES model, Availability Water, Population Forecasts, Water Supply

A. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung pada kondisi dan daerah setempat. Kondisi sumber daya air pada setiap daerah berbeda-beda. Semua itu tergantung pada keadaan alam dan kegiatan masyarakat yang terdapat di daerah tersebut. Saat ini, sumber daya air masih bertumpu pada aspek kuantitatif dimana air terlalu banyak pada musim hujan dan terlalu sedikit pada musim kemarau.

Saat ini sistem penyediaan air bersih di Kabupaten Kampar diselenggarakan oleh Pemerintah Daerah melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Kampar yang berdiri sejak tahun 2000. Berdasarkan data PDAM Kampar pada tahun 2013, sumber air yang digunakan yaitu berasal dari

Sungai Kampar. Jumlah pelanggan PDAM ini sebanyak 3.865 rumah. Sedangkan jumlah air yang diproduksi yaitu sebanyak $1.464.954 \text{ m}^3$, dengan jumlah air yang terjual sebanyak 797.106 m^3 dan terjadi kehilangan air sebanyak 620.159 m^3 . Unit cakupan pelayanannya hanya meliputi Kota Bangkinang, Air Tiris, Kuok, Tambang dan Teratak Buluh (Laporan Tahunan PDAM Tirta Kampar, 2013). Khusus Kecamatan Tapung belum terlayani oleh air bersih yang dikelola PDAM.

Berdasarkan Laporan Kajian Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kabupaten Kampar 2013, Kecamatan Tapung dan sekitarnya (termasuk Kecamatan Tapung Hulu dan Kecamatan Tapung Hilir) memiliki desa-desa yang rawan akan air minum. Total

keseluruhan sebanyak 17 Desa (termasuk Desa Petapahan dan Desa Pantai Cermin). Masyarakat setempat masih mengandalkan air sumur untuk keperluan sehari-hari. Walaupun untuk mendapatkan air bersih, secara teknis kedalaman sumur mencapai \pm 12 meter (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kampar, 2013).

Program Pemerintah Daerah seperti Pamsimas (penyediaan air minum dan sanitasi berbasis masyarakat) sudah pernah dijalankan. Namun hingga saat ini program tersebut sudah tidak berjalan lagi (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kampar, 2013). Sedangkan Jumlah penduduk pada tahun 2013 di Kecamatan Tapung sebanyak 85.612 jiwa dan akan terus bertambah tiap tahunnya (Arsip Kantor Kecamatan Tapung, 2013). Untuk itu perlu diadakannya peningkatan akses pelayanan air bersih kepada masyarakat berupa sistem air perpipaan.

Dalam mengatasi permasalahan itu, maka perlu dibuatkannya penyediaan air bersih melalui sistem perpipaan. Hal utama yang harus dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi dan menghitung besarnya debit sumber air baku (*supply*) dan membuat proyeksi kebutuhannya di masa depan (*demand*). Wilayah yang dilayani meliputi seluruh desa di Kecamatan Tapung dan potensi sumber air baku berasal dari Sungai Tapung Kiri yang terletak di Kecamatan Tapung.

Penelitian ini menggunakan pemodelan IHACRES (*Identification of Unit Hydrograph and Component flows from Rainfall, Evaporation And Stream flow data*) dalam menganalisis data debit sebelum dihasilkan menjadi debit andalan. Pemodelan hujan aliran IHACRES ini cukup dikenal dan banyak diaplikasikan beberapa negara di belahan dunia oleh praktisi dan peneliti. Model IHACRES dikembangkan di Inggris dengan mendeskripsikan hujan aliran menjadi dua sub proses vertikal dan sub proses lateral (Indarto, 2010). Berdasarkan hasil penelitian

yang dilakukan oleh Indarto (2006), bahwa model IHACRES telah berhasil dalam menyelidiki respon hidrologi di DAS Bedadung, Jawa Timur. Dengan keberhasilan tersebut dirasa perlu untuk mencoba keandalan model IHACRES di Sungai Tapung Kiri.

1. Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter. Kalibrasi model menurut Vase, *et al* (2011) merupakan suatu proses mengoptimalkan atau secara sistematis menyesuaikan nilai parameter yang memberikan estimasi terbaik dari debit sungai yang diamati.

Metode kalibrasi yang digunakan yakni dengan cara coba-coba (*trial and error*). Metode ini paling banyak digunakan dan direkomendasikan, khususnya untuk model yang kompleks. Dimana sebuah grafik yang bagus sudah dianggap mewakili hasil simulasi.

Menurut Littlewood, *et al* (1999), pemilihan periode kalibrasi diawali dan diakhiri pada keadaan debit relatif kecil sehingga perubahan penyimpanan air di DAS selama periode kalibrasi dapat diasumsikan mendekati nol. *Warm up* adalah periode untuk inisiasi dan dicari dengan coba-coba. Pemilihan periode *warm up* bertujuan untuk mengisi kondisi awal DAS. Selama proses kalibrasi dilakukan, perlu adanya pengecekan kriteria statistik yaitu R^2 dan bias sebagai indikator bagus atau tidaknya hasil kalibrasi yang dihasilkan.

Tabel.1 Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memuaskan
$NSE < 0,36$	Tidak memuaskan

(Sumber : Motovilov, *et al*, 1999)

2. Verifikasi Model

Pechlivanidis, *et al* (2011) mengemukakan bahwa verifikasi merupakan suatu proses setelah tahap kalibrasi selesai

dilakukan yang berfungsi untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Kinerja model biasanya lebih baik selama periode kalibrasi dibandingkan dengan verifikasi, fenomena seperti ini disebut dengan divergensi model. Ketika tingkat divergensi tidak dapat diterima, maka pemodel harus memeriksa struktur model dan prosedur kalibrasi yang sesuai ataupun asumsi yang pantas kemudian merevisinya (Pechlivanidis, *et al*,2011).

3. Simulasi Model

Refsgaard (2000) mengemukakan bahwa simulasi model merupakan upaya memvalidasi penggunaan model untuk memperoleh pengetahuan atau wawasan dari suatu realita dan untuk memperoleh perkiraan yang dapat digunakan oleh para pengelola sumberdaya air.

Tahap simulasi merupakan proses terakhir setelah proses kalibrasi dan verifikasi dilaksanakan. Dalam tahap ini keseluruhan data hujan dan temperatur digunakan sebagai data masukan untuk menghitung aliran. Ketelitian simulasi tergantung pada tiga faktor, yaitu ketelitian data masukannya, keefektivitasan dari penilaian parameternya dan kesalahan-kesalahan yang melekat pada model

4. Evaluasi Ketelitian Model

Evaluasi ketelitian model IHACRES dalam Croke *et al* (2004) menggunakan fungsi objektif yang terdiri dari :

- Bias, menunjukkan tingkat kesalahan dalam perhitungan volume aliran atau selisih antara debit terukur dan terhitung per tahun. Perhitungan bias dirumuskan sebagai berikut :

$$Bias = \frac{\sum(Q_o - Q_m)}{n}$$

- R^2 , menunjukkan tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung. Perhitungan R^2 dirumuskan sebagai berikut :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_o - Q_m)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2}$$

- Relatif bias, menggambarkan selisih antara jumlah selisih debit terukur dikurangi debit terhitung dibandingkan jumlah debit terukur

$$Relatif\ Bias = \frac{\sum(Q_o - Q_m)}{\sum Q_o}$$

- R^2_{sqrt} , menunjukkan variasi R^2 yang terjadi untuk semua debit puncak

$$R^2_{sqrt} = 1 - \frac{\sum(\sqrt{Q_o} - \sqrt{Q_m})^2}{\sum(\sqrt{Q_o} - \sqrt{Q_m})^2}$$

- R^2_{log} , menunjukkan variasi R^2 yang terjadi untuk semua debit.

$$R^2_{log} = 1 - \frac{\sum(\ln(Q_o + \epsilon) - \ln(Q_m + \epsilon))^2}{\sum(\ln(Q_o + \epsilon) - \ln(Q_m + \epsilon))^2}$$

- R^2_{inv} , menunjukkan variasi R^2 yang terjadi untuk semua debit kecil.

$$R^2_{inv} = 1 - \frac{\sum \left[\frac{1}{(Q_o + \epsilon)} - \frac{1}{(Q_m + \epsilon)} \right]^2}{\sum \left[\frac{1}{(Q_o + \epsilon)} - \frac{1}{(Q_o + \epsilon)} \right]^2}$$

dengan :

Q_o = debit observasi atau debit terukur (m^3/s),

Q_m = debit termodelkan / terhitung (m^3/s),

N = jumlah sampel,

\bar{Q}_o = rerata debit terukur atau observasi,

\bar{Q}_m = rerata debit terhitung / termodelkan, dan

ϵ = persentil ke-90 dari debit observasi.

5. Analisis Kebutuhan Air Bersih

Analisis kebutuhan air bersih untuk masa mendatang menggunakan standar-standar perhitungan yang telah ditetapkan. Kebutuhan air untuk fasilitas-fasilitas sosial ekonomi harus dibedakan sesuai peraturan PDAM dan memperhatikan kapasitas produksi sumber yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Faktor utama dalam analisis kebutuhan air adalah jumlah penduduk pada daerah studi. Jumlah penduduk diproyeksi beberapa tahun mendatang yang diinginkan.

Dari proyeksi tersebut kemudian dihitung jumlah kebutuhan air dari sektor domestik dan non domestik berdasarkan kriteria Ditjen Cipta Karya.

a. Kebutuhan domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci dan sebagainya), menyiram tanaman, halaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet).

Besarnya kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Pemakaian Air Domestik Berdasarkan SNI tahun 1997

No	Uraian	Kategori Kota berdasarkan Jumlah Penduduk (jiwa)				
		> 1.000.000	500.000 - 1.000.000	100.000 - 500.000	20.000 - 100.000	< 20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	170	150	130	30
2.	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) L/o/h	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-10
4.	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20
5.	Faktor Maksimum Day	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6.	Faktor Peak-Hour	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7.	Jumlah Jiwa per SR	5	5	6	6	10
8.	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9.	Sisa Tekan di Jaringan Distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10.	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11.	Volume Reservoir (%) (Max Demand)	20	20	20	20	20
12.	SR : HU	50-50 s/d 80:20	50-50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13.	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	70

Sumber : Dirjen Cipta Karya, 1997

b. Kebutuhan non domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air baku yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti :

- Kebutuhan institusional,
- Kebutuhan komersial dan industri,
- Kebutuhan fasilitas umum seperti kegiatan tempat-tempat ibadah, rekreasi dan terminal.

Untuk menghitung kebutuhan air non domestik, digunakan standar yang telah ditetapkan oleh Dirjen Cipta Karya 1997. Namun karena keterbatasan data jumlah fasilitas-fasilitas umum yang diperoleh, maka perhitungan kebutuhan air sektor non domestik menggunakan pendekatan perhitungan yang dikemukakan oleh Arisribowo (2007) dimana untuk perhitungan kebutuhan air non domestik ini ditetapkan sebesar 10% dari kebutuhan sektor domestik.

6. Proyeksi Jumlah Penduduk

Angka pertumbuhan dalam suatu persen tersebut digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk beberapa tahun mendatang. Metoda yang digunakan adalah Metode Aritmetical Increase :

$$P_n = P_t [1 + (n \times P_p \%)]$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk yang akan datang

P_t = Jumlah penduduk pada akhir tahun data

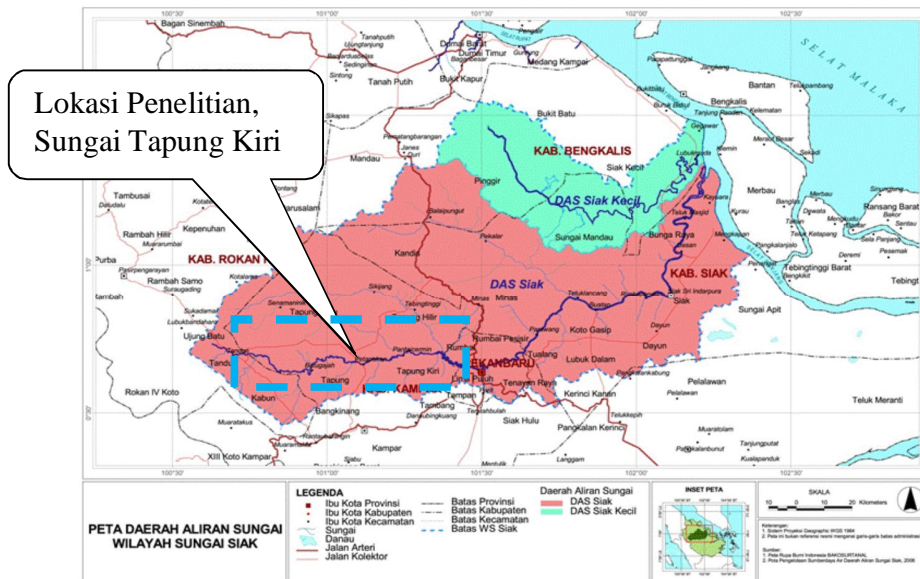
P_p = Kenaikan jumlah penduduk (%)

n = Periode waktu yang ditinjau

7. Fluktuasi Penggunaan Air Bersih

Fluktuasi penggunaan air bersih adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun hampir secara terus menerus.

Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem penyediaan air bersih maka terdapat dua pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu:



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

a. Faktor Hari Maksimum

Faktor perbandingan antara penggunaan hari maksimum dengan penggunaan air rata-rata harian selama setahun, sehingga akan diperoleh :

$$Q_{\text{hari maks}} = f_{\text{hm}} * Q_{\text{hari rata-rata}}$$

b. Faktor Jam Puncak

Faktor perbandingan antara penggunaan air jam terbesar dengan penggunaan air rata-rata hari maksimum, sehingga akan diperoleh :

$$Q_{\text{jam puncak}} = f_{\text{jp}} * Q_{\text{hari maks}}$$

Catatan : $f_{\text{hm}} = 1,1$; $f_{\text{jp}} = 1,5$

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada sub-DAS Sungai Tapung Kiri dengan Stasiun AWLR Pantai Cermin yang berada pada Wilayah Sungai (WS) Siak. Secara administrasi, Stasiun Pantai Cermin terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Kampar, Kecamatan Tapung. Stasiun ini memiliki luas daerah aliran sebesar 1716 km². Metoda penelitian Tugas Akhir ini dibagi dalam tiga bagian besar yakni pengumpulan data, pengolahan data (perhitungan data) dan mendapatkan keluaran yang akan dianalisis.

1. Studi literatur

Studi merupakan studi kepustakaan guna mendapatkan dasar - dasar teori serta langkah-langkah penelitian yang berkaitan dengan analisa model yaitu IHACRES beserta referensi tentang analisa ketersediaan dan kebutuhan air.

2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini berupa data sekunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau dan arsip Kantor Kecamatan Tapung. Data - data tersebut diantaranya:

- a. data curah hujan dan karakteristik DAS pada Stasiun Petapahan Baru periode 1998-2012.
- b. data klimatologi pada Stasiun Pasar Kampar periode 1998-2012.
- c. data debit AWLR pada Stasiun AWLR Pantai Cermin periode 2002-2012.
- d. data pertumbuhan penduduk Kecamatan Tapung periode 2009-2013.

3. Analisis Penelitian

Untuk menganalisis data yang telah didapat, maka digunakan analisis kebutuhan air dari suatu penduduk dan ketersediaan air yang dapat mencukupi kebutuhan air tersebut.

a. Analisis Hidrologi Ketersediaan Air Bersih

Analisis hidrologi ketersediaan air bersih ini dapat dihitung setelah mendapatkan data-data yang berhubungan dengan ketersediaan air tersebut. Dalam penelitian ini setelah didapat suatu data debit dari sungai melalui pencatatan stasiun AWLR. Data tersebut kemudian diolah dengan bantuan *software* pemodelan IHACRES. Debit keluaran model IHACRES ini kemudian diolah lagi sehingga didapat debit andalan sungai yang dapat dipergunakan sebagai penyedia kebutuhan air baku untuk air bersih.

b. Analisis kebutuhan air bersih

Analisis kebutuhan air bersih penduduk digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan air selama beberapa tahun mendatang. Hal ini dapat dilakukan apabila sudah didapatkan data penduduk dalam suatu wilayah tersebut. Pertama dihitung pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun (2009-2013), kemudian direncanakan pula jumlah penduduk sampai dengan tahun 2035 dengan metode proyeksi *Aritmetical Increase*. Dengan menggunakan standar perencanaan yang ditetapkan oleh Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan metode pendekatan Arisribowo (2007), maka dapat dihitung pula jumlah kebutuhan air untuk penduduk pada tahun 2035.

C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Hidrologi dengan Metode IHACRES

Pada penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan program metoda IHACRES untuk mendapatkan parameter dan variabel yang akan digunakan pada tahap

verifikasi dan simulasi. Proses verifikasi dan simulasi selanjutnya akan menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

a. Kalibrasi

Setelah dilakukan simulasi secara berulang/ Trial and Error, maka periode kalibrasi yang digunakan yakni 28 Oktober 2006 - 21 Juli 2008, dimana parameter dan variabel dari periode ini dianggap sudah cukup mewakili untuk dianalisa.

Tabel 3. Nilai R² dan Bias dengan Variasi Warm Up

Warm up	100	200	300	400	500
R ²	0,518	0,538	0,556	0,630	0,617
Bias	27,097	23,931	14,450	57,046	72,822

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa warm up dengan durasi 400 memberikan nilai R² paling optimal dibandingkan dengan durasi lainnya. Hasil pada tabel tersebut memberikan parameter hasil kalibrasi dan variabel seperti ditampilkan pada Tabel 4 dan 5 berikut :

Tabel 4. Parameter Hasil Kalibrasi

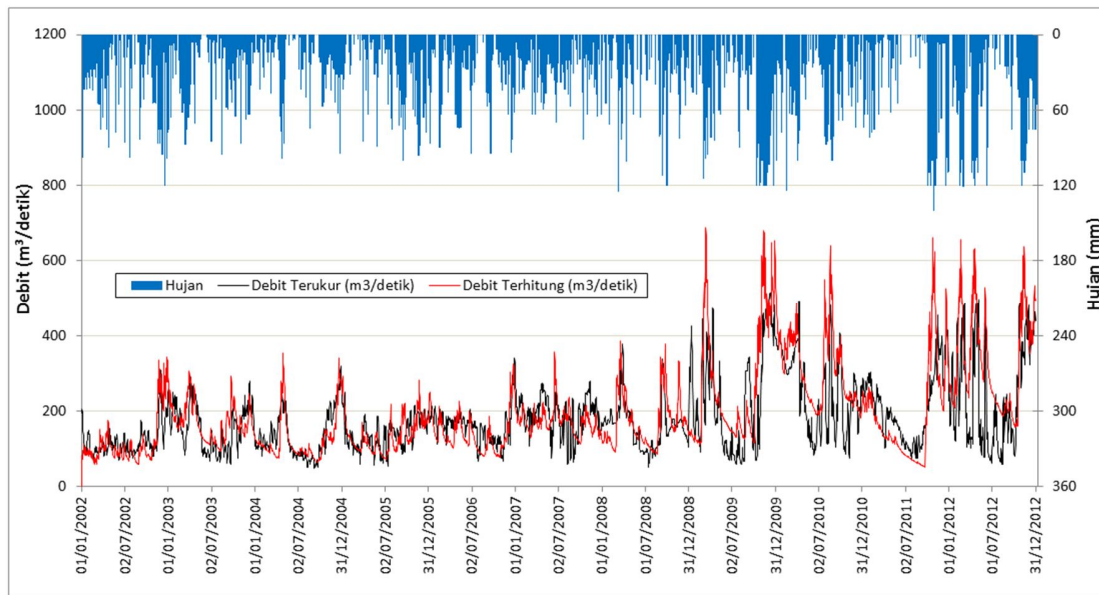
Parameter Hasil Kalibrasi	400	Range
Non Linear Module		
Keseimbangan massa (c)	0,006711	0,003 – 0,011
Laju pengeringan pada saat suhu referensi (τ_w)	7,500	1 – 9
Modulasi temperatur (f)	2,000	1 – 9
Linear Module		
Konstanta waktu respon lambat ($\tau^{(s)}$)	180,836	2 – 200
Konstanta waktu respon cepat ($\tau^{(q)}$)	7,737	0,5 – 15,0
Volume perbandingan untuk aliran lambat ($v^{(s)}$)	0,730	0,02 – 0,95

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Tabel 5. Variabel Hasil Kalibrasi

Variabel Hasil Kalibrasi	600
Temperatur referensi (t_r)	29,000
Indeks ambang batas kelembaban tanah untuk menghasilkan aliran (I)	0,000
Respon jangka waktu non linear (p)	1,000
Angka resesi untuk aliran lambat ($\alpha^{(s)}$)	-0,994
Angka resesi untuk aliran cepat ($\alpha^{(q)}$)	-0,879
Respon puncak untuk aliran lambat ($\beta^{(s)}$)	0,004
Respon puncak untuk aliran cepat ($\beta^{(q)}$)	0,033
Volume perbandingan untuk aliran cepat ($v^{(q)}$)	0,270

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)



Gambar 2. Grafik Hasil Simulasi

b. Verifikasi

Verifikasi yaitu suatu proses untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Pada tahap ini digunakan parameter dan variabel yang telah diperoleh. Pada tahap kalibrasi. Periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2012 dipilih karena berada di luar periode kalibrasi.

c. Simulasi

Pada proses simulasi ini, parameter dan variabel yang akan digunakan dalam perhitungan sama dengan parameter dan variabel yang digunakan dalam proses verifikasi, namun dalam perhitungannya menggunakan keseluruhan data yang ada.

d. Hasil Uji Statistik

Tabel 6. Hasil Uji Statistik

Data Hasil Perhitungan	Kalibrasi	Verifikasi	Simulasi
Bias (mm/tahun)	57,046	-230,16530	-240,90774
Relatif Bias	0,0220	-0,06072	-0,07229
R Squared (R ²)	0,6300	0,03028	0,25412
R ² Squared	0,6510	-0,04642	0,30081
R ² Log	0,6560	0,01927	0,30843
R ² Inv	0,6620	-0,08729	1,00000
Korelasi	-	0,67732	0,73161

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa pada tahap kalibrasi memiliki nilai R² yang memuaskan/ handal ($0,36 < NSE \leq 0,75$), sedangkan pada tahap verifikasi dan tahap simulasi nilai R² yang dihasilkan menunjukkan kinerja model yang belum memuaskan / kurang handal ($\leq 0,36$). Namun dalam hal penggunaannya di lapangan masih dapat diaplikasikan selama pemodelan hujan aliran yang memberikan hasil yang lebih baik belum ditemukan.

Nilai korelasi pada tahap verifikasi dan tahap simulasi sudah cukup bagus dalam memodelkan hujan aliran. Adapun nilai negatif pada bias menunjukkan hasil debit yang dimodelkan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan debit terukur. Perbedaan antara hasil pemodelan dengan hasil pengukuran mungkin dapat disebabkan oleh kesalahan acak baik yang berasal dari data masukan ataupun data pengukuran serta kesalahan dalam penentuan nilai parameter.

2. Analisa Ketersediaan Air

Analisa ketersediaan air di Sungai Tapung Kiri dilakukan dengan menganalisis debit andalan dari sungai. Debit andalan untuk sungai Tapung Kiri dianalisis untuk mengetahui kemampuan Sungai Tapung Kiri

dalam menyediakan air baku untuk kebutuhan air Kecamatan Tapung. Untuk keperluan ini digunakan data-data yang telah diperoleh sebelumnya melalui *software* pemodelan IHACRES dengan panjang periode data 11 tahun, mulai tahun 2002 hingga tahun 2012. Kemudian untuk menghitung debit andalan dengan peluang 90% dapat dilakukan berdasarkan debit rerata tahunan.

Pertama, Debit rerata tahunan yang diperoleh, ditransformasikan untuk dapat diterapkan pada Sungai Tapung Kiri, caranya yaitu dengan menggunakan rasio DAS sebesar 1,364.

Kemudian untuk menghitung debit andalan, terlebih dahulu dihitung debit rerata tahunan berdasarkan data debit bulanan. Lalu debit tahunan diurutkan dari nilai tertinggi ke nilai terendah. Persen Probabilitas keandalan (P) diperoleh dari perbandingan nilai m/n yang dinyatakan dalam % dimana m adalah nomor urut dan n adalah jumlah data.

Tabel 7. Debit Andalan Sungai Tapung Kiri Berdasarkan Debit Tahunan

No a	Tahun b	Qrata2 c	Unut d	Andalan e	Tahun Urut f
1	1998	29,03	333,68	7%	2012
2	1999	62,59	314,70	13%	2010
3	2000	59,69	267,97	20%	2009
4	2001	66,19	187,39	27%	2011
5	2002	115,72	174,04	33%	2007
6	2003	171,41	173,13	40%	2008
7	2004	123,05	171,41	47%	2003
8	2005	136,00	141,62	53%	2006
9	2006	141,62	136,00	60%	2005
10	2007	174,04	123,05	67%	2004
11	2008	173,13	115,72	73%	2002
12	2009	267,97	66,19	80%	2001
13	2010	314,70	62,59	87%	1999
14	2011	187,39	59,69	93%	2000
15	2012	333,68	29,03	100%	1998

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

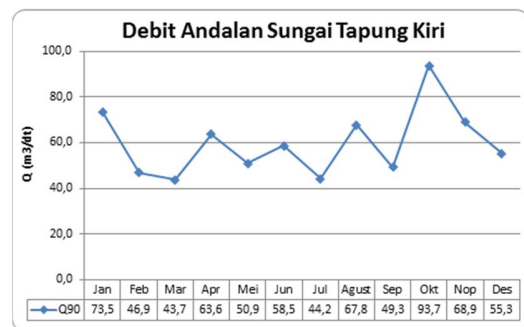
Untuk keperluan air baku, dicari debit dengan keandalan 90%. Sehingga nilai yang ada pada kolom e yang mendekati 90% adalah 93%. Pada kolom f, keandalan 90% ($\approx 93\%$) adalah debit tahun 2000. Dengan demikian debit bulanan dengan keandalan 90% adalah debit yang terjadi pada tahun 2000.

Tabel 8. Debit Andalan 90% Sungai Tapung Kiri (Tahun 2000)

Tahun 2000			
Bulan	Q (m ³ /detik)	Bulan	Q (m ³ /detik)
Januari	73,47	Juli	44,21
Februari	46,89	Agustus	67,77
Maret	43,69	September	49,34
April	63,57	Oktober	93,75
Mei	50,92	November	68,88
Juni	58,55	Desember	55,25

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Gambar 3. menunjukkan bahwa debit andalan maksimum terjadi pada Bulan Desember. Debit andalan sungai bernilai besar pada Bulan Oktober sebesar 93,75 m³/detik sedangkan debit andalan terendah terjadi pada Bulan Maret sebesar 43,69 m³/detik.



Gambar 3. Debit Andalan Sungai Tapung Kiri

3. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air bersih untuk masa yang akan datang menggunakan standar-standar perhitungan yang telah ditentukan. Faktor utama dalam analisis kebutuhan air adalah jumlah penduduk pada lokasi penelitian. Untuk menghitung proyeksi pertumbuhan penduduk 22 tahun kedepan (2013-2035) digunakan metoda aritmatika. Dari proyeksi ini, kemudian dapat dihitung jumlah kebutuhan air dari sektor domestik berdasarkan kriteria Dirjen Cipta Karya 1997.

a. Analisis Pertumbuhan Penduduk

Dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk, diperlukan data-data jumlah

penduduk pada tahun-tahun sebelumnya yakni data tahun 2009 hingga tahun 2013.

Tabel 8. Data Pertumbuhan Kecamatan Tapung Tahun 2009-2013

No	Tahun	Jumlah (jiwa)	Pertumbuhan penduduk (jiwa)	Angka Pertumbuhan Penduduk (%)
1.	2009	72883		
			2907	3,989%
2.	2010	75790		
			7920	10,45%
3.	2011	83710		
			-235	-0,281%
4.	2012	83475		
			2137	2,56%
5.	2013	85612		
	Jumlah		12729	16,718%
	Rata-rata		3182,25	4,179%

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Metoda Aritmatika

Dik : $P_t = 85612$ jiwa

$P_p = + 4,179 \% = + 0,04179$

didapat persamaan *forward projection* :

$P_n = 85612 + [1 + (n * 4,179\%)]$

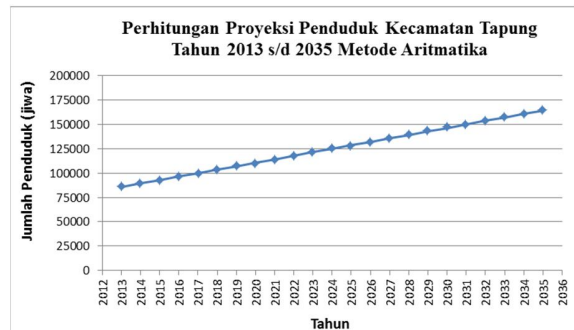
Tabel 9. Perhitungan Proyeksi Penduduk Tahun 2013-2035 dengan Metoda Aritmatika

No	Tahun	n	Metode Aritmatika $P_n = 85612 \times [1 + (n \times 4,179\%)]$ (Jiwa)
1.	2013	0	85612
2.	2014	1	89190
3.	2015	2	92768
4.	2016	3	96346
5.	2017	4	99924
6.	2018	5	103503
7.	2019	6	107081
8.	2020	7	110659
9.	2021	8	114237
10.	2022	9	117815
11.	2023	10	121393
12.	2024	11	124971
13.	2025	12	128549
14.	2026	13	132128
15.	2027	14	135706
16.	2028	15	139284
17.	2029	16	142862
18.	2030	17	146440
19.	2031	18	150018
20.	2032	19	153596
21.	2033	20	157174
22.	3034	21	160752
23.	2035	22	164331

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Dari analisis di atas, di dapat jumlah penduduk Kecamatan Tapung pada tahun 2035 berjumlah 164331 jiwa (proyeksi 22 tahun). Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 1 Kecamatan Tapung termasuk dalam kategori

kota sedang dengan jumlah penduduk yang berkisar antara 100.000 – 200.000 jiwa.



Gambar 4. Grafik Proyeksi Penduduk Kecamatan Tapung Tahun 2013-2035 Metoda Aritmatika

Dari analisis di atas, di dapat jumlah penduduk Kecamatan Tapung pada tahun 2035 berjumlah 164331 jiwa (proyeksi 22 tahun). Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 2 Kecamatan Tapung termasuk dalam kategori kota sedang dengan jumlah penduduk yang berkisar antara 100.000 – 200.000 jiwa.

b. Analisis Kebutuhan Air Domestik

1. Sambungan Rumah (SR)

Tabel 10. Kebutuhan Air Untuk Sambungan Rumah (SR)

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-Rata (Liter/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (Liter/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (Lt/dtk)	(m ³ /dtk)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	2013	85612	70%	59928	130	7790692	90,170	0,090
2	2014	89190	70%	62433	130	8116301	93,939	0,094
3	2015	92768	70%	64938	130	8441909	97,707	0,098
4	2016	96346	70%	67442	130	8767518	101,476	0,101
5	2017	99924	70%	69947	130	9093127	105,245	0,105
6	2018	103503	80%	82802	150	12420310	143,754	0,144
7	2019	107081	80%	85665	150	12849684	148,723	0,149
8	2020	110659	80%	88527	150	13279058	153,693	0,154
9	2021	114237	80%	91390	150	13708432	158,662	0,159
10	2022	117815	80%	94252	150	14137806	163,632	0,164
11	2023	121393	80%	97115	150	14567180	168,602	0,169
12	2024	124971	80%	99977	150	14996554	173,571	0,174
13	2025	128549	80%	102840	150	15425928	178,541	0,179
14	2026	132128	80%	105702	150	15855302	183,510	0,184
15	2027	135706	80%	108565	150	16284676	188,480	0,188
16	2028	139284	80%	111427	150	16714050	193,450	0,193
17	2029	142862	80%	114289	150	17143424	198,419	0,198
18	2030	146440	80%	117152	150	17572798	203,389	0,203
19	2031	150018	80%	120014	150	18002172	208,358	0,208
20	2032	153596	80%	122877	150	18431546	213,328	0,213
21	2033	157174	80%	125739	150	18860921	218,298	0,218
22	2034	160752	80%	128602	150	19290295	223,267	0,223
23	2035	164331	80%	131464	150	19719669	228,237	0,228
Jumlah						331469354	3836,451	3,836

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

2. Hidran Umum (HU)

Tabel 11. Kebutuhan Air Untuk Hidran Umum (SR)

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-Rata (Liter/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (Liter/hari)	Jumlah Kebutuhan Air	
							(Lt/dtk)	(m ³ /dtk)
a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	2013	85612	30%	25684	30	770508	8,918	0,009
2	2014	89190	30%	26757	30	802711	9,291	0,009
3	2015	92768	30%	27830	30	834914	9,663	0,010
4	2016	96346	30%	28904	30	867117	10,036	0,010
5	2017	99924	30%	29977	30	899320	10,409	0,010
6	2018	103503	20%	20701	30	621016	7,188	0,007
7	2019	107081	20%	21416	30	642484	7,436	0,007
8	2020	110659	20%	22132	30	663953	7,685	0,008
9	2021	114237	20%	22847	30	685422	7,933	0,008
10	2022	117815	20%	23563	30	706890	8,182	0,008
11	2023	121393	20%	24279	30	728359	8,430	0,008
12	2024	124971	20%	24994	30	749828	8,679	0,009
13	2025	128549	20%	25710	30	771296	8,927	0,009
14	2026	132128	20%	26426	30	792765	9,176	0,009
15	2027	135706	20%	27141	30	814234	9,424	0,009
16	2028	139284	20%	27857	30	835703	9,672	0,010
17	2029	142862	20%	28572	30	857171	9,921	0,010
18	2030	146440	20%	29288	30	878640	10,169	0,010
19	2031	150018	20%	30004	30	900109	10,418	0,010
20	2032	153596	20%	30719	30	921577	10,666	0,011
21	2033	157174	20%	31435	30	943046	10,915	0,011
22	2034	160752	20%	32150	30	964515	11,163	0,011
23	2035	164331	20%	32866	30	985983	11,412	0,011
Jumlah						18637561	215,713	0,216

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

c. Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Tabel 12. Jumlah Kebutuhan Air Sektor Domestik dan Non Domestik (m³/dtk)

Tahun	Jumlah Domestik (m ³ /detik)	Jumlah Non Domestik (m ³ /detik)	Jumlah (m ³ /detik)
2013	0,099	0,010	0,109
2014	0,103	0,010	0,114
2015	0,107	0,011	0,118
2016	0,112	0,011	0,123
2017	0,116	0,012	0,127
2018	0,151	0,015	0,166
2019	0,156	0,016	0,172
2020	0,161	0,016	0,178
2021	0,167	0,017	0,183
2022	0,172	0,017	0,189
2023	0,177	0,018	0,195
2024	0,182	0,018	0,200
2025	0,187	0,019	0,206
2026	0,193	0,019	0,212
2027	0,198	0,020	0,218
2028	0,203	0,020	0,223
2029	0,208	0,021	0,229
2030	0,214	0,021	0,235
2031	0,219	0,022	0,241
2032	0,224	0,022	0,246
2033	0,229	0,023	0,252
2034	0,234	0,023	0,258
2035	0,240	0,024	0,264
Jumlah	4,052	0,405	4,457

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk memenuhi sarana-sarana kota, seperti sarana sosial, industri dan niaga. Perkiraan kebutuhan air tersebut tergantung dari jenis kegiatan non domestik tersebut. karena keterbatasan data jumlah fasilitas-fasilitas umum yang diperoleh, maka perhitungan kebutuhan air sektor non domestik menggunakan pendekatan perhitungan yang dikemukakan oleh Arisribowo (2007) dimana untuk perhitungan kebutuhan air non domestik ini ditetapkan sebesar 10% dari kebutuhan sektor domestik.

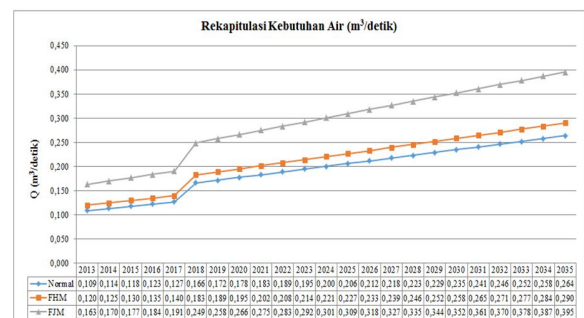
Kemudian dari hasil perhitungan total kebutuhan air bersih (kebutuhan normal) di atas, dapat dihitung kebutuhan air bersih pada hari maksimum dan jam puncak. Kebutuhan air bersih pada hari maksimum dengan mengalikan faktor 1,1 sedangkan kebutuhan pada jam puncak dengan mengalikan faktor 1,5.

Tabel 13. Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar 2013-2035

	Faktor	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Normal (m ³ /det)	1	0,109	0,114	0,118	0,123	0,127	0,166	0,172	0,178	0,183	0,189	0,195	0,200
FHM (m ³ /det)	1,1	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,183	0,189	0,195	0,202	0,208	0,214	0,221
FJM (m ³ /det)	1,5	0,163	0,170	0,177	0,184	0,191	0,249	0,258	0,266	0,275	0,283	0,292	0,301

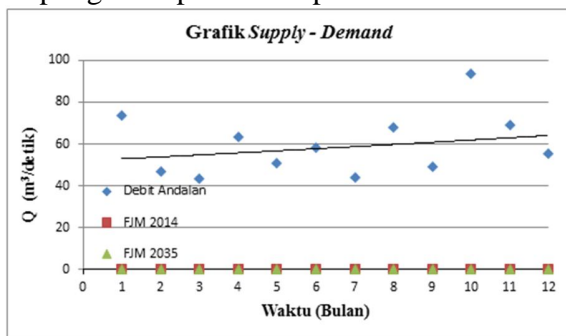
	Faktor	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Normal (m ³ /det)	1	0,206	0,212	0,218	0,223	0,229	0,235	0,241	0,246	0,252	0,258	0,264
FHM (m ³ /det)	1,1	0,227	0,233	0,239	0,246	0,252	0,258	0,265	0,271	0,277	0,284	0,290
FJM (m ³ /det)	1,5	0,309	0,318	0,327	0,335	0,344	0,352	0,361	0,370	0,378	0,387	0,395

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)



Gambar 5. Grafik Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar 2013-2035

Berdasarkan grafik debit andalan dan rekapitulasi kebutuhan air, maka dapat dibuat sebuah grafik baru yang menunjukkan hubungan antara jumlah ketersediaan air (*supply*) di Sungai Tapung Kiri dengan jumlah kebutuhan air (*demand*) di Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar.



Gambar 6. Grafik Supply - Demand

Kemudian dapat diambil kesimpulan bahwa debit andalan dari Sungai Tapung Kiri yang digunakan sebagai sumber air baku dalam sistem penyediaan air bersih mencukupi, bahkan masih melebihi untuk memenuhi kebutuhan air bersih dari daerah layanannya sampai akhir tahun proyeksi (2035). Kebutuhan air (FJM tahun 2035) sebesar 0,395 m³/dtk masih jauh berada di bawah nilai debit minimum sebesar 43,69 m³/dtk yang terjadi pada Bulan September. Sisa air dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penambahan kapasitas penyaluran air bersih dari sungai tersebut di masa mendatang, terutama untuk mengantisipasi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi.

D. KESIMPULAN

1. Nilai R^2 pada tahap kalibrasi sudah sangat memuaskan ($0,36 < NSE \leq 0,75$) tetapi nilai R^2 pada tahap verifikasi dan simulasi belum memuaskan/ kurang handal ($\leq 0,36$). Hal ini terjadi disebabkan oleh kesalahan acak baik yang berasal dari data masukan ataupun data pengukuran serta kesalahan dalam penentuan nilai parameter. Namun

dalam hal penggunaannya di lapangan masih dapat diaplikasikan selama pemodelan hujan aliran yang memberikan hasil yang lebih baik belum ditemukan.

2. Keberhasilan yang diperoleh tahap kalibrasi tidak menjamin keberhasilan pada tahap verifikasi dan simulasi.
3. Nilai korelasi pada tahap verifikasi (0,68) dan simulasi (0,73) sudah cukup bagus dalam pemodelan hujan-aliran sehingga debit yang dihasilkan mendekati kenyataan.
4. Debit andalan ($Q_{90\%}$) Sungai Tapung Kiri diperoleh menggunakan perhitungan debit rerata tahunan sehingga didapat tahun andalan pada tahun 2004. Dimana data debit diperoleh melalui bantuan pemodelan IHACRES. Debit terbesar terjadi pada Bulan Oktober sebesar 93,75 m³/detik dan debit terkecil terjadi pada Bulan Maret sebesar 43,69 m³/detik.
5. Total kebutuhan air untuk daerah layanan Kecamatan Tapung Kiri pada awal tahun proyeksi (2013) sebesar 0,109 m³/detik (109,0 liter/detik), sedangkan total kebutuhan air pada akhir tahun proyeksi (2035) yaitu sebesar 0,264 m³/detik (264 liter/detik).
6. Debit andalan dari Sungai Tapung Kiri yang digunakan sebagai sumber air baku dalam sistem penyediaan air bersih Kecamatan Tapung sangat mencukupi, bahkan masih melebihi untuk memenuhi kebutuhan air bersih daerah layanannya sampai akhir tahun proyeksi.

E. SARAN

- a. Besarnya debit andalan yang dimiliki Sungai Tapung Kiri dalam menyediakan sumber air baku dapat dipergunakan untuk memperluas cakupan daerah pelayanan dari sistem penyediaan air bersih.

- b. Sebaiknya lebih berhati-hati dalam proses kalibrasi terutama pada saat penentuan durasi *warm up*. Hal ini didasarkan pada adanya perbedaan durasi *warm up* yang memberikan nilai R^2 optimal untuk masing-masing skema.
- c. Sebelum menginstal *software* pemodelan IHACRES, sebaiknya mengubah dahulu *system type* komputer menjadi 32-bit *Operating System*

F. DAFTAR PUSTAKA

Akhirudin dan Anrizal. 2008. *Perencanaan Pemenuhan Air Baku di Kabupaten Kendal*. [online]. Available at:< <http://eprints.undip.ac.id/33997>>, diakses 26 Juni 2014.

Anonim. *Laporan Tugas Akhir Sumber Daya Air Daerah Aliran Sungai Dolok Pengaron Wilayah Sungai Iratunseluna*. Semarang Timur

Anonim. *Laporan Tugas Akhir oleh Bagus Adi Irawan dan AM Dwitjahja Widyawan*

Ardhi Wibowo, Ryan. 2013. *Analisis Hujan Aliran Menggunakan Model Ihacres (Studi Kasus Das Indragiri)*. Pekanbaru.

Arisribowo, Hermawan. 2007. *Studi Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM di Kecamatan Mojojoto Kota Kediri dengan menggunakan Program WaterCAD 4.5*. [online]. Available at:< <http://elibrary.ub.ac.id/handle/123456789/21740>>. Diakses 26 juni 2014.

Croke, B.F>W., Andrews, F., Spate, J. & Cuddy, S. 2005. *IHACRES User Guide*. Australia : ICAM Centre dan The Australian National University.

Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : Bumi Aksara.

Ismail, Muhammad., Selintung.M., Putra Hatta. M. Keseimbangan pelayanan air bersih PDAM kota makassar dengan menggunakan program realm. Makassar.

Kementerian Pekerjaan Umum (PU),. MDGs. 2013

Littlewood, I.G., Down.,K, Parker, J.R & Post, D.A. 1999. *IHACRES V1.0 User Guide*. Australia : ICAM Centre dan The Australian National University.

Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*. 98 : 257-277.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005

Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012

Peta Rupa Bumi Bakosurtanal dan Keppres No. 12 Tahun 2012.

Saputra, Wiryana. 2013. *Kajian Pemenuhan Kebutuhan Air Baku di Kota Pasir Pengaraian Kabupaten Rokan Hulu*. Pekanbaru.

Sinulingga, Budi D. *Pembangunan Kota Tinjauan Regional dan Lokal*, 1999.

Sriwongsitanon, N. & Taesombat, W, 2011. Estimation of the IHACRES Model Parameters for Flood Estimation of Ungauged in the Upper Ping River Basin. *Kasetsart J (nat. Sci)* 45. Juni 2011 : 917-913.

Statistik Indonesia. 2013. *Pertumbuhan penduduk*. [online]. Available at:< http://www.datastatistik-indonesia.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=220&Itemid=220&limit=1&limitstart=1>, diakses 26 Juni 2014.

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta. Maret 2008 : 316 -317.