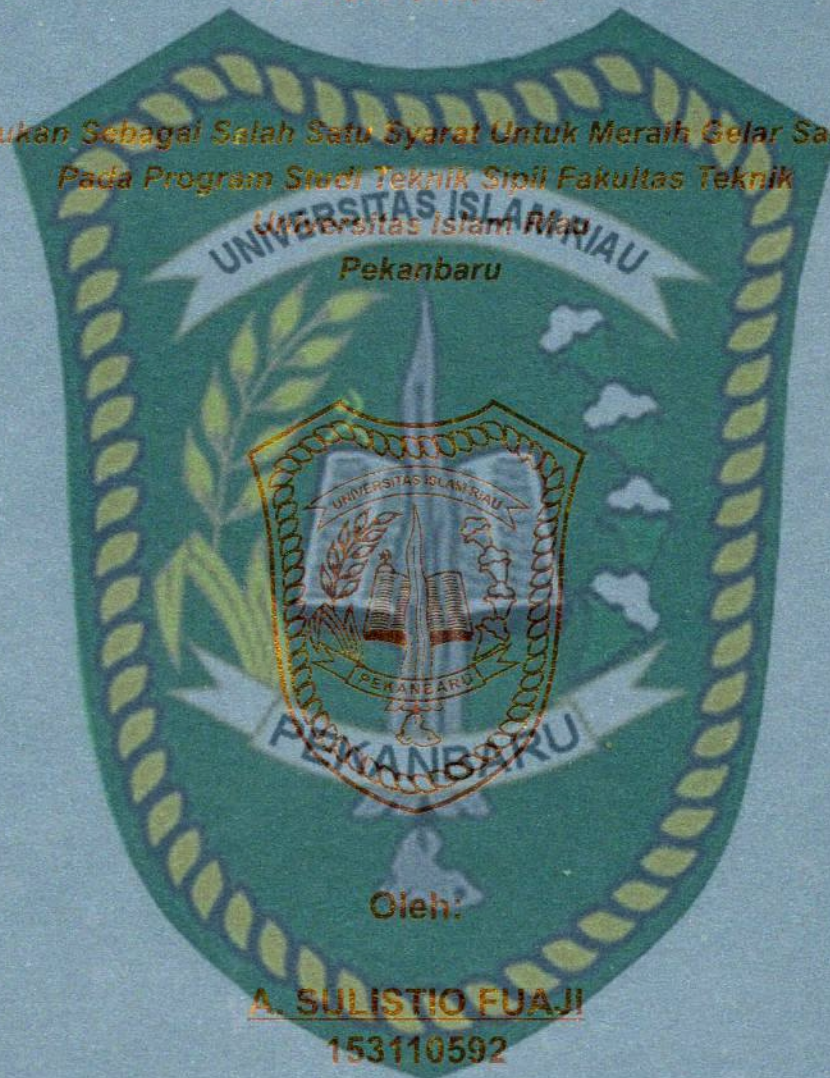


**APLIKASI MODEL GR2M UNTUK ANALISIS
KETERSEDIAAN AIR DI DAS SIAK HULU**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik*

Universitas Islam Riau
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
Pekanbaru



Oleh:

A. SULISTIO FUAJI
153110592

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

**APLIKASI MODEL GR2M UNTUK ANALISIS
KETERSEDIAAN AIR DI DAS SIAK HULU**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau*



Oleh:

A. SULISTIO FUJI

153110592

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

APLIKASI MODEL GR2M UNTUK ANALISIS KETERSEDIAAN AIR DI DAS SIAK HULU

A. SULISTIASAS UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NPM : 153110592

Diperiksa dan disetujui oleh :

Harmiyati, S.T.,M.Si
Dosen Pembimbing


Tanggal : 21 Maret 2022

PEKANBARU

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

APLIKASI MODEL GR2M UNTUK ANALISIS KETERSEDIAAN AIR DI DAS SIAK HULU

DISUSUN OLEH

A. SULISTIO FUAJI

153110592

Telah Disetujui Didapan Dewan Penguji Tanggal 22 Maret 2022 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

PEKANBARU

Harmiyati, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing

Ir. H. Firdaus, M.P.

Dosen Penguji I

Vella Anggreana, S.T., M.T.

Dosen Penguji II

Pekanbaru, 22 Maret 2022
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu) di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya ini terdapat karya atau pendapat orang kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah didapatkan serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

Pekanbaru, 22 Maret 2022

Yang Bersangkutan Pernyataan



A. Sulistio Fuaji
NPM : 153110439

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Aplikasi Model GR2M Untuk Analisis Ketersediaan Air Di DAS Siak Hulu” ini sebagai syarat menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut terdiri dari bab I yang berisi tentang latar belakang dan rumusan masalah, bab II berisi tentang tinjauan pustaka, bab III berisi tentang landasan teori, bab IV berisi tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis ingin mengucapkan terimakasih bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tak lupa penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si.,M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau dan sebagai Dosen Pembimbing.
7. Ibu Sapitri, ST.,MT, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Ir. H. Firdaus Agus, MP dan Ibu Vella Anggreana ST.,MT sebagai dosen penguji 1 dan dosen penguji 2.
9. Alhamdulillahijazakaulohukhoiro untuk Bapak Dr. Imam Suprayogi ST.,MT, Dosen Universitas Riau yang telah memberikan bimbingannya.
10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Seluruh karyawan dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Alhamdulillahijazakumullohukhoiro untuk bapak Janatin dan ibuk Masrihatul Qoiriah, kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan. Tidak terhitung pengorbanan, jerih payah, do'a serta kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis. Semoga penulis bisa membahagiakan bapak dan mamak. Aamiin.
13. Alhamdulillahijazakumullohukhoiro untuk kak eni dan pak aris yang udah beliin laptop untuk skripsian. serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungannya.
14. Teruntuk orang yang juga selalu mendukung saya dan tetap setia menyemangati saya Rima Annita Sari .D.
15. Buat temen-temen Buukk Annisa, Barqi, Sitii, Asong, Abeeb, Aidul yang udah mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi.
16. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung.dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan terakhir buat Boss besar Antum Ramadhan Eko a.k.a Madon.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan dan pembuatan tugas akhir ini. Dengan kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi kalangan Teknik sipil dan bagi seluruh pembaca untuk menambah wawasan. Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Pekanbaru, 22 Maret 2022

A.Sulistio Fuaji
NPM : 153110592

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Air Baku	9
3.1.1 Sumber Air Baku	10
3.1.2 Kebutuhan Air Baku.....	12
3.1.3 Sistem Distribusi Air Baku	13
3.1.4 Sistem Pengolahan Air Baku	15
3.2 Daerah Aliran Sungai	16
3.2.1 Macam-macam DAS berdasarkan fungsi	22
3.2.2 Manfaat Daerah Aliran Sungai (DAS).....	22

3.2.3 Masalah Daerah Aliran Sungai (DAS)	23
3.2.4 Tujuan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)	23
3.3 Hujan Kawasan	23
3.3.1 Metode rata- rata Aritmatik (Aljabar).....	24
3.3.2 Metode Poligon <i>Thiessen</i>	25
3.3.3 Metode Isohiet	27
3.4 Debit Aliran.....	28
3.5 Debit Andalan	29
3.6 Automatic Water Level Recorder (AWLR)	29
3.7 Penguapan	30
3.7.1 Evaporasi	30
3.7.2 Transpirasi	32
3.7.3 Evapotranspirasi.....	32
3.8 Software CROPWAT Version 8.0	40
3.9 Global Rainfall Runoff Model (GR2M).....	42
3.10 Performa Model.....	45
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	48
4.1 Lokasi Penelitian	48
4.2 Metode Penelitian.....	48
4.3 Tahapan Penelitian	50
4.4 Cara Menganalisa Data	53
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	55
5.1 Umum.....	55
5.2 Hujan Kawasan	55
5.3 Evapotranspirasi	57
5.4 Debit Lapangan	59
5.5 Debit Simulasi Permodelan GR2M.....	60
5.6 Performa Model GR2M	61
5.7 Debit Andalan	62
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	65

6.1 Kesimpulan.....65
6.2 Saran.....65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR NOTASI

\bar{p}	: Hujan rata-rata Kawasan
p_1, p_2, \dots, p_n	: Hujan pada stasiun 1,2,3,.....,n
A_1, A_2, \dots, A_n	: Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,.....,n
P	: Nilai probabilitas terjadinya suatu kejadian (%)
m	: Peringkat data
n	: Jumlah data
H	: Tinggi muka air dalam satuan meter
ET ₀	: Evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari)
R	: Korelasi
R ²	: Koefisien determinasi
VE	: Selisih volume atau <i>volume error</i>
CE	: Koefisien Efisiensi
Q_{obs}	: Debit observasi atau debit terukur (m ³ /detik)
Q_{sim}	: Debit simulasi atau debit terhitung (m ³ /detik)
\bar{Q}_{obs}	: Rerata debit terukur atau observasi
\bar{Q}_{sim}	: Rerata debit terhitung atau simulasi

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Besarnya Keandalan Debit Berdasarkan Kegunaan.....	29
Tabel 3. 2 Parameter <i>GR2M</i>	43
Tabel 3.3 Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe <i>Efficiency</i> (NSE).....	45
Tabel 3.4 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi	46
Tabel 3.5 Kriteria Nilai Koefisien Efisiensi.....	47
Tabel 5.1 Rekapitulasi Evapotranspirasi Bulanan Wilayah Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2018 (mm).....	58
Tabel 5.2 Rekapitulasi Curah Hujan Bulanan Kawasan Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2018 (mm).....	56
Tabel 5.3 Rekapitulasi Debit Lapangan Sungai Siak Stasiun Pantai Cermin tahun 2004-2018 (m ³ /det)	59
Tabel 5.4 Rekapitulasi Debit Simulasi GR2M di Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2018 (m ³ /det).....	61
Tabel 5.5 Performa Model GR2M.....	62
Tabel 5.6 Probabilitas Debit.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Pengaruh bentuk DAS pada aliran permukaan.....	17
Gambar 3.2 Pengaruh kerapatan parit atau saluran pada hidrograf aliran permukaan.....	18
Gambar 3.3 Bagian-Bagian Sungai	21
Gambar 3.4 Metode Poligon <i>Thiessen</i> (Triatmodjo, 2008).....	26
Gambar 3.5 Penyerapan, perjalanan, dan penguapan air dari suatu vegetasi (Asdak, 2007).....	32
Gambar 3.6 CROPWAT 8.0 untuk menghitung nilai Evapotranspirasi.....	42
Gambar 3.7 Skema Model <i>GR2M</i> (<i>Mouelhi</i> ,2006)	43
Gambar 4.1 Peta Sub DAS Tapung Kiri (BPDASHL, 2019).....	49
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian.....	52
Gambar 5.1 Peta DAS Siak (SIHLSDA, 2021).....	55
Gambar 5.2 Peta Wilayah Poligon	56
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Debit Simulasi dengan Debit Lapangan terhadap Curah Hujan	60
Gambar 5.4 Hasil Kurva Durasi Debit m ³ /detik.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Analisa Data
- Lampiran B : Data Pendukung Dalam Penelitian
- Lampiran C : Surat – Surat Dalam Melakukan Penelitian



Aplikasi Model GR2M Untuk Analisis Ketersediaan Air

Di DAS Siak Hulu

A. SULISTIO FUAJI

153110592

ABSTRAK

Perkembangan wilayah pada suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Pemenuhan kebutuhan pangan dan aktivitas penduduk selalu erat kaitannya dengan kebutuhan akan air. Tuntutan tersebut tidak dapat dihindari, tetapi haruslah diprediksi dan direncanakan pemanfaatan sebaik mungkin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan penerapan permodelan GR2M dan besaran ketersediaan air baku di DAS Siak Hulu.

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data berupa data peta, data hujan, data klimatologi dan data debit lapangan. Dan lokasi penelitian di DAS Siak bagian Hulu yaitu Sub DAS Tapung Kiri.

Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) Permodelan GR2M dapat diterapkan pada Sub DAS Tapung Kiri dengan performa R^2 sebesar 0,41 dengan interpretasi memenuhi, koefisien korelasi (R) sebesar 0,67 dengan interpretasi kuat, dan koefisien efisiensi (CE) sebesar 0,59 dengan interpretasi optimasi cukup. Debit andalan yang diperoleh berdasarkan data permodelan GR2M untuk ketersediaan air minum (Q99%) di DAS Siak Hulu sebesar $15,69 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Kata kunci : Sub Das Tapung Kiri, Evapotranspirasi, GR2M.

Application of the GR2M Model for Analysis of Water Availability in the Upstream Siak Watershed

A. SULISTIO FUAJI
153110592

ABSTRACT

Regional development in an area will cause the need for water to continue to increase along with the rate of population growth. The fulfillment of food needs and the activities of the population is always closely related to the need for water. These demands cannot be avoided, but must be predicted and planned for the best possible use. The purpose of this study is to describe the application of the GR2M modeling and the amount of raw water availability in the Siak Hulu watershed.

The research method used is descriptive quantitative with data collection techniques in the form of map data, rain data, climatological data and field discharge data. And the research location is in the Upper Siak watershed, namely the Tapung Kiri sub-watershed.

The research results show that: 1) The GR2M modeling can be applied to the Tapung Kiri sub-watershed with a performance of R^2 of 0.41 with a satisfactory interpretation, a correlation coefficient (R) of 0.67 with a strong interpretation, and an efficiency coefficient (CE) of 0.58 with a sufficient optimization interpretation. 2) The mainstay discharge results obtained based on GR2M modeling data for the availability of drinking water (Q99%) in the Upper Siak watershed is 15,69 m³/second.

Keywords : Tapung Kiri sub-watershed, Evapotranspiration, GR2M.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari – hari air adalah sumber daya yang paling utama dalam kelangsungan hidup manusia bahkan makhluk hidup lainnya. Sejalan dengan pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan air juga semakin meningkat, namun sering kali tidak seiring dengan ketersediaan air baku yang mencukupi. Mengingat kecenderungan ketersediaan air khususnya dari air permukaan (sungai) yang tetap sedangkan kebutuhan yang terus meningkat, agar tidak terjadi kekurangan air maka harus segera dilakukan upaya-upaya efisiensi pemakaian air.

Sungai Siak adalah sungai yang paling dalam di Indonesia, yaitu dengan kedalaman sekitar 20-30 meter dengan luas areal sebesar 11.527 km² (Menteri Pekerjaan Umum, 2013). Dengan Panjang 300 Km, sungai Siak melewati empat wilayah administrasi kabupaten dan satu wilayah administrasi kota yaitu kabupaten Rokan Hulu, kabupaten Bengkalis, Kabupaten Siak, Kabupaten Kampar dan Kota Pekanbaru dimana seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak berada di Provinsi Riau (Nur Anita Setyawati, 2019).

DAS Siak termasuk DAS kritis, kawasan rawan bencana banjir dan longsor, erosi dan pendangkalan, serta terjadi berbagai macam pencemaran. Perubahan ekosistem pada DAS siak diindikasikan dengan kejadian banjir di Provinsi Riau akibat meluapnya Sungai Siak dan anak-anak sungainya. Perubahan ekosistem tersebut disebabkan oleh wilayah dalam DAS Siak merupakan daerah yang potensial berkembang bagi kegiatan sosial ekonomi masyarakat (Nur Anita Setyawati, 2019).

Di sepanjang Sungai Siak terutama di Pekanbaru kearah hilirnya mempunyai potensi yang sangat tinggi untuk berkembangnya kegiatan sosial dan ekonomi. Perubahan ekosistem Sungai Siak secara signifikan dipengaruhi oleh perkembangan penduduk dan ekonomi yang kemudian mendorong berkembangnya kawasan budidaya dan permukiman.

Sungai Siak merupakan sumber air baku yang seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak berada di provinsi Riau. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (UU No. 7 Tahun 2004).

DAS Siak termasuk DAS kritis, kawasan rawan bencana banjir dan longsor, erosi dan pendangkalan, serta terjadi berbagai macam pencemaran. DAS Siak berpotensi mengalami permasalahan berupa ketersediaan air tidak mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Tercatat pada tahun 2018 jumlah penduduk Provinsi Riau berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) adalah sebesar 6.717.612 jiwa dengan luas wilayah 87.023,66 km². Diperkirakan meningkatnya jumlah penduduk setiap tahun di Provinsi Riau (khususnya pada DAS Siak) akan mempengaruhi tingkat pembangunan di wilayah tersebut, baik dibidang struktur maupun infrastruktur.

Hal ini akan mempengaruhi besarnya kebutuhan akan air oleh masyarakat, namun pembangunan yang tidak memperhatikan keseimbangan lingkungan akan memberikan dampak negatif bagi ketersediaan air baku. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengelolaan sumber daya air yang baik. Di samping itu, wilayah ini didominasi oleh penutupan lahan berupa kebun sawit, lahan pertanian, lahan terbuka, hutan, kebun karet dan sebagian kecil merupakan lahan terbangun, semak belukar, kebun campuran serta badan air. Sebagian dari areal lahan terbuka merupakan kawasan pertambangan (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).

Menurut Peraturan Menteri Nomor 22 Tahun 2009 bahwa Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Dalam pengelolaan sumber daya air dibutuhkan data debit agar dapat terlaksana dengan baik.

DAS Siak terbagi atas empat bagian yaitu (1) Kabupaten Rokan Hulu: Rokan IV Koto, Kabun, Tandun, Kunto Darussalam, (2) Kabupaten Kampar: Tapung

Hulu, Tapung, Tapung Hilir, Bangkinang, Bangkinang Barat, XIII Koto Kampar, Tambang, Kota Pekanbaru, (3) Kab. Bengkalis: Mandau, (4) Kabupaten Siak: Kandis, Minas, Sungai Mandau, Tambang, Siak, Tualang, Lubuk Dalam, Kerinci Kanan, Koto Gasib, Dayun, Bunga Raya (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).

Salah satu dari empat kabupaten yang menjadi bagian DAS Siak yang masih banyak terkendala ketersediaan air baku adalah Kabupaten Kampar. Penyediaan air bersih di Kabupaten Kampar diselenggarakan oleh Pemerintah Daerah melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Kampar yang berdiri sejak tahun 2000. 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. Masyarakat setempat masih mengandalkan air sumur untuk keperluan sehari-hari. Walaupun untuk mendapatkan air bersih, secara teknis kedalaman sumur mencapai ± 12 meter (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kampar, 2013).

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, keterbatasan ketersediaan air DAS Siak hulu dapat menjadi indikator bahwa kondisi DAS telah mengalami kerusakan dan berdampak terhadap keberlanjutan ketersediaan air baku di DAS Siak hulu. Mengingat permasalahan sungai Siak hulu yang cukup kompleks dan masih sedikitnya kajian-kajian mengenai ketersediaan air baku di DAS Siak hulu. Maka, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul, “**Aplikasi Model GR2M untuk Analisis Ketersediaan Air Baku di DAS Siak hulu**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan adalah :

1. Bagaimanakah penerapan GR2M di Sub DAS Tapung Kiri?

2. Berapakah ketersediaan air di DAS Siak Hulu dengan debit andalan yang direncanakan sebagai air minum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka diperoleh tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui permodelan GR2M bisa diterapkan di Sub DAS Tapung Kiri atau tidak.
2. Menetapkan besaran ketersediaan air baku di Das Siak Hulu dengan menggunakan data hasil permodelan GR2M.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dipergunakan sebagai salah satu sumber informasi mengenai data ketersediaan debit andalan di DAS Siak Bagian Hulu sebagai sumber air baku bagi instansi-instansi terkait seperti PDAM Tirta Siak dalam merencanakan bangunan pengambilan air baku (intake).
2. Bagi pembaca, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi dalam menganalisa ketersediaan air pada DAS yang tidak terukur.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang spesifik, maka penelitian ini dibatasi dengan batasan penelitian. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Das Siak Bagian Hulu yaitu Sub DAS Tapung Kiri yang memiliki luas DAS 177,122, 23 Ha².
2. Data curah hujan stasiun di sekitar DAS yang diteliti yaitu stasiun Batu Bersurat, stasiun Ujung Batu, stasiun Petapahan Baru, dan stasiun Silam
3. Peneliti menggunakan data klimatologi stasiun Pasar Kampar.
4. Data hidrologi yang digunakan dari tahun 2004-2020, bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III.

5. Analisis evapotranspirasi potensial menggunakan program bantu CROPWAT 8.0 yang merupakan program keluaran FAO (Food and Agriculture Organization).
6. Hasil perhitungan debit andalan direncanakan untuk ketersediaan penggunaan air minum.
7. Dalam penelitian ini tidak membahas kebutuhan air masyarakat terhadap air yang tersedia.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka atau disebut juga kajian pustaka (literature review) merupakan sebuah aktivitas untuk meninjau atau mengkaji kembali berbagai literatur yang telah dipublikasikan oleh akademisi atau peneliti lain sebelumnya terkait topik yang akan diteliti (Taylor & Procter, 2010).

Dalam rangkaian proses penelitian, baik sebelum, ketika atau setelah melakukan penelitian, peneliti biasanya diminta untuk menyusun tinjauan pustaka umumnya sebagai bagian pendahuluan dari usulan penelitian ataupun laporan hasil penelitian. Menyusun sebuah tinjauan pustaka sama halnya dengan menyarikan berbagai hasil penelitian terdahulu untuk mendapat gambaran tentang topik atau permasalahan yang akan diteliti sekaligus untuk menjawab berbagai tantangan yang muncul ketika memulai sebuah penelitian (Shavelson & Towne, 2002).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan untuk Analisis Ketersediaan Air dan penggunaan GR2M antara lain sebagai berikut ini:

1. Yanti dan Rusnam (2020), dengan judul "*Transformasi Data Hujan – Debit Menggunakan Model GR2M Pada Das Air Dingin*", bertujuan untuk melihat sensitivitas DAS Air Dingin terhadap perubahan curah hujan yang terjadi menggunakan model GR2M. Variabel utama yang dibutuhkan adalah data curah hujan dan data evapotranspirasi.

Adapun hasil dari penelitian ini adalah parameter optimal dalam menggunakan model GR2M pada DAS Air Dingin untuk X1 adalah 8,41 dan X2 adalah 0,15. Dengan parameter tersebut diperoleh performa model dengan $R^2 = 0,7$ dan Nash (Q) sebesar 0,71 sehingga pengujian model dinilai memuaskan. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa permodelan GR2M bisa mempresentasikan nilai debit DAS Air Dingin.

2. Sukmanda dan Terunajaya (2016), dengan judul "*Analisa Ketersediaan dan*

Kebutuhan Air Pada Daerah Aliran Sungai Percut Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih di Kabupaten Deli Serdang", bertujuan untuk mengetahui ketersediaan air di DAS Percut, mengetahui kebutuhan air domestik dan non domestik, mengetahui kebutuhan air irigasi, serta membandingkan jumlah ketersediaan air di DAS Percut dengan kebutuhan air keseluruhan pada proyeksi hingga 50 tahun mendatang.

Adapun hasil dari penelitian ini adalah debit andalan yang didapat berdasarkan metode F.J Mock adalah sebesar $16,04 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kebutuhan air irigasi adalah sebesar $6,77 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pola tanam yang digunakan adalah padi dan palawija dengan masa tanam pertengahan Maret. Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai adalah sebesar $3,31 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kebutuhan air domestik dan non domestik untuk beberapa kecamatan di Kabupaten Deli Serdang untuk proyeksi 2 tahun kedepan adalah sebesar $2,31 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan 50 tahun mendatang adalah sebesar $5,62 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Selanjutnya distribusi air untuk kebutuhan air irigasi sebesar 42 %, kebutuhan air pemeliharaan sungai sebesar 21 %, dan kebutuhan air domestik dan non domestik sebesar 14,41 % pada proyeksi 2 tahun kedepan dan 35,06 % pada 50 tahun mendatang. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ketersediaan air sungai Percut hingga 50 tahun mendatang masih mencukupi kebutuhan air keseluruhan.

3. Pratiwi, dkk (2015), dengan judul "*Transformasi Hujan Debit berdasarkan Analisis Tank Model dan GR2M di DAS Dengkeng*", yang bertujuan membandingkan hasil korelasi antar kedua permodelan hidrologi GR2M dan Tank Model dalam menentukan nilai transformasi hujan debit di DAS Dengkeng dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan transformasi hujan debit di DAS Dengkeng menggunakan metode Tank Model tiga tangki rangkaian seri dengan korelasi sebesar 72,2390 % dan metode GR2M menghasilkan korelasi sebesar 68,3959 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode Tank Model tiga tangki lebih baik di banding GR2M.

4. Hasibuan (2013), dengan judul "*Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air*

Baku di kabupaten Tangerang'. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jumlah kebutuhan air baku untuk domestik, non-domestik, irigasi, perikanan, ternak dan industri di Kabupaten Tangerang pada masa yang akan datang. Serta menduga jumlah ketersediaan air baku yang berasal dari air sungai dan air tanah di Kabupaten Tangerang pada masa yang akan datang dengan masa penelitian selama 3 bulan.

Hasil penelitian menunjukkan secara umum kebutuhan air di Kabupaten Tangerang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Besaran kebutuhan air baku wilayah tahun 2010 adalah sebesar 71,67 m³/detik, tahun 2015 sebesar 72,86 m³/detik, tahun 2020 sebesar 76,24 m³/detik, tahun 2025 sebesar 82,75 m³/detik, dan tahun 2030 sebesar 95,35 m³/detik.

Besaran ketersediaan air baku wilayah tahun 2010 adalah sebesar 143,17 m³/detik, tahun 2015 sebesar 127,28 m³/detik, tahun 2020 sebesar 114,02 m³/detik, tahun 2025 sebesar 100,75 m³/detik, dan tahun 2030 sebesar 87,50 m³/detik, sehingga dapat disimpulkan ketersediaan air baku yang ada di Kabupaten Tangerang dari 2010 sampai 2025 masih dapat memenuhi kebutuhan air baku. Diperkirakan pada tahun 2030 terjadi defisit air sebesar -7,85 m³/detik.

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa kesamaan pada teori maupun teknik pengerjaan terhadap berbagai penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya. Akan tetapi, dalam penelitian tugas akhir ini terdapat perbedaan seperti pada lokasi penelitian, sumber data, permasalahan, dan pembahasan yang akan dicantumkan dalam tugas akhir ini.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Air Baku

Air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (Permen PU NO. 18, 2007). Air baku merupakan air yang dijadikan sebagai sumber pengelolaan air bersih, namun tidak selamanya air bersih dapat dianikan sebagai air yang dapat langsung dikonsumsi atau diminum, karena air yang digunakan untuk menunjang kegiatan seperti mandi, cuci, irigasi, ternak, industri, dan perikanan membutuhkan air bersih yang kualitas airnya tidak perlu seperti air layak minum. Sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah.

Air bersih secara umum diartikan sebagai air yang layak untuk dijadikan air baku bagi air minum. Dengan kelayakan ini terkandung pula pengertian layak untuk mandi, cuci dan kakus. Sebagai air yang layak untuk diminum, tidak diartikan bahwa air bersih itu dapat diminum langsung, artinya masih perlu dimasak atau direbus hingga mendidih. Secara terperinci Kementerian Kesehatan mempunyai definisi tentang air bersih. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990).

Standar kualitas air bersih yang ada di Indonesia saat ini menggunakan Permenkes RI No. 416/Menkes/PerAX/1990 tentang Syarat -Syarat dan Pengawasan Kualitas Air dan PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sedangkan standar kualitas air baku diatur dalam PP No.20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. Berdasarkan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.20 Tahun 1990, air dibagi menjadi empat golongan yaitu :

Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu;

Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum;

Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan;

Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

Hal-hal yang mempengaruhi kualitas air bersih ataupun air baku adalah pencemaran air baik pencemar berupa padatan maupun komponen organik yang dapat menimbulkan penampakan fisik, bau, dan reaksi kimia yang tidak diinginkan. Limbah rumah tangga merupakan salah satu sumber pencemar air. Dari limbah rumah tangga cair dapat dijumpai berbagai bahan organik yang terbawa air parit, kemudian ikut aliran sungai. Adapula bahan-bahan anorganik seperti plastik, aluminium, dan botol yang hanyut terbawa arus air.

3.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air adalah keberadaan air sebagai air baku untuk air bersih bagi kebutuhan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan dalam mempertahankan hidupnya (Sumarman, 2006). Definisi sumber air dalam UU Sumberdaya Air (UU No. 7 Tahun 2004) menyebutkan bahwa sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.

Ketersediaan air baku merupakan kemampuan suatu sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan air baik secara kuantitas maupun kualitas dalam suatu wilayah. Ketersediaan air baku dapat diperoleh dari beberapa sumber air yang ada di bumi (Sumarman, 2006).

Anonim (2010), Beberapa sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih dikelompokkan sebagai berikut:

1. Air Hujan

Air hujan disebut dengan air angkasa. Beberapa sifat kualitas dari air hujan adalah sebagai berikut:

- a. Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral dan air hujan pada umumnya bersifat lebih bersih.
- b. Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH_3 , CO_2 , ataupun SO_2 .

2. Air Permukaan

Linsley dan Franzini (1991), air permukaan adalah air yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan akan mengalami pengotoran selama pengalirannya, pengotoran tersebut disebabkan oleh lumpur, batangbatang kayu, daun-daun, limbah industri, kotoran penduduk dan sebagainya. Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air bersih adalah:

- a. Air waduk (berasal dari air hujan).
- b. Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air).
- c. Air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air).

3. Air Tanah

Linsley dan Franzini (1991), air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah, yang dibedakan menjadi:

a. Air Tanah Dangkal

Air ini terdapat pada kedalaman sekitar 15 m dari permukaan tanah dangkal sebagai sumber air bersih, dari segi kualitas agak baik namun dari segi kuantitas sangat tergantung pada musim.

b. Air Tanah Dalam

Air ini memiliki kualitas yang agak baik dibandingkan dengan air tanah dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri, sedangkan kuantitasnya tidak dipengaruhi oleh musim.

4. Mata air

Dari segi kualitas, mata air sangat baik bila dipakai sebagai air baku.

Karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Biasanya lokasi mata air merupakan daerah terbuka, sehingga mudah terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Contohnya banyak ditemui bakteri E-coli pada air tanah. Dilihat dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu.

Menurut Soemarto (1987), air yang dapat dimanfaatkan bagian dari daur hidrologi (Hydrology Cycle) dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut ini:

1. Air permukaan, seperti air danau, air rawa, air sungai dan sebagainya.
2. Air tanah, seperti mata air, air tanah dalam atau air tanah dangkal.
3. Air atmosfer, seperti hujan, es atau salju.

3.1.2 Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku adalah banyaknya air yang diperlukan untuk melayani penduduk yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air, yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik. Dalam melayani jumlah cakupan pelayanan penduduk akan air bersih sesuai target, maka direncanakan kapasitas sistem penyediaan air bersih yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air, yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik (Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 2000).

1. Kebutuhan Air Bersih Untuk Domestik (Rumah Tangga)

Kebutuhan domestik dimaksudkan adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Hidran Umum (HU).

2. Kebutuhan Air Bersih Untuk Non Domestik

Kebutuhan air bersih non domestik adalah kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan air untuk memenuhi sarana dan prasarana desa, seperti sekolah, masjid, musholla, perkantoran, puskesmas dan

peternakan. Namun untuk kategori desa Ditjen Cipta Karya sudah merumuskan besarnya yaitu sebesar 15% sampai dengan 30% dari kebutuhan domestik. Untuk memastikan besaran seperti yang ditetapkan Ditjen Cipta Karya perlu dilakukan kajian terhadap faktor perkembangan jumlah fasilitas tersebut untuk mengetahui besaran kebutuhan non domestik.

3. Kehilangan Air

Kehilangan air adalah selisih antara banyaknya air yang disediakan dengan air yang dikonsumsi. Kehilangan air fisik/teknis maksimal 20%, dengan komponen utama penyebab kehilangan atau kebocoran air yaitu kebocoran pada pipa transmisi dan pipa induk, kebocoran dan luapan pada tangki reservoir, kebocoran pada pipa dinas hingga meter pelanggan.

4. Kebutuhan maksimum

Yaitu dalam periode satu minggu, bulan atau tahun terdapat hari-hari tertentu dimana pemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh musim. Pada saat pemakaian demikian disebut pemakaian hari maksimum. Kebutuhan air produksi direncanakan sama dengan kebutuhan maksimum. Besarnya kebutuhan air maksimum (Q_{max}) = $F_{max} \times Q$ rata-rata, dengan faktor $F_{max} = 1,1$.

3.1.3 Sistem Distribusi Air Baku

Menurut Bambang Triatmodjo (1993) sistem distribusi air baku/bersih sebagai berikut :

1. Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini terdiri dari reservoir dan pipa distribusi. Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta

menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan. Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang didambakan oleh para pelanggan adalah ketersediaan air setiap waktu.

2. Sistem Jaringan Perpipaan Air Bersih

Sistem jaringan perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakan pompa.

a. Pengaliran dalam Pipa

Pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem jaringan perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Sistem pengaliran air dapat dilakukan dengan cara:

1) Cara Gravitasi

Cara pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

2) Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah

pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

b. Komponen Sistem Jaringan Perpipaan

- 1) Sistem Sumber Terdiri dari system pengambilan air bersih.
Dalam system ini ada beberapa macam sumber penyediaan air bersih diantaranya air hujan, air permukaan dan air tanah.
- 2) Sistem Transmisi Suatu system perpipaan yang mengalirkan air dari bangunan penyadap air baku ke bangunan pengolahan air sampai reservoir distribusi.
- 3) Sistem Distribusi Sistem distribusi yaitu system perpipaan yang mengalirkan air dari reservoir sampai ke konsumen.

3.1.4 Sistem Pengolahan Air Baku

PDAM biasanya melakukan pengolahan secara fisika dan kimiawi dalam proses penyediaan air baku/bersih. Secara umum, terdapat 3 bagian penting dalam sistem pengolahannya (Kania, 2009) sebagai berikut:

1. Intake

Bangunan intake berfungsi sebagai bangunan pertama untuk masuknya air dari sumber air. Pada umumnya, sumber air untuk pengolahan air bersih, diambil dari sungai. Pada bangunan intake terdapat bar screen yang berfungsi untuk menyaring bendabenda yang ikut tergenang dalam air. Selanjutnya, air akan masuk ke dalam sebuah bak yang nantinya akan dipompa ke bangunan selanjutnya, yaitu Water Treatment Plant (WTP).

2. Water Treatment Plant

Water Treatment Plant (WTP) adalah bangunan utama pengolahan air bersih. Biasanya bangunan ini terdiri dari empat bagian, yaitu: bak koagulasi, bak flokulasi, bak sedimentasi, dan bak filtrasi.

3. Reservoir

Setelah dari WTP dan berupa clear water, sebelum didistribusikan, air masuk ke dalam reservoir. Reservoir ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bersih sebelum didistribusikan melalui pipa-pipa secara gravitasi. Karena kebanyakan distribusi

menggunakan gravitasi, maka reservoir biasanya diletakkan di tempat dengan elevasi lebih tinggi daripada tempat-tempat yang menjadi sasaran distribusi.

Gabungan dari unit-unit pengolahan air ini disebut Instalasi Pengolahan Air (IPA). Untuk menghemat biaya pembangunan, biasanya intake, WTP, dan reservoir dibangun dalam satu kawasan dengan ketinggian yang cukup tinggi, sehingga tidak diperlukan pumping station dengan kapasitas pompa dorong yang besar untuk menyalurkan air dari WTP ke reservoir. Dari reservoir air bersih siap untuk didistribusikan melalui pipa-pipa dengan berbagai ukuran ke tiap daerah distribusi.

3.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (catchment area, basin, watershed) adalah semua daerah dimana semua airnya yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran di lereng-lereng bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sri Harto, 1993).

Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (outlet).

Menurut kamus Webster, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke

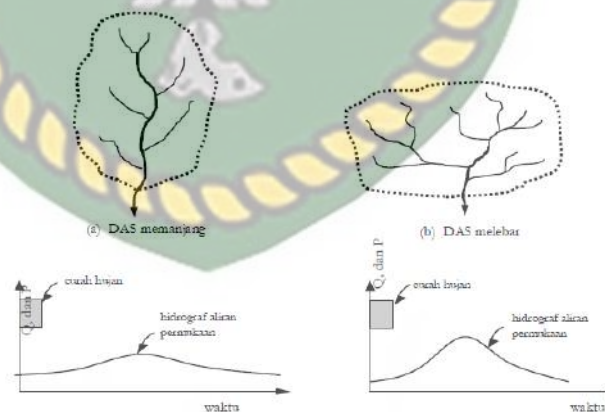
sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Komponen masukan dalam DAS adalah curah hujan, sedangkan keluarannya terdiri dari debit air dan muatan sedimen (Suripin, 2004).

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi (Suripin, 2003):

1. Luas dan Bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



Gambar 3.1 Pengaruh bentuk DAS pada aliran permukaan

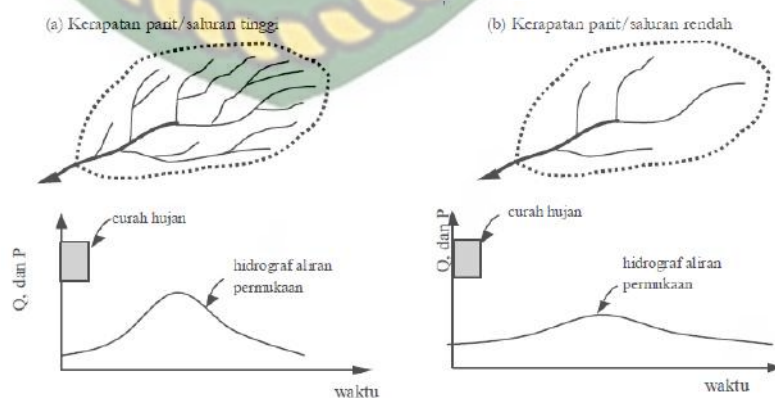
Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS

yang melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air dititik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak diseluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya.

Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran di titik kontrol mengecil atau habis.

2. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit dan atau saluran, dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit atau saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.



Gambar 3.2 Pengaruh kerapatan parit atau saluran pada hidrograf aliran permukaan

3. Tata Guna Lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol, yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Dalam praktek, penetapan batas DAS sangat diperlukan untuk menetapkan batas-batas DAS yang akan dianalisis. Penetapan ini mudah dilakukan dari peta topografi. Peta topografi merupakan peta yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur. Dari peta ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (main stream) yang dimaksud, dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu (Sri Harto, 1993).

Menurut Triatmodjo (2008) daerah aliran (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung — punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis — garis kontur, yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lainnya.

DAS ada yang kecil dan ada yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub-DAS dan sub-DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu system sungai utama. DAS mempunyai karakteristik yang

berkaitan erat dengan unsur utamanya, seperti tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh ditempat tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya aliran air sungai (Asdak, 2010). Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai (Triatmodjo, 2010).

Menurut Odum (1996) ciri-ciri daerah aliran sungai yaitu semakin ke hulu daerahnya mempunyai topografi makin bergelombang sampai bergunung-gunung. Sungai sebagai perairan umum yang berlokasi didarat dan merupakan suatu ekosistem terbuka yang berhubungan erat dengan sistem terestrial dan lentik.

Menurut Mulyanto (2007), berdasarkan kondisi lingkungannya sungai dibagi menjadi empat daerah yaitu:

1. Hulu sungai

Hulu sungai terletak di dataran yang lebih tinggi. Sungai di bagian hulu dicirikan dengan badan sungai yang dangkal, sempit, tebing yang curam dan tinggi, arus cepat, volume air kecil, kualitas air masih baik, kandungan oksigen terlarut sangat tinggi sehingga airnya jernih dan tidak terjadi endapan, suhu yang rendah, daya erosi besar, kadang-kadang terdapat terjun atau jeram, dan populasi ikan (jenis maupun jumlah) di hulu sungai lebih sedikit dibandingkan dengan hilir dan muara.

2. Hilir sungai

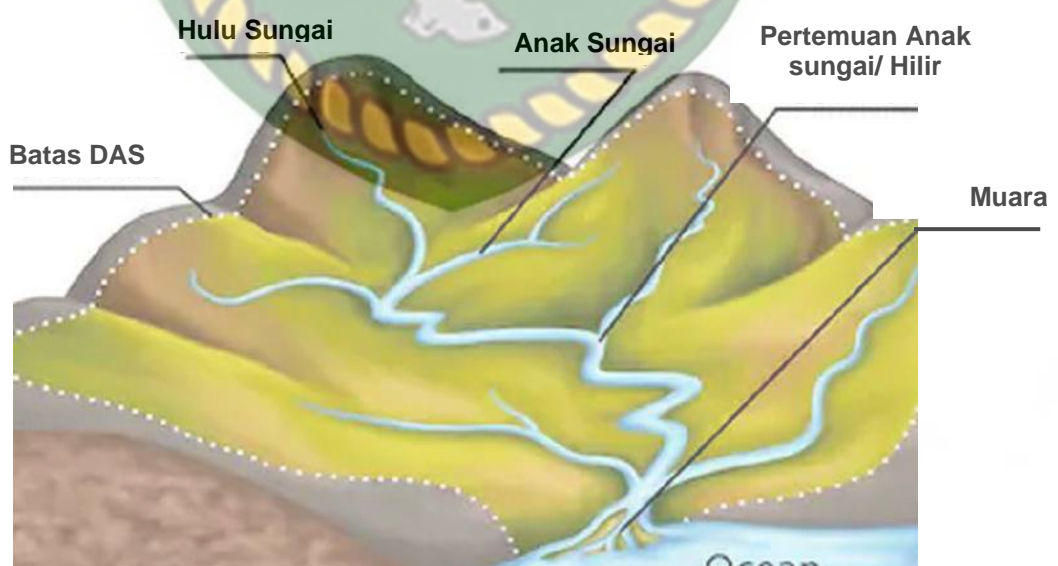
Makin kehilir kelandaian aliran air sungai akan makin kecil, daya gerus terhadap dasar akan berkurang dan konsentrasi sedimen yang dikandungnya cukup besar sehingga mengakibatkan kapasitas transport aliran air mengecil. Hilir sungai terletak didataran yang rendah. Sungai dibagian hilir dicirikan dengan sungai yang lebih lebar, tebing landai, badan air dalam, arus yang tidak begitu kuat, terdapat bahan organik, lebih keruh dibandingkan dengan hulu, aliran air lambat.

3. Induk/muara sungai

Induk/muara sungai adalah bagian sungai yang merupakan pertemuan ujung aliran sungai dengan perairan lainnya, baik berupa sungai yang lebih besar, danau, maupun laut. Bagian muara mempunyai ciri tebing yang landai dan dangkal, daya erosi kecil, arus air sangat lambat dengan volume air yang lebih besar, badan air dalam dan perairan muara sungai pada umumnya merupakan daerah yang subur karena banyaknya zat-zat hara yang terbawa oleh perairan sungai dari hulu atau hilir kemuara. Oleh karena itu, muara sungai kaya (jenis dan variasi) akan ikan, udang, kepiting, dan biota-biota lainnya. Lumpur dari hilir membentuk delta dan warna air yang sangat keruh.

4. Anak sungai

Anak sungai adalah bagian dari muka bumi yang karena sifatnya menjadi tempat air mengalir dari mata air. Jaringan sungai dan anak-anak sungainya mempunyai bentuk seperti percabangan pohon. Parit-parit bergabung membentuk alur yang lebih besar, yang selanjutnya beberapa alur bergabung membentuk anak sungai, dan kemudian beberapa anak sungai tersebut membentuk sungai utama.



Gambar 3.3 Bagian-Bagian Sungai

3.2.1 Macam-macam DAS berdasarkan fungsi

Menurut Asdak (2010) macam-macam DAS berdasarkan fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan.
2. Bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan social dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.
3. Bagian hilir di dasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan social dan ekonomi, yang di indikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk pertanian, air bersih, serta pengelolaan air sungai.

Berdasarkan pembagian DAS dipaparkan di atas, maka dalam penelitian ini tergolong DAS bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir. Adapun DAS bagian hulu yaitu Sub DAS Tapung Kanan, Sub DAS Tapung Kiri. Sedangkan DAS bagian tengah adalah Sub DAS Mandau. Dan DAS bagian hilir Sub DAS Siak Hilir.

3.2.2 Manfaat Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sebagai tempat penampungan air hujan dan banyak manfaat lain dari DAS bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan, DAS harus selalu dijaga kelestariannya. Cara menjaga kelestarian DAS antara lain tidak menggunduli hutan atau tanaman-tanaman di areal DAS. Cara lainnya yaitu tidak mendirikan bangunan di areal DAS sebagai tempat pemukiman atau keperluan lainnya. DAS ini termasuk kedalam potensi gografis indonesia yang harus di manfaatkan agar mendapatkan keuntungan dari alam (Arsyad, 1989).

3.2.3 Masalah Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Paimin dkk (2012) dalam mengelola suatu DAS perlu diketahui apa yang menjadi masalah utama DAS. Masalah DAS pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Kuantitas jumlah air
 - a. Banjir dan kekeringan
 - b. Menurunnya tinggi muka air tanah
 - c. Tingginya fluktuasi debit puncak dengan debit dasar.
2. Kualitas air
 - a. Tingginya sedimentasi dan pengendapan lumpur di dasar sungai
 - b. Tercemarnya air sungai dan air tanah oleh bahan beracun dan berbahaya.
 - c. Eutrofikasi (peningkatan konsentrasi hara di dalam badan air).

3.2.4 Tujuan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Adapun tujuan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebagai berikut (Richard, 1994):

1. Mengkonservasi tanah pada lahan pertanian.
2. Memanen atau menyimpan kelebihan air pada musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau.
3. Memacu usaha tani berkelanjutan dan menstabilkan hasil panen melalui perbaikan pengelolaan sistem pertanian.
4. Memperbaiki keseimbangan ekologi (hubungan tata air hulu dengan hilir, kualitas air, kualitas dan kemampuan lahan, dan keanekaragaman hayati).

3.3 Hujan Kawasan

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing–

masing stasiun dapat berbeda. Dalam analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan hujan rata-rata atau hujan wilayah pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode poligon *Thiessen*, dan metode isohiet (Bambang Triatmodjo, 2008).

3.3.1 Metode rata-rata Aritmatik (Aljabar)

Menurut Triatmodjo (2008) metode ini adalah metode paling sederhana untuk menghitung hujan rata-rata pada suatu daerah. Cukup dengan cara menjumlahkan nilai hujan di beberapa stasiun pada waktu yang sama, kemudian membaginya dengan jumlah stasiun. Metode ini dapat memberikan hasil yang baik apabila stasiun hujan tersebar merata di DAS, dan distribusi hujan relative merata pada seluruh DAS. Stasiun yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan (Bambang Triatmodjo, 2013).

Dengan menggunakan metode Aritmatik, curah hujan rata-rata DAS dapat ditentukan dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran untuk suatu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya stasiun pengukuran. Metode ini dapat dipakai pada daerah datar dengan jumlah stasiun hujan relatif banyak. Metode ini sangat sederhana dan mudah diterapkan, akan tetapi kurang memberikan hasil yang teliti mengingat tinggi curah hujan yang sesungguhnya tidak mungkin benar-benar merata pada seluruh DAS. Utamanya di wilayah tropis termasuk Indonesia, sifat distribusi hujan mmenurut ruang sangat bervariasi, sehingga untuk suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang relatif besar, metode Aritmatik tidak cocok untuk digunakan (Riki Rahmad, 2017).

Berikut rumus yang digunakan dalam metode rata-rata aritmatik :

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n}$$

dengan :

- \bar{p} : hujan kawasan
- p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, ..., n
- n : jumlah stasiun

3.3.2 Metode Poligon Thiessen

Metode poligon *Thiessen* memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Bambang Triatmodjo, 2008).

Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat sebagai sumbangan satu stasiun hujan untuk hujan daerah, metode ini telah memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5000 km². Penentuan atau pemilihan metode curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.

1. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 – 50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000 – 500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebar tidak merata dapat menggunakan metode Thiessen (Riki Rahmad, 2017)

Menurut Triatmodjo (2008) pembentukan poligon *Thiessen* adalah sebagai berikut :

1. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.2.

2. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis putus-putus).
3. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah garis penghubung seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.2.
4. Garis-garis tersebut (Langkah 3) akan membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS merupakan pembatas poligon.
5. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan yang tercatat di stasiun yang berada dalam poligon tersebut.
6. Jumlah dari hitungan pada Langkah 5 untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau untuk menghasilkan hujan rata-rata pada daerah tersebut. Secara matematik dapat dihitung dengan persamaan 3.1

dengan:

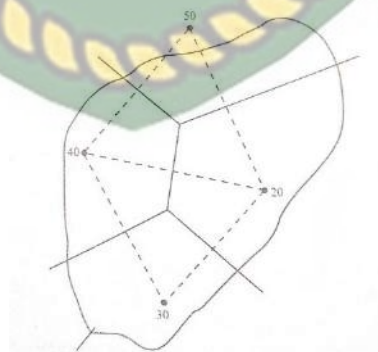
$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

dengan: \bar{p}

: hujan rata-rata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n : hujan pada stasiun 1,2,3,...,n

A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,...,n



Gambar 3.4 Metode Poligon *Thiessen* (Triatmodjo, 2008)

Metode poligon thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti

pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat poligon yang baru (Bambang Triatmodjo, 2008).

3.3.3 Metode Isohiet

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) isohiet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut.

Berikut dijelaskan prosedur dalam membuat garis isohiet:

1. Lokasi stasiun hujan dan nilai curah hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
2. Dari nilai curah hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan penambahan nilai yang ditetapkan.
3. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang memiliki nilai curah hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis isohiet dan intervalnya.
4. Diukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rata-rata dari nilai kedua garis isohiet.
5. Jumlah dari hitungan pada langkah 4 untuk seluruh garis isohiet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan nilai curah hujan kawasan tersebut. Secara matematis nilai curah hujan Kawasan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dengan :

\bar{p} : hujan Kawasan

A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3,, n dan n+1

I_1, I_2, \dots, I_n : garis Isohiet ke 1, 2, 3,, n, n+1

Metode isohiet merupakan cara paling teliti untuk menghitung nilai curah hujan Kawasan di suatu daerah, namun cara ini membutuhkan pekerjaan dan

perhatian yang lebih banyak dibandingkan dua metode lainnya (Bambang Triatmodjo, 2008). Metode ini cocok untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan (Riki Rahmad, 2017).

Metode ini menggunakan pembagian DAS dengan garis-garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan curah hujan yang sama besar (isohyet). Curah hujan rata-rata di daerah aliran sungai didapatkan dengan menjumlahkan perkalian antara curah hujan rata-rata di antara garis-garis isohyet dengan luas daerah yang dibatasi oleh garis batas DAS dan dua garis isohyet, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS.

Cara ini mempunyai kelemahan yaitu apabila dikerjakan secara manual, dimana setiap kali harus menggambarkan garis isohyet yang tentunya hasilnya sangat tergantung pada masing-masing pembuat garis. Unsur subyektivitas ini dapat dihindarkan dengan penggunaan perangkat lunak komputer yang dapat menghasilkan gambar garis isohyet berdasarkan sistem intrpolasi grid, sehingga hasilnya akan sama untuk setiap input data di masing-masing stasiun hujan (Riki Rahmad, 2017).

3.4 Debit Aliran

Menurut Asdak (2010) debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Dalam sistem satuan SI besamya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/det). Debit aliran biasanya disajikan dalam bentuk hidrograf aliran. Debit disuatu lokasi sungai dapat diperkirakan dengan cara (Bambang Triatmodjo, 2008):

1. Pengukuran di lapangan (lokasi yang ditetapkan)
2. Berdasarkan data debit dari stasiun didekatnya
3. Berdasarkan data hujan
4. Berdasarkan pembangkitan data debit

Debit disuatu lokasi yang ditinjau dapat juga diperkirakan berdasarkan data hujan, misalnya dalam analisis hubungan hujan — limpasan dan DAS, sehingga dengan mengetahui kedalaman hujan dan kehilangan air seperti penguapan dan infiltrasi akan dapat diperkirakan nilai debit aliran.

3.5 Debit Andalan

Berdasarkan SNI 6738:2015 debit andalan merupakan besarnya debit tertentu yang kejadiannya dihubungkan dengan probabilitas ulang tertentu. Perhitungan debit andalan dengan metode kurva durasi debit dapat menggunakan rumus perhitungan probabilitas *Weibull* sebagaimana persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

- P : nilai probabilitas terjadinya suatu kejadian (%)
- m : peringkat data
- n : jumlah data

Menurut Soemarto (1987) besarnya keandalan yang diambil untuk berbagai keperluan penggunaan air adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Besarnya Keandalan Debit Berdasarkan Kegunaan

Kebutuhan	Debit Andalan (%)
Air Minum	99
Air Irigasi	95 – 98
Air Irigasi	
- Daerah Beriklim Setengah Lembab	70 – 85
- Daerah Beriklim Kering	80 – 95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90

Sumber : Soemarto, 1987 dalam Zulkipli, dkk 2012

3.6 Automatic Water Level Recorder (AWLR)

AWLR (Automatic Water Level Recorder) adalah alat yang digunakan untuk mengukur perubahan tinggi muka air di sungai yang bekerja secara otomatis (Harto, 1993 dalam Mahyudin, 2013). Alat tersebut mempunyai kemampuan untuk merekam semua perubahan tinggi muka air secara terus menerus. Data yang tercatat pada alat ini berupa *stage hydrograph* (hubungan antara tinggi muka air sebagai fungsi waktu). Data AWLR berupa ketinggian muka air sungai (*water level*) dibutuhkan untuk mengisi data debit yang tidak didapatkan, yaitu dengan cara

mengkonversikannya menjadi nilai debit dengan persamaan liku kalibrasi yang ditentukan oleh Balai Wilayah Sungai Sumatera III berdasarkan Metode Manning, yaitu:

$$Q = 13,478 \times (H + 0,384)^{1,580} \quad (3.3)$$

dimana H merupakan tinggi muka air dalam satuan meter.

3.7 Penguapan

Penguapan adalah proses berubahnya bentuk zat cair (air) menjadi gas (uap air) dan masuk ke atmosfer. Dalam hidrologi, penguapan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu evaporasi dan transpirasi (Bambang Triatmodjo, 2008).

3.7.1 Evaporasi

Evaporasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan air (seperti laut, danau, sungai), permukaan tanah (genangan di atas tanah dan penguapan dari permukaan air tanah yang dekat dengan permukaan tanah), dan permukaan tanaman (intersepsi). Intersepsi adalah penguapan yang berasal dari air hujan yang berada pada permukaan daun, ranting dan batang tanaman. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya evaporasi (Bambang Triatmodjo, 2008):

1. Radiasi matahari

Radiasi matahari merupakan sumber utama panas dan mempengaruhi jumlah evaporasi di atas permukaan bumi, yang tergantung pada letak garis lintang dan musim. Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini hampir terjadi tanpa berhenti disiang dan kerap terjadi di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan input energi yang berupa panas laten untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari. Awan merupakan penghalang radiasi matahari dan akan mengurangi input energi, jadi akan menghambat proses evaporasi.

2. Kecepatan angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara tanah dengan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi terhenti. Agar proses tersebut berjalan terus lapisan jenuh tersebut harus diganti dengan udara kering, dan pergantian tersebut hanya terjadi apabila ada angin. Oleh karena itu kecepatan angin memiliki peranan penting dalam proses evaporasi.

3. Kelembaban (humiditas)

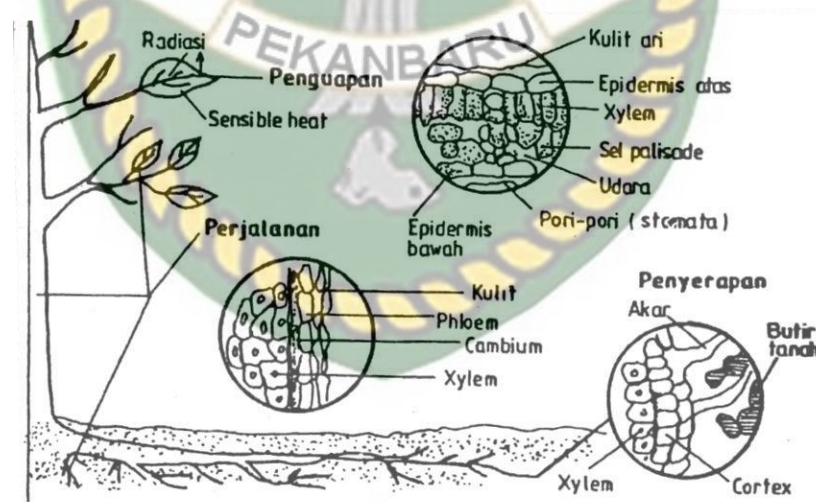
Pada saat terjadi penguapan, tekanan udara pada lapisan udara tepat di atas permukaan air lebih rendah dibandingkan tekanan pada permukaan air. Perbedaan tekanan tersebut menyebabkan terjadinya penguapan. Pada waktu penguapan terjadi, uap air bergabung dengan udara di atas permukaan cair, sehingga udara mengandung uap air. Udara lembab merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Apabila jumlah uap air yang masuk ke udara semakin banyak, tekanan uapnya juga semakin tinggi. Akibatnya perbedaan tekanan uap semakin kecil, yang menyebabkan berkurangnya laju penguapan. Apabila udara di atas permukaan air sudah jenuh uap air tekanan udara telah mencapai tekanan uap jenuh, dimana pada saat itu penguapan terhenti. Kelembaban udara dinyatakan dengan kelembaban relatif.

4. Suhu (temperatur)

Temperatur udara pada permukaan evaporasi sangat berpengaruh terhadap evaporasi. Semakin tinggi temperatur semakin besar kemampuan udara untuk menyerap uap air. Selain itu semakin tinggi temperatur, energi kinetik molekul air meningkat sehingga molekul air semakin banyak yang berpindah ke lapisan udara di atasnya dalam bentuk uap air. Oleh karena itu di daerah beriklim tropis jumlah evaporasi lebih tinggi, dibandingkan dengan daerah kutub (daerah beriklim dingin).

3.7.2 Transpirasi

Transpirasi merupakan penguapan melalui tanaman, dimana air tanah diserap oleh akar tanaman yang kemudian dialirkan melalui batang sampai ke permukaan daun dan menguap menuju atmosfer (Bambang Triatmodjo, 2008). Berdasarkan SNI 7745:2012 transpirasi adalah besarnya kehilangan air dari dalam tanaman melalui stomata daun. Besar kecilnya laju transpirasi secara tidak langsung ditentukan oleh radiasi matahari melalui membuka dan menutupnya pori – pori daun atau cabang. Gambar 3.3 menunjukkan system kerja jaringan sel – sel daun dan akar yang terlibat dalam penyerapan air dari dalam tanah, perjalanan air tersebut melalui jaringan kerja *xylem*, dan akhirnya penguapan uap air melalui pori – pori daun. Sel – sel epidermis daun terbalut oleh lapisan kulit ari yang secara efektif menutup jalannya transpirasi kecuali pada pori – pori. Namun demikian, karena proses transpirasi melalui permukaan daun yang terbalut lapisan kulit ari tersebut sangat rendah (2-3 % dari total transpirasi daun), maka secara hidrologi transpirasi kulit ari dapat diabaikan.



Gambar 3.5 Penyerapan, perjalanan, dan penguapan air dari suatu vegetasi (Asdak, 2007)

3.7.3 Evapotranspirasi

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) pada kenyataan di lapangan, penguapan dari badan air, tanah dan tanaman sulit untuk dibedakan. Oleh

sebab itu, biasanya evaporasi dan transpirasi dicakup menjadi satu yang disebut evapotranspirasi; yaitu penguapan yang terjadi di permukaan lahan, yang meliputi permukaan tanah dan tanaman yang tumbuh di permukaan tersebut. Laju evaporasi, transpirasi dan evapotranspirasi dinyatakan dengan volume air yang hilang oleh proses tersebut tiap satuan luas dalam satu satuan waktu yang biasanya diberikan dalam *mm/hari* atau *mm/bulan*. Dalam hidrologi dan irigasi evapotranspirasi adalah hal yang sangat penting. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk memperkirakan besarnya evapotranspirasi, yang dibedakan dalam beberapa kategori yaitu :

1. Metode neraca air,
2. Metode imbalan energi,
3. Metode transfer massa,
4. Kombinasi metode transfer energi dan panas, seperti metode *Penmann*,
5. Metode prediksi seperti persamaan – persamaan empiris dan indeks yang digunakan untuk data panci evaporasi,
6. Metode untuk tanaman spesifik.

Berdasarkan penelitian di daerah basah (humid) yang dimuat dalam FAO paper 56, metode *Penmann-Monteith* sebagai metode terbaik dibandingkan dengan metode lainnya dalam menghitung besarnya evapotranspirasi tanaman acuan. Metode *Penmann-Monteith* (1965) telah disusun dalam SNI 7745:2012 yang dapat diformulasikan dalam persamaan 3.4.

$$ET_0 = \frac{0,408R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34U_2)} \quad (3.4)$$

Keterangan :

ET_0 : evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari).

R_n : radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, (MJ/m²/hari).

T : suhu udara rata-rata, (°C).

U_2 : kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s).

- e_s : tekanan uap air jenuh, (kPa).
 e_{ay} : tekanan uap air aktual, (kPa).
 Δ : kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, (kPa/oC).
 γ : konstanta psikrometrik, (kPa/oC).

R_n dihitung dengan rumus :

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (3.5)$$

Keterangan :

- R_{ns} : radiasi gelombang pendek, (MJ/m²/hari).
 R_{nl} : radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).

Besarnya R_{ns} adalah :

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (3.6)$$

- α : koefisien pantulan radiasi tajuk = 0,23 (nilai koefisien ini dipengaruhi oleh kondisi tanaman penutup lahannya, pada beberapa literatur menggunakan kisaran nilai 0,23 – 0,25).

R_s : radiasi matahari, (MJ/m²/hari).

dan R_s dihitung dengan :

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N})R_a \quad (3.7)$$

Keterangan:

- n : lama matahari bersinar dalam satu hari, (jam).
 N : lama maksimum matahari bersinar dalam satu hari, (jam).
 R_a : radiasi matahari ekstraterrestrial, (MJ/m²/hari).

besarnya R_a adalah :

$$R_a = 37,6 d_r (\omega_s \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin \omega_s) \quad (3.8)$$

Keterangan:

- d_r : jarak relatif antara bumi dan matahari.
 δ : sudut deklinasi matahari, (rad).

φ : letak lintang, (rad). Jika berada pada lintang utara nilainya positif, pada lintang selatan nilainya negatif.

ω_s : sudut saat matahari terbenam, (rad).

dan ω_s dihitung dengan :

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (3.9)$$

Keterangan:

δ : deklinasi matahari, (rad).

φ : letak lintang, (rad).

dan d_r dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini (Duffie & Beckman, 1980)

:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right) = 1 + 0,033 \cos(0,0172 J) \quad (3.10)$$

besarnya δ dihitung dengan (Duffie & Beckman, 1980) :

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1,39\right) = 0,409 \sin(0,0172 J - 1,39) \quad (3.11)$$

Keterangan:

J : nomor urut hari dalam setahun (hari julian)

Nilai ($0,0172 J$) pada persamaan (3.7) dan ($0,0172J - 1,39$) pada persamaan (3.8) dalam satuan radian.

Besarnya nilai J secara matematis dapatdihitung dengan :

a. Untuk J Bulanan (Gommes, 1983):

$$J = \text{Integer} (30,42 M - 15,23) \quad (3.11a)$$

b. Untuk J Harian (Craig, 1984):

$$J = \text{integer} \left(275 \frac{M}{9} - 30 + D\right) - 2 \quad (3.11b)$$

Keterangan:

M : bulan (1-12)

D : hari dalam bulan (1 - 31)

Jika tahun normal dan $M < 3$, nilai J ditambah nilai 2

Jika tahun kabisat dan $M > 2$, J ditambah nilai 1, tahun kabisat adalah tahun yang habis dibagi dengan angka 4.

Besarnya N dihitung dengan rumus:

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (3.12)$$

dan R_{nl} dihitung dengan:

$$R_{nl} = -R_{ld} \downarrow + R_{lu} \uparrow = f(\varepsilon') \sigma T_k^4 \quad (3.13)$$

Keterangan:

R_{nl} : radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).

$R_{lu} \uparrow$: radiasi termal yang dipancarkan oleh tanaman dan tanah ke atmosfer, (MJ/m²/hari).

$R_{ld} \downarrow$: radiasi gelombang panjang termal yang dipancarkan dari atmosfer dan awan masuk ke permukaan bumi, (MJ/m²/hari).

f : faktor penutupan awan, tanpa dimensi.

σ : nilai konstanta Stefan-Boltzman = 4,90 x 10⁻⁹ MJ/m²/K⁴/hari.

T_k : suhu udara rata-rata, (K).

Faktor penutupan awan (f) dihitung dengan rumus (FAO No. 24, 1977):

$$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1 \quad (3.14)$$

Emisivitas (ε') dihitung dengan rumus (Jensen dkk. ,1990) :

$$\varepsilon' = (\varepsilon_a - \varepsilon_{vs}) = (a_r + b_r \sqrt{e_a}) \approx (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \quad (3.15)$$

Keterangan:

ε' : emisivitas atmosfer

ε_a : emisivitas efektif atmosfer.

ε_{vs} : nilai emisivitas oleh vegetasi dan tanah $\approx 0,98$ (Jensen dkk., 1990).

e_a : tekanan uap air aktual (kPa).

a_r : 0,34 - 0,44.

b_r : negatif 0,25 - negatif 0,14.

Kecepatan angin pada ketinggian 2 m adalah:

$$U_2 = U_z \left(\frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \right) \quad (3.16)$$

Keterangan:

U_2 : kecepatan angin pada ketinggian 2 m, (m/s).

U_z : kecepatan angin pada ketinggian z m, (m/s).

z : ketinggian alat ukur kecepatan angin, (m).

Tekanan uap jenuh (e_s) besarnya (Tetens, 1930):

$$e_s = 0,611 \exp \left(\frac{17,27T}{T+237,3} \right) \quad (3.17)$$

Tekanan uap aktual (e_a) dihitung dengan:

$$e_a = e_s (RH) \quad (3.18)$$

Keterangan:

RH : kelembaban relatif rata-rata, (%).

Kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara dihitung dengan (Murray, 1967):

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T+237,3)^2} \quad (3.19)$$

Keterangan:

D : kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara, (kPa/°C).

T : suhu udara rata-rata, (°C).

e_s : tekanan uap jenuh pada suhu T , (kPa).

Konstanta psikrometrik (g) dihitung dari (Brunt, 1952) :

$$\gamma = \frac{c_p P}{e \lambda} 10^{-3} = 0,00163 \frac{P}{\lambda} \quad (3.20)$$

Keterangan:

- g : konstanta psikrometrik, (kPa/°C).
 cp : nilai panas spesifik udara lembap sebesar 1,013 kJ/kg/°C.
 P : tekanan atmosfer, (kPa).
 e : nilai perbandingan berat molekul uap air dengan udara kering = 0,622.g
 l : panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).

Tekanan atmosfer (P) dihitung dari (Burman dkk.,1987):

$$P = P_o \left(\frac{T_{ko} - \tau(z-z_o)}{T_{ko}} \right)^{g/\tau R} \quad (3.21)$$

Keterangan:

- P : tekanan atmosfer pada elevasi z, (kPa).
 P_o : tekanan atmosfer pada permukaan laut, (kPa).
 z : elevasi, (m).
 z_o : elevasi acuan, (m).
 g : gravitasi = 9,8 m/s².
 R : konstanta gas spesifik = 287 J/kg/K.
 T_{ko} : suhu pada elevasi z_o, (K).
 t : konstanta *lapse rate* udara jenuh = 0,006 5 K/m.

Jika tekanan udara pada suatu stasiun tidak tersedia, maka gunakan asumsi

T_{ko} = 293 K untuk T = 20°C dan P_o = 101,3 kPa pada z_o = 0.

Panas laten untuk penguapan (l) dihitung dengan rumus (Harrison, 1963):

$$\lambda = (2,501 - 2,361 \times 10^{-3})T \quad (3.22)$$

Keterangan:

- λ : panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).

T : suhu udara rata-rata, ($^{\circ}\text{C}$).

Berikut Langkah-langkah perhitungan evapotranspirasi dengan metode *Penman-Monteith* (SNI 7745:2012):

1. Kumpulkan data cuaca yang tersedia di lokasi stasiun beserta data elevasi dan letak lintang stasiun;
2. Hitung besarnya nilai tekanan uap jenuh berdasarkan data suhu udara dengan persamaan (3.17);
3. Hitung besarnya tekanan uap aktual berdasarkan data kelembapan udara dengan persamaan (3.18);
4. Kurangkan nilai tekanan uap jenuh dengan nilai tekanan uap aktual atau hasil langkah 2) dengan langkah 3);
5. Tentukan nilai perkalian antara konstanta 4098 dengan hasil langkah 2) (tekanan uap jenuh);
6. Hitung perkalian antara konstanta 0,00163 dan data tekanan udara di lokasi stasiun;
7. Hitung besarnya nilai panas laten berdasarkan data suhu udara dan menggunakan persamaan (3.22);
8. Hitung nilai konstanta psikrometrik dengan membagikan hasil nilai langkah 6) dengan langkah 7) atau menggunakan persamaan (3.20);
9. Hitung nilai dari $(T + 273.3)^2$;
10. Hitung nilai kemiringan kurva tekanan uap (Δ) dengan membagikan hasil langkah 5) dengan langkah 9 atau menggunakan persamaan (3.19);
11. Tentukan hasil pembagian antara konstanta 900 dengan suhu Kelvin;
12. Tentukan hasil perkalian data kecepatan angin, hasil langkah 8), langkah 4) dan langkah 11);
13. Hitung besarnya nilai sudut deklinasi (δ) berdasarkan persamaan (3.11);
14. Hitung besarnya jarak relatif matahari dengan bumi (d_r) menggunakan persamaan (3.10);

15. Berdasarkan data letak lintang stasiun, tentukan nilai sudut saat matahari terbenam (w_s) dengan menggunakan persamaan (3.9)
16. Tentukan nilai radiasi ekstraterrestrial (R_a) berdasarkan persamaan (3.8);
17. Hitung nilai radiasi matahari (R_s) berdasarkan data langkah 16) dengan data lama penyinaran matahari (persamaan 3.7);
18. Hitung faktor penutupan awan berdasarkan data lama penyinaran matahari menggunakan persamaan (3.14);
19. Hitung besarnya radiasi gelombang pendek (R_{ns}) berdasarkan hasil langkah 17) dan nilai *albedo* dengan menggunakan persamaan (3.6);
20. Hitung nilai emisivitas atmosfer berdasarkan persamaan (3.15);
21. Tentukan nilai hasil perkalian antara konstanta Stefan-Boltzman dan pangkat empat suhu Kelvin;
22. Tentukan nilai radiasi gelombang panjang (R_{nl}) berdasarkan hasil perkalian langkah 18), langkah 20), dan langkah 21) atau menggunakan persamaan (3.13);
23. Hitung besarnya nilai radiasi netto dengan mengurangi hasil langkah 19) dengan langkah 22) (persamaan 3.5);
24. Tentukan perkalian antara konstanta 0,408, hasil langkah 10), dan langkah 23);
25. Jumlahkan hasil langkah 12) dan langkah 24);
26. Berdasarkan data kecepatan angin, hasil langkah 10), langkah 8), hitung nilai dari $(\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2))$;
27. Hitung besarnya nilai ETo dengan membagi hasil langkah 25) dengan hasil langkah 26).

3.8 Software CROPWAT Version 8.0

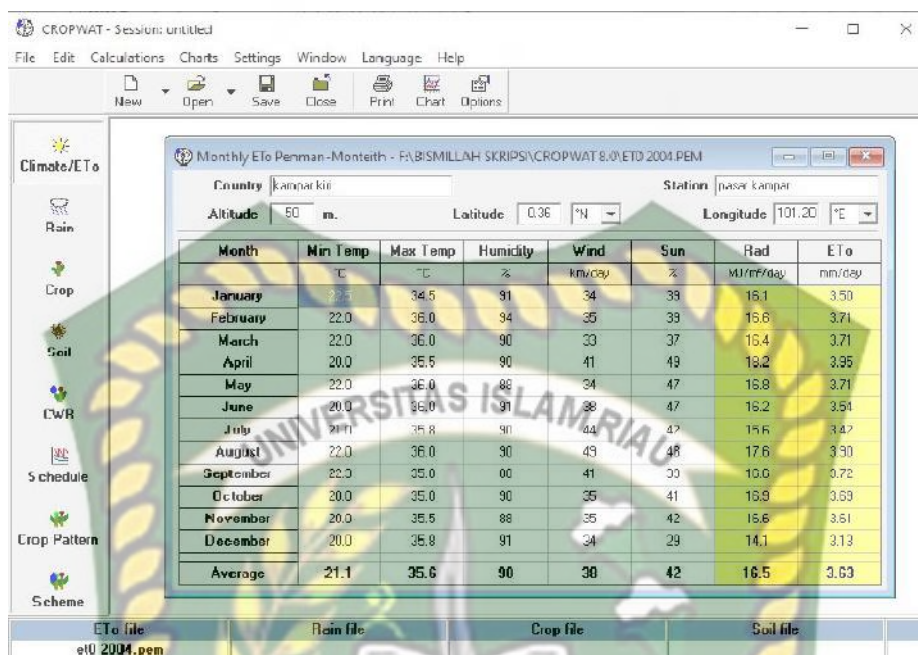
CROPWAT adalah *decision support system* yang dikembangkan oleh divisi Land And Water Development FAO berdasarkan metode Penman-Monteith, untuk merencanakan dan mengatur irigasi. (Tumiar, dkk. 2012 dalam Shalsabillah, dkk. 2018). Software CROPWAT dikembangkan oleh FAO pada tahun 1990. Input

data meliputi data meteorologi, tanah, dan tanaman (Allen, dkk. 1998). CROPWAT merupakan program berbasis Windows yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman dan kebutuhan irigasi berdasarkan tanah, iklim dan data tanaman. CROPWAT dapat dipergunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial, evapotranspirasi aktual, kebutuhan air irigasi satu jenis tanaman maupun beberapa jenis tanaman dalam satu hamparan, serta merencanakan pemberian air irigasi. Dari beberapa studi didapatkan bahwa model Penmann-Monteith memberikan pendugaan yang akurat sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju evapotranspirasi standar (Tumiar, dkk. 2012).

Menurut Allen, dkk (1998) salah satu fungsi utama dari CROPWAT adalah untuk menghitung nilai evapotranspirasi. Data yang diperlukan untuk mengoperasikan CROPWAT adalah data klimatologi bulanan (temperatur maksimum-minimum, rata – rata penyinaran matahari, kelembaban, kecepatan angin). Selain itu, program CROPWAT 8.0 juga memerlukan data input berupa data Altitude, Latitude, dan Longitudinal yang merupakan lokasi dari Stasiun Klimatologi.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



Gambar 3.6 CROPWAT 8.0 untuk menghitung nilai Evapotranspirasi

3.9 Global Rainfall Runoff Model (GR2M)

GR2M (Global Rainfall-Runoff Model) merupakan salah satu metode konseptual yang didasarkan pada konsep keseimbangan air. Metode konseptual ini dinyatakan dengan rumus empiris yang menggambarkan cara mengalirnya air pada suatu DAS dari waktu ke waktu. DAS dianggap sebagai perakitan tank yang saling berhubungan yang memiliki tingkat penyimpanan (Ytoui, 2014 dalam Pratiwi, dkk. 2016).

Metode konseptual yang sudah berkembang didasarkan pada waktu operasi tertentu: tahunan (*GR1A*), bulanan (*GR2M*) dan harian (*GR4J*). Model ini perlu data input berupa data hujan dan data evapotranspirasi potensial. Model *GR* memiliki beberapa parameter. Parameter ini harus ditentukan melalui kalibrasi untuk meminimalkan kesalahan model (Perrin dkk, 2007).

GR2M yang digunakan dalam penelitian adalah versi Mouelhi dkk (2006). Metode ini didasarkan pada kelembaban tanah sebelumnya yang menggunakan dua fungsi, yaitu:

1. Fungsi produksi digunakan untuk perhitungan kelembaban tanah (SMC) dan fungsi pertukaran air.

2. Fungsi transfer hanya menggunakan *quadratic routing store* (kapasitas yang ditentukan = 60mm).

Menurut Perrin, dkk (2007), parameter yang digunakan untuk kalibrasi *GR2M* versi Mouelhi dkk (2006) adalah :

X_1 : kapasitas simpanan kelembaban tanah (SMC) (mm),

X_2 : koefisien penyerapan air tanah .

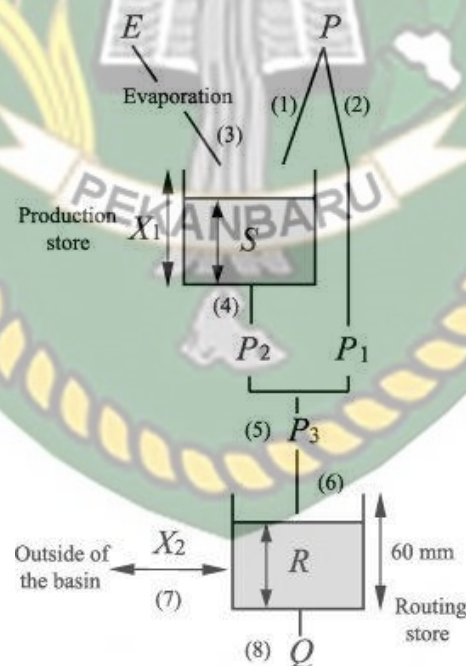
Adapun nilai parameter dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Parameter *GR2M*

Parameter	Rata – rata	Interval pada Kepercayaan
X_1 (mm)	380	140 – 2640
X_2	0,92	0,21 – 1,31

Sumber : Perrin, dkk (2007)

Skema model *GR2M* dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.7 Skema Model *GR2M* (Mouelhi,2006)

Persamaan yang digunakan dalam permodelan *GR2M* versi mouelhi adalah sebagai berikut :

$$S_1 = \frac{S_0}{1 + \phi \frac{S_3}{X_1}} \text{ dengan } \phi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right) \quad (3.23)$$

$$P_1 = P + S_0 - S_1 \quad (3.24)$$

$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi\left(1-\frac{S_1}{X_1}\right)} \text{ dengan } \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right) \quad (3.25)$$

$$S = \frac{S_2}{\left[1+\left(\frac{S_2}{X_1}\right)\right]^{1/3}} \quad (3.26)$$

$$P_2 = S_2 - S \quad (3.27)$$

$$P_3 = P_1 - P_2 \quad (3.28)$$

$$R_1 = R - P_3 \quad (3.29)$$

$$R_2 = X_2 R_1 \quad (3.30)$$

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60} \quad (3.31)$$

dengan ;

- S_1 : kelengasan tanah akibat presipitasi (mm/bulan),
- S_0 : kelengasan awal tanah (mm/bulan), nilai kelengasan awal tanah untuk bulan pertama perhitungan maksimal sebesar X_1 , sedangkan nilai kelengasan awal tanah untuk bulan lain sebesar S pada bulan sebelumnya (mm/bulan),
- P : curah hujan bulanan (mm/bulan),
- P_1 : aliran permukaan (mm/bulan),
- X_1 : kelengasan maksimum tanah (mm/bulan),
- S_2 : kelengasan tanah akibat presipitasi dan evapotranspirasi (mm/bulan),
- E : evapotranspirasi (mm/bulan),
- S_3 : kelengasan tanah akibat infiltrasi ke lapisan tanah (mm/bulan),
- P_2 : kedalaman hujan akibat pengurangan S_2-S (mm/bulan),
- P_3 : kedalaman hujan total (P_1+P_2) (mm/bulan),
- R : nilai *routing* (mm/bulan), nilai *routing* untuk bulan pertama perhitungan maksimal sebesar 60 mm/bulan, sedangkan nilai *routing* untuk bulan lain sebesar R pada bulan sebelumnya (mm/bulan),
- Q : debit *runoff* (mm/bulan).

3.10 Performa Model

Menurut Croke *et al* (2005) dalam Putra, As, dkk (2016) Evaluasi ketelitian model menggunakan indikator statistik diantaranya adalah R^2 dan korelasi (R), yang dapat di tentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (3.32)$$

$$R = \frac{\sum(Q_{sim} - \bar{Q}_{sim})(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})}{\sqrt{\sum(Q_{sim} - \bar{Q}_{sim})^2 \times \sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2}} \quad (3.33)$$

Dengan :

Q_{obs} : debit observasi atau debit terukur ($m^3/detik$),

Q_{sim} : debit simulasi atau debit terhitung ($m^3/detik$),

\bar{Q}_{obs} : rerata debit terukur atau observasi,

\bar{Q}_{sim} : rerata debit terhitung atau simulasi.

Perumusan persamaan R^2 didasarkan pada indikator efisiensi model Nash-Sutcliffe (Croke, *et al*, 2005). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe *Efficiency* (NSE)

Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe <i>Efficiency</i> (NSE)	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak memenuhi

Sumber : Motolivov, et al, 1999 dalam Putra.As,dkk 2016

Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strenght*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel dibuat dalam beberapa kriteria (Suwarno,

2008 dalam Putra.As, dkk, 2016). Koefisien korelasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Interpretasi
0	Tidak ada korelasi
0 – 0.25	Sangat lemah
0.25 – 0.5	Sedang
0.5 – 0.75	Kuat
0.75 – 0.99	Sangat Kuat
1	Korelasi Sempurna

Sumber : Suwarno, 2008 dalam Putra.As,dkk 2016

Sedangkan menurut Hambali (2008) analisa peforma model dapat dilakukan dengan menggunakan indikator statistik seperti Koefisien Korelasi (R), selisih volume atau *volume error* (VE) dan Koefisien Efisiensi (CE). Masing – masing dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$VE = \left| \frac{\sum Q_{obs} - \sum Q_{sim}}{\sum Q_{obs}} \right| \times 100\% \quad (3.34)$$

$$CE = \left[\frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \right] \quad (3.35)$$

Dengan

Q_{obs} : debit observasi atau debit terukur ($m^3/detik$),

Q_{sim} : debit simulasi atau debit terhitung ($m^3/detik$),

\bar{Q}_{obs} : rerata debit terukur atau observasi.

Selisih volume atau *volume error* (VE) aliran adalah nilai yang menunjukkan perbedaan volume perhitungan dan volume terukur selama proses simulasi. Selisih volume (VE) aliran dikatakan baik apabila dapat menunjukkan angka tidak lebih dari 5%. Koefisien efisiensi memiliki beberapa kriteria seperti terlihat pada Tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Kriteria Nilai Koefisien Efisiensi

Nilai Koefisien Efisiensi	Interpretasi
$CE > 0,75$	Optimasi sangat efisien
$0,36 < CE < 0,75$	Optimasi cukup efisien
$CE < 0,36$	Optimasi tidak efisien

Sumber : Hambali, 2008 dalam Putra.As,dkk 2016



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

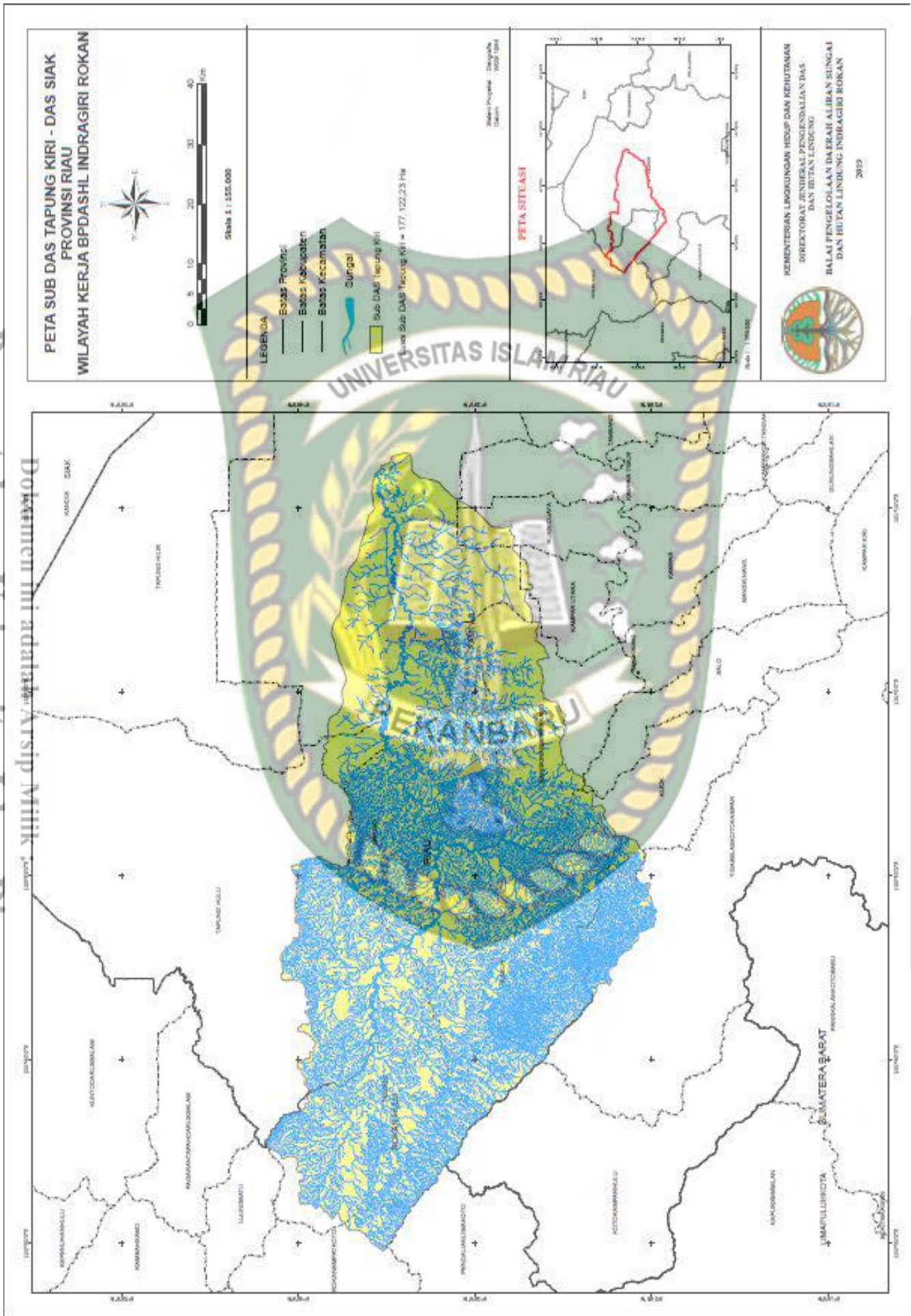
4.1 Lokasi Penelitian

DAS Siak terdiri dari empat Sub DAS yaitu Sub DAS Tapung Kanan, Sub DAS Tapung Kiri, Sub DAS Mandau dan Sub Das Siak Hilir. Pada penelitian ini lokasi penelitian dilakukan pada DAS SIAK bagian Hulu yaitu Sub DAS Tapung Kiri yang memiliki luas DAS 177,122,23 Ha. Peta luasan Sub DAS Tapung Kiri ditunjukkan pada gambar 4.1.

4.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Dimana pengumpulan data berupa data peta, data curah hujan, data klimatologi dan data debit lapangan. Kemudian dianalisis menggunakan metode GR2M. Adapun data – data tersebut merupakan data sekunder seperti:

1. Data curah hujan di beberapa stasiun sekitar DAS yaitu stasiun Batu Bersurat, stasiun Ujung Batu dan stasiun Petapahan Baru.
2. Data klimatologi stasiun Pasar Kampar.
3. Data debit aliran stasiun Pantai Cermin.
4. Data AWLR sungai stasiun Pantai Cermin yang digunakan sebagai pengisi data debit yang tidak diketahui.
5. Data *catchment area* Das Siak Hulu, yaitu Sub Das Tapung Kiri.



Gambar 4.1 Peta Sub DAS Tapung Kiri (BPDASHL, 2019)

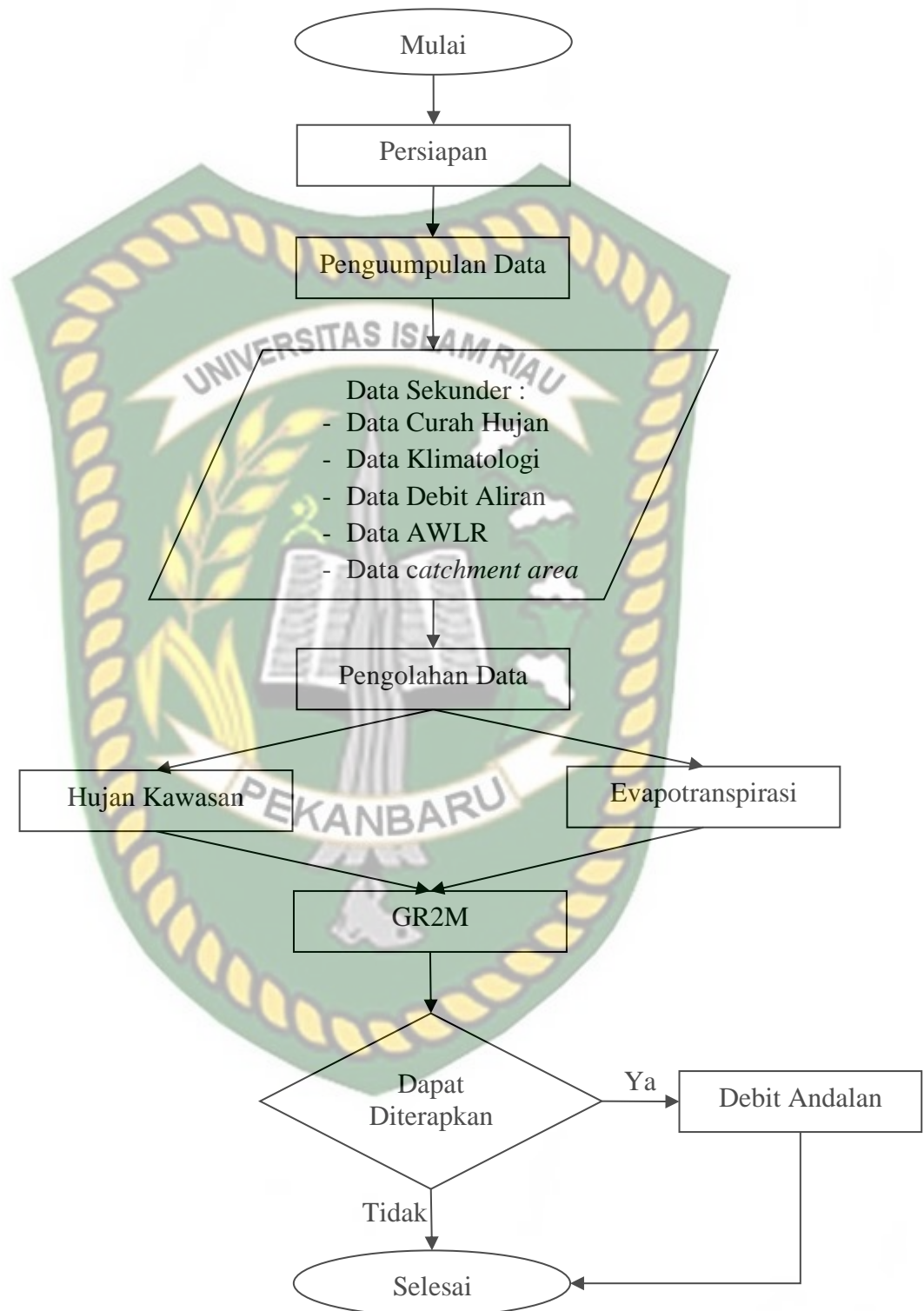
4.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah – langkah yang disusun secara berurutan yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Langkah – langkah tersebut disusun agar dapat memberikan gambaran mengenai arah dan tujuan pelaksanaan penelitian selama penelitian tersebut berlangsung. Urutan tahapan penelitian tersebut adalah :

1. Mulai
Mulai merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian. Dalam penelitian ini diawali dengan menentukan topik yang akan diangkat untuk dilakukannya penelitian.
2. Persiapan
Tahapan persiapan merupakan langkah utama yang dilakukan yaitu, mempersiapkan gambaran tentang skripsi yang akan dilakukan serta memilih masalah yang pantas untuk diteliti melalui studi literatur. Persiapan dalam penelitian ini pengurusan surat izin/pengantar untuk administrasi dalam perizinan penelitian di lembaga yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir ini. Diantaranya Surat Pengantar Permohonan Data/Informasi ke Kantor Balai Wilayah Sungai Sumatera III.
3. Pengumpulan Data
Data yang dikumpulkan berupa data sekunder yang bersumber dari instansi pemerintahan yaitu Balai Wilayah Sungai Sumatera III. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data dari tahun 2004 s/d 2018 yang meliputi:
 - a. Data klimatologi satasiun Pasar Kampar.
 - b. Data debit aliran stasiun Pantai Cermin.
 - c. Data AWLR sungai stasiun Pantai Cermin yang digunakan sebagai pengisi data debit yang tidak diketahui.
 - d. Data *catchment area* Das Siak Hulu, yaitu Sub Das Tapung Kiri.
4. Analisis Data

Setelah data – data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisa data dengan menggunakan program bantu, diantaranya :

- a. Mengelola data DAS dan data curah hujan untuk memperoleh data hujan wilayah.
 - b. Mengeola data klimatologi dengan bantuan Cropwat *version* 8.0 untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi.
 - c. Mengelola data curah hujan wilayah dan data evapotranspirasi dengan program GR2M yang untuk menentukan nilai debit simulasi yang kemudian dihitung nilai keandalan model GR2M tersebut dengan debit lapangan.
 - d. Setelah keandalan model GR2M dinilai memenuhi syarat, kemudian menghitung nilai debit andalan menggunakan data debit hasil simulasi dengan menggunakan rumus probabilitas *Weibull* (rumus 3.2) dan diambil nilai probabilitas 99% untuk kebutuhan air minum.
5. Hasil dan Pembahasan
- Hasil dan pembahasan yaitu membahas mengenai nilai – nilai hasil dari analisa dan pengolahan data yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik atau lainnya. Selain itu diberikan contoh perhitungan agar mempermudah pembaca dalam memahami hasil analisa.
6. Kesimpulan dan Saran
- Kesimpulan dari penelitian ini diperoleh berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, kemudian saran diberikan kepada pembaca, dan instansi yang terkait dengan analisa ketersediaan air di Sub DAS Tapung Kiri.
7. Selesai.
- Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian ini dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

4.4 Cara Menganalisa Data

Analisa data yang digunakan yaitu dengan melakukan berbagai perhitungan. Perhitungan tersebut secara berurutan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Hujan Wilayah

Data curah hujan yang diperoleh merupakan data di titik stasiun tertentu sehingga kurang tepat jika digunakan untuk mewakili nilai hujan di suatu DAS, sehingga perlu menghitung nilai hujan kawasan dengan cara mengelola nilai hujan di beberapa stasiun sekitar DAS yang diamati dengan menggunakan metode Poligon *Thiessen*.

2. Menghitung nilai Evapotranspirasi (ET_0) dengan CROPWAT 8.0

Nilai evapotranspirasi (ET_0) ditentukan dengan menggunakan persamaan Penman-Monteith (1965) yang dapat dilihat pada rumus 3.4. Untuk mempermudah perhitungan digunakan program bantu Cropwat 8.0 yang diperlukan data input berupa :

- a. Suhu udara maksimum tiap bulan.
- b. Suhu udara minimum tiap bulan.
- c. Kecepatan angin rata – rata perbulan.
- d. Penyinaran rata – rata setiap bulannya.
- e. Kelembaban udara rata – rata tiap bulan.

3. Menghitung nilai Debit Aliran

Nilai debit aliran yang dibutuhkan untuk menentukan nilai andalan adalah data debit dari tahun 2004 – 2020 yang diperoleh dari BWS III. Data selama 15 tahun tersebut tidak semua tersedia, sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai debit yang tidak tersedia tersebut dengan cara mengkonversi data AWLR menjadi data debit menggunakan persamaan liku kalibrasi yang telah ditentukan oleh BWS III berdasarkan metode manning, yaitu rumus 3.3.

4. Menentukan nilai Hujan Simulasi GR2M

GR2M merupakan permodelan hidrologi yang mengelola nilai evapotranspirasi dan curah hujan sehingga diperoleh nilai debit.

5. Menentukan keandalan GR2M

Setelah diperoleh nilai debit hasil simulasi permodelan GR2M maka selanjutnya menentukan keandalan permodelan tersebut dengan beberapa perimeter permodelan hidrologi dengan menggunakan rumus 3.32, 3.33, 3.34, dan 3.35.

6. Menghitung nilai Debit Andalan

Setelah permodelan GR2M dinilai memenuhi persyaratan permodelan hidrologi maka nilai debit yang dihasilkan dari simulasi GR2M tersebut kemudian dihitung nilai debit andalannya dengan rumus probabilitas *Weibull* (rumus 3.2) dan diambil nilai probabilitas 99% untuk kebutuhan air minum.

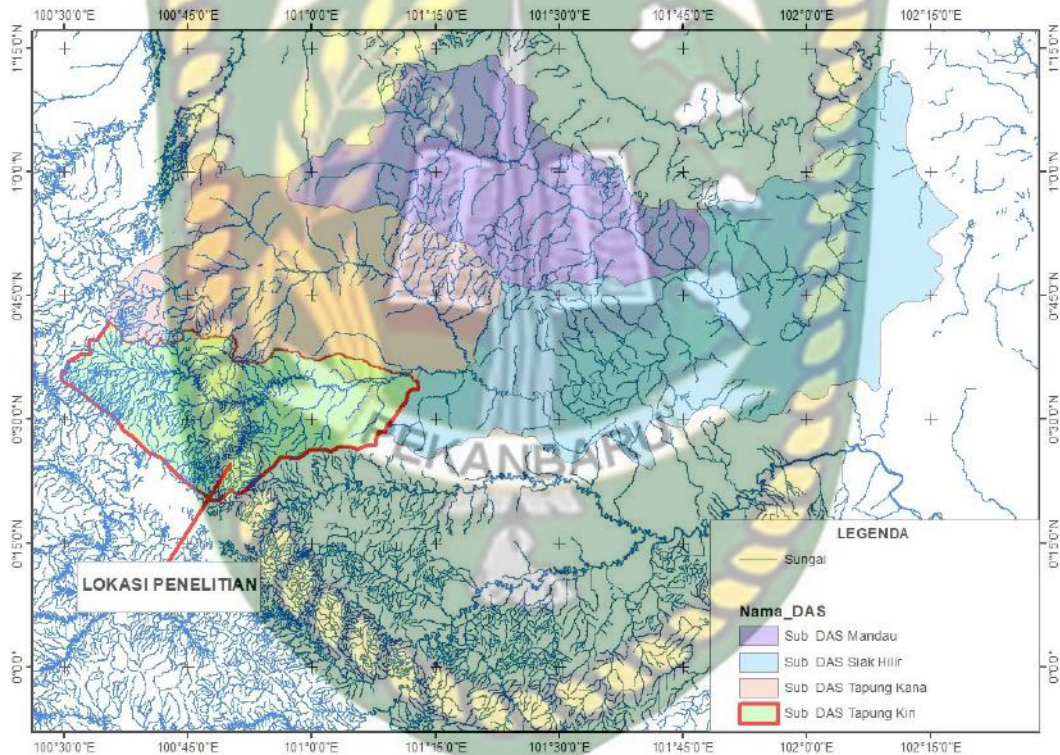


BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak yang terletak di Provinsi Riau dengan luas wilayah 1.481.499,25 ha. Secara geografis wilayah DAS Siak berada pada posisi antara 100° 28' BT – 102° 12' BT dan 00° 20' LU – 1° 0' 16' LU. Secara administrasi terletak di Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar, Kabupaten Bengkalis, Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak. Peta DAS Siak disajikan pada Gambar 5.1.



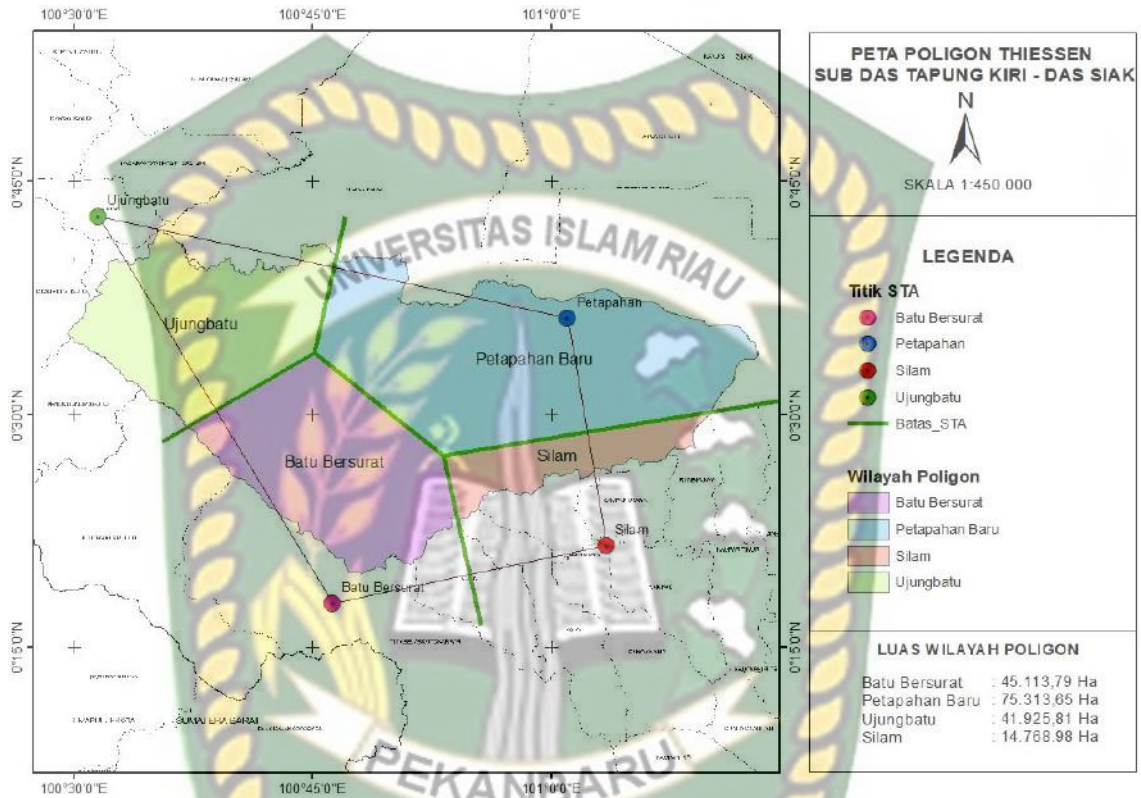
Gambar 5.1 Peta DAS Siak (SIHLSDA, 2021)

Data curah hujan stasiun di sekitar DAS yang diteliti yaitu stasiun Batu Bersurat, stasiun Ujung Batu, dan stasiun Petapahan Baru dari tahun 2004 sampai tahun 2018.

5.2 Hujan Kawasan

Hujan Kawasan merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam permodelan GR2M. Data curah hujan Kawasan diperoleh dengan menggunakan

rumus 3.1. Pada gambar dibawah ini ditunjukkan pembagian wilayah poligon pada SubDAS Tapung Kiri dengan 4 titik stasiun curah hujan.



Gambar 5.2 Peta Wilayah Poligon

Berikut disajikan data rekapitulasi curah hujan bulanan Kawasan Sub DAS Tapung Kiri pada tahun 2004 – 2020. Untuk lebih jelasnya, data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Curah Hujan Bulanan Kawasan Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2020 (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2004	197.91	165.58	168.89	387.69	115.65	52.34	192.04	144.16	117.11	407.06	458.43	550.52
2005	183.48	140.13	264.88	177.19	162.44	74.78	235.05	160.03	284.85	271.42	255.65	169.69
2006	237.67	277.81	124.88	257.82	271.11	244.99	83.24	116.43	269.81	186.34	342.25	492.46
2007	335.89	281.37	269.64	478.99	282.04	317.29	219.88	219.73	170.12	467.90	231.91	264.83
2008	278.36	150.07	663.84	324.92	76.16	196.67	123.43	257.74	491.89	289.22	397.85	253.76
2009	220.78	362.07	442.62	262.49	113.91	122.87	108.06	215.38	144.17	268.62	464.30	626.06
2010	339.60	379.75	383.74	438.41	307.09	216.31	434.41	479.60	406.29	169.77	309.60	260.04
2011	442.99	200.70	222.72	374.76	284.96	89.25	29.27	143.70	182.43	270.36	341.86	191.35
2012	241.91	400.09	118.63	308.10	154.70	61.98	235.41	321.15	181.56	451.18	457.87	589.35

Lanjutan Tabel 5.1

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	130.34	156.68	169.38	107.26	200.83	135.81	92.93	101.62	103.55	96.57	109.64	86.39
2014	59.41	22.62	79.36	37.60	98.82	82.57	26.53	96.90	44.80	83.20	198.23	265.18
2015	118.06	87.24	177.88	257.58	146.64	115.81	28.68	88.71	75.67	118.46	342.48	296.38
2016	161.32	112.86	66.82	80.09	104.67	56.96	66.48	31.28	50.29	38.45	220.47	60.99
2017	174.20	195.61	225.00	250.43	239.98	98.16	99.33	197.57	301.83	235.82	403.16	446.76
2018	213.23	302.77	311.65	287.14	208.31	214.69	224.56	186.65	297.95	665.34	586.75	527.83
2019	502.64	185.30	162.38	294.65	232.60	376.66	140.27	168.82	165.60	366.42	394.62	463.88
2020	231.19	182.81	330.79	384.97	207.77	178.79	203.89	178.32	266.53	263.27	464.81	253.91
Jumlah rata-rata curah hujan tahunan (mm)	4068.98	3603.46	4183.1	4710.09	3207.68	2635.93	2543.46	3107.79	3554.45	4649.4	5979.88	5799.38
Rata-rata curah hujan tahunan (mm)	239.35	211.96	246.06	277.06	188.68	155.05	149.61	182.81	209.08	273.49	351.75	341.14
Rata-rata (mm)	235.51											

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Bulan Kering = BK < 200 mm/tahun

Bulan Basah = BS > 200 mm/tahun

Bulan Lembab = 200 < BL < 300mm/tahun

Berdasarkan tabel 5.1 dapat diketahui bahwa curah hujan kawasan rata-rata sebesar 235,51 mm dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan oktober tahun 2018 dengan nilai 665,34 mm sedangkan nilai curah hujan terendah adalah sebesar 22,62 mm yang terjadi pada bulan februari tahun 2014. Dari tabel tersebut, maka dapat diketahui jumlah bulan kering, bulan basah dan bulan lembab seperti terlihat pada tabel berikut:

Stasiun	Jumlah Hujan		
	Bulan Kering	Bulan Basah	Bulan Lembab
Sub DAS Tapung Kiri	4	6	2

5.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi bulanan merupakan variabel yang digunakan dalam permodelan GR2M. Berikut ini disajikan data rekapitulasi evapotranspirasi bulanan

wilayah sub DAS Tapung Kiri tahun 2004 – 2018. Untuk lebih jelasnya, data tersebut dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Evapotranspirasi Bulanan Wilayah Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2020 (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2004	108.50	107.59	115.01	118.50	115.01	106.20	106.02	120.90	111.60	114.39	108.30	97.03
2005	99.51	100.24	114.08	117.30	112.22	103.50	108.81	121.52	122.70	126.48	103.80	104.16
2006	110.36	108.64	110.98	104.70	102.92	95.70	99.20	105.40	105.90	108.19	102.00	101.68
2007	97.34	101.08	123.69	119.10	116.87	111.60	106.02	115.63	111.90	115.32	105.90	99.82
2008	113.46	86.13	119.66	110.40	104.16	100.80	106.64	117.49	118.50	128.65	105.00	91.14
2009	95.17	99.68	100.75	92.10	93.31	85.20	88.35	90.21	92.40	95.17	92.70	90.52
2010	109.74	111.44	113.46	105.60	96.72	91.80	97.96	110.36	107.10	113.15	93.00	100.44
2011	84.01	86.24	93.62	89.40	77.19	67.80	73.47	74.09	84.90	99.82	95.40	86.18
2012	111.29	89.32	99.51	108.60	107.88	98.70	105.40	99.82	87.30	87.42	103.50	93.31
2013	108.50	94.36	104.78	99.60	79.36	98.40	105.40	99.82	87.90	107.88	97.20	87.73
2014	79.67	75.04	79.98	93.60	91.76	93.30	95.79	96.10	79.20	115.01	105.00	118.42
2015	105.40	78.68	87.11	87.90	86.18	108.30	99.51	108.19	101.70	100.44	92.70	100.44
2016	110.05	92.22	93.93	92.40	92.69	89.40	104.16	101.06	99.30	99.82	96.30	103.54
2017	112.84	85.12	117.18	103.80	97.65	101.40	104.78	113.77	115.80	122.14	87.90	92.07
2018	90.21	76.44	120.59	110.40	100.13	93.60	3.10	111.91	107.70	103.85	96.00	94.24
2019	127.10	121.52	166.78	156.00	163.99	125.40	155.62	165.23	138.00	151.28	127.50	105.09
2020	122.76	142.10	186.31	150.30	157.17	131.40	143.84	179.18	143.40	140.12	120.30	128.34
Rata-rata	105.65											

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 5.2 dapat diketahui bahwa nilai evapotranspirasi terbesar terjadi pada bulan maret 2020 dengan nilai 186,31 mm dan nilai evapotranspirasi terkecil sebesar 67,80 mm yang terjadi pada juni 2011. Sedangkan nilai evapotranspirasi rata-rata sebesar 105,65 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi evapotranspirasi semakin banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman. Evapotranspirasi merupakan komponen penting yang mempengaruhi keseimbangan hidrologi pada suatu wilayah, hal ini disebabkan karena nilai evapotranspirasi mengandung fase air yang besar. Besaran nilai evapotranspirasi sangat penting diketahui untuk kepentingan perencanaan pengelolaan sumber daya air, sumber daya lahan dan pertanian secara umum (Supangat, 2016).

5.4 Debit Lapangan

Debit lapangan merupakan data debit yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai III. Selain itu, ada beberapa data debit yang diperoleh melalui pengolahan data AWLR yang dikonversikan menjadi data debit dengan menggunakan rumus 3.3. Data debit lapangan diperlukan untuk dibandingkan dengan data debit simulasi hasil permodelan GR2M sehingga menghasilkan nilai performa model. Berikut disajikan data rekapitulasi debit lapangan Sungai Siak pada stasiun Pantai Cermin untuk tahun 2004 – 2020. Untuk lebih jelasnya, data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Debit Lapangan Sungai Siak Stasiun Pantai Cermin tahun 2004-2020 (m^3/det)

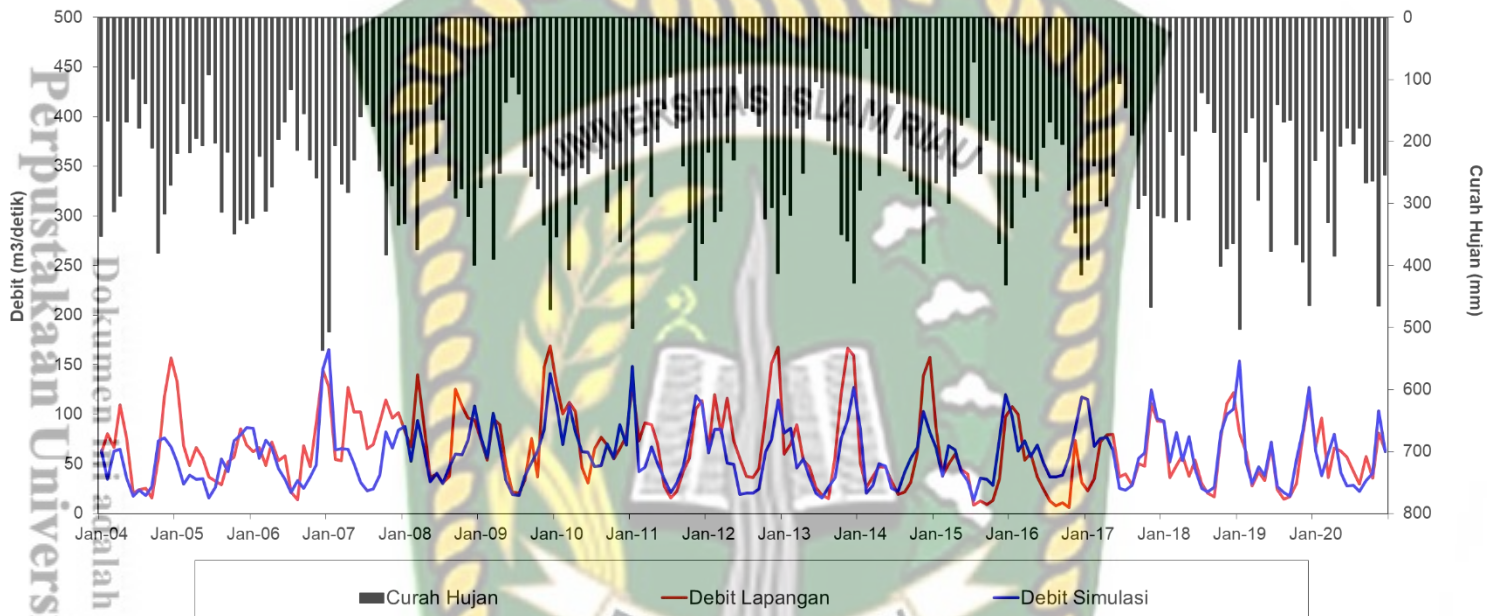
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2004	61.05	80.52	66.65	109.86	75.64	20.32	24.28	25.49	15.96	56.50	118.15	156.94
2005	133.39	68.51	48.46	66.52	55.60	36.67	32.76	29.38	51.97	57.07	85.70	69.07
2006	62.59	66.94	48.63	72.31	53.54	58.21	21.95	13.99	68.59	47.47	91.03	144.56
2007	127.79	54.49	53.19	127.21	102.31	102.14	65.55	69.88	91.88	114.48	96.45	102.01
2008	82.59	67.42	139.85	92.17	36.33	40.28	31.09	37.84	125.47	108.37	96.42	94.59
2009	75.49	54.04	95.78	89.62	49.43	21.55	20.63	34.11	75.52	36.68	147.57	169.24
2010	128.65	100.25	112.35	103.16	46.55	30.63	65.36	76.66	68.96	54.86	65.25	78.32
2011	132.06	73.46	91.44	89.85	70.01	28.17	16.00	22.62	43.31	55.59	105.12	113.85
2012	63.25	119.66	81.27	116.42	73.23	55.53	37.30	36.65	45.27	97.08	151.32	167.97
2013	59.81	70.25	89.86	53.76	47.25	25.94	19.09	15.18	58.21	120.69	166.51	159.17
2014	50.70	25.94	37.61	47.24	46.89	32.54	19.43	21.67	31.32	61.41	138.67	157.59
2015	87.27	38.22	49.81	59.71	43.98	39.79	8.74	12.62	9.19	13.47	35.12	97.60
2016	107.71	100.17	53.88	60.50	36.98	24.82	12.53	7.77	10.86	5.86	73.96	31.36
2017	23.11	35.08	72.09	79.52	80.11	36.66	40.20	28.61	50.34	47.87	110.97	93.38
2018	92.43	36.57	48.54	58.55	37.59	53.97	30.16	20.76	16.70	77.54	111.04	121.68
2019	81.30	61.90	27.99	41.54	33.17	67.64	24.28	14.37	17.10	30.20	81.20	117.92
2020	67.47	96.17	36.47	65.96	63.03	57.01	42.15	29.76	57.51	35.68	81.24	63.64
Rata-rata	65.29											

Sumber : Balai Wilayah Sungai III Sumatera

Berdasarkan tabel 5.3 dapat diketahui bahwa debit rata-rata sebesar 65,29 m^3/det dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan desember tahun 2009 dengan nilai 169,24 m^3/det sedangkan nilai curah hujan terendah adalah sebesar 5,86 m^3/det yang terjadi pada bulan oktober tahun 2016. Hal ini menunjukkan bahwa siklus curah hujan dari tahun 2004 hingga 2020 mengalami penurunan dan kenaikan yang cukup signifikan.

5.5 Debit Simulasi Permodelan GR2M

Debit Simulasi merupakan Data debit hasil permodelan GR2M. Data debit simulasi tersebut digunakan untuk memperoleh nilai performa model dengan membandingkannya dengan debit lapangan. Berikut ini disajikan grafik perbandingan debit simulasi dengan debit lapangan terhadap curah hujan.



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Debit Simulasi dengan Debit Lapangan terhadap Curah Hujan

Berdasarkan grafik gambar 5.2, dapat diketahui bahwa setelah melakukan pengolahan data menggunakan permodelan GR2M, diperoleh nilai nash sebesar 41,9 % dengan parameter X1 dan X2 sebesar 6,8 dan 0,48 debit simulasi dan debit lapangan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa debit simulasi sangat dipengaruhi oleh tingginya curah hujan, yaitu apabila nilai curah hujan tinggi, maka nilai debit simulasi akan besar. Sebaliknya, apabila nilai curah hujan rendah, maka nilai debit simulasi akan kecil.

Berikut ini disajikan rekapitulasi debit simulasi hasil permodelan GR2M di Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2018.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Debit Simulasi GR2M di Sub DAS Tapung Kiri tahun 2004-2020 (m³/det)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2004	63.50	34.75	63.17	65.00	35.72	17.35	23.59	18.41	27.45	73.48	76.56	67.32
2005	52.29	29.63	38.66	34.49	35.36	15.69	26.46	55.20	42.47	73.19	79.15	86.76
2006	85.94	56.00	73.69	66.77	45.27	34.27	20.93	33.07	25.46	37.23	49.22	145.21
2007	165.16	63.96	65.39	65.01	50.53	31.22	22.73	24.91	39.08	82.27	66.05	84.47
2008	87.99	52.83	93.92	67.21	31.92	40.77	30.48	47.38	59.98	59.58	73.80	108.47
2009	77.93	56.12	101.36	68.76	34.05	19.16	18.16	38.45	51.60	63.03	85.05	140.96
2010	108.52	69.73	109.08	82.66	62.44	61.67	47.01	48.31	70.44	56.60	89.75	69.32
2011	148.36	42.55	46.92	67.42	50.09	35.20	21.02	30.98	47.71	77.98	119.00	110.89
2012	61.11	84.64	84.87	50.92	49.75	19.39	20.46	20.41	24.99	62.66	74.46	114.29
2013	80.96	86.01	45.79	55.04	36.75	20.49	15.93	26.38	36.56	75.47	94.20	127.35
2014	85.43	20.54	28.66	49.99	47.57	25.56	22.55	41.81	56.02	66.55	103.01	81.64
2015	66.90	37.73	68.28	64.44	42.37	32.54	13.37	35.53	34.33	28.45	76.02	119.75
2016	98.41	63.09	73.52	57.81	68.77	51.63	36.70	37.12	38.63	57.25	85.10	117.28
2017	114.98	68.11	75.46	77.00	64.33	25.59	23.45	28.40	55.72	61.01	124.95	95.92
2018	93.50	52.18	81.80	53.40	77.68	45.01	32.38	29.07	32.04	88.01	102.31	106.50
2019	154.24	51.83	30.31	47.46	37.93	72.05	27.16	21.41	17.87	54.51	85.04	127.47
2020	62.86	38.04	60.80	79.67	40.98	28.18	28.73	22.22	33.56	40.58	103.46	62.25
Rata-rata	59.28											

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 5.4 dapat diketahui bahwa dari hasil pengolahan data hasil simulasi menggunakan metode GR2M dapat diketahui nilai debit hasil simulasi terbesar terjadi pada bulan januari 2007 dengan nilai 165,16 m³/det dan nilai debit terkecil sebesar 13,37 m³/det yang terjadi pada juli 2015 sedangkan nilai debit hasil simulasi rata-rata sebesar 59,28 m³/det.

5.6 Performa Model GR2M

Performa model merupakan evaluasi model berdasarkan indikator statistik yang menentukan tingkat ketelitian model tersebut. Adapun indikator statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah R² yang didasarkan pada indikator efisiensi model *NSE*, koefisien korelasi (R), dan koefisiensi efisiensi (CE).

Berdasarkan pengolahan data dan mengacu pada **subbab 3.12**, maka diperoleh performa model GR2M sebagai berikut :

Tabel 5.5 Performa Model GR2M

Indikator Statistik	Nilai	Interpretasi
R ² (NSE)	0,41	Memenuhi
R	0,67	Kuat
CE	0,59	Optimasi cukup efisiensi

Sumber : Hasil Pengolahan Data

5.7 Debit Andalan

Debit andalan merupakan hasil akhir pada penelitian ini. Adapun keandalan yang dibutuhkan untuk perencanaan ketersediaan air minum berdasarkan tabel 3.1 yaitu sebesar 99% (Q 99%).

Untuk menentukan nilai debit andalan tersebut maka digunakan metode perhitungan kurva durasi debit berdasarkan SNI No. 6738 Tahun 2015 dengan menggunakan tabel 5.4 sebagai input dalam perankingan yang diurutkan dari nilai terbesar kenilai terkecil. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Probabilitas Debit

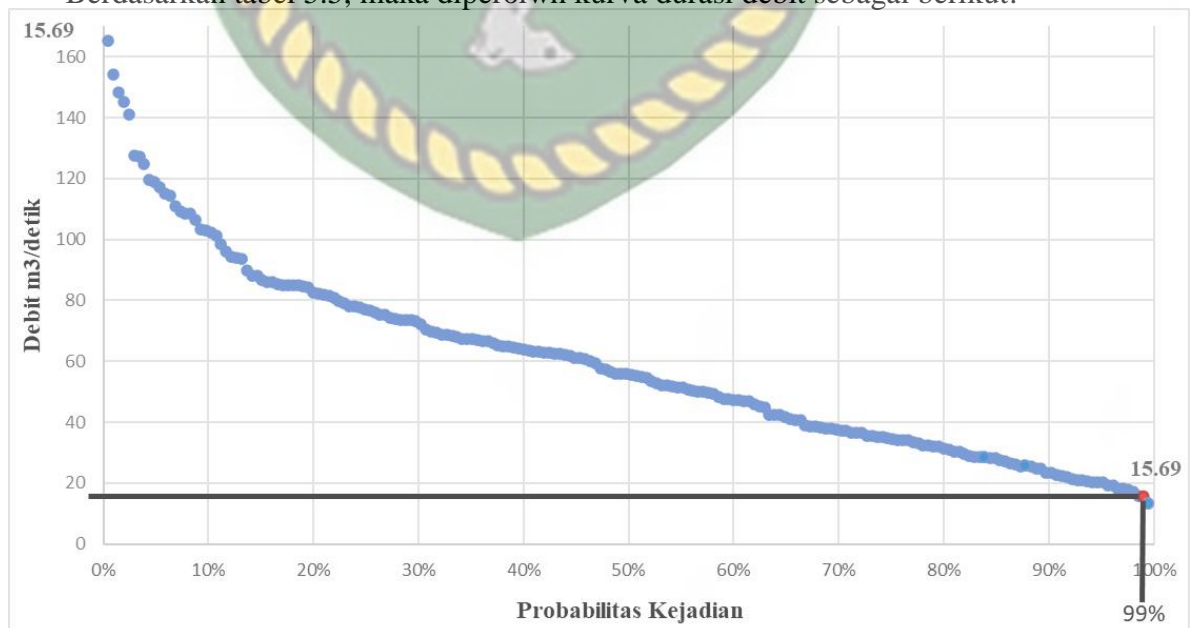
Data ke	Prob(%)	Debit (m3/s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m3/s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m3/s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m3/s)
1	0.49%	165.16	52	25.37%	76.56	103	50.24%	55.72	154	75.12%	34.49
2	0.98%	154.24	53	25.85%	76.02	104	50.73%	55.20	155	75.61%	34.33
3	1.46%	148.36	54	26.34%	75.47	105	51.22%	55.04	156	76.10%	34.27
4	1.95%	145.21	55	26.83%	75.46	106	51.71%	54.51	157	76.59%	34.05
5	2.44%	140.96	56	27.32%	74.46	107	52.20%	53.40	158	77.07%	33.56
6	2.93%	127.47	57	27.80%	73.80	108	52.68%	52.83	159	77.56%	33.07
7	3.41%	127.35	58	28.29%	73.69	109	53.17%	52.29	160	78.05%	32.54
8	3.90%	124.95	59	28.78%	73.52	110	53.66%	52.18	161	78.54%	32.38
9	4.39%	119.75	60	29.27%	73.48	111	54.15%	51.83	162	79.02%	32.04
10	4.88%	119.00	61	29.76%	73.19	112	54.63%	51.63	163	79.51%	31.92
11	5.37%	117.28	62	30.24%	72.05	113	55.12%	51.60	164	80.00%	31.22
12	5.85%	114.98	63	30.73%	70.44	114	55.61%	50.92	165	80.49%	30.98
13	6.34%	114.29	64	31.22%	69.73	115	56.10%	50.53	166	80.98%	30.48
14	6.83%	110.89	65	31.71%	69.32	116	56.59%	50.09	167	81.46%	30.31
15	7.32%	109.08	66	32.20%	68.77	117	57.07%	49.99	168	81.95%	29.63
16	7.80%	108.52	67	32.68%	68.76	118	57.56%	49.75	169	82.44%	29.07
17	8.29%	108.47	68	33.17%	68.28	119	58.05%	49.22	170	82.93%	28.73
18	8.78%	106.50	69	33.66%	68.11	120	58.54%	48.31	171	83.41%	28.66
19	9.27%	103.46	70	34.15%	67.42	121	59.02%	47.71	172	83.90%	28.45
20	9.76%	103.01	71	34.63%	67.32	122	59.51%	47.57	173	84.39%	28.40
21	10.24%	102.31	72	35.12%	67.21	123	60.00%	47.46	174	84.88%	28.18
22	10.73%	101.36	73	35.61%	66.90	124	60.49%	47.38	175	85.37%	27.45
23	11.22%	98.41	74	36.10%	66.77	125	60.98%	47.01	176	85.85%	27.16
24	11.71%	95.92	75	36.59%	66.55	126	61.46%	46.92	177	86.34%	26.46
25	12.20%	94.20	76	37.07%	66.05	127	61.95%	45.79	178	86.83%	26.38

Lanjutan Tabel 5.6

Data ke	Prob(%)	Debit (m ³ /s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m ³ /s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m ³ /s)	Data ke	Prob(%)	Debit (m ³ /s)
26	12.68%	93.92	77	37.56%	65.39	128	62.44%	45.27	179	87.32%	25.59
27	13.17%	93.50	78	38.05%	65.01	129	62.93%	45.01	180	87.80%	25.56
28	13.66%	89.75	79	38.54%	65.00	130	63.41%	42.55	181	88.29%	25.46
29	14.15%	88.01	80	39.02%	64.44	131	63.90%	42.47	182	88.78%	24.99
30	14.63%	87.99	81	39.51%	64.33	132	64.39%	42.37	183	89.27%	24.91
31	15.12%	86.76	82	40.00%	63.96	133	64.88%	41.81	184	89.76%	23.59
32	15.61%	86.01	83	40.49%	63.50	134	65.37%	40.98	185	90.24%	23.45
33	16.10%	85.94	84	40.98%	63.17	135	65.85%	40.77	186	90.73%	22.73
34	16.59%	85.43	85	41.46%	63.09	136	66.34%	40.58	187	91.22%	22.55
35	17.07%	85.10	86	41.95%	63.03	137	66.83%	39.08	188	91.71%	22.22
36	17.56%	85.05	87	42.44%	62.86	138	67.32%	38.66	189	92.20%	21.41
37	18.05%	85.04	88	42.93%	62.66	139	67.80%	38.63	190	92.68%	21.02
38	18.54%	84.87	89	43.41%	62.44	140	68.29%	38.45	191	93.17%	20.93
39	19.02%	84.64	90	43.90%	62.25	141	68.78%	38.04	192	93.66%	20.54
40	19.51%	84.47	91	44.39%	61.67	142	69.27%	37.93	193	94.15%	20.49
41	20.00%	82.66	92	44.88%	61.11	143	69.76%	37.73	194	94.63%	20.46
42	20.49%	82.27	93	45.37%	61.01	144	70.24%	37.23	195	95.12%	20.41
43	20.98%	81.80	94	45.85%	60.80	145	70.73%	37.12	196	95.61%	19.39
44	21.46%	81.64	95	46.34%	59.98	146	71.22%	36.75	197	96.10%	19.16
45	21.95%	80.96	96	46.83%	59.58	147	71.71%	36.70	198	96.59%	18.41
46	22.44%	79.67	97	47.32%	57.81	148	72.20%	36.56	199	97.07%	18.16
47	22.93%	79.15	98	47.80%	57.25	149	72.68%	35.72	200	97.56%	17.87
48	23.41%	77.98	99	48.29%	56.60	150	73.17%	35.53	201	98.05%	17.35
49	23.90%	77.93	100	48.78%	56.12	151	73.66%	35.36	202	98.54%	15.93
50	24.39%	77.68	101	49.27%	56.02	152	74.15%	35.20	203	99.02%	15.69
51	24.88%	77.00	102	49.76%	56.00	153	74.63%	34.75	204	99.51%	13.37

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 5.5, maka diperoleh kurva durasi debit sebagai berikut.



Gambar 5.4 Hasil Kurva Durasi Debit m³/detik

Berdasarkan hasil perhitungan debit andalan, potensi ketersediaan DAS Siak Hulu dengan kejadian probabilitas 99 % adalah sebesar 15,69 m³/detik (gambar 5.3), artinya debit air paling sering muncul (tersedia) pada Subdas Tapung kiri adalah 15,69 m³/detik. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai informasi oleh PDAM Tirta Siak Pekanbaru untuk ketersediaan air minum.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Permodelan GR2M dapat diterapkan pada Sub DAS Tapung Kiri dengan performa model GR2M yang diperoleh yaitu, R^2 sebesar 0,41 dengan interpretasi memenuhi, koefisien korelasi (R) sebesar 0,67 dengan interpretasi kuat, dan koefisien efisiensi (CE) sebesar 0,59 dengan interpretasi optimasi cukup efisien. Dengan parameter optimal X1 dan X2 pada model GR2M di Sub DAS Tapung Kiri yaitu sebesar 6,8 dan 0,48.
2. Permodelan GR2M cukup mudah dipahami dan digunakan karena cukup memerlukan data evapotranspirasi dan data curah hujan. Diantara data tersebut, nilai curah hujan merupakan variabel yang sangat mempengaruhi keakuratan permodelan GR2M.
3. Debit andalan yang diperoleh berdasarkan data permodelan GR2M untuk ketersediaan air minum di DAS Siak Hulu (Q 99%) adalah 15,69 m³/detik.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka disarankan sebagai berikut:

1. Agar merencanakan bangunan pengambilan air baku (intake) di DAS Siak hulu.
2. Agar menggunakan permodelan hidrologi lainnya dan membandingkan antar permodelan tersebut, kemudian menentukan permodelan yang lebih baik.
3. Agar dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kebutuhan domestik masyarakat di wilayah Subdas Tapung Kiri, dengan ketersediaan debit sebesar 15,69 m³/detik, hasil dari penelitian ini.

4. Agar masyarakat Kecamatan Tapung Hilir dan sekitarnya memelihara jaringan air bersih.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Richard G., Pariera, Louis S., Raes, Dirk, dan Smith Martin. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirement). FAO Rome.
- Anonim. 2000. *Epanet 2 User Manual Versi Bahasa Indonesia*. Ekamitra Enggining.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor
- Asdak. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Croke, B.F.W, Andrews, F., Jakeman, A.J., Cuddy, S. & Luddy, A. 2005. Redesign of the IHACRES Rainfall- Runoff. Makalah dalam 29th Hydrology and Water Resources Symposium. Canberra, 21 – 23 Februari 2005.
- Hambali, R. 2008. *Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock*. Bahan Ajar. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta . Gramedia Pustaka Utama.
- Hasibuan. 2013. *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Baku di kabupaten Tangerang*. Tugas Akhir. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Kania, D. 2009. *Pengantar Pengolahan Air, Bahan Kuliah, Rekayasa Lingkungan*. Bandung. ITB.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2003. Data Ratio Debit Air Sungai.
- Linsley, R. K, Franzini, J. B, Sasongko, D. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Airlangga. Jakarta. Erlangga.
- Mahyudin. 2013. *Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu)*. Skripsi. Pekanbaru. Universitas Riau.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2013. *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Siak*.
- Middleton, Richard. 1994. *Air Bersih: Sumber Daya Yang Rawan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- 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.
- Mulyanto H R. 2007. *Sungai fungsi & Sifat – Sifatnya*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Odum E.P. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Yogyakarta. UGM Press.
- Paimin., I. B Pramono., Purwanto, dan D. R Indrawati. 2012. Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi*. Bogor.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Permen PU No.18 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Perrin, Charles. Michel, Claude. Andréassian, Vazken. 2007. *Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR)*. Cemagref. UR Hydrosystèmes et Bioprocédés Parc de Tourvoie
- PP No.20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pratiwi, dkk. 2015. *Transformasi Hujan Debit berdasarkan Analisis Tank Model dan GR2M di DAS Dengkeng*". Jurnal. Jakarta. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Putra,As, dkk. 2016. *Model Hidrologi Runtun Waktu Untuk Analisis Hujan-Aliran Menggunakan Metode Gabungan Model Transformasi Wavelet-Ihacres*. Jurnal. Pekanbaru. Universitas Riau.
- Rahmad, Riki. 2017. "Analisis Curah Hujan, Tipe Iklim, Dan Evapotranspirasi Potensial Untuk Kab/Kota Di Sumatera Utara".
- S. Mouelhi, C. Michel, C. Perrin and V. Andréassian. 2006. Stepwise Development of a Two-Parameter Monthly Water Balance Model. *Journal of Hydrology*. Vol. 318. No. 1-4. 2006. pp. 200-214.
- Setyawati, Nur Anita. 2019. *DAS Sungai Siak Provinsi Riau*. Pekanbaru.
- Shavelson, Richard J. & Lisa Towne (Editor). 2002. *Scientific Research in Education*, Washington, DC. National Academy Press.
- SNI 7745 Tahun 2012 tentang Tata Cara Penghitungan evapotranspirasi Acuan dengan Metode Penman-Monteith.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya. Usaha Nasional.
- Sukmanda, Terunajaya. 2016. *Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada Daerah Aliran Sungai Percut Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih di Kabupaten Deli Serdang*. Jurnal. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sumarman. 2006. *Kajian Kompensasi Air Baku Untuk Air Bersih Dari Pemerintah Kota Cirebon ke Pemerintah Kabupaten Kuningan*. Tesis. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Supangat, A. B. 2016. Analisis Perubahan Nilai Pendugaan Evapotranspirasi Potensial Akibat Perubahan Iklim di Kawasan Hutan Tanaman Eucalyptus pellita. *Seminar Nasional Geografi UMS 2016*, 112–122.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta. Andi.

Taylor, Dena dan Margaret Procter. 2010. "The Literature Review: A Few Tips on Conducting It" dimuat dalam laman University Toronto Writing Center. ctl.utsc.utoronto.ca/twc/sites/default/files/LitReview.pdf.

Tri, Joko. 2009. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Semarang: Graha Ilmu.

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta. Beta Offset.

-----, 1993. *Hidrolika I*. Yogyakarta. Beta Offset.

Tumiar, K.M. dkk, 2012. Evaluasi Metode Penman-Monteith dalam menduga Laju Evapotranspirasi (ET_o) di Daratan Rendah Provinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung*. Vol. 26, No. 6, Page: 121-128.

Yanti, Rusnam. 2020. Transformasi Data Hujan-Debit Menggunakan Model GR2M Pada DAS Air Dingin. *Jurnal*. Padang. Universitas Andalas.

