

**DAMPAK PERUBAHAN LAHAN PADA DAS KRUENG ACEH
TERHADAP NERACA AIR MENGGUNAKAN METODE
*THORNTHWAITE MATHER***

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

RISKI RAHMAYANTI

NIM. 180702010

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**DAMPAK PERUBAHAN LAHAN PADA DAS KRUENG ACEH
TERHADAP NERACA AIR MENGGUNAKAN METODE
*THORNTHWAITE MATHER***

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

**Diajukan Oleh:
Riski Rahmayanti
NIM. 180702010**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


M. Fajsi Ikhwal, M.Eng
NIDN. 2008109101


Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**DAMPAK PERUBAHAN LAHAN PADA DAS KRUENG ACEH
TERHADAP NERACA AIR MENGGUNAKAN METODE
*THORNTHWAITE MATHER***

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Senin, 22 Mei 2023
02 Zulkaidah 1444 H

Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Sekretaris,


M. Faisy Ikhwali, M.Eng
NIDN. 2008109101


Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2013128901


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 2015118002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. H. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 19621002198811100

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riski Rahmayanti
NIM : 180702010
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Dampak Perubahan Lahan Pada DAS Krueng Aceh
Terhadap Neraca Air Menggunakan Metode *Thorntwaite
Mather*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 22 Mei 2023

Yang Menyatakan


Riski Rahmayanti

ABSTRAK

Nama :Riski Rahmayanti
Nim :180702010
Program Studi :Teknik Lingkungan
Judul :Dampak Perubahan Lahan pada DAS Krueng Aceh Terhadap Neraca Air Menggunakan Metode *Thornthwaite Mather*
Tanggal Sidang :22 Mei 2023
Jumlah Halaman :98
Pembimbing I :M. Faisi Ikhwal, M.Eng
Pembimbing II :Aulia Rohendi, M.Sc
Kata Kunci :Perubahan Lahan, Neraca Air, Metode *Thornthwaite Mather*

Tata guna lahan menjadi salah satu faktor penting yang mampu mempengaruhi fungsi badan air. Tata guna lahan dapat berubah kapanpun, baik itu disebabkan secara alami maupun aktivitas manu-

sia. Untuk menentukan adanya sumber air di suatu daerah, maka diperlukan suatu perhitungan yang disebut neraca air. Besarnya curah hujan yang turun ke suatu wilayah di permukaan bumi, memiliki keterkaitan dengan ketersediaan dan keseimbangan air atau neraca air pada suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* serta mengetahui dampak perubahan lahan pada DAS Krueng Aceh terhadap neraca air. Dari hasil analisis neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan metode *Thornthwaite Mather* menunjukkan terjadinya peningkatan nilai *surplus*, *defisit* dan *runoff*. Tahun 2012 *surplus* sebesar 505,141 mm/tahun, *defisit* sebesar 259,055 mm/tahun dengan total *runoff* pada daerah penelitian dengan luas wilayah 1.786.941.635 m² yaitu 785.396.587 m³/tahun. Untuk tahun 2021 *surplus* sebesar 952,57 mm/tahun, *defisit* sebesar 55,34 mm/tahun dengan total *runoff* 1.645.319.305 m³/tahun. Sedangkan untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 *surplus* sebesar 707,37 mm/tahun, *defisit* sebesar 104,20 mm/tahun, total *runoff* sebesar 1.145.959.962 m³/tahun. Hal ini terjadi karena faktor perubahan iklim dan lahan, dengan meningkatnya luasan lahan terbangun yaitu pemukiman dan lahan terbuka, sehingga berdampak terhadap peningkatan nilai *surplus*, *defisit* dan *runoff* pada DAS Krueng Aceh. Maka untuk total potensi air tersedia pada pada DAS Krueng Aceh tahun 2012 sebesar 439.742.099 m³/tahun, 2021 sebesar 1.624.399.652 m³/tahun dan untuk 10 tahun terakhir sebesar 1.077.825.164 m³/tahun.

ABSTRACT

Name : Riski Rahmayanti
Students' Number : 180702010
Department : Environmental Engineering
Title : *The Impact of Land Changes in The Krueng Aceh Watershed on The Water Balance Using The Thornthwaite Mather Method*
Date : 22th May 2023
Number of Pages : 98
Advisor I : M. Faisi Ikhwal, M.Eng
Advisor II : Aulia Rohendi, M.Sc
Keywords : *Land Change, Water Balance, The Thornthwaite Mather Method*

Land use is one of the important factors that can affect the function of water balance. Land use can change at any time, whether due to natural causes or human activities. To determine the presence of water sources in an area, a calculation known as the water balance is needed. The amount of rainfall that falls on an area on the earth's surface is related to the availability and balance of water or water balance in the area. The objectives of this research is to investigate the water balance in the Krueng Aceh watershed using the Thornthwaite Mather method and to find out the impact of land changes in the Krueng Aceh watershed to the water balance. From the results of the water balance analysis in the Krueng Aceh watershed with the Thornthwaite Mather method, it shows an increase in the surplus, deficit and runoff. In 2012 surplus it was 505,141 mm/year, deficit it was 259,055 mm/year with a total runoff the study area with an area of 1.786.941.635 m². For 2021 surplus is 952,57 mm/year, deficit is 55,34 mm/year with a total runoff it was 1.645.319.305 m³/year. While for the 10 last years 2012-2021 surplus is 707,3 mm/year, deficit is 104,20 mm/year and total runoff is 1.077.825.164 m³/year. This is due to climate and land change factors with an increase in the area of built-up land, namely settlements and open land, so that it has an impact on increasing the surplus, deficit and runoff in the Krueng Aceh watershed. So the total available water potential in the Krueng Aceh watershed in 2012 is 439,742,099 m³/year, 2021 is 1,624,399,652 m³/year and for the last 10 years 1,077,825,164 m³/year.

KATA PENGANTAR



Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah memberi dan melimpahkan segala rahmat dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, sahabat serta keluarga beliau yang telah berjuang mengantarkan umatnya ke alam yang berakhlak dan berilmu pengetahuan.

Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan mengikuti sidang Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengambil judul Proposal Tugas Akhir yaitu **“Dampak Perubahan Lahan Pada DAS Krueng Aceh Terhadap Neraca Air Menggunakan Metode Thornthwaite Mather”**.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang yang penulis hormati dan cintai yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Terutama penulis ucapkan banyak terima kasih kepada orang tua tercinta Ibu Yusnidar dan Bapak Julismadi yang selalu mendoakan serta memberikan semangat yang luar biasa dan memberikan dukungan moril maupun materil sehingga proposal penelitian dapat diselesaikan.

Dalam kesempatan ini ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada orang yang penulis hormati atas bimbingannya sehingga proposal ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M. Sc, selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, M. Sc, selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan Dosen Pembimbing kedua penulis yang telah berkenan membimbing, mengarahkan

dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir.

4. Bapak M. Faisi Ikhwali, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah berkenan membimbing, mengarahkan dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir.
5. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc, selaku Pembimbing Akademik penulis.
6. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
7. Kepada teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis sehingga proposal penelitian dapat diselesaikan.

Penulis berharap proposal penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi semua pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa proposal ini belum sempurna sebagaimana yang diharapkan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakan proposal ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 22 Mei 2023

Penulis,

Riski Rahmayanti

DAFTAR ISI

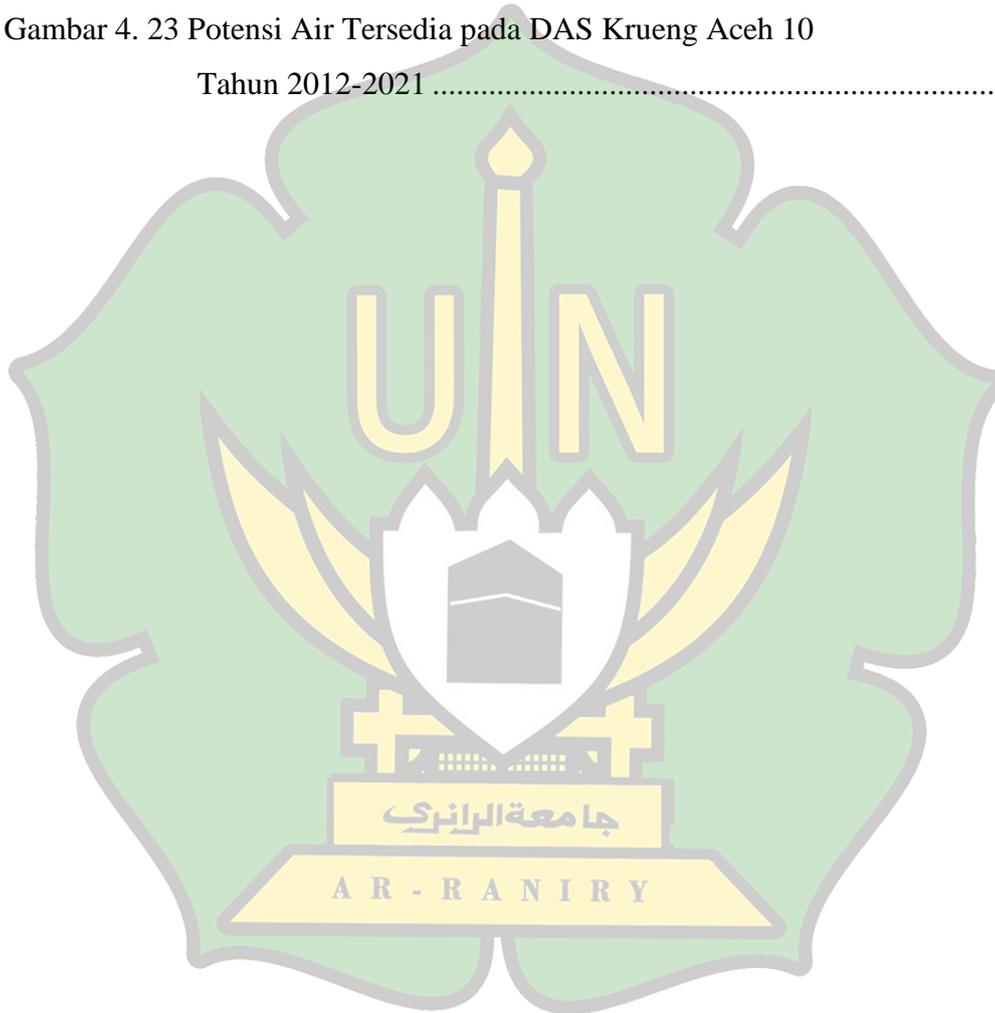
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daerah Aliran Sungai.....	5
2.2 Siklus Hidrologi.....	6
2.3 Neraca Air	7
2.3.1 Curah hujan	8
2.3.2 Intersepsi.....	9
2.3.3 Evapotranspirasi	9
2.3.4 Infiltrasi.....	10
2.3.5 Limpasan (<i>Runoff</i>).....	10
2.4 Metode Perhitungan Neraca Air.....	11
2.4.1 Metode F.J Mock.....	12
2.4.2 Metode NRECA.....	12
2.4.3 Metode <i>Thornthwaite Mather</i>	13

2.5 Penutupan dan Penggunaan Lahan.....	20
2.5.1 Perubahan penutupan dan penggunaan lahan	20
2.5.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penutupan lahan dan penggunaan lahan.....	21
2.5.3 Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi.....	22
2.6 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.1.1 Lokasi Penelitian	26
3.1.2 Waktu Penelitian.....	27
3.2 Tahapan Umum Penelitian.....	28
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1 Tahap Persiapan.....	29
3.3.2 Pengumpulan Data	29
3.4 Perhitungan dan Pengolahan Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Penggunaan Lahan	36
4.2 Iklim	39
4.3 Neraca air pada DAS Krueng Aceh	43
BAB V PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi	7
Gambar 3. 1 Peta DAS Krueng Aceh	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4. 1 Peta Tutupan Lahan DAS Krueng Aceh Tahun 2012	37
Gambar 4. 2 Peta Tutupan Lahan DAS Krueng Aceh Tahun 2021	38
Gambar 4. 3 Grafik Temperatur Udara Bulanan Tahun 2012	40
Gambar 4. 4 Grafik Temperatur Udara Bulanan Tahun 2021	40
Gambar 4. 5 Grafik Temperatur Udara Bulanan 10 Tahun 2012-2021	41
Gambar 4. 6 Grafik Curah Hujan pada Tahun 2012	42
Gambar 4. 7 Grafik Curah Hujan pada Tahun 2021	42
Gambar 4. 8 Grafik Curah Hujan pada 10 Tahun 2012-2021	43
Gambar 4. 9 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012.....	46
Gambar 4. 10 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021.....	48
Gambar 4. 11 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)	50
Gambar 4. 12 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)	52
Gambar 4. 13 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata-rata Bulanan Tahun 2012	53
Gambar 4. 14 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata-rata Bulanan Tahun 2021	54
Gambar 4. 15 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata rata Bulanan 10 Tahun 2012-2021	54
Gambar 4. 16 Grafik <i>Surplus</i> dan <i>Defisit</i> air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012.....	55
Gambar 4. 17 Grafik <i>Surplus</i> dan <i>Defisit</i> air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021	56
Gambar 4. 18 Grafik <i>Surplus</i> dan <i>Defisit</i> air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012)	57

Gambar 4. 19 Grafik <i>Surplus</i> dan <i>Defisit</i> air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)	57
Gambar 4. 20 Grafik <i>Runoff</i> pada DAS Krueng Aceh.....	58
Gambar 4. 21 Potensi Air Tersedia Bulanan Pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012	60
Gambar 4. 22 Potensi Air Tersedia Bulanan Pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021	60
Gambar 4. 23 Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021	61



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Penyesuaian untuk Persamaan <i>Thorntwaite and Mather</i>	15
Tabel 2.2 Pendugaan <i>Water Holding Capacity</i> Berdasarkan Kombinasi Tekstur Tanah dan Vegetasi Penutup	16
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1 Jadwal Rencana Pelaksanaan Tugas Akhir	27
Tabel 4. 1 Tabel Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012.....	36
Tabel 4. 2 Tabel Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021	37
Tabel 4. 3 Selisih Perubahan Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012-2021	39
Tabel 4. 4 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012.....	45
Tabel 4. 5 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021	47
Tabel 4. 6 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012)	49
Tabel 4. 7 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pendugaan <i>Water Holding Capacity</i> Berdasarkan Kombinasi Tekstur Tanah dan Vegetasi Penutup	70
Lampiran 2. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan Tahun 2012.....	71
Lampiran 3. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan Tahun 2021.....	71
Lampiran 4. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan 10 Tahun 2012-2021	73
Lampiran 5. Tabel Data Curah Hujan Bulanan 10 Tahun 2012-2021	74
Lampiran 6. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi Tahun 2012.....	75
Lampiran 7. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi Tahun 2021.....	75
Lampiran 8. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi 10 Tahun 2012-2021	76
Lampiran 9. Tabel Hasil Pendugaan Nilai Kapasitas Penyimpanan Tanah (WHC) Tahun 2012.....	77
Lampiran 10. Tabel Hasil Pendugaan Nilai Kapasitas Penyimpanan Tanah (WHC) Tahun 2021	78
Lampiran 11. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) Tahun 2012	80
Lampiran 12. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) Tahun 2021	80
Lampiran 13. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012).....	81
Lampiran 14. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021).....	82
Lampiran 15. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012	82
Lampiran 16. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021	83
Lampiran 17. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun Terakhir 2012-2021	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, populasi penduduk pada suatu wilayah juga semakin bertambah dan disertai dengan aktivitasnya, hal ini berdampak terhadap kebutuhan akan lahan yang semakin luas. Maka dari itu, masyarakat lebih memanfaatkan lahan ke arah yang lebih penting, guna meningkatkan kapasitas lahan mereka. Upaya pemanfaatan tata guna lahan ini telah mempengaruhi perubahan lahan pada suatu wilayah. Tata guna lahan menjadi salah satu faktor penting yang mampu mempengaruhi fungsi badan air (Pratama & Yuwono, 2016). Tata guna lahan dapat berubah kapanpun, baik itu disebabkan secara alami maupun aktivitas manusia. Perubahan secara alami terjadi karena adanya bencana alam seperti longsor, erosi, dan banjir. Saat ini perubahan penggunaan lahan akibat kegiatan manusia hampir dapat dipastikan mengikuti pola pemanfaatan hutan dari pertanian, tanaman pangan dan pemukiman, sesuai dengan perkembangan perkotaan (Pratama, 2018). Perubahan tata guna lahan yang semakin meningkat akan berdampak terhadap kondisi hidrologi pada suatu DAS yang akan meningkatkan jumlah aliran permukaan, hal ini dikarenakan bertambahnya area terbangun yang tidak dapat meresap air ke dalam tanah. Perubahan penggunaan lahan dan pertumbuhan penduduk pada suatu DAS mengakibatkan perubahan kondisi sungai dan neraca air (Safriani dkk., 2023). Perubahan penutupan lahan juga mengakibatkan tanah menjadi semakin keras karena adanya pengolahan oleh manusia, sehingga kemampuan infiltrasi atau penyerapan air semakin berkurang (Mardeni, 2021).

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah daratan dengan batas topografi (*water divide*) yang didalamnya terdapat satu sungai beserta anaknya dengan sistem saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga aliran air nantinya keluar dari wilayah tersebut melalui saluran tunggal (Utami dkk., 2017). DAS memiliki fungsi untuk menerima, menyimpan, serta mengalirkan air secara alami ke danau dan lautan yang berasal dari curah hujan.

Sub DAS atau Sub-sub DAS merupakan bagian dari suatu DAS (Permenhut No 60 Tahun 2013, Tentang Tata Cara Penyusunan dan Penetapan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran sungai). Suatu DAS terdiri dari beberapa karakteristik yaitu morfometri seperti relief DAS, bentuk dan lebar sungai dan lain-lain, hidrologi mencakup curah hujan, limpasan, sedimen, tanah, geologi dan geomorfologi, status penggunaan dan sumber daya lahan, serta jumlah penduduk yang tinggal di daerah tersebut (Pamuji dkk., 2020). Menurut Azizah dkk., (2021), integrasi antara aspek morfometrik suatu DAS dengan keadaan yang dapat dimodifikasi manusia, yaitu pemanfaatan lahan, kemiringan dan panjang lereng, yang menghasilkan respons hidrologi spesifik terhadap curah hujan di suatu DAS. Respon DAS beragam dan mempengaruhi kualitas air DAS yaitu penyerapan (infiltrasi), evapotranspirasi, limpasan, kadar air tanah, dan perilaku aliran sungai.

DAS krueng Aceh merupakan salah satu DAS yang terdapat di Provinsi Aceh terletak di kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Sungai Krueng Aceh menjadi salah satu sumber air utama bagi masyarakat penduduk kota Banda Aceh dan Aceh Besar dan memiliki panjang kurang lebih 145 km yang melewati Cekungan dan lembah (Hamdan dkk., 2022). DAS Krueng Aceh memiliki luas keseluruhan yaitu 178.694,16 ha (Wulandari & Basri, 2021). Menurut Darwin dkk., (2021), kondisi tutupan lahan yaitu hutan primer saat ini semakin menurun luasnya, pada tahun 1994 hutan primer di DAS Krueng Aceh memiliki luas 112.776 ha (57%), pada tahun 2002 menjadi seluas 94.178 ha (47.6%) dan tahun 2005 hutan primer tersisa seluas 79.141 ha atau sebesar 40 %. Hasil penelitian Nasrullah & Kartiwa (2010), menyatakan setiap pertambahan 1.000 jiwa penduduk, mempengaruhi pertambahan luas sawah sebesar 14 ha. Penelitian lain yang dilakukan Mahyuddin dkk., (2013), hasil klasifikasi terbimbing citra Landsat 5 tahun 2001 pada kawasan hutan di DAS Krueng Aceh adalah hutan primer 29.375,47 ha, hutan sekunder 22.140,01 ha, semak belukar 26.618,74 ha, tanah terbuka 21.177,60 ha dan badan air 267,83 ha, sedangkan hasil klasifikasi terbimbing citra Landsat 5 tahun 2009 adalah hutan primer 27.892,37 ha, hutan sekunder 33.537,58 ha, semak belukar 16.662,18 ha, tanah terbuka 21.275,38 ha dan badan air yaitu 212,14 ha. Telah terjadi peralihan tutupan lahan periode tahun 2001-2009 pada kawasan hutan di DAS Krueng Aceh yaitu pengurangan hutan

primer sebesar 1.483,10 ha dan semak belukar sebesar 9.956,56 ha. Sedangkan penambahan tutupan lahan terjadi pada hutan sekunder sebesar 11.397,57 ha tanah terbuka sebesar 97,78 ha.

Untuk menentukan adanya sumber air di suatu daerah, maka diperlukan suatu perhitungan yang disebut neraca air. Neraca air adalah nilai numeric dari siklus hidrologi yang dinyatakan sebagai prinsip kekekalan massa. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui aliran masuk dan aliran keluar air pada sistem seperti DAS, waduk, tambak dan saluran keluar (Hidayat dkk., 2018). Menurut Chairunnisa dkk., (2021), besarnya curah hujan yang turun ke suatu wilayah di permukaan bumi, memiliki keterkaitan dengan ketersediaan dan keseimbangan air atau neraca air pada suatu wilayah. Di sini, faktor terpenting dalam menghitung neraca air adalah ketersediaan data air hujan, temperatur udara, tutupan lahan, jenis dan kondisi tanah (*soil*) di daerah penelitian. Oleh karena itu dalam pembahasan neraca air tidak dapat dipisahkan dari komponen curah hujan, penyinaran matahari, kelembaban, tutupan lahan, kondisi tanah dan batuan. Hasil akhir neraca air secara umum biasanya diperoleh dengan menghitung selisih antara curah hujan (CH) dengan nilai evapotranspirasi (EP), sehingga didapatkan kelebihan dan kekurangan air periode lembab dan basah (Fathnur dkk., 2021). Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam menghitung neraca air pada suatu daerah yaitu metode F.J Mock, metode NRECA, dan metode *Thornthwaite Mather* (Hartanto, 2017). Adapun metode yang dipilih pada penelitian ini yaitu metode *Thornthwaite Mather* yang didasarkan pada *input* dan *output* aliran air di wilayah tertentu dan metode *Thornthwaite Mather* dipilih karena memiliki keuntungan yaitu kesederhanaan data yang dibutuhkan tetapi dapat menghasilkan perhitungan yang detail dan dapat memprediksikan kondisi air secara kuantitas dan limpasan setiap bulannya pada satu tahun dengan tingkat signifikansi relatif sama yaitu sekitar 90%.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, adapun dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather*?

2. Bagaimana dampak perubahan lahan pada DAS Krueng Aceh terhadap neraca air?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui neraca air pada DAS Krueng dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather*
2. Untuk mengetahui dampak perubahan lahan pada DAS Krueng Aceh terhadap neraca air

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Dari penelitian tugas akhir ini dapat diketahui bagaimana keadaan neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather*?
2. Dari penelitian tugas akhir dapat diketahui bagaimana dampak perubahan lahan pada DAS Krueng Aceh terhadap neraca air

1.5 Batasan Masalah

Tugas akhir ini memiliki batasan masalah yaitu perhitungan neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* yang didasarkan pada *input* dan *output* aliran yaitu curah hujan, temperatur udara, penggunaan lahan, jenis tanah atau tekstur tanah. Untuk mengetahui dan menghitung neraca air pada kondisi tahun 2012, 2021 dan 10 tahun terakhir 2012-2021 dan bagaimana dampak dari perubahan lahan pada area DAS Krueng Aceh terhadap neraca air pada tahun tersebut berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2012 dan 2021.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

DAS memiliki pengertian suatu wilayah daratan yang terdiri dari sungai dan anak-anaknya, memiliki fungsi untuk menerima, menampung, menyimpan serta mengalirkan air dengan sendirinya yang berasal dari curah hujan menuju danau atau laut. Pada wilayah daratan umumnya dibatasi oleh topografi dan pada batas laut sampai dengan wilayah perairan masih dipengaruhi oleh daratan (Fitriyani, 2022). Menurut Utama (2022), DAS merupakan suatu wilayah daratan yang menerima, menampung dan menyimpan air hujan yang nantinya akan disalurkan ke laut atau danau melalui satu sungai utama, sehingga DAS akan terpisah dengan wilayah DAS lain di sekitarnya oleh batas alam (topografi) seperti punggung bukit atau gunung, sehingga seluruh wilayah daratan terbagi ke dalam unit-unit DAS.

Secara umum, fungsi DAS merupakan fungsi kumulatif dari berbagai fungsi yang dimanfaatkan oleh berbagai faktor yang ada, seperti vegetasi, topografi, dan lahan pemukiman. Apabila salah satu dari faktor tersebut berubah, maka seluruh ekosistem pada DAS akan terganggu. Gangguan pada DAS antara lain disebabkan karena adanya dorongan tekanan populasi penduduk, tekanan pembangunan dan tekanan sosial ekonomi di masyarakat pada kawasan DAS (Ekasari dkk., 2022). Idealnya, DAS memiliki volume air yang optimal untuk mengendalikan kondisi erosi tanah, menjaga produktivitas dan daya dukung lahan, mengendalikan kerusakan lahan, dan menjamin kesejahteraan penduduk. Namun dalam perkembangannya terdapat perubahan-perubahan yang berdampak negatif. Perubahan yang terjadi pada vegetasi, tanah dan air (hujan) tidak terlepas dari segala bentuk aktivitas manusia (Perkasa dkk., 2022). DAS memiliki tiga bagian utama, yaitu hulu, tengah dan yang terakhir yang lebih mendekati laut disebut hilir (Mayasari, 2022). Setiap DAS dibagi lagi menjadi Sub-sub DAS. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya ke sungai utama melalui anak-anak sungai.

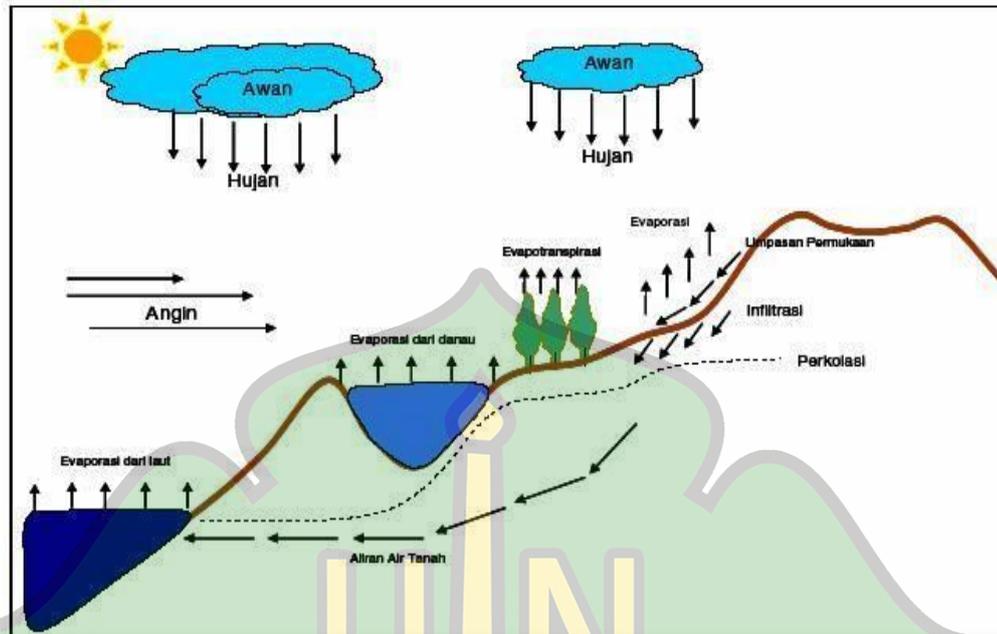
Menurut Danial (2021), berdasarkan fungsi hulu, tengah dan hilir DAS memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Bagian Hulu untuk fungsi konversi yang dikelola untuk mempertahankan keadaan lingkungan daerah aliran sungai agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat dilihat dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit) dan curah hujan
2. Bagian Tengah untuk fungsi kemampuan pemanfaatan yang dikelola untuk kepentingan sosial dan ekonomi, berdasarkan kuantitas dan kualitas air, kemampuan dalam menyalurkan air, ketinggian muka air tanah, serta prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk dan danau
3. Bagian Hilir untuk pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, untuk kebutuhan pertanian, air bersih dan untuk pengelolaan air limbah.

2.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi memegang peranan penting yang sangat mempengaruhi kehidupan manusia. Siklus ini terjadi dengan proses perpindahan air dari suatu tempat ke tempat lainnya, yang berdampak pada ketersediaan air di suatu daerah. Dalam siklus hidrologi, matahari membantu dalam proses penguapan, sehingga air terus menerus menguap dan melepaskannya ke atmosfer, hingga air yang menguap tersebut turun sebagai hujan dan salju lalu kembali ke bumi, dan sebagiannya akan menguap kembali ke atmosfer, kemudian sisanya akan kembali ke laut dengan melewati danau dan sungai (Tiwery dkk., 2022). Siklus hidrologi merupakan suatu pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi, proses ini terjadi secara berkelanjutan atau kontinyu. Sejumlah air hujan yang turun ke permukaan bumi akan diserap oleh vegetasi, namun sebagiannya akan mengalir ke permukaan tanah. Air hujan yang mencapai permukaan tanah sebagian akan mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) dan sebagiannya lagi akan masuk ke dalam tanah dan diserap oleh pori-pori (*infiltrasi*). Kemudian, sebagian air yang diserap tersebut akan menjadi aliran air tanah (perkolasi) yang nantinya akan keluar menjadi mata air atau mengalir ke sungai dan berakhir di

laut. Proses ini terjadi secara konstan dan berkelanjutan (Mopangga, 2019). Siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi

Sumber: Kusumadewi dkk (2012)

2.3 Neraca Air

Menurut beberapa ahli neraca air berdasarkan peruntukannya, khususnya di bidang Hidrologi Pengairan, menurut Sosrodarsono dan Takeda (2003), mendefinisikan neraca air merupakan laju masuk (*inflow*) dan keluarnya (*outflow*) air dalam suatu wilayah selama periode waktu tertentu. Dalam Bidang Agrometeorology, Free dan Popov (1979), dalam Oldeman dan Free (1982), mendefinisikan neraca air merupakan perbedaan antara banyak air yang diserap pada tumbuhan dan hilangnya air dari tumbuhan dan tanah melalui penguapan. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa neraca air meliputi segala sesuatu yang masuk dan mengalir dari suatu tempat di muka bumi dalam kurun waktu tertentu (Gamaria, 2018).

Analisis neraca air sangat berguna dalam menentukan ketersediaan air di suatu daerah. Secara hidrologis, ketersediaan air di bumi dipengaruhi oleh faktor jumlah air yang masuk dan keluar pada waktu bersamaan. Dalam sistem tata air, neraca air merupakan bagian terpenting, karena neraca air merupakan suatu

perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air di suatu wilayah pada periode tertentu (Pratama dkk., 2021). Menurut (Noerhayati, 2015), secara umum persamaan neraca air dapat dirumuskan dengan:

$$I = O \pm \Delta S$$

Dimana :

I = Masukan (inflow)

O = Keluaran (outflow)

Adapun yang dimaksud dengan masukan yaitu semua bentuk air yang masuk ke dalam sistemnya, sedangkan keluaran yaitu semua air yang keluar dari sistem. Neraca air dapat dirumuskan sebagai berikut (Noerhayati, 2015):

$$P - Q - G - E - T = \Delta S$$

Dimana:

P = Presipitasi

Q = Debit

G = Aliran dasar

E = Evaporasi

T = Transpirasi

Secara umum manfaat neraca air yang didapatkan dari analisis neraca air yaitu (Anwar, 2021):

1. Sebagai dasar dalam pembangunan konstruksi bangunan penampung dan pendistribusian air dan kanal. Hal itu dapat terjadi apabila analisis dari neraca air menunjukkan banyak terjadi bulan-bulan yang *defisit* air.
2. Sebagai dasar pembangunan saluran drainase dan teknologi pengendali banjir, apabila analisis neraca air menunjukkan banyak bulan-bulan yang *surplus* air.
3. Digunakan untuk memanfaatkan air dalam berbagai kepentingan pertanian seperti sawah, perkebunan, dan perikanan.

2.3.1 Curah hujan

Menurut Jonizar & Utari (2019), curah hujan adalah jumlah air hujan yang terkumpul pada suatu permukaan datar dan tidak menguap, meresap dan mengalir. Curah hujan merupakan salah satu *input* penting dalam sistem tata air, yang menjadi bagian dari Presipitasi. Semua bentuk air yang ada di atmosfer yang turun

ke bumi, baik itu hujan, gerimis, salju, embun dan kabut merupakan bagian dari Presipitasi. Hujan menjadi *input* penting karena curah hujan akan diubah oleh aliran permukaan dan air tanah menjadi sebuah aliran sungai (*runoff*) (Amin dkk., 2018).

2.3.2 Intersepsi

Intersepsi adalah sebagian air hujan yang tertahan dan menempel pada tumbuhan, sebagian akan menguap ke udara, diserap oleh tanaman, sebagian ada yang menjadi aliran batang dan limpasan tajuk. Analisis keseimbangan air (*water balance*) dipengaruhi oleh produksi air pada daerah aliran sungai (DAS), yang disebabkan karena adanya kehilangan air akibat intersepsi dan intersepsi ini menyebabkan adanya sebagian air hujan yang tidak pernah sampai ke permukaan tanah. Air hujan yang jatuh di atas vegetasi disebut hujan kotor (*gross rainfall*) dan air hujan yang mencapai permukaan tanah melalui aliran tajuk dan aliran batang disebut hujan efektif (*net precipitation*) (Rumangit dkk., 2019). Terdapat 3 tipe intersepsi, yaitu kehilangan intersepsi (*interception loss*) yaitu air yang jatuh ke tanaman tetapi sudah menguap sebelum sampai ke tanah, curahan tajuk (*through fall*) dan aliran batang (*stem flow*) (Mustakim dkk., 2021).

Menurut Kustamar (2008), besarnya intersepsi dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan, jenis akomodasi dan kondisi kerapatannya. Dalam kaitannya dengan analisis intersepsi jenis hujan dan kondisi penggunaan lahan maka dikelompokkan menjadi:

1. Hutan yang terdiri dari hutan alam (hutan lindung), hutan rapat, hutan parsial, dan hutan jarang
2. Sawah atau ladang
3. Kebun yang terdiri dari kebun campuran dan kebun sejenis
4. Permukiman
5. Padang rumput
6. Belukar alami

2.3.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan kombinasi antara transpirasi dan penguapan uap air dari dalam tanah dan permukaan yang basah (Suhardi & Marhaenanto,

2022). Evapotranspirasi merupakan perpaduan dari dua proses yaitu evaporasi dan transpirasi. Air menguap dari tanaman melalui daun ke atmosfer disebut dengan transpirasi. Sistem perakaran tanaman menyerap air dalam jumlah yang berbeda-beda yang kemudian dibawa melalui tumbuhan dan melalui mulut daun. Kombinasi dari dua proses tersebut yang saling terpisah yaitu evaporasi kehilangan air dari permukaan tanah dan transpirasi kehilangan air dari tanaman disebut sebagai evapotranspirasi (ET). Pengukuran evaporasi, sangat dipengaruhi oleh kondisi perubahan lingkungan sehingga perlu mempertimbangkan kondisi cuaca dan kondisi saat itu. Berbagai faktor yang mempengaruhi proses transpirasi adalah suhu, kecepatan angin, kelembaban tanah, sinar matahari, gradien tekanan uap, dan sifat tanaman serta kerapatan tanaman (Salsabila & Nugraheni, 2020).

2.3.4 Infiltrasi

Infiltrasi didefinisikan sebagai aliran air yang masuk ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Infiltrasi sangat penting dari sudut pandang hidrologi karena proses tersebut memperlihatkan transisi dari air permukaan yang mengalir cepat ke dalam tanah. Infiltrasi biasanya memberikan tambahan kepada limpasan langsung (aliran cepat) (Zelfiana, 2021). Bergeraknya air ke bawah melalui permukaan tanah disebut dengan infiltrasi dan infiltrasi menjadikan air tersedia untuk pertumbuhan tanaman dan simpanan air tanah (*groundwater*). Beberapa faktor yang penting dalam proses infiltrasi yaitu karakteristik fisik tanah, porositas tanah, kadar air tanah, dan bahan organik (Ramdana dkk., 2021). Menurut Badaruddin dkk., (2021), proses infiltrasi dipengaruhi oleh waktu, banyaknya air yang masuk ke dalam tanah selama periode tertentu disebut kecepatan infiltrasi. Ketika tanah jenuh dengan air maka laju infiltrasi pada suatu tempat akan semakin kecil. Pada titik tertentu laju infiltrasi menjadi tetap, nilai laju inilah yang kemudian disebut perkolasi. Ketika air hujan jatuh ke permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan mengalir ke dalam tanah melalui pori-pori di permukaan tanah, sesuai dengan kondisi biologis di permukaan tanah.

2.3.5 Limpasan (*Runoff*)

Runoff atau limpasan adalah suatu proses dimana air bergerak dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah di permukaan bumi, biasanya

dapat terjadi pada saluran-saluran seperti saluran got, sungai, danau, muara, dan laut. Dalam proses ini, air yang telah melewati siklus hidrologi akan kembali menuju lapisan hidrosfer (Sudirman & Alamsyah, 2019). Menurut Badaruddin dkk., (2021), *runoff* merupakan bagian curah hujan dikurangi evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya yang mengalir ke dalam air sungai karena gaya gravitasinya, yang airnya berasal dari permukaan maupun dari sub permukaan (*sub surface*). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *runoff* yaitu :

1. Faktor yang mempengaruhi volume *runoff*
 - a. Faktor Iklim
 - Presipitasi
 - Evapotranspirasi
 - b. Faktor DAS
 - Ukuran DAS
 - Elevasi DAS
2. Faktor yang mempengaruhi distribusi *runoff*
 - a. Faktor meteorologi
 - Presipitasi (jenis, durasi, intensitas, distribusi berdasarkan waktu dan ruang)
 - Faktor cuaca (angin, suhu, kelembaban, radiasi, keasaman)
 - b. Faktor DAS
 - Topografi (bentuk, lereng, dan aspek DAS)
 - Geologi (struktur dari batuan)
 - Vegetasi (liputan lahan)
 - Jenis tanaman (struktur dan tekstur)
 - Jaringan sungai
 - c. Faktor manusia
 - Bangunan air
 - Teknik pertanian
 - Urbanisasi

2.4 Metode Perhitungan Neraca Air

Dalam menghitung neraca air terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, antara lain sebagai berikut:

2.4.1 Metode F.J Mock

Metode F.J Mock merupakan metode perkembangan dari ilmuwan bernama Dr. F.J. Mock yaitu digunakan dalam menghitung besar suatu debit aliran pada sungai di suatu wilayah dengan menggunakan konsep neraca air. Dalam penggunaannya, hasil perhitungan model Dr. F.J. Mock harus dikalibrasi data pada debit dalam satu tahun agar mendapatkan nilai untuk penentuan parameter dan input ke model (Patabai, 2021).

Menurut Kundimang dkk., (2015), adapun tahapan dalam perhitungan model Dr. F.J. Mock sebagai berikut :

1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan memperhitungkan keadaan tanaman dan permukaan tanah sehingga persamaannya sebagai berikut :

$$E_a = E_t - \Delta E$$

$$\Delta E = E_a \times \left(\frac{m_1}{20}\right) \times (18 - n_3)$$

2. Keseimbangan air permukaan tanah

$$D_s = P_1 - E_a$$

3. Simpanan air tanah

$$I_n = \text{water surplus} \times I$$

$$V_n = k \cdot V(n-1) + 0,5(1+k)I_n$$

$$DV_n = V_n - V(n-1)$$

2.4.2 Metode NRECA

Menurut Noerhayati (2015), model NRECA dikembangkan oleh Crawford (USA) dari sebuah model penyederhanaan dari *Stanford Watershed Model IV* dengan 34 parameter. Adapun persamaan yang digunakan sebagai prinsip dasar metode NRECA ini adalah :

Hujan – Evapotranspirasi aktual + Perubahan tampungan = Limpasan

1. Parameter karakteristik DAS

Nominal = Indeks kapasitas kelengasan tanah (mm), dapat didekati persamaan: $100 + C.Ra$

PSUB = PSUB merupakan karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 0 – 2 m. Nilai PSUB berkisar 0,3 -0,9 tergantung pada sifat lulus air tanah

GWF = GWF adalah karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 2-10 m

SM stor = Simpanan kelengasan tanah (*soil moisture storage*)

GW stor = Simpanan air tanah (*ground water storage*)

2. Simpanan kelengasan tanah (*soil moisture storage/SM store*)

$$SM_i = SM_{i-1} + \Delta Stor_{i-1}$$

3. Simpanan air tanah (*ground water storage/ GWStor*)

$$BSG_{i+1} = ESG_i - GWFLOW_i$$

Sedangkan tampungan akhir dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$ESG_i = BSG_i + RECH_i$$

2.4.3 Metode *Thornthwaite Mather*

Metode *Thornthwaite Mather* digunakan untuk menghitung neraca air berdasarkan penambahan (*input*) dan pengeluaran (*output*) air selama periode waktu tertentu. Perhitungan menggunakan metode ini didasarkan pada kecukupan data iklim, jenis tanah dan tutupan lahan (Hartanto, 2017). Metode *Thornthwaite Mather* ini didasarkan pada konsep neraca air, dan digunakan untuk menentukan kondisi air secara kuantitas dan limpasan (*runoff*) pada tiap bulannya pada satu tahun. Metode *Thornthwaite Mather* berguna dalam memprediksi aliran bulanan pada tingkat signifikansi relatif sama (nilai R^2 -nya) sekitar 90% (Hidayat dkk., 2018). Metode *Thornthwaite Mather* dapat digunakan untuk memperkirakan dan menghitung evapotranspirasi potensial. Berdasarkan persamaan tersebut, perhitungan evapotranspirasi potensial mempertimbangkan suhu udara sebagai indeks panas dan koreksi letak lintang posisi daerah penelitian (Hartanto, 2017).

1. Curah Hujan (P)

Curah hujan adalah sejumlah air yang turun pada suatu wilayah dalam waktu tertentu. Untuk mengetahui besarnya curah hujan yang jatuh dapat digunakan alat yang disebut dengan penakar hujan yang terdapat di stasiun-stasiun BMKG (Gamaria, 2018).

2. Potensi Evapotranspirasi (PE)

Potensi evapotranspirasi adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi cuaca dimana kondisi persediaan air cukup. Berlangsungnya potensi evapotranspirasi apabila pasokan air untuk stomata dan permukaan tanah tidak terbatas. Tanaman dengan kondisi air yang cukup akan memperlihatkan pertumbuhan yang optimal pada suhu tertentu yakni pada suhu 30°, namun ketika melebihi suhu tersebut maka akan berpotensi mengganggu pertumbuhan (Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, 2020). Potensi evapotranspirasi adalah potensi atmosfer yang dapat mengambil air dari permukaan tanah. Dalam metode *Thornthwaite*, evapotranspirasi potensial (PE) dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tanjung, 2018):

$$PE = f.PEx$$

$$PEx = 16 (10. T_a/I)^a$$

Dimana :

$$a = 67,5 \times 10^{-8}I^3 - 77,1 \times 10^{-6}I^2 + 0,017921.I + 0,49239$$

$$i = (T_a/5)^{1.514}$$

$$I = i_1 + i_2 + \dots + i_{12}$$

Keterangan :

PE = Evapotranspirasi potensial (mm/bln)

PEx = Evapotranspirasi potensial yang belum terkoreksi (mm/bln)

T = Suhu udara rata-rata bulanan

f = Faktor koreksi lama penyinaran matahari bulanan berdasarkan letak lintang

I = Indeks panas bulanan

Tabel 2. 1 Faktor Penyesuaian untuk Persamaan *Thorntwaite and Mather*

LU	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
0°	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5°	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10°	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15°	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.11	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20°	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25°	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
30°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35°	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.1	1.03	0.97	0.86	0.85
40°	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45°	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50°	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.7

LS	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
5°	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10°	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15°	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20°	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25°	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.1	1.11	1.18
30°	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35°	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40°	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.2	1.29
45°	1.31	1.09	1.07	0.91	0.83	0.73	0.8	0.91	0.99	1.17	1.24	1.34
50°	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.2	1.41

Sumber: Wicaksono dkk (2015)

3. Selisih nilai potensial evapotranspirasi dan curah hujan (P-PE)

Mencari nilai selisih potensial evapotranspirasi dan curah hujan dilakukan dengan cara mengurangi jumlah curah hujan (P) bulan tertentu dengan evapotranspirasi (PE) pada bulan yang sama. Terjadinya *surplus* air, apabila didapat nilai positif, namun jika diperoleh hasil negatif maka kondisi *defisit* air (Widiyono, 2016).

P- PE

Keterangan :

P = Data curah hujan (mm/bln)

PE = Nilai evapotranspirasi potensial (mm/bln)

4. Akumulasi Potensi Kehilangan Air (APWL)

APWL adalah nilai kumulatif bulanan dari selisih curah hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (PE). Dalam menghitung APWL ada dua ketentuan, yaitu terjadinya bulan basah apabila $P-PE > 0$, maka nilai APWL sama dengan 0 dan pada periode $P-PE < 0$ terjadi bulan kering, maka nilai APWL didapat dengan cara menjumlahkan nilai APWL bulan

sebelumnya dengan nilai $P-PE$ pada bulan yang dianalisis (Cahyono dkk., 2017)

- Pada ($P-PE > 0$) bulan basah, maka nilai $APWL$ sama dengan 0
- Pada ($P-PE < 0$) bulan kering, dengan menjumlahkan nilai selisih ($P-PE$) setiap bulan dengan nilai ($P-PE$) bulan sebelumnya.

5. Lugas Tanah

Kemampuan tanah dalam menyimpan air disebut dengan lugas tanah. tetapi tanah berpotensi terjadinya kekeringan hal ini terjadi apabila jenis tanah tidak mampu menyerap, menyimpan, maupun meloloskan air. Dalam melakukan pendugaan kemampuan tanah menyimpan air (*Water Holding Capacity*) dapat menggunakan peta tanah untuk mengetahui tipe tanah yang ada di suatu wilayah dan penggunaan lahan (vegetasi penutup) untuk menentukan kedalaman zona perakaran berdasarkan jenis tanaman. Dengan mengetahui penggunaan lahan dan jenis tanah, selanjutnya digunakan tipe kombinasi tekstur tanah dan vegetasi penutup (penggunaan lahan) yang dominan pada wilayah pengamatan maka dapat diketahui nilai air tersedia, zona perakaran dan nilai lugas tanah tertahan (WHC) wilayah pengamatan tersebut melalui tabel pendugaan nilai air tersedia yang terdapat dalam Tabel 2.1 (Rezcky, 2020).

Tabel 2.2 Pendugaan *Water Holding Capacity* Berdasarkan Kombinasi Tekstur Tanah dan Vegetasi Penutup

Jenis Tanah	Air tersedia (mm/m)	Kedalaman Perakaran (m)	Kemampuan tanah menahan air (mm)
Tanah Perakaran dangkal (bayam, kacang, wortel)			
Pasir halus	100	0.50	50
Lempung berpasir halus	150	0.50	75
Lempung berdebu	200	0.62	152
Lempung berliat	250	0.40	100
Lempung	300	0.25	75
Tanaman Perakaran Sedang (jagung, tembakau, dll)			

Pasir halus	100	0.75	75
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.00	200
Lempung berliat	250	0.80	200
Lempung	300	0.50	150
Tanaman Perakaran Dalam (legume, padang rumput, semak belukar)			
Pasir halus	100	1.00	100
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.25	250
Lempung berliat	250	1.00	250
Lempung	300	0.67	200
Tanaman Perkebunan			
Pasir halus	100	1.50	150
Lempung berpasir halus	150	1.67	250
Lempung berdebu	200	1.5	300
Lempung berliat	250	1.00	250
Lempung	300	0.67	200
Hutan			
Pasir halus	100	2.50	250
Lempung berpasir halus	150	2.00	300
Lempung berdebu	200	2.00	400
Lempung berliat	250	1.60	400
Lempung	300	1.17	350

Sumber: Thornthwaite and Mather dalam Wijayanti dkk (2015)

a. Menghitung Kelengasan Tanah

Kelengasan tanah dapat diketahui dengan cara menghitung jumlah bulan basah dan bulan kering, pada bulan-bulan basah ($P > PE$), maka nilai ST untuk tiap bulannya sama dengan WHC, sedangkan

pada bulan-bulan kering ($P < PE$), maka nilai ST untuk tiap bulannya dihitung dengan (Rezcky, 2020)

$$ST = ST_0 \cdot e^{\left(\frac{APWL}{ST_0}\right)}$$

Keterangan :

ST = Kandungan lengas tanah dalam daerah perakaran (mm)

ST_0 = Kandungan lengas tanah dalam kondisi lapang (mm),

ST_0 yang dimaksud dalam rumus ini nilainya = WHC

e = Bilangan Nevier ($e = 2,718$)

$APWL$ = Jumlah kumulatif dari defisit curah hujan (mm)

b. Perubahan Kelengasan Tanah (ΔST)

Perubahan kandungan lengas tanah (ΔST) tiap bulan diperoleh dengan cara mengurangi lengas tanah (ΔST) pada bulan yang bersangkutan dengan (ST) pada bulan sebelumnya, sehingga nilai negatif menyebabkan tanah menjadi kering (Rezcky, 2020)

$$\Delta ST = ST_2 - ST_1$$

Keterangan :

ST_1 = Cadangan lengas tanah bulan sebelumnya (mm/bln)

ST_2 = Cadangan lengas tanah bulan terkait (mm/bln)

6. Evapotranspirasi Aktual (AE)

Evapotranspirasi aktual merupakan evapotranspirasi yang terjadi di lapangan. Air yang menguap selama evapotranspirasi meliputi air intersepsi, air di permukaan tanah dan air dalam tanah sebagai lengas tanah. Evapotranspirasi aktual juga didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana evapotranspirasi sangat bergantung pada jumlah curah hujan yang terjadi (Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, 2020). Adapun persamaannya yaitu (Cahyono dkk., 2017)

- Bulan basah ($P > PE$), maka nilai $AE = PE$ dan
- Bulan kering ($P < PE$), maka nilai $AE = P - \Delta ST$

7. Perhitungan *Surplus* (S)

Surplus atau kelebihan lengas tanah yang terjadi didapat dengan menghitung selisih (P-PE) dengan ΔST . Apabila hasil perhitungan negatif (-) maka nilai S dianggap 0 (Cahyono dkk., 2017). Nilai *surplus* (S) didapatkan dengan persamaan yaitu:

$$S = (P - PE) - \Delta ST$$

Keterangan :

S = Kondisi air *surplus*

(P – PE) = Nilai dan curah hujan dikurangi evapotranspirasi potensial (mm/bln)

ΔST = Perubahan lengas tanah (mm/bln)

8. Perhitungan *Defisit* (D)

Defisit atau kekurangan lengas tanah yang terjadi didapat dengan perhitungan selisih antara PE dengan AE (Cahyono dkk., 2017).

$$D = PE - AE$$

Keterangan :

D = Defisit mm/bln)

PE = Evapotranspirasi Potensial (mm/bln)

AE = Evapotranspirasi Aktual (mm/bln)

9. Perhitungan *Runoff*

Runoff merupakan limpasan, *Thornthwaite and Mather* membagi *runoff* menjadi dua bagian 50% dari surplus bulan sekarang sedangkan sisanya 50% diasumsikan tertahan dan akan menjadi limpasan pada bulan berikutnya. Dimana rumus untuk *runoff* yaitu (Tanjung, 2018).

RO total per bulan = RO bulan terkait +RO bulan sebelumnya

$$RO = (s/50\%)$$

Keterangan :

RO = *runoff* (mm/bln)

S = Kondisi air *surplus* (mm/bln)

2.5 Penutupan dan Penggunaan Lahan

Lahan merupakan suatu wilayah yang dimanfaatkan untuk kepentingan tertentu yang dinyatakan dalam satuan hektar (ha). Lahan merupakan sumber daya terpenting dalam pembangunan suatu wilayah yang menjadi tumpuan dari berbagai kepentingan (Risnawati & Ikhsan, 2021). Lahan merupakan potensi alam yang dapat dikembangkan serta menjadi media lingkungan tempat untuk menghasilkan pangan, perumahan, lain-lain. Meningkatnya populasi masyarakat berpengaruh terhadap peningkatan kegiatan pembangunan yang berdampak terhadap perpindahan pola pemanfaatan. Kerap ditemukan ragam pemanfaatan lahan yang tidak memenuhi kapasitas lahan tersebut, yang akan mengakibatkan muncul beragam permasalahan, diantaranya adanya kerusakan lahan, berkurangnya produktivitas lahan yang berakibat terjadinya pencemaran tanah (Permatasari, 2017).

Tutupan lahan (*land cover*) merupakan karakteristik biofisik dari permukaan bumi pada wilayah tertentu baik itu berupa vegetasi maupun bangunan. Sedangkan penggunaan lahan yaitu pemanfaatan suatu lahan oleh manusia untuk kepentingan tertentu, misalnya suatu wilayah yang digunakan untuk membangun perumahan dan lain-lainnya. Penutupan lahan (*land cover*) adalah tutupan lahan pada suatu wilayah yang menunjukkan keadaan bentuk lahan serta iklim local tersebut. Penutupan lahan biasanya terdiri dari tanaman berupa pohon, rumput, air atau bangunan. Untuk mempermudah dalam mengetahui informasi tutupan lahan pada suatu wilayah, dapat dilakukan dengan citra penginderaan jauh, foto udara, foto satelit dan teknologi lainnya dalam mengidentifikasi tutupan lahan pada suatu daerah (Radeng, 2021).

2.5.1 Perubahan penutupan dan penggunaan lahan

Perubahan tutupan lahan dapat didefinisikan sebagai segala bentuk investasi oleh manusia pada lahan untuk memenuhi kebutuhannya. Perubahan tersebut menimbulkan terjadinya perubahan fungsi lahan, bentuk dan kualitas lahan. Hal ini memiliki efek baik dan buruk yang menjadi dampak dari perkembangan sosial serta ekonomi masyarakat (Syahputra dkk., 2021). Perubahan tutupan lahan dapat dinilai dengan menggunakan batas Daerah Aliran Sungai (DAS) karena memiliki keistimewaan bentuk dan komposisi ekosistem

tersendiri. Pengurangan tutupan vegetasi di DAS dapat meningkatkan kecepatan aliran permukaan dan menurunkan daya penyerapan atau infiltrasi dan evapotranspirasi (Salim dkk., 2019). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keragaman perubahan tipe tutupan lahan seperti adanya aktivitas manusia yang memanfaatkan lahan misalnya ladang atau tegalan, kebun campuran dan bangunan permukiman desa, terjadinya fenomena alam seperti banjir akibat hujan dan pasang surut air dari sungai, aktivitas penanaman hutan dan suksesi hutan akan bertambah keanekaragaman seiring dengan waktu (Damayanti dkk., 2021). Menurut Nurhidayat (2021), alih fungsi lahan lebih sering terjadi pada tanah sawah dibandingkan dengan tanah kering karena disebabkan oleh tiga faktor yaitu:

1. Pengembangan aktivitas non pertanian seperti kompleks perumahan, perkantoran, pertokoan, dan kawasan industri lebih mudah dilakukan di lahan sawah yang datar daripada di lahan kering
2. Hasil dari pembangunan masa lalu yang lebih berfokus terhadap upaya peningkatan produk padi maka pembangunan ekonomi lebih siap di lahan persawahan daripada lahan kering.
3. Daerah persawahan umumnya lebih mendekati wilayah perkotaan yang relatif padat penduduk dibandingkan daerah tanah kering terutama wilayah perbukitan dan pegunungan.

Alih fungsi lahan biasanya berhubungan dengan proses jalannya perkembangan wilayah, bahkan dapat dikatakan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan dampak dari perkembangan wilayah.

2.5.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penutupan lahan dan penggunaan lahan

Menurut Tuakora dkk., (2022), ada dua faktor utama pemicu terjadinya perubahan tutupan lahan yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam tidak lain karena adanya bencana alam seperti gempa bumi, longsor, banjir, erosi, kebakaran hutan serta letusan gunung merapi. Sedangkan faktor manusia karena aktivitas manusia yang melakukan penebangan liar, penyerobotan lahan dan kebakaran. Perubahan tutupan dan alih fungsi lahan timbul karena berbagai pemicu dan tokoh-tokoh yang menyebabkan tingkat perubahan tertentu. Ada dua

penyebab perubahan lahan yaitu penyebab dasar dan penyebab langsung. Penyebab langsung adalah kegiatan atau perilaku yang dilakukan manusia yang secara langsung mempengaruhi pemanfaatan lahan, dan penyebab mendasar yaitu pergerakan pertumbuhan populasi manusia atau kebijakan pertanian (Juniyanti dkk., 2020).

Menurut Mardeni (2021), perkembangan penggunaan lahan memiliki dua faktor utama yang menyebabkan kota selalu bersifat dinamis yaitu:

1. Demografis penduduk, yaitu semakin tinggi jumlah penduduk maka semakin tinggi pula perkembangan penggunaan lahan
2. Aktivitas penduduknya, yaitu aktivitas perekonomian bahwa semakin membaik kondisi ekonomi masyarakat (pendapatan) maka semakin mempercepat perkembangan penggunaan lahan.

Pada tingkat daerah perubahan penggunaan lahan sebagian besar terpengaruhi karena perkembangan wilayah tersebut seperti perubahan struktur ekonomi masyarakat, bertambahnya populasi serta urbanisasi penduduk dan pelaksanaan penataan ruang yang tetap. Di sisi lain, tanpa disadari perkembangan sarana transportasi, bertambahnya lahan industry, lahan untuk area pemukiman dan penambahan lahan persawahan, juga mempengaruhi perubahan penggunaan lahan. Menurut Yusuf dkk., (2018), yang menjadi faktor utama dalam perubahan tutupan lahan yaitu manusia itu sendiri dan pemicu perubahan tutupan lahan adalah faktor sosial ekonomi. Kehidupan manusia tidak terlepas dari aspek sosial ekonomi, yaitu upaya pemenuhan kebutuhan hidup.

2.5.3 Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi

Adanya perubahan tutupan lahan pada suatu DAS akan mempengaruhi sistem air pada DAS tersebut. Perubahan dari tipe tutupan lahan dengan evapotranspirasi rendah terhadap tipe tutupan lahan dengan evapotranspirasi tinggi yang menjadi penyebab penurunan aliran sungai tahunan (Yusuf dkk., 2018). Perubahan karakteristik DAS yang terlihat antara lain adalah peningkatan titik luapan genangan banjir, erosi lahan pertanian dan sedimentasi sungai (Fadhil dkk., 2021). Menurut Pribadi dkk., (2020), perubahan lahan berupa alih fungsi lahan dapat menurunkan fungsi hutan sebagai pengendali hidrologi DAS,

sehingga terjadi peningkatan aliran permukaan (*runoff*). Meningkatnya aliran permukaan mempengaruhi luapan sungai hal ini disebabkan oleh beban limpasan yang melebihi kapasitas saluran, dan disebabkan juga tingginya debit limpasan hujan pada DAS. Banjir yang terjadi karena luapan air di sungai akan membawa lumpur sehingga rusaknya berbagai properti yang menimbulkan kerugian besar bagi masyarakat sekitar. Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada wilayah hulu DAS menyebabkan lahan-lahan terbuka sehingga terjadi penurunan fungsi lahan dan kritis sehingga menyebabkan erosi, banjir dan kekeringan. Alih fungsi lahan hutan menjadi kawasan pemukiman menghilangkan fungsi daerah hulu sebagai wilayah resapan air yang akan melindungi wilayah di bawahnya. Keberadaan hutan dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap sistem hidrologi DAS, namun tutupan hutan yang optimal bervariasi di setiap wilayah tergantung pada biofisik DAS (wilayah) (Salim dkk., 2019).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan untuk mengetahui bagaimana metode dan hasil penelitian tertentu diperoleh dan penelitian terdahulu menjadi acuan untuk penulis dalam menganalisis suatu penelitian. Pada bagian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Adapun berikut ini ialah beberapa penelitian terdahulu yang masih relevan dengan penelitian ini yaitu:

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Salim dkk., (2019)	Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu	Penurunan luas tutupan hutan dapat meningkatkan debit dan aliran permukaan, sebaliknya peningkatan luas hutan akan meningkatkan infiltrasi dan evapotranspirasi. Hutan yang dikonversi menjadi pemukiman akan meningkatkan limpasan permukaan dan yang dikonversi menjadi pertanian lahan kering akan

			meningkatkan besarnya erosi.
2	Pribadi dkk., (2020)	Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di Das Sampean Kabupaten Bondowoso	Perubahan tutupan lahan pada DAS Sampean periode tahun 2003 – 2016 pada berbagai jenis tutupan lahan menyebabkan terjadinya kenaikan debit selama 1 tahun yaitu sebesar 4 m ³ /s. Sedangkan berdasarkan data debit maksimum tahunan selama 16 tahun yaitu didapatkan kenaikan sebesar 42 m ³ /s. Selain itu pada 2003 - 2016 juga terjadi nya peningkatan aliran permukaan sebesar 35.81 mm (6.12%). Peningkatan juga terjadi pada total air sungai sebesar 114 mm (8.08%). Penurunan terjadi pada aliran dasar sebesar 104.99 mm (26.46%). Penurunan aliran dasar ini disebabkan karena kemampuan infiltrasi lahan yang telah menurun dan tidak mampu menyerap air hujan dengan maksimal.
3	Wijayanti dkk., (2015)	Dampak Perubahan Iklim Terhadap Imbangan Air Secara Meteorologis dengan Menggunakan Metode <i>Thornthwaite Mather</i> untuk Analisis Kekritisan Air di Karst Wonogiri	Analisis neraca air dengan menggunakan metode <i>Thornthwaite Mather</i> dipengaruhi oleh kondisi curah hujan dan kondisi tanah serta jenis vegetasi penutup yaitu pada daerah penelitian dengan nilai WHC sebesar 112,92, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan lahan di wilayah penelitian untuk menyimpan dan mengikat air termasuk rendah yang disebabkan oleh jenis tanah yang ada memiliki kedalaman tanah dangkal hingga sedang serta struktur tanah kersai dan pasiran. Jenis vegetasi penutup yang berupa palawija dengan

			zone parakaran dangkal dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air dari curah hujan di wilayah penelitian termasuk cukup tinggi dengan 7-8 bulan yang surplus.
4	Nasrullah & Kartiwa (2010)	Analisis Alih Fungsi Lahan dan Keterkaitannya dengan Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh	Berkurangnya luas hutan dan peningkatan luas pemukiman telah menyebabkan penurunan produksi air tahunan dan debit rata-rata, serta peningkatan debit maksimum dan rasio debit maksimum-minimum pada daerah penelitian
5	(Hartanto, 2017)	Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau Menggunakan Metode <i>Thornthwaite</i>	Perhitungan neraca air metode <i>Thornthwaite</i> mampu menunjukkan dalam setahun daerah penelitian akan <i>surplus</i> air selama tujuh bulan, yaitu bulan Januari sampai Mei dan November hingga Desember. <i>Defisit</i> air terjadi selama lima bulan yaitu antara bulan Juni sampai Oktober. Total dalam satu tahun masih terjadi <i>surplus</i> air sebesar 896,4 mm /tahun.

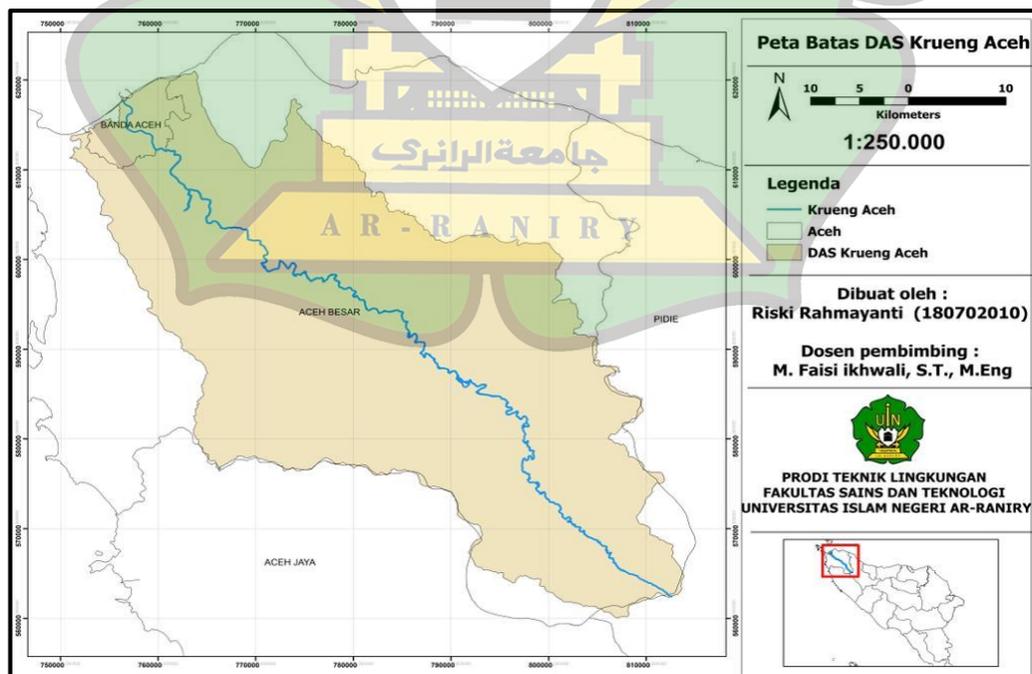
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di DAS Krueng Aceh dengan stasiun hujan berpengaruh terhadap DAS Krueng Aceh. DAS Krueng Aceh berhulu di pegunungan Aceh Besar dan mengalir sebagian besar wilayah Aceh Besar dan Banda Aceh dan bermuara di Selat Malaka dengan luas 178.694,16 ha. Secara geografis DAS Krueng Aceh terletak pada posisi Bujur Timur (BT) $95^{\circ}11'41''$ - $95^{\circ}49'46''$ dan Lintang Utara (LU) $5^{\circ}3'41''$ - $5^{\circ}38'10''$. DAS Krueng Aceh didominasi oleh dataran rendah yaitu daerah cekungan dan dataran, serta bukit bergelombang, pegunungan dan perbukitan. Topografi wilayah beragam dari datar sampai curam yang terletak pada ketinggian 0-17 mdpl. Pada wilayah tengah memanjang hingga hilir didominasi oleh dataran dengan lereng 0,8%, sedangkan bagian hulu dihipit oleh perbukitan dan pegunungan. Bukit bergelombang dengan luas 17 % dari luas wilayah terdapat di pinggir bagian hilir. Adapun peta dari lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



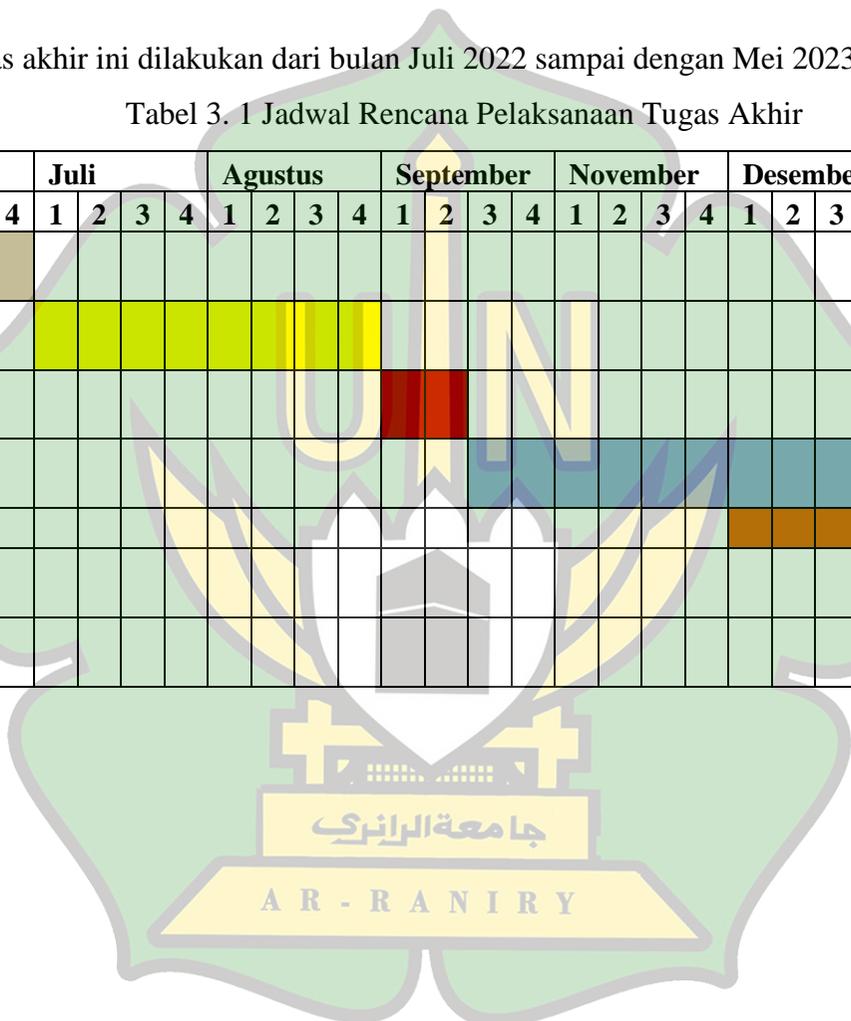
Gambar 3. 1 Peta DAS Krueng Aceh

3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun penelitian tugas akhir ini dilakukan dari bulan Juli 2022 sampai dengan Mei 2023, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Rencana Pelaksanaan Tugas Akhir

No	Kegiatan	Juni				Juli				Agustus				September				November				Desember				Januari				Februari				Mei		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Pengumpulan literature																																			
2	Penyusunan proposal																																			
3	Seminar proposal																																			
4	Pelaksanaan penelitian																																			
5	Analisis data																																			
6	Penyusunan laporan akhir																																			
7	Sidang Tugas Akhir																																			

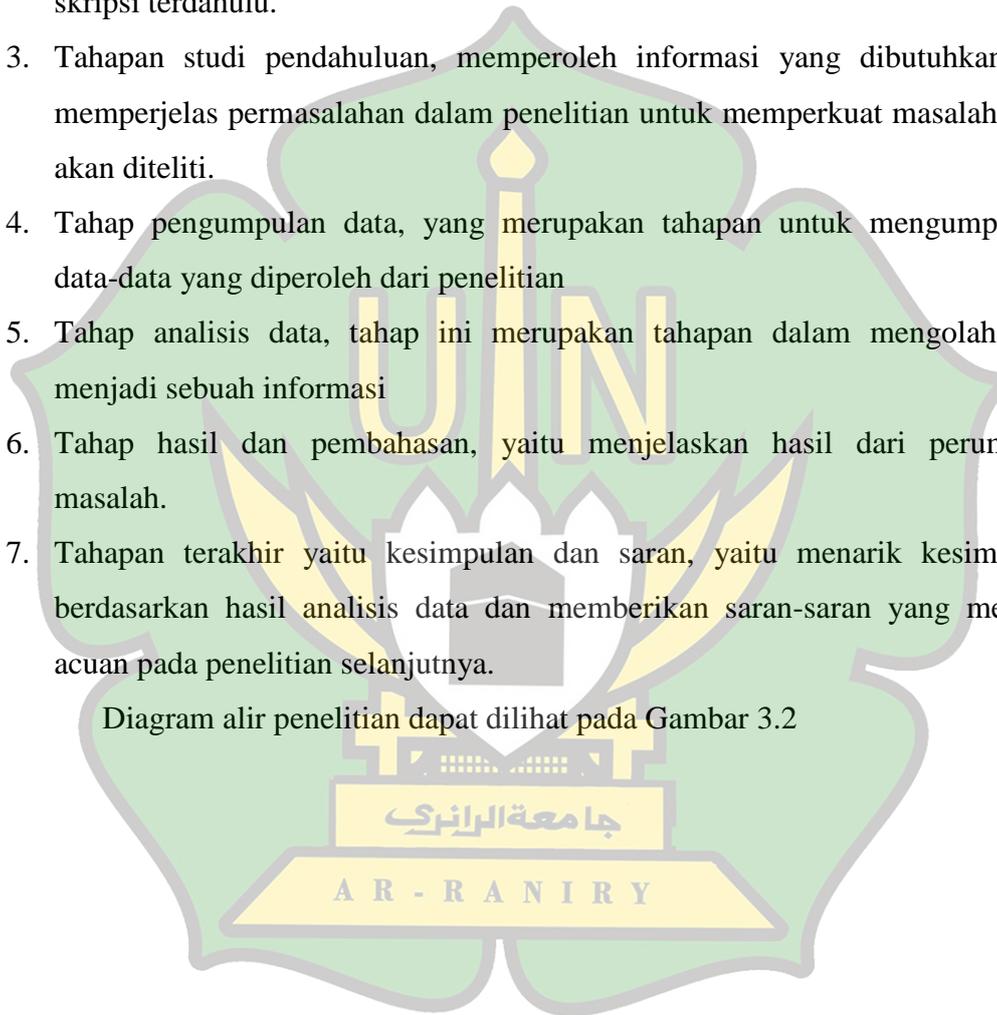


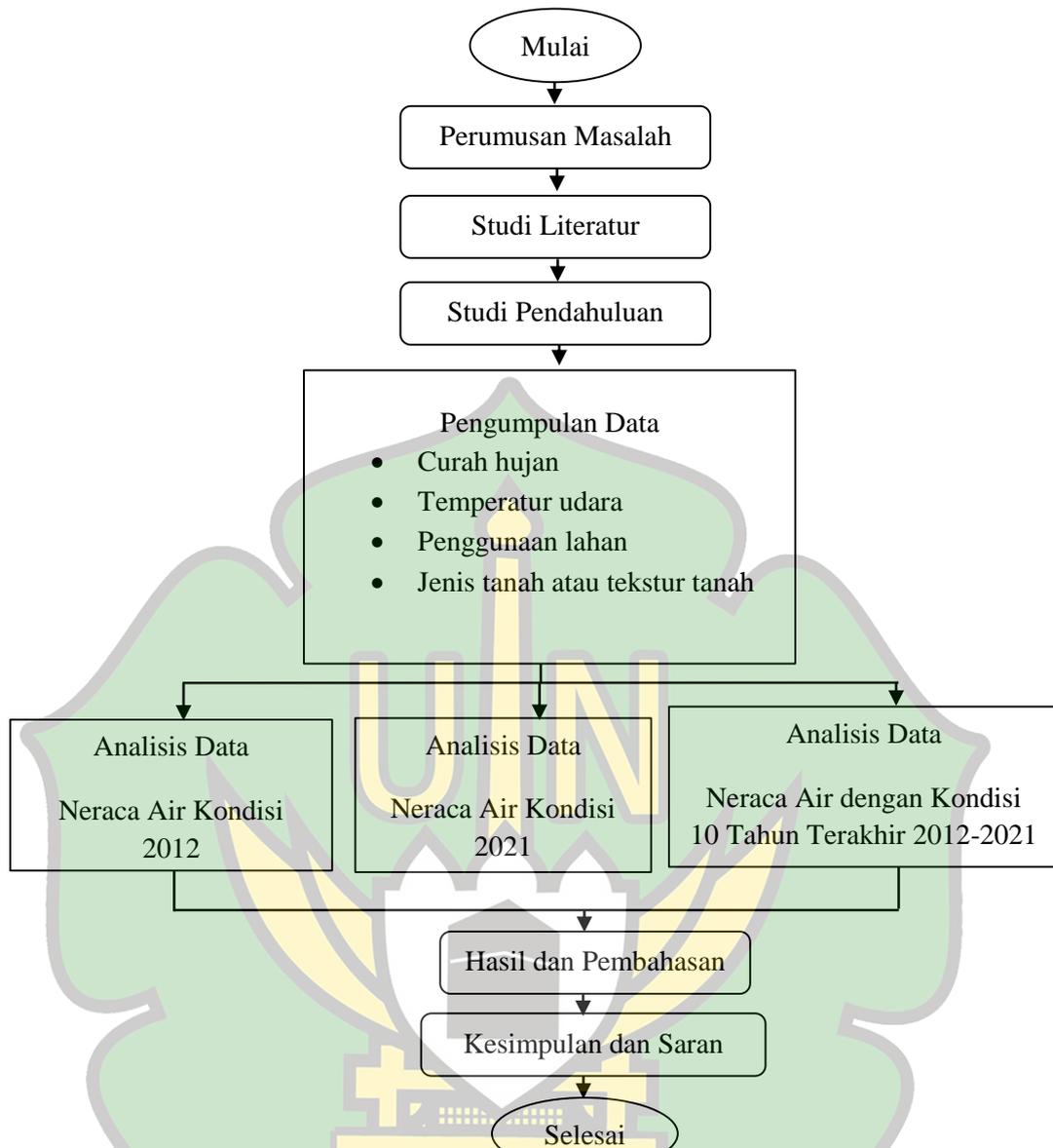
3.2 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

1. Tahapan perumusan masalah yaitu langkah awal yang diteliti dari suatu masalah, kemudian tahapan untuk menyusun pertanyaan mengenai masalah yang akan dipecahkan.
2. Tahap studi literatur, mencari informasi yang bersumber dari buku, jurnal dan skripsi terdahulu.
3. Tahapan studi pendahuluan, memperoleh informasi yang dibutuhkan dan memperjelas permasalahan dalam penelitian untuk memperkuat masalah yang akan diteliti.
4. Tahap pengumpulan data, yang merupakan tahapan untuk mengumpulkan data-data yang diperoleh dari penelitian
5. Tahap analisis data, tahap ini merupakan tahapan dalam mengolah data menjadi sebuah informasi
6. Tahap hasil dan pembahasan, yaitu menjelaskan hasil dari perumusan masalah.
7. Tahapan terakhir yaitu kesimpulan dan saran, yaitu menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dan memberikan saran-saran yang menjadi acuan pada penelitian selanjutnya.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2





Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yaitu mengumpulkan referensi dan literatur-literatur yang menjadi landasan teori dalam pelaksanaan penelitian.

3.3.2 Pengumpulan Data

Data dapat dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah pengumpulan data yang diperoleh langsung atau diambil dengan cara pengukuran langsung di lapangan saat penelitian dilaksanakan. Sedangkan

data sekunder adalah data yang didapatkan dari pengumpulan data yang dilakukan oleh pihak lain, baik itu data lapangan yang dikumpulkan secara langsung, hasil studi atau penelitian.

Data primer dalam penelitian ini hanya digunakan untuk keakuratan data sekunder yang menjelaskan karakteristik wilayah DAS Krueng Aceh namun tidak mempengaruhi dalam perhitungan. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan pada tugas akhir ini yaitu peta tata guna lahan yang diperoleh dari Lapak GIS, data temperatur dan suhu yang diperoleh dari BMKG dan literatur terkait topik tugas akhir yang menggambarkan karakteristik wilayah DAS Krueng Aceh.

3.4 Perhitungan dan Pengolahan Data

Berikut ini adalah tahapan-tahapan pengolahan data dalam menghitung neraca air pada DAS Krueng Aceh:

1. Curah Hujan (P)

Data curah hujan didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Aceh Besar

2. Potensi Evapotranspirasi (PE)

Dalam metode *Thornthwaite Mather*, evapotranspirasi potensial (PE) dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tanjung, 2018):

$$PE = f.PEx \dots \dots \dots (1)$$

$$PEx = 16 (10. T/I)^a \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

$$a = 67,5 \times 10^{-8}I^3 - 77,1 \times 10^{-6}I^2 + 0,017921.I + 0,49239 \dots \dots \dots (3)$$

$$i = (T/5)^{1.514} \dots \dots \dots (4)$$

$$I = i_1 + i_2 + \dots + i_{12} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

PE = Evapotranspirasi potensial (mm/bln)

PEx = Evapotranspirasi potensial yang belum terkoreksi (mm/bln)

T = Temperatur udara rata-rata bulanan

f = Faktor koreksi lama penyinaran matahari bulanan berdasarkan letak lintang

I = Indeks panas bulanan

Untuk menghitung potensi evapotranspirasi (PE) dibutuhkan data suhu rata-rata bulanan pada daerah penelitian dan kemudian membuat tabel perhitungan untuk potensi evapotranspirasi. Sebelum menghitung potensi evapotranspirasi (PE) dengan menggunakan persamaan (1), maka terlebih dahulu untuk menghitung nilai (i) yaitu indeks panas bulanan dengan menggunakan persamaan (4) yang kemudian nantinya dijumlahkan untuk mendapatkan total hasil (I) untuk mencari hasil (a) dengan menggunakan persamaan (3). Selanjutnya menghitung evapotranspirasi potensial yang belum terkoreksi (PE_x) dengan menggunakan persamaan (2) setelah didapatkan hasil PE_x per bulan selanjutnya dikalikan dengan nilai (f) yaitu faktor koreksi lama penyinaran matahari bulanan berdasarkan letak lintang yaitu persamaan (1), sehingga dihasilkan nilai akhir (PE) potensi evapotranspirasi.

3. Selisih nilai potensial evapotranspirasi dan curah hujan (P-PE)

Dimana rumus untuk P-PE yaitu nilai data curah hujan dikurangi evapotranspirasi potensial yaitu (Widiyono, 2016)

$$P - PE \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

P = Data curah hujan (mm/bln)

PE = Nilai evapotranspirasi potensial (mm/bln)

Setelah didapatkan hasil potensi evapotranspirasi (PE) selanjutnya membuat tabel baru untuk menghitung semua komponen neraca air. Pertama menghitung selisih nilai potensial evapotranspirasi dan curah hujan (P-PE) dengan menggunakan persamaan (6) yaitu nilai curah hujan (P) dikurangi dengan nilai potensi evapotranspirasi (PE) sehingga diperoleh selisih diantara kedua nilai tersebut.

4. Akumulasi Potensi Kehilangan Air (APWL)

Nilai akumulasi potensi kehilangan air tanah (*Accumulation Potential Water Loss*) adalah (Cahyono dkk., 2017)

- Pada ($P - PE > 0$) bulan basah, maka nilai APWL sama dengan nol
- Pada ($P - PE < 0$) bulan kering, dengan menjumlahkan nilai selisih ($P - PE$) setiap bulan dengan nilai ($P - PE$) bulan sebelumnya.

Untuk menghitung nilai akumulasi potensi kehilangan air tanah (APWL) yaitu dilihat berdasarkan keadaan pada tiap bulannya yaitu jika bulan basah dengan ditandai nilai P-PE lebih besar dari nol maka untuk nilai APWL nya sama dengan nol. Tetapi jika bulan kering yaitu nilai P-PE lebih kecil dari nol maka nilai APWL nya didapatkan dengan cara menambahkan nilai P-PE bulan terkait dengan APWL bulan sebelumnya.

5. Menghitung Kelengasan Tanah

Rumus untuk kelengasan tanah adalah (Rezcky, 2020)

$$ST = STo. e^{\left(\frac{APWL}{Sto}\right)} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

ST = Kandungan lengas tanah dalam daerah perakaran (mm)

STo = Kandungan lengas tanah dalam kondisi lapang (mm), STo yang dimaksud dalam rumus ini nilainya = WHC

e = Bilangan Nevier (e = 2,718)

APWL = Jumlah kumulatif dari *defisit* curah hujan (mm)

Sebelum menghitung nilai kandungan kelengasan tanah, maka terlebih dahulu untuk menghitung nilai *Water Holding Capacity* (WHC). Data utama yang dibutuhkan untuk menghitung WHC yaitu harus diketahuinya klasifikasi luas penggunaan lahan pada daerah penelitian. Untuk penggunaan lahan sendiri didapatkan dari peta tata guna lahan sesuai tahun yang diinginkan. Selanjutnya menentukan jenis dan tekstur tanah pada tiap-tiap penggunaan lahan. Kemudian membuat tabel untuk menghitung nilai WHC, setelah diketahui klasifikasi penggunaan lahan, luas area (ha) dan tekstur tanah, maka selanjutnya nilai luas (ha) dalam setiap penggunaan lahan dibagi dengan jumlah total keseluruhan penggunaan lahan lalu dikalikan 100, cara tersebut untuk mendapatkan persen luas area. Selanjutnya menentukan air tersedia serta kedalaman zona perakaran untuk setiap klasifikasi penggunaan lahan dengan melihat tabel *Water Holding Capacity* (WHC) yaitu pada Lampiran 1. Sehingga untuk mendapatkan nilai akhir WHC dengan mengalikan persen luas area dengan air tersedia dan zona perakaran dan menjumlahkan total akhir nilai WHC yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kandungan lengas tanah (ST).

Untuk memudahkan dalam menghitung lengas tanah (ST) maka dibuat tabel selanjutnya untuk menghitung (ST) yaitu pertama menghitung terlebih dahulu nilai APWL/Sto, Sto merupakan kandungan lengas tanah dalam kondisi lapang, nilai Sto yang dimaksud nilai nya sama dengan total WHC. Sehingga nilai APWL dibagi dengan nilai Sto, selanjutnya menghitung nilai ST menggunakan persamaan (7) yaitu nilai $WHC = Sto$ dikalikan nilai e (2,718) yang merupakan bilangan nevier dan dipangkatkan hasil dari nilai APWL/Sto.

6. Perubahan Kelengasan Tanah (ΔST)

Rumus perubahan kandungan lengas tanah (ΔST) adalah (Rezcky, 2020)

$$\Delta ST = ST_2 - ST_1 \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

ST_1 = Cadangan lengas tanah bulan sebelumnya (mm/bln)

ST_2 = Cadangan lengas tanah bulan terkait (mm/bln)

Perubahan kelengasan tanah (ΔST) merupakan hasil perhitungan dengan cara menggunakan persamaan (8) yaitu kelengasan tanah (ST) bulan terkait dikurangi dengan kelengasan tanah (ST) bulan sebelumnya, sehingga didapatkannya selisih perubahan diantara kedua nilai tersebut.

7. Evapotranspirasi Aktual (AE)

Rumus evapotranspirasi aktual (AE) adalah (Cahyono dkk., 2017)

- Bulan basah ($P > PE$), maka

$$AE = PE \dots \dots \dots (9)$$

- Bulan kering ($P < PE$), maka

$$AE = P - \Delta ST \dots \dots \dots (10)$$

Perhitungan aktual evapotranspirasi (AE) dilihat berdasarkan keadaan tiap bulannya yaitu apabila keadaan bulan basah yaitu ditandai dengan nilai curah hujan (P) lebih besar dari potensi evapotranspirasi (PE), maka untuk nilai actual evapotranspirasinya (AE) sama dengan nilai potensi evapotranspirasi (PE) yaitu persamaan (9). Sedangkan apabila bulannya kering yaitu curah hujannya (P) lebih rendah dari nilai potensi evapotranspirasi (PE) maka nilai actual evapotranspirasi

(AE) nya didapatkan berdasarkan persamaan (10) yaitu nilai curah hujan per bulannya dikurangi dengan nilai selisih perubahan kelengasan tanah (ΔST)

8. Perhitungan *Surplus* (S)

Nilai *surplus* (S) atau kelebihan lengas tanah yang terjadi didapat dengan persamaan sebagai berikut (Cahyono dkk., 2017)

$$S = (P - PE) - \Delta ST \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

S = Kondisi air *surplus*

(P – PE) = Nilai dan curah hujan dikurangi evapotranspirasi potensia (mm/bln)

ΔST = Perubahan lengas tanah (mm/bln)

Dalam menghitung nilai *surplus* air yaitu dengan menggunakan persamaan (11), nilai hasil dari perhitungan dari curah hujan dikurangi potensi evapotranspirasi (P-PE) tiap bulannya dikurangi dengan nilai selisih perubahan kelengasan tanah (ΔST). Sehingga diperoleh nilai surplus air tiap bulannya dengan ditandai hasilnya positif, tetapi jika hasilnya negatif maka tidak terjadi surplus pada bulan tersebut, artinya nilai surplusnya sama dengan nol.

9. Perhitungan *Defisit* (D)

Defisit atau kekurangan lengas tanah yang terjadi didapatkan dengan perhitungan selisih antara PE dengan AE (Cahyono dkk., 2017)

$$D = PE - AE \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

D = Defisit mm/bln)

PE = Evapotranspirasi Potensial (mm/bln)

AE = Evapotranspirasi Aktual (mm/bln)

Untuk menghitung nilai defisit menggunakan persamaan (12) yaitu nilai potensi evapotranspirasi (PE) dikurangi dengan nilai aktual evapotranspirasi (AE) pada tiap bulannya, sehingga didapatkan nilai untuk defisit air.

10. Perhitungan *Runoff*

Dimana rumus untuk *runoff* yaitu (Tanjung, 2018)

RO total per bulan = RO bulan terkait + RO bulan sebelumnya

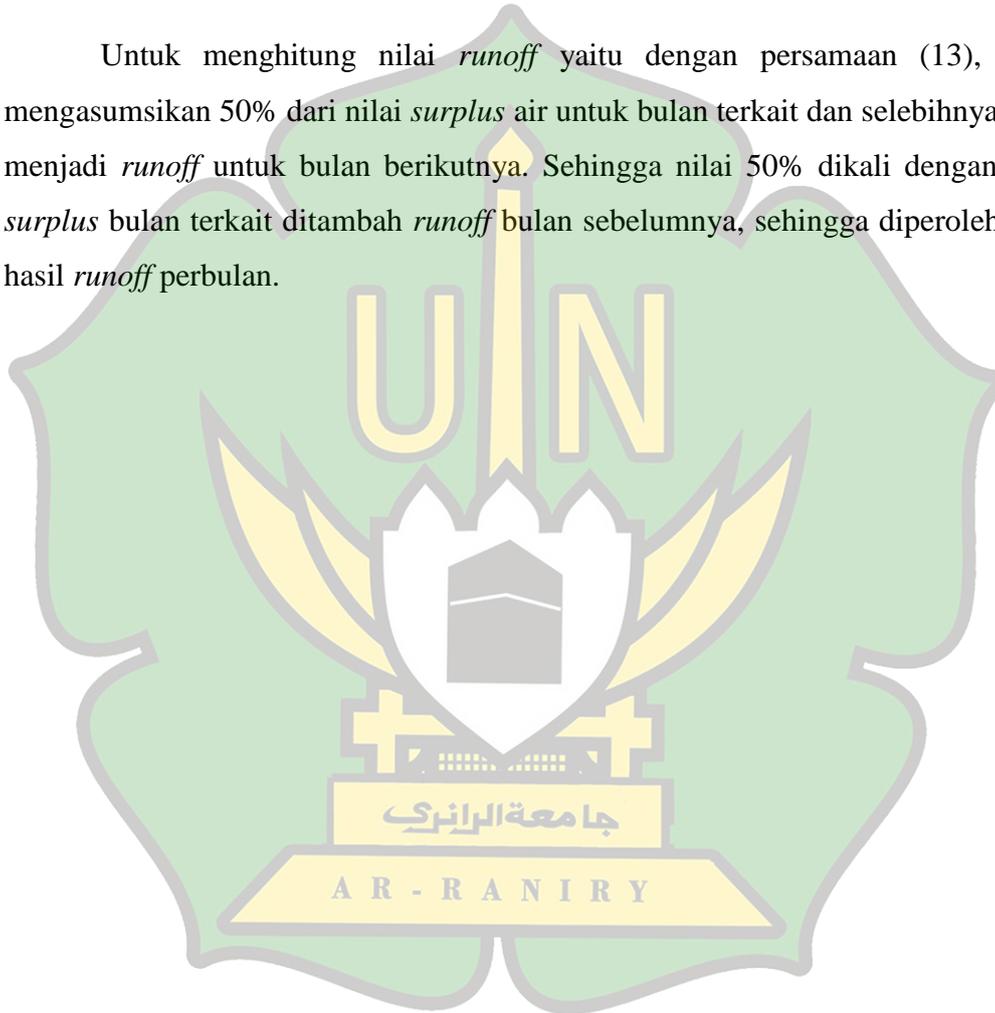
$$RO = (s/50%) \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan:

RO = *runoff* (mm/bln)

S = Kondisi air *surplus* (mm/bln)

Untuk menghitung nilai *runoff* yaitu dengan persamaan (13), yaitu mengasumsikan 50% dari nilai *surplus* air untuk bulan terkait dan selebihnya akan menjadi *runoff* untuk bulan berikutnya. Sehingga nilai 50% dikali dengan nilai *surplus* bulan terkait ditambah *runoff* bulan sebelumnya, sehingga diperoleh nilai hasil *runoff* perbulan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

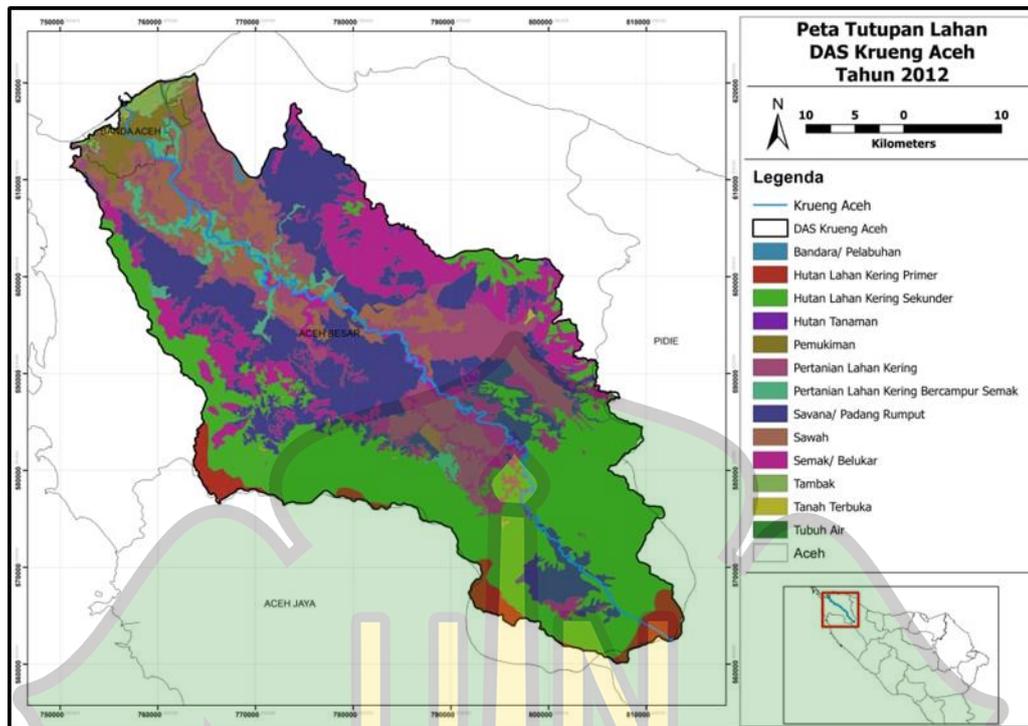
4.1 Penggunaan Lahan

Berdasarkan peta penggunaan lahan pada daerah penelitian DAS Krueng Aceh, dari hasil pengamatan tahun 2012 dan 2021 pola perubahan lahan terjadi sangat signifikan dalam jangka waktu 10 tahun terakhir. Hasil analisis spasial pada DAS Krueng Aceh memperlihatkan penggunaan lahan pada tahun 2012 memiliki luasan total 178.946 ha dengan 13 penggunaan lahan yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, semak atau belukar, pemukiman, tanah terbuka, savana atau padang rumput, tubuh air, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering bercampur semak, sawah, tambak dan bandara atau pelabuhan. Namun penggunaan lahan pada DAS Krueng Aceh pada tahun 2012 didominasi oleh Hutan Lahan Kering Sekunder yaitu seluas 55.862 ha atau 31,22 % dan Savanna atau Padang Rumput dengan luas 41.184 atau 23,01% dari total luasan tutupan lahan pada DAS Krueng Aceh. Untuk luas masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan peta tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Luas Area (%)
1	Hutan Lahan Kering Primer	5.560,20	3,107
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	55.861,87	31,217
3	Hutan Tanaman	457,20	0,255
4	Semak/ Belukar	27.552,42	15,397
5	Pemukiman	4.065,17	2,272
6	Tanah Terbuka	415,16	0,232
7	Savana/ Padang Rumput	41.183,72	23,015
8	Tubuh Air	766,71	0,428
9	Pertanian Lahan Kering	22.007,03	12,298
10	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	5.317,27	2,971
11	Sawah	14.187,28	7,928
12	Tambak	1.421,48	0,794
13	Bandara/ Pelabuhan	150,53	0,084
Total		178,946.04	100

Sumber: Peta Penggunaan Lahan (Lapak GIS) (2022)



Gambar 4. 1 Peta Tutupan Lahan DAS Krueng Aceh Tahun 2012

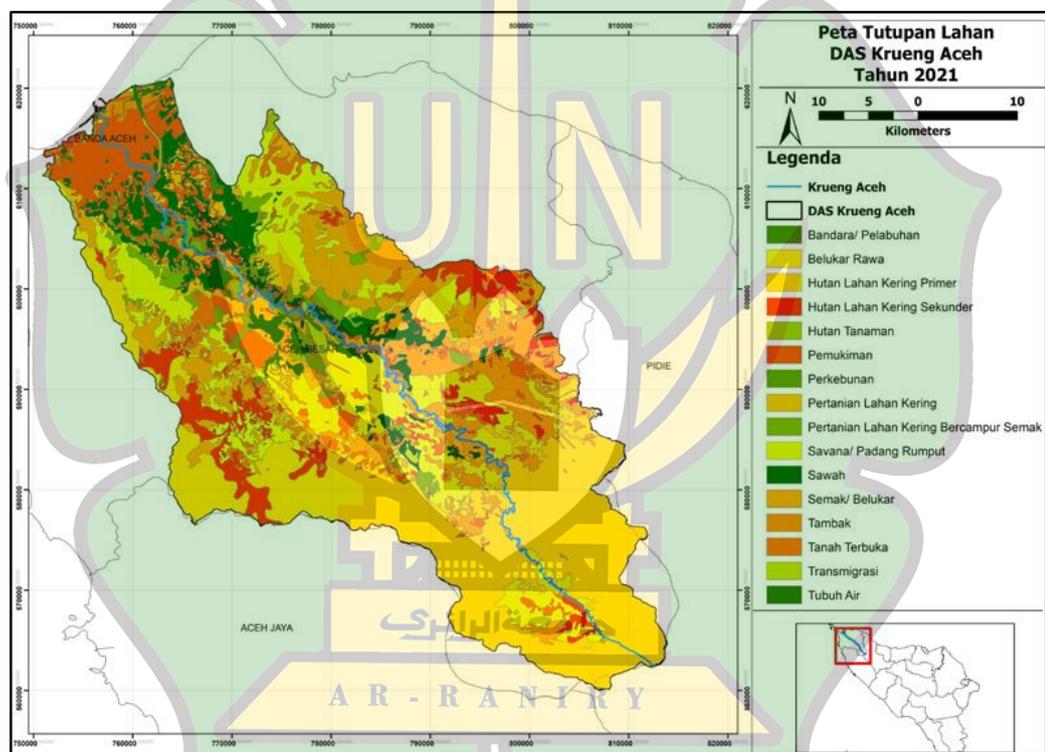
Sedangkan penggunaan lahan pada tahun 2021 bertambah menjadi 15 penggunaan lahan yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, semak atau belukar, pemukiman, perkebunan, tanah terbuka, savanna atau padang rumput, tubuh air, belukar rawa, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering bercampur semak, sawah, tambak, bandara atau pelabuhan. Penggunaan lahan pada DAS Krueng Aceh tahun 2021 lebih didominasi oleh Hutan Lahan Kering Primer yaitu seluas 51.218,64 ha atau 28,66 % dan Savanna atau Padang Rumput dengan luas 32.262,65 atau 18,05% dari total luasan tutupan lahan pada DAS Krueng Aceh. Untuk luas masing-masing lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan peta tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 2 Tabel Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Luas Area (%)
1	Hutan Lahan Kering Primer	51.218,64	28,66
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	10.062,07	5,63
3	Hutan Tanaman	262,90	0,15
4	Semak/ Belukar	31.796,71	17,79

5	Perkebunan	3,34	0,00
6	Pemukiman	12.829,24	7,18
7	Tanah Terbuka	8.142,06	4,56
8	Savana/ Padang Rumput	32.262,65	18,05
9	Tubuh Air	1.331,95	0,75
10	Belukar Rawa	37,48	0,02
11	Pertanian Lahan Kering	7.770,00	4,35
12	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	7.837,46	4,39
13	Sawah	13.965,93	7,82
14	Tambak	995,58	0,56
15	Bandara/ Pelabuhan	178,14	0,10
	Total	178,694.16	100

Sumber: Peta Penggunaan Lahan (Lapak GIS) (2022)



Gambar 4. 2 Peta Tutupan Lahan DAS Krueng Aceh Tahun 2021

Adapun untuk selisih perubahan penggunaan lahan 10 tahun terakhir pada DAS Krueng Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.3. Untuk perubahan signifikan terjadi pada area hutan lahan kering primer yaitu sebesar 45.658,44 ha atau 821,17 %, pemukiman 8.764,08 ha atau 215,59 % dan tanah terbuka 7.726,90 ha atau 1861,20%.

Tabel 4. 3 Selisih Perubahan Penggunaan Lahan pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012-2021

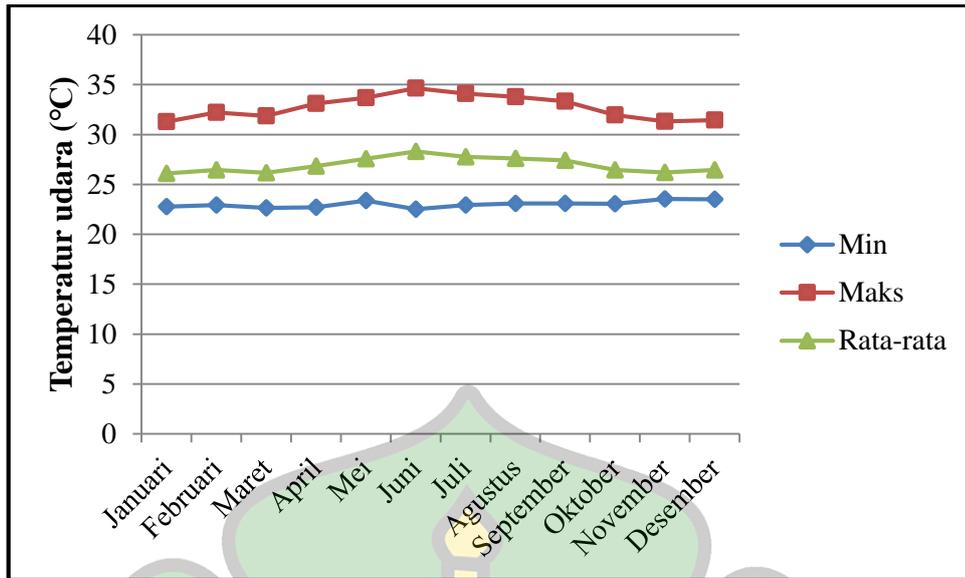
No	Penggunaan Lahan	Selisih Perubahan Penggunaan Lahan	
		Luas (ha)	Luas Area (%)
1	Hutan Lahan Kering Primer	45.658,44	821,17
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	-45.799,80	-81,99
3	Hutan Tanaman	-194,30	-42,50
4	Semak/ Belukar	4.244,29	15,40
5	Perkebunan	3,34	0,00
6	Pemukiman	8.764,08	215,59
7	Tanah Terbuka	7.726,90	1861,20
8	Savana/ Padang Rumput	-8.921,06	-21,66
9	Tubuh Air	565,24	73,72
10	Belukar Rawa	37,48	0,00
11	Pertanian Lahan Kering	-14.237,03	-64,69
12	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	2.520,19	47,40
13	Sawah	-221,35	-1,56
14	Tambak	-425,90	-29,96
15	Bandara/ Pelabuhan	27,61	18,34

Sumber: Peta Penggunaan Lahan (Lapak GIS) (2022)

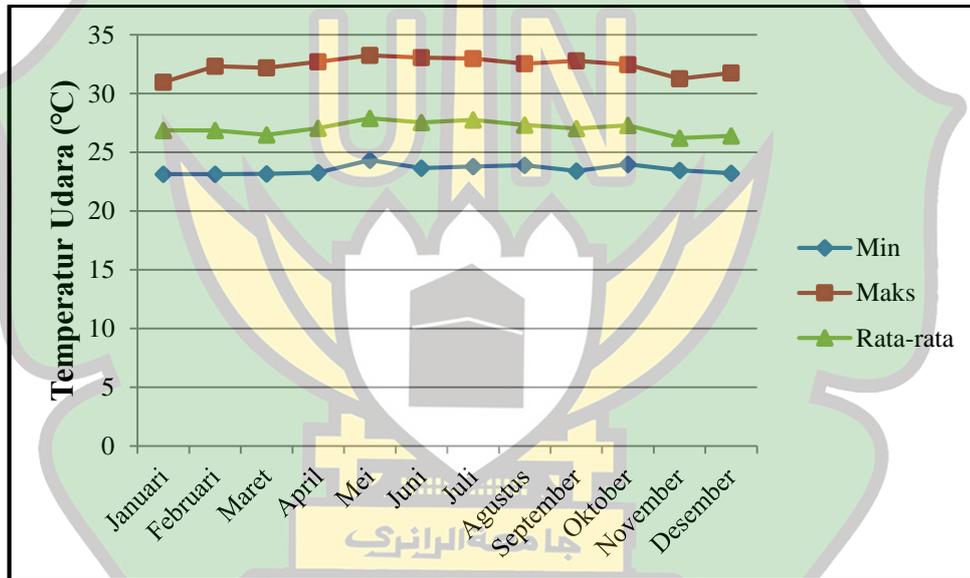
4.2 Iklim

1. Temperatur Udara Rata-rata

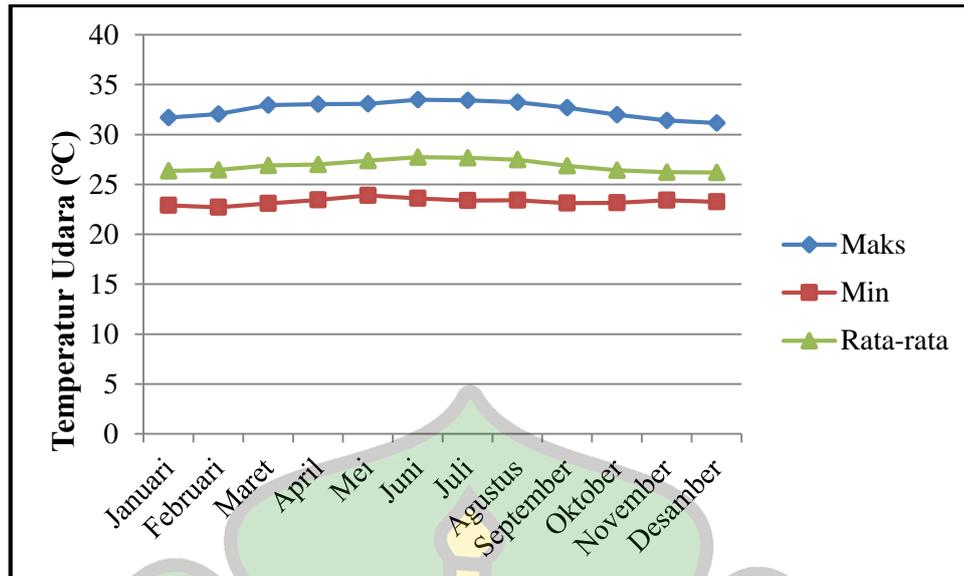
Temperatur udara rata-rata bulanan pada tahun 2012 berkisar 26,11°C sampai 28,32°C, sedangkan untuk tahun 2021 berkisar 26,22°C sampai 27,89°C. Untuk temperatur udara rata-rata 10 tahun terakhir dari 2012-2021 yaitu berkisar 26,20°C sampai 27,75°C, dapat dilihat pada grafik Gambar 4.3, grafik Gambar 4.4 dan grafik Gambar 4.5 serta pada Lampiran 2, Lampiran 3 dan Lampiran 4. Untuk temperatur udara tertinggi pada tahun 2012 terjadi pada bulan Juni berkisar 34,63°C, dan untuk temperatur udara terendah terjadi pada bulan Juni berkisar 22,53°C. Sedangkan tahun 2021 temperatur udara tertinggi terjadi pada bulan Mei 33,26°C dan temperatur udara terendah pada bulan Januari dan Februari berkisar 23,14°C. Untuk temperatur udara 10 tahun terakhir rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Juni 33,49°C, dan untuk suhu terendah terjadi pada bulan Februari 22,72°C.



Gambar 4. 3 Grafik Temperatur Udara Bulanan Tahun 2012



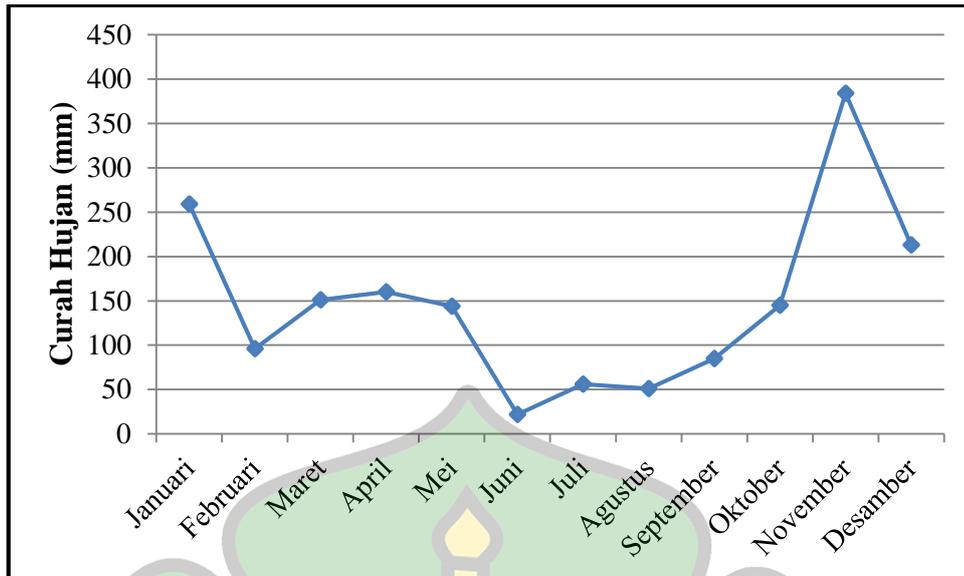
Gambar 4. 4 Grafik Temperatur Udara Bulanan Tahun 2021



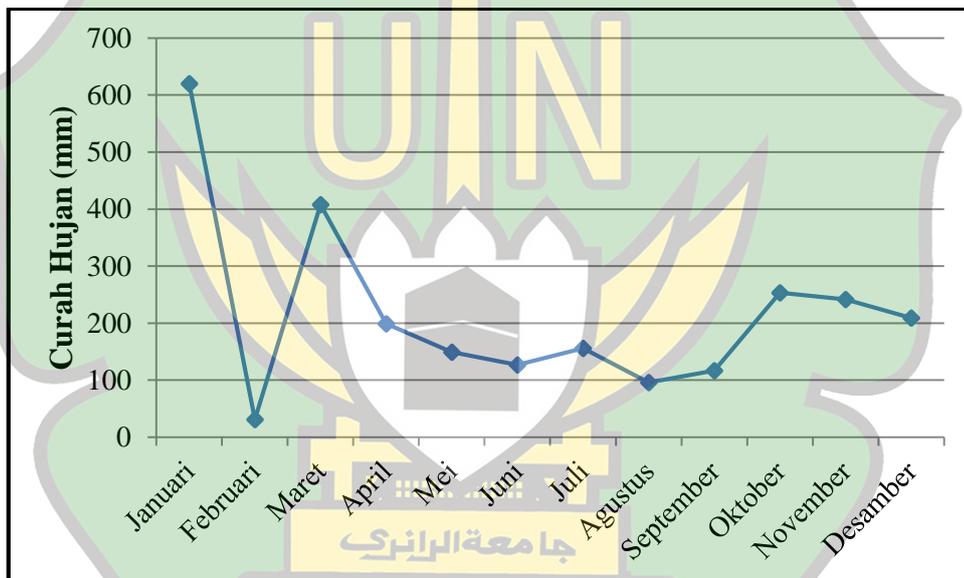
Gambar 4. 5 Grafik Temperatur Udara Bulanan 10 Tahun 2012-2021

2. Curah Hujan

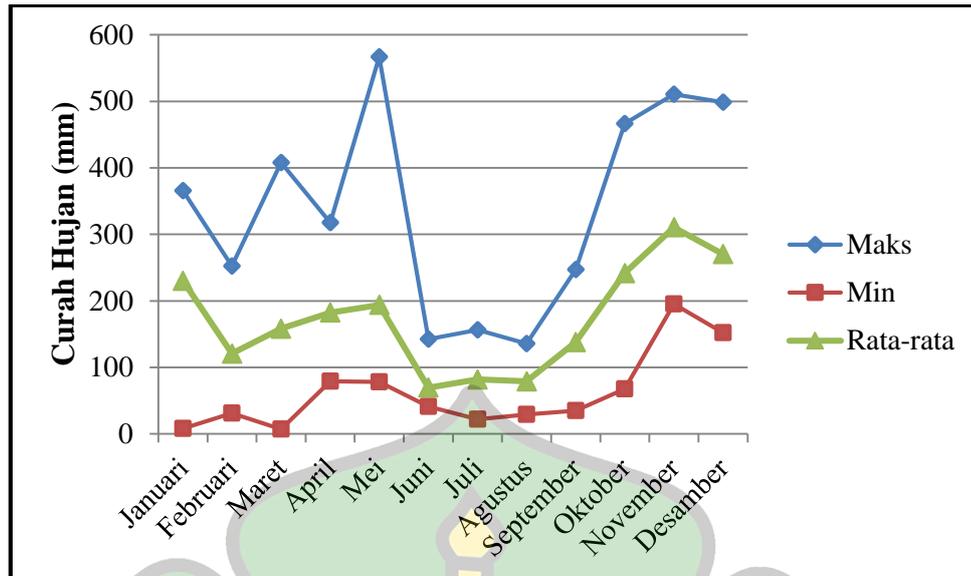
Gambaran kondisi curah hujan bulanan pada tahun 2012, 2021 dan 10 tahun terakhir dari 2012-2021 dapat dilihat pada grafik Gambar 4.6, grafik Gambar 4.7 dan grafik Gambar 4.8 dan pada Lampiran 5. Tahun 2012 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu mencapai 384 mm/bulan dan untuk curah hujan terendah terjadi pada bulan Juni yaitu 22 mm/bulan. Sedangkan tahun 2021 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu mencapai 620,3 mm/bulan dan untuk curah hujan terendah terjadi pada bulan Februari yaitu 31 mm/bulan. Untuk 10 tahun terakhir curah hujan rata-rata berkisar 67,58 mm/bulan sampai 328,83 mm/bulan. Untuk curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar 566,5 mm/bulan dan untuk curah hujan terendah terjadi pada bulan Maret yaitu 7 mm/bulan.



Gambar 4. 6 Grafik Curah Hujan pada Tahun 2012



Gambar 4. 7 Grafik Curah Hujan pada Tahun 2021



Gambar 4. 8 Grafik Curah Hujan pada 10 Tahun 2012-2021

Umumnya suhu terendah terjadi pada bulan kering atau kemarau sedangkan suhu tertinggi yaitu bulan basah atau musim hujan. Hal ini dikarenakan pada musim kemarau jarang terjadi hujan di mana tutupan awan berkurang, sehingga panas permukaan bumi akibat radiasi matahari lebih cepat dan lebih banyak yang dilepaskan kembali ke atmosfer. Dengan curah hujan yang kurang maka kelembaban udara juga rendah yang artinya uap air di dekat permukaan bumi juga sedikit. Sedangkan pada musim hujan, panas yang sampai ke bumi tidak dapat dilepaskan kembali karena tertahan oleh awan yang akan menjadi hujan, sehingga panas tersebut tidak dapat menguap.

4.3 Neraca air pada DAS Krueng Aceh

Di dalam penelitian ini, terdapat beberapa komponen yang harus ada untuk mendapatkan hasil analisis neraca air pada DAS Krueng Aceh. Adapun komponen tersebut disajikan dalam bentuk Tabel Neraca Air pada DAS Krueng Aceh pada Tahun 2012, 2021 dan Tabel Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 tahun terakhir 2012-2021. Penelitian ini menggunakan beberapa data penting yaitu berupa curah hujan (P), temperatur (T), dan peta penggunaan lahan. Adapun yang menjadi point penting dalam penelitian ini yaitu curah hujan yang akan menjadi besarnya jumlah air yang masuk (P), evapotranspirasi yaitu besarnya potensi hilangnya air (PE), perubahan kelengasan tanah (ΔST), yang mana untuk hasil

akhirnya berupa nilai *surplus*, *defisit* dan *runoff*. Adapun neraca air pada DAS Krueng Aceh secara keseluruhan yang disajikan dalam beberapa komponen dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.9 untuk tahun 2012, Table 4.5 dan Gambar 4.10 untuk tahun 2021 dan Tabel 4.6 dan Gambar 4.11 untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 (WHC 2012) dan Tabel 4.7 serta Gambar 4.12 untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 (WHC 2021).

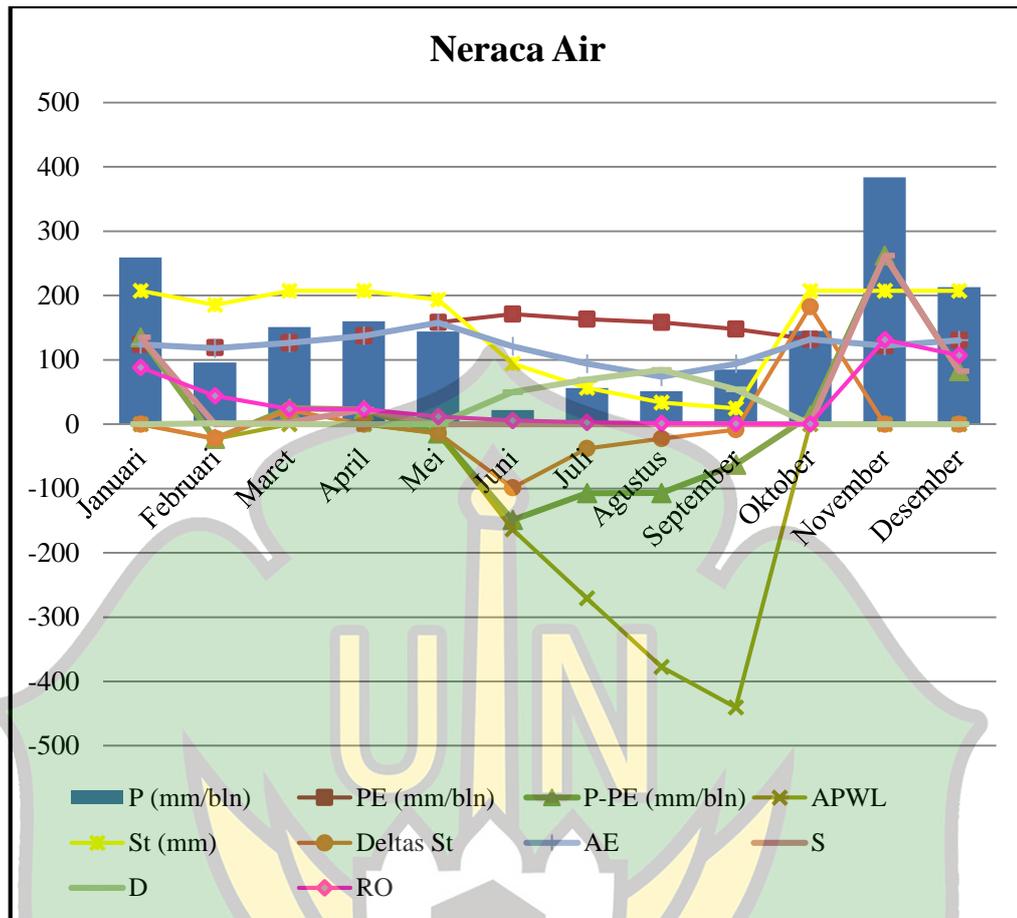


Tabel 4. 4 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

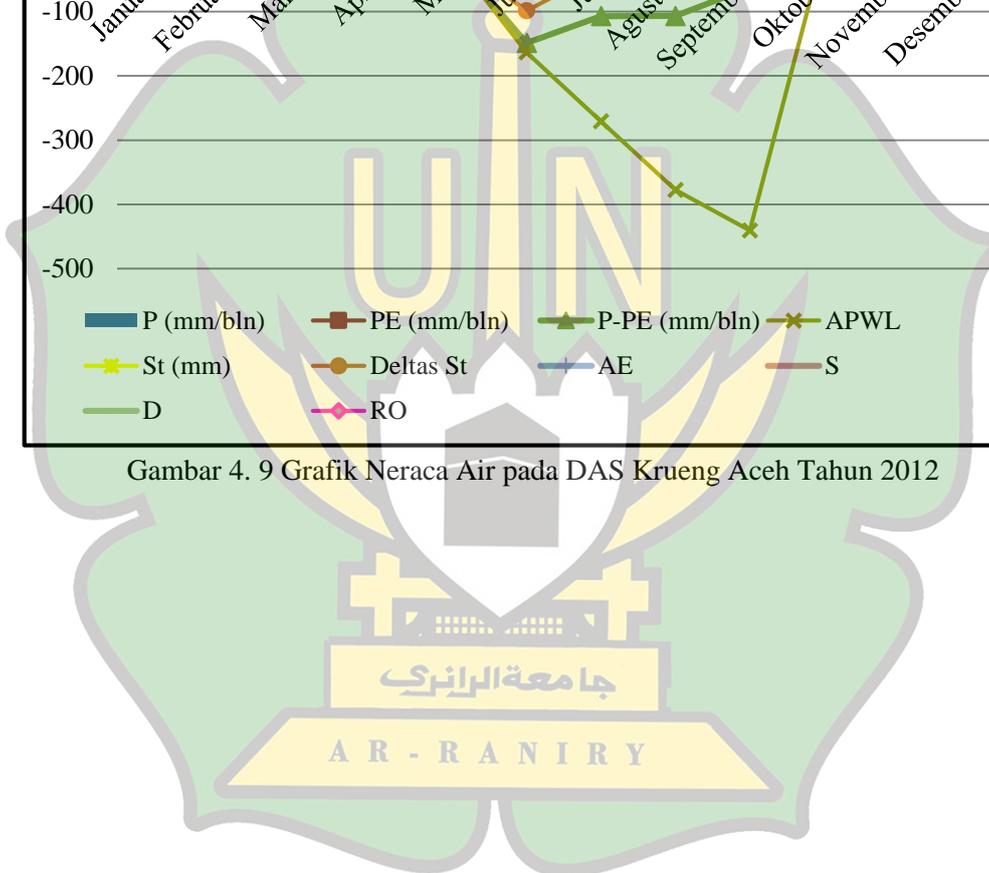
Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	P-PE (mm/bln)	APWL	St (mm)	Δ St	AE	S	D	RO
Januari	259	123,98	135,02	0	207,35	0	123,98	135,02	0	88,17
Februari	96	119,00	-23,00	-23,00	185,58	-21,77	117,77	0	1,23	44,08
Maret	151	126,39	24,61	0	207,35	21,77	126,39	2,85	0	23,46
April	160	137,47	22,53	0	207,35	0	137,47	22,53	0	23,00
Mei	144	158,36	-14,36	-14,36	193,47	-13,87	157,87	0	0,49	11,50
Juni	22	170,89	-148,89	-163,25	94,36	-99,11	121,11	0	49,78	5,75
Juli	56	163,24	-107,24	-270,50	56,26	-38,10	94,10	0	69,14	2,87
Agustus	51	158,14	-107,14	-377,63	33,56	-22,70	73,70	0	84,44	1,44
September	85	147,74	-62,74	-440,37	24,80	-8,76	93,76	0	53,98	0,72
Oktober	145	131,63	13,37	0	207,35	182,55	131,63	0	0	0,36
November	384	121,88	262,12	0	207,35	0	121,88	262,12	0	131,24
Desember	213	130,38	82,62	0	207,35	0	130,38	82,62	0	106,93
Total	1.766	1.689,09	76,911	-1.289,11	1.832,1	0	1.430,03	505,14	259,05	439,52

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)





Gambar 4. 9 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

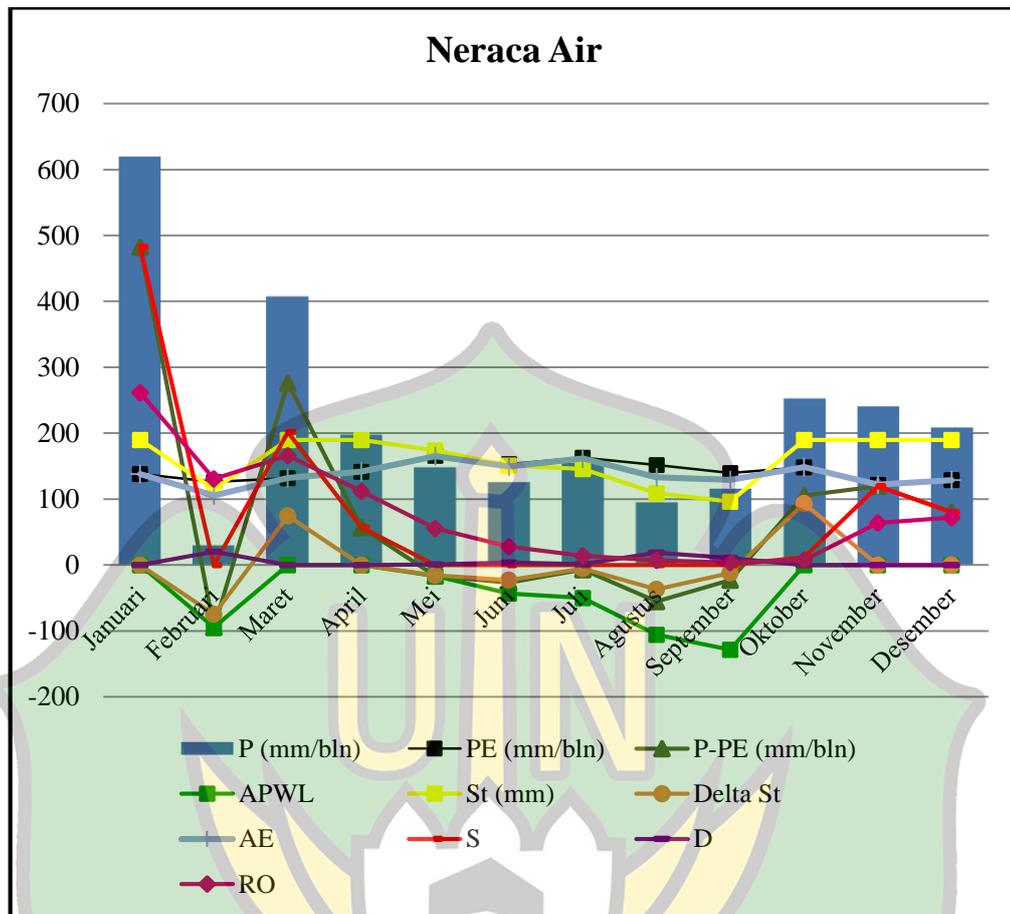


Tabel 4. 5 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	P-PE (mm/bln)	APWL	St (mm)	Δ St	AE	S	D	RO
Januari	620,30	137,90	482,40	0	189.58	0	137.90	482.40	0	261.28
Februari	31,00	125,84	-94,84	-94.84	114.96	-74.62	105.62	0.00	20.22	130.64
Maret	407,80	132,01	275,79	0	189.58	74.62	132.01	201.17	0	165.90
April	198,90	141,75	57,15	0	189.58	0	141.75	57.15	0	111.53
Mei	149,20	165,81	-16,61	-16.61	173.68	-15.90	165.10	0.00	0.71	55.76
Juni	126,70	153,29	-26,59	-43.20	150.95	-22.72	149.42	0.00	3.86	27.88
Juli	156,20	163,01	-6,81	-50.01	145.63	-5.33	161.53	0.00	1.48	13.94
Agustus	96,20	151,76	-55,56	-105.57	108.64	-36.99	133.19	0.00	18.57	6.97
September	116,60	139,62	-23,02	-128.59	96.22	-12.42	129.02	0.00	10.60	3.49
Oktober	253,60	148,32	105,28	0	189.58	93.36	148.43	11.91	-0.11	7.70
November	241,50	121,89	119,61	0	189.58	0	121.89	119.61	0	63.65
Desember	209,20	128,87	80,33	0	189.58	0	128.87	80.33	0	71.99
Total	2.607,20	1.710,07	897,13	-438,82	1.927,58	0	1.666,74	952,57	55,34	920,75

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)





Gambar 4. 10 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021

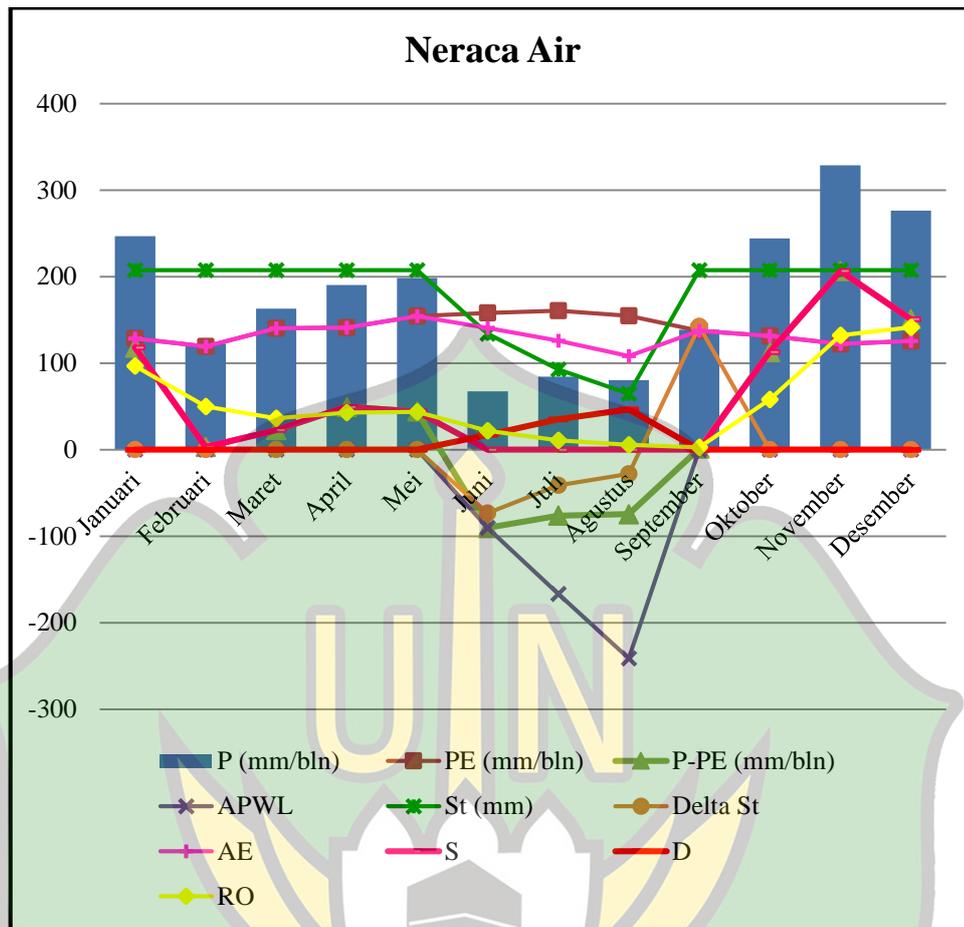


Tabel 4. 6 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012)

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	P-PE (mm/bln)	APWL	St (mm)	Δ St	AE	S	D	RO
Januari	246,67	128,65	118,02	0	207,35	0	128,65	118,02	0	96,68
Februari	122,28	119,14	3,14	0	207,35	0	119,14	3,14	0	49,91
Maret	163,06	140,47	22,59	0	207,35	0	140,47	22,59	0	36,25
April	190,47	140,95	49,52	0	207,35	0	140,95	49,52	0	42,88
Mei	198,44	154,41	44,03	0	207,35	0	154,41	44,03	0	43,46
Juni	67,58	157,96	-90,38	-90,38	134,10	-73,25	140,83	0	17,13	21,73
Juli	84,54	160,80	-76,26	-166,64	92,83	-41,26	125,80	0	35,00	10,86
Agustus	80,24	154,85	-74,61	-241,25	64,78	-28,05	108,29	0	46,56	5,43
September	138,49	137,23	1,26	0	207,35	142,57	137,23	0	0	2,72
Oktober	244,37	131,40	112,97	0	207,35	0	131,40	112,97	0	57,84
November	328,83	122,40	206,43	0	207,35	0	122,40	206,43	0	132,14
Desember	276,34	125,68	150,66	0	207,35	0	125,68	150,66	0	141,40
Total	2.141,31	1.673,93	467,38	-498,27	2.157,82	0	1.575,25	707,37	98,69	641,30

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)





Gambar 4. 11 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)

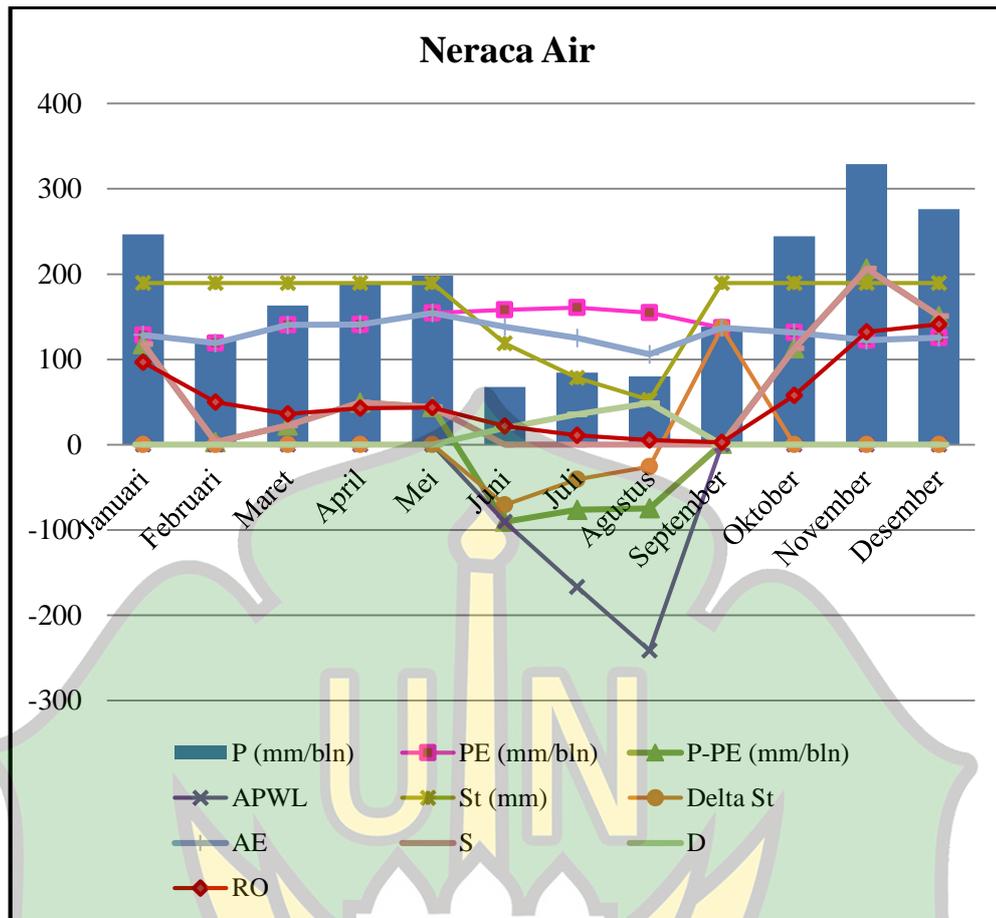


Tabel 4. 7 Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	P-PE (mm/bln)	APWL	St (mm)	Δ St	AE	S	D	RO
Januari	246,67	128,65	118,02	0	189,58	0	128,65	118,02	0	96.68
Februari	122,28	119,14	3,14	0	189,58	0	119,14	3,14	0	49.91
Maret	163,06	140,47	22,59	0	189,58	0	140,47	22,59	0	36.25
April	190,47	140,95	49,52	0	189,58	0	140,95	49,52	0	42.88
Mei	198,44	154,41	44,03	0	189,58	0	154,41	44,03	0	43.46
Juni	67,58	157,96	-90,38	-90,38	118,89	-70,70	138,28	0	19,68	21.73
Juli	84,54	160,80	-76,26	-166,64	78,35	-40,54	125,08	0	35,72	10.86
Agustus	80,24	154,85	-74,61	-241,25	52,53	-25,82	106,06	0	48,79	5.43
September	138,49	137,23	1,26	0	189,58	137,06	137,23	0	0	2.72
Oktober	244,37	131,40	112,97	0	189,58	0	131,40	112,97	0	57.84
November	328,83	122,40	206,43	0	189,58	0	122,40	206,43	0	132.14
Desember	276,34	125,68	150,66	0	189,58	0	125,68	150,66	0	141.40
Total	2.141,31	1.673,93	467,38	-498,27	1.956,01	0	1.569,74	707,37	104,20	641,30

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

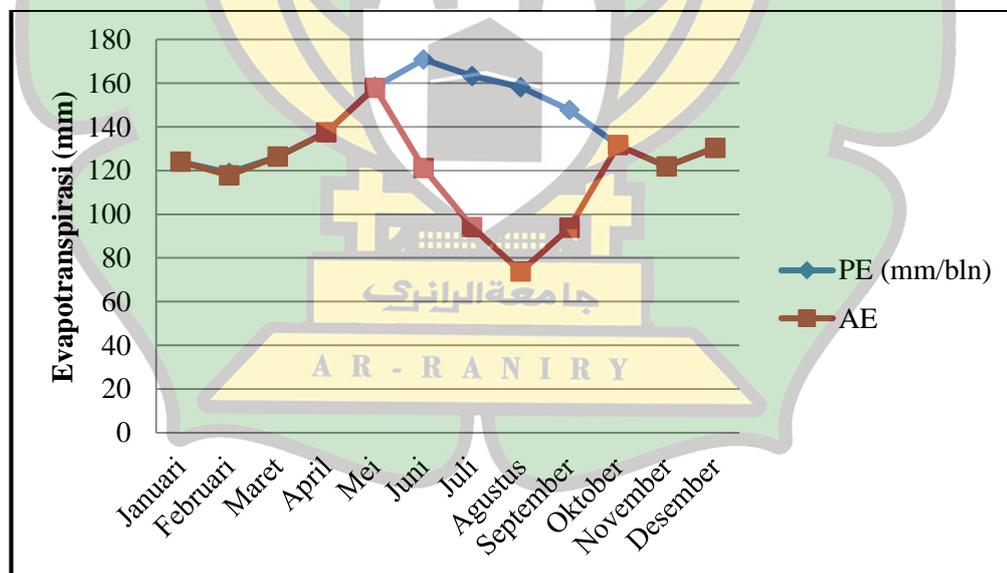




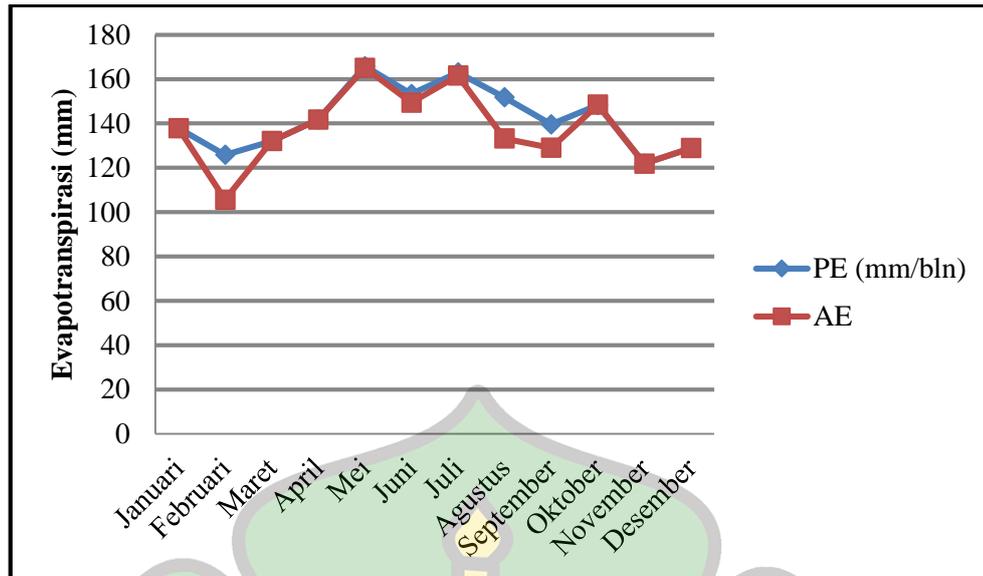
Gambar 4. 12 Grafik Neraca Air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)

Untuk tahun 2012 hasil potensi evapotranspirasi (PE) yang diperoleh sebesar 119,00 mm/bulan hingga 170,89 mm/bulan, sedangkan tahun 2021 potensi evapotranspirasi (PE) yang diperoleh sebesar 121,89 mm/bulan hingga 165,81 mm/bulan. Sedangkan untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 potensi evapotranspirasi (PE) yang terjadi sebesar 122,40 mm/bulan hingga 160,80 mm/bulan. Angka tersebut merupakan hasil dari perhitungan potensi evapotranspirasi yang telah terkoreksi dengan faktor koreksi sesuai dengan yang telah ditetapkan berdasarkan letak lintang. Menurut metode *Thornthwaite Mather* nilai kelegasan tanah (ST) diperoleh berdasarkan persamaan (7) untuk bulan kering. Sedangkan untuk bulan basah disamakan dengan nilai WHC yang merupakan hasil pendugaan dari tabel pada Lampiran 1. Berdasarkan peta penggunaan lahan, persentase luas lahan dan peta jenis tanah, maka nilai WHC

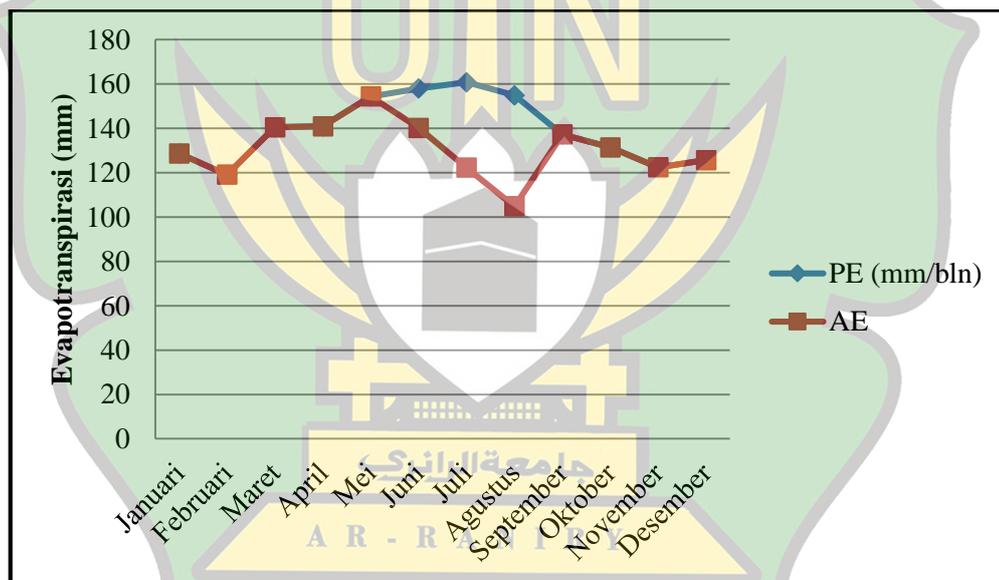
dapat ditentukan saat bulan basah dan nilai ST untuk bulan kering. Hasil pendugaan keduanya untuk tahun 2012 dapat dilihat pada Lampiran 9 dan Lampiran 11. Untuk tahun 2021 dapat dilihat pada Lampiran 10 dan Lampiran 12. Sedangkan 10 tahun terakhir 2012-2021 nilai ST dengan WHC 2012 dapat dilihat Lampiran 13 dan nilai ST dengan WHC 2021 dapat dilihat pada lampiran 14. Perbandingan laju potensial evapotranspirasi dengan aktual dapat dilihat pada Gambar 4.12, Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 berikut. Pada bulan-bulan kering terdapat perbedaan laju evapotranspirasi, hal ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan faktor yang dapat mempengaruhi evapotranspirasi tersebut berdasarkan jenisnya. Menurut Febriana dkk, (2018), pendugaan potensial evapotranspirasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan dan meteorology dan juga menggunakan sistem atmosfer yang berubah-ubah. Selain itu, evapotranspirasi potensial terjadi pada kondisi air tersedia maksimum atau kapasitas lapang. Sedangkan evapotranspirasi aktual lebih dipengaruhi oleh faktor fisiologi dan tergantung pada besarnya curah hujan yang turun dan terjadi pada kondisi air tersedia dibawah kapasitas lapang.



Gambar 4. 13 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata-rata Bulanan Tahun 2012



Gambar 4. 14 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata-rata Bulanan Tahun 2021

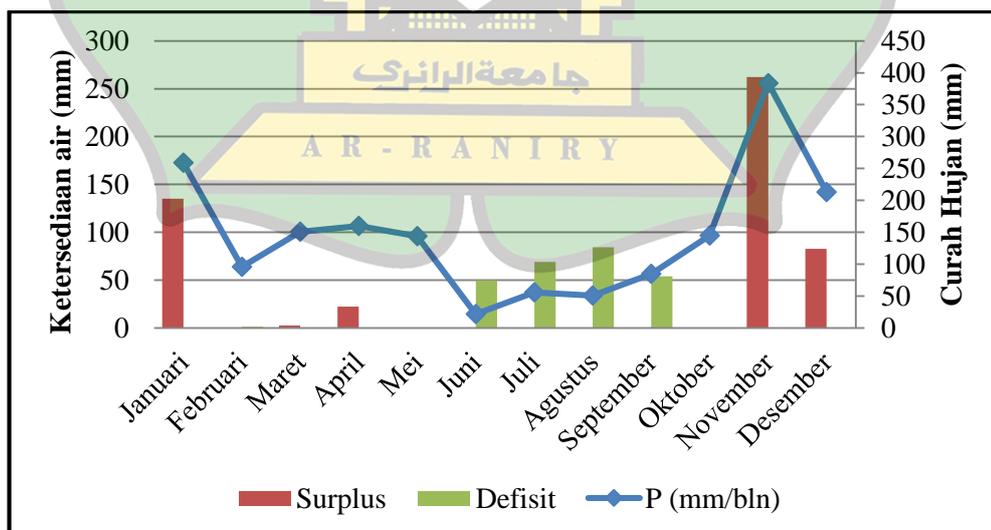


Gambar 4. 15 Laju Potensial Evapotranspirasi dan Aktual Evapotranspirasi Rata rata Bulanan 10 Tahun 2012-2021

Menurut Irmayani (2019), pada potensial evapotranspirasi jumlah air tidak terbatas sedangkan pada aktual evapotranspirasi jumlah airnya terbatas. Hal ini menyebabkan pada musim kemarau evapotranspirasi akan tetap terjadi tetapi penguapannya lebih sedikit karena kondisi air yang terbatas. Besarnya aktual evapotranspirasi ditentukan dari jumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti sejumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi pada tanaman. Kehilangan air

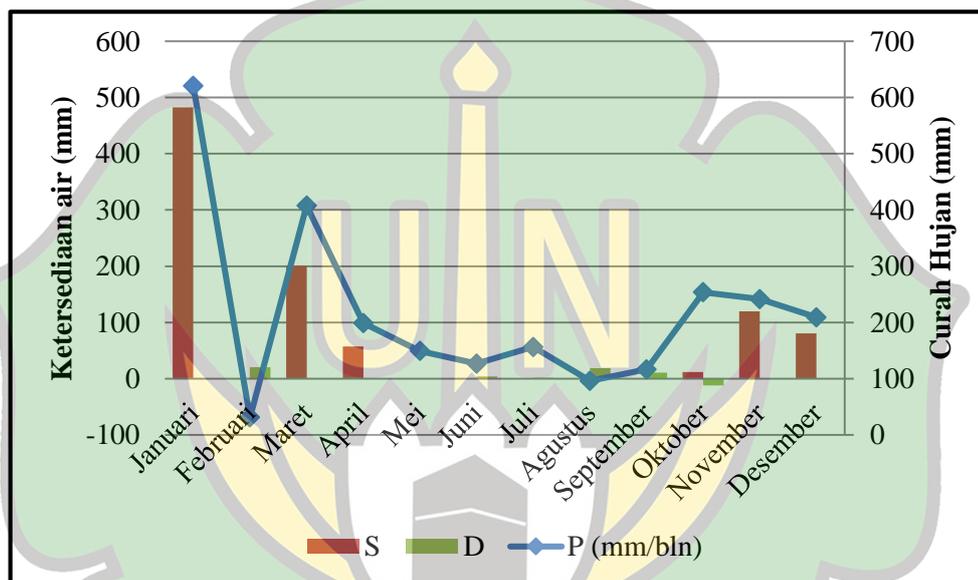
tanah dari evapotranspirasi sangat dipengaruhi oleh jenis vegetasi yang ada. Selain laju evapotranspirasi, jenis tanaman, kedalaman perakaran berdasarkan jenis vegetasi akan menentukan zona perakaran tanah dalam menahan atau menyimpan air.

Surplus atau kelebihan air merupakan nilai yang diperoleh dari curah hujan (P) setelah dikurangi dengan potensial evapotranspirasi (PE) dan perubahan kelengasan tanah (ΔST). Sedangkan *defisit* atau kekurangan air merupakan selisih antara potensial evapotranspirasi dengan aktual evapotranspirasi yang berlaku hanya pada bulan-bulan kering atau curah hujan yang turun lebih sedikit dibandingkan dengan nilai potensial evapotranspirasi ditambah perubahan kelengasan tanah. Untuk perbandingan nilai *surplus* dan *defisit* dapat dilihat pada Gambar 4.15, Gambar 4.16 dan Gambar 4.17. Pada tahun 2012 terjadi lima bulan *surplus* air yaitu Januari 135,02 mm/bulan, Maret 2,85 mm/bulan, April 22,53 mm/bulan, November 262,12 mm/bulan dan Desember 82,62 mm/bulan dengan tertinggi nilai *surplus* terjadi pada bulan November 262,12 mm/bulan. Sedangkan enam bulan berikutnya terjadi *defisit* yaitu Februari 1,23 mm/bulan, Mei 0,49 mm/bulan, Juni 49,78 mm/bulan, Juli 69,14 mm/bulan, Agustus 84,44 mm/bulan dan September 53,98 mm/bulan dengan nilai *defisit* tertinggi terjadi pada bulan Agustus 84,44 mm/bulan. Sedangkan satu bulan *balance* tidak terjadi *surplus* dan *defisit* air yaitu bulan Oktober.



Gambar 4. 16 Grafik *Surplus* dan *Defisit* air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

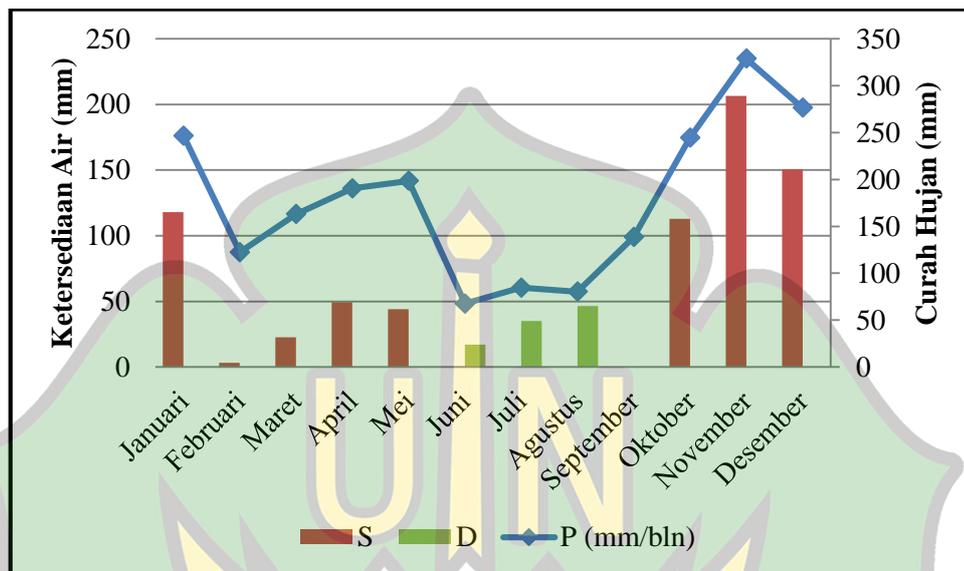
Untuk tahun 2021 *surplus* air terjadi selama enam bulan yaitu Januari 482,40 mm/bulan, Maret 201,17 mm/bulan, April 57,15 mm/bulan, Oktober 11,91 mm/bulan, November 119,61 mm/bulan dan Desember 80,33 mm/bulan dengan tertinggi nilai *surplus* terjadi pada bulan Januari 482,40 mm/bulan. Sedangkan enam bulan berikutnya terjadi *defisit* yaitu Februari 20,22 mm/bulan, Mei 0,71 Juni 3,86 mm/bulan, Juli 1,48 mm/bulan, Agustus 18,57 mm/bulan dan September 10,60 mm/bulan dengan nilai *defisit* tertinggi terjadi pada bulan Februari 20,22 mm/bulan.



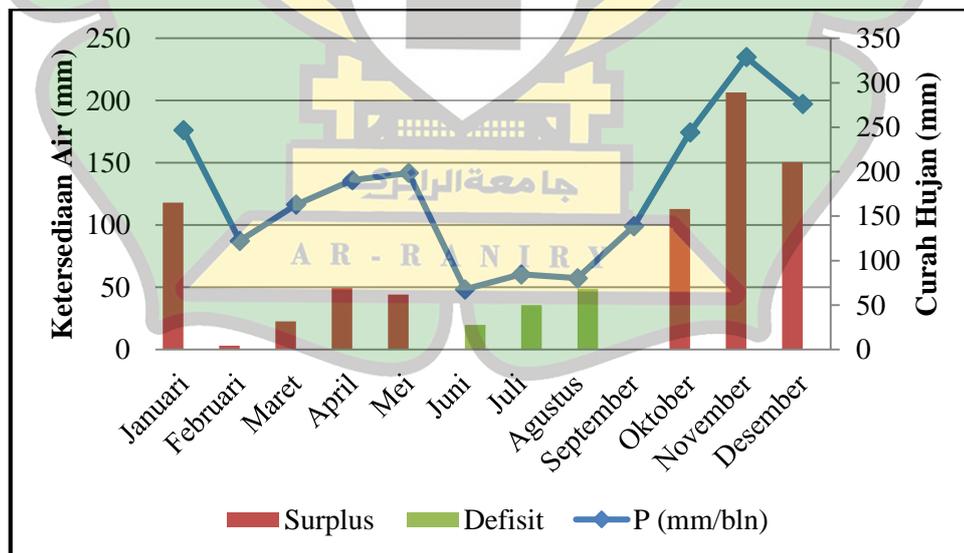
Gambar 4. 17 Grafik *Surplus* dan *Defisit* air pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021

Sedangkan untuk 10 tahun terakhir tahun 2012-2021 dengan menggunakan nilai WHC 2012 dan 2021 *surplus* pada DAS Krueng Aceh memiliki nilai yang sama, *surplus* air terjadi selama delapan bulan yaitu Januari 118,02 mm/bulan, Februari 3,14 mm/bulan, Maret 22,59 mm/bulan, April 49,52 mm/bulan, Mei 44,03 mm/bulan, Oktober 112,97 mm/bulan, November 206,43 mm/bulan dan Desember 150,66 mm/bulan dengan tertinggi nilai *surplus* terjadi pada bulan November 206,43 mm/bulan. Sedangkan nilai *defisit* terjadi sedikit perbedaan dengan WHC 2012 dan 2021 yaitu *defisit* terjadi selama tiga bulan, Juni 17,13 mm/bulan, Juli 35,00 mm/bulan dan Agustus 46,56 mm/bulan dengan nilai *defisit* tertinggi terjadi pada bulan Agustus 46,56 mm/bulan dan satu bulan *balance* yaitu

bulan September tidak terjadi *surplus* dan *defisit* dengan menggunakan WHC 2012. Sedangkan yang menggunakan WHC 2021 *defisit* pada bulan Juni sebesar 19,68 mm/bulan, Juli 35,2 mm/bulan dan Agustus 48,79 mm/bulan dengan nilai *deficit* tertinggi terjadi pada bulan Agustus 48,79 mm/bulan dan satu bulan *balance* yaitu bulan September tidak terjadi *surplus* dan *defisit*.



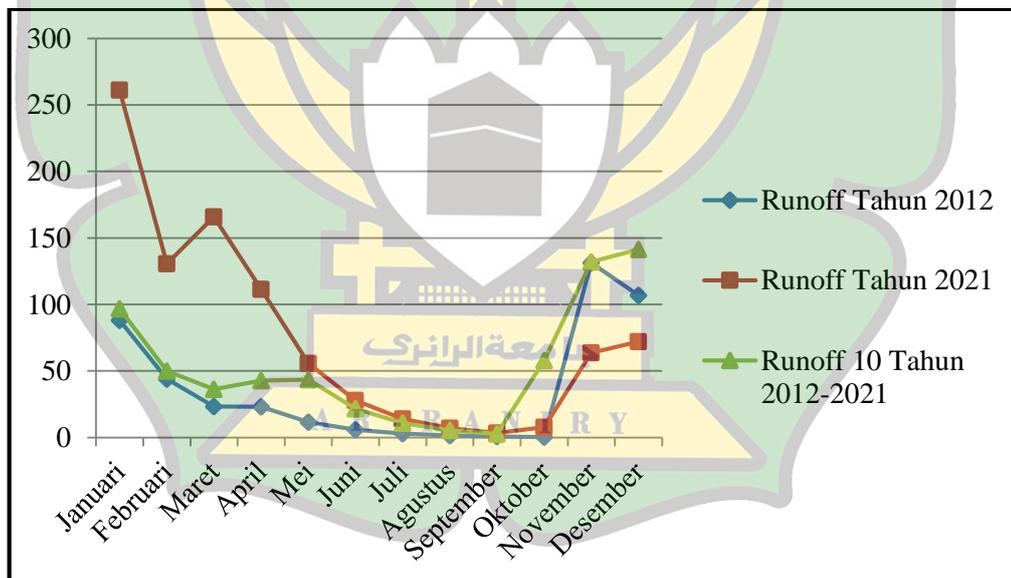
Gambar 4. 18 Grafik *Surplus* dan *Defisit* air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012)



Gambar 4. 19 Grafik *Surplus* dan *Defisit* air pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)

Grafik pada Gambar 4.16, grafik Gambar 4.17, grafik Gambar 4.18 dan grafik Gambar 4.19 menunjukkan besarnya curah hujan berbanding lurus dengan besarnya potensi ketersediaan air, namun berbanding terbalik dengan nilai *defisit*. Semakin kecil curah hujan yang turun maka potensi air juga semakin kecil, sehingga curah hujan yang terus menurun akan meningkatkan *defisit*. Sebaliknya curah hujan yang tinggi akan meningkatkan besarnya air tersedia (*surplus*).

Untuk *runoff* (RO) atau aliran permukaan didapatkan dari persamaan (13), yaitu diperoleh dari *surplus* air yang besarnya diasumsikan 50% kemudian ditambah dengan *runoff* bulan sebelumnya. Untuk total *runoff* tahun 2012 yaitu sebesar 439,52 mm/tahun sedangkan total *runoff* tahun 2021 sebesar 920,7 mm/tahun dan total *runoff* 10 tahun terakhir 2012-2021 yaitu 641,30 mm/tahun. Untuk total *runoff* pada daerah penelitian dengan luas wilayah 178.694,16 ha atau 1.786.941.635 m², tahun 2012 sebesar 785.396.587 m³/tahun, tahun 2021 1.645.319.305 dan 10 tahun terakhir 2012-2021 yaitu 1.145.959.962 m³/tahun. Untuk grafik nilai *runoff* perbulannya dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



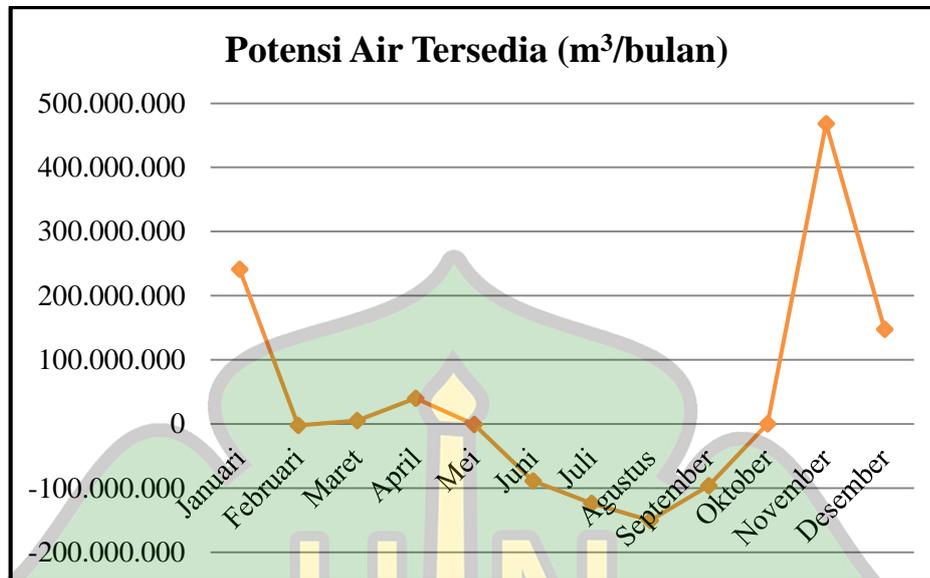
Gambar 4. 20 Grafik *Runoff* pada DAS Krueng Aceh

Untuk *runoff* sendiri mengalami peningkatan dari tahun 2012 hingga 2021 hal ini dapat terjadi karena adanya faktor yang sangat mempengaruhi keadaan lingkungan yaitu perubahan iklim. Meningkatnya nilai *runoff* atau aliran permukaan dapat terjadi karena tingginya curah hujan disungai (Hamdan dkk.,

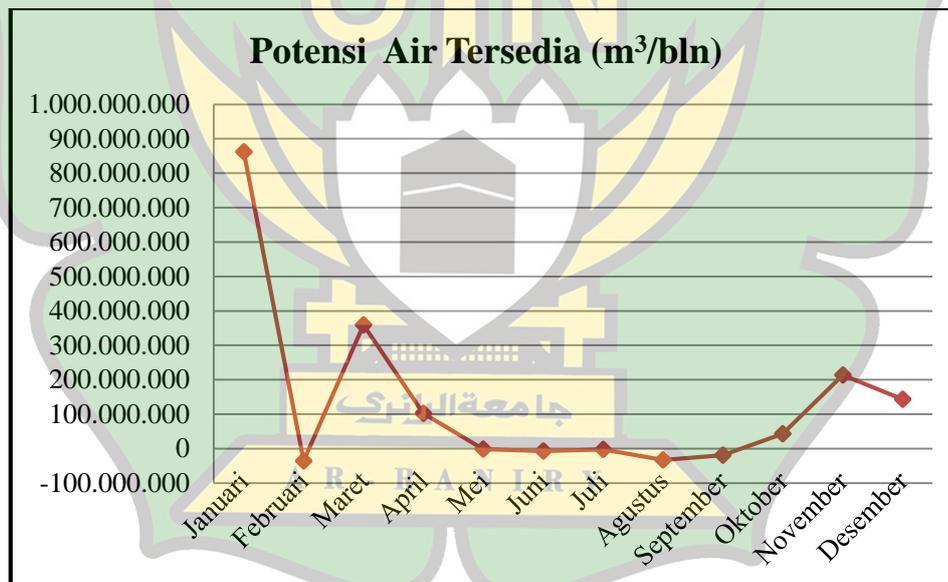
2022). Perubahan tata guna lahan dengan meningkatnya luasan lahan terbangun seperti pemukiman dan tanah terbuka menjadi salah satu faktor meningkatnya laju *runoff*. Vegetasi sangat mempengaruhi infiltrasi, pada lahan yang bervegetasi lebat, air hujan yang jatuh akan tertahan pada vegetasi dan meresap ke vegetasi sehingga *runoff* yang terjadi kecil. Sedangkan pada lahan terbuka, air hujan yang jatuh sebagian besar menjadi *runoff* yang mengalir ke sungai yang mengakibatkan aliran sungai menjadi cepat. Namun faktor perubahan iklim yaitu curah hujan memiliki kontribusi lebih besar terhadap neraca air dibandingkan dengan perubahan lahan, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dengan penggunaan nilai WHC dan ST yang berbeda tetapi menghasilkan nilai *surplus* dan *runoff* yang sama, hanya terdapat sedikit perbedaan pada nilai *defisit* yaitu sebesar 5,51 mm/tahun, hal ini menunjukkan bahwa iklim lebih berdampak besar terhadap neraca air. Meskipun terjadinya perubahan lahan tetapi cuaca dan iklim yang ekstrim masih memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap neraca air (Ikhwal dkk., 2022). Perubahan iklim dapat mengubah kondisi kualitas sumber daya air seperti aliran sungai, air tanah dan curah hujan yang ada disuatu wilayah atau DAS (Ikhwal dkk., 2022). Penelitian yang dilakukan Puspitahati & Saleh (2017), curah hujan sangat mempengaruhi *runoff*, apabila curah hujan melampaui infiltrasi pada permukaan, air yang berlebih mulai terkumpul ditempat yang dapat menyimpan pada permukaan bumi, sehingga pada musim hujan air akan tersimpan di dalam tanah. Namun apabila tempat penyimpanan sudah penuh, maka tanah akan jenuh dan air akan bergerak menuju ke sungai dan berada diatas permukaan tanah maka air ini merupakan air limpasan. Sehingga disimpulkan bahwa lamanya waktu hujan, distribusi hujan serta intensitas hujan sangat mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan (*runoff*) pada suatu DAS.

Untuk potensi air tersedia setiap bulannya dapat dilihat pada grafik Gambar 4.21, grafik Gambar 4.22 dan grafik Gambar 4.23 serta pada Lampiran 15, Lampiran 16 dan Lampiran 17. Pada tahun 2012 potensi air tersedia pada DAS Krueng Aceh tertinggi terjadi pada bulan November yaitu sebesar 468.394.377 m³/bulan. Sedangkan untuk potensi air tersedia pada tahun 2021 tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar 862.01.119 m³/bulan. Sedangkan potensi air

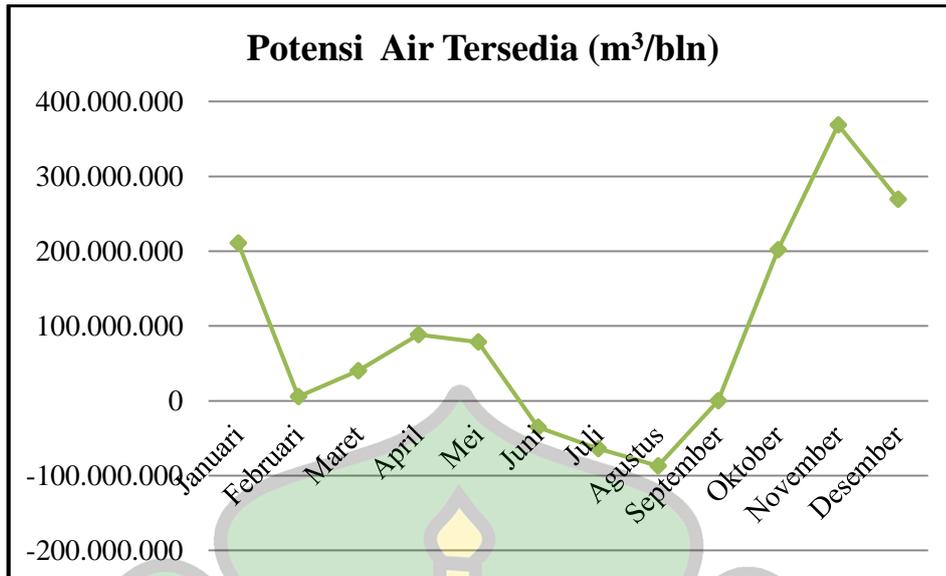
tersedia 10 tahun terakhir tertinggi terjadi pada bulan November dan Desember yaitu 368.882.526 m³/bulan dan 269.225.687 m³/bulan.



Gambar 4. 21 Potensi Air Tersedia Bulanan Pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

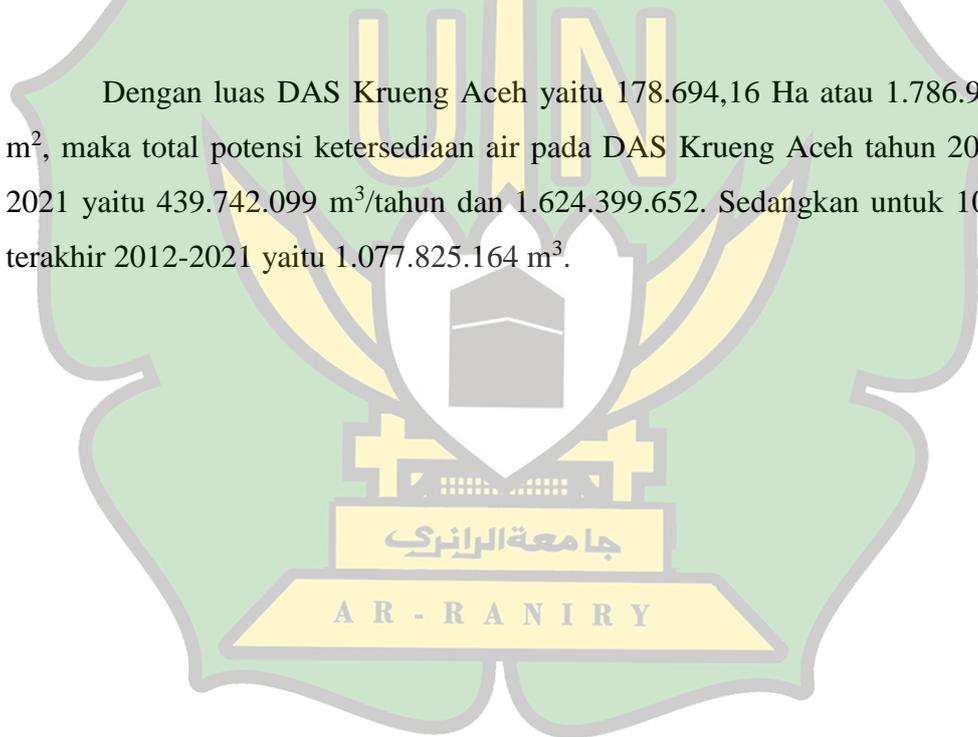


Gambar 4. 22 Potensi Air Tersedia Bulanan Pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021



Gambar 4. 23 Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun 2012-2021

Dengan luas DAS Krueng Aceh yaitu 178.694,16 Ha atau 1.786.941.635 m², maka total potensi ketersediaan air pada DAS Krueng Aceh tahun 2012 dan 2021 yaitu 439.742.099 m³/tahun dan 1.624.399.652. Sedangkan untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 yaitu 1.077.825.164 m³.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Hasil analisis neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan metode *Thorntwaite Mather* terjadi *surplus* pada tahun 2012 selama 5 bulan sebesar 505,141 mm/tahun, *defisit* selama 6 bulan sebesar 259,055 mm/tahun dan satu bulan *balance* dengan total *runoff* pada daerah penelitian dengan luas wilayah 1.786.941.635 m² yaitu 785.396.587 m³/tahun. Untuk tahun 2021 *surplus* terjadi selama 6 bulan sebesar 952.57 mm/tahun, *defisit* selama 6 bulan yaitu 55,34 mm/tahun dengan total *runoff* 1.645.319.305 m³/tahun. Sedangkan untuk 10 tahun terakhir 2012-2021 *surplus* terjadi selama 8 bulan yaitu sebesar 707,37 mm/tahun, *defisit* sebesar 104,20 mm/tahun dan satu bulan *balance* dengan total *runoff* sebesar 1.145.959.962 m³/tahun.
2. Dampak perubahan lahan pada DAS Krueng Aceh dapat dilihat berdasarkan terjadi peningkatan nilai *surplus*, *defisit* dan *runoff* yang disebabkan karena adanya faktor perubahan iklim dan lahan dengan meningkatnya luasan lahan terbangun yaitu pemukiman dan tanah terbuka.
3. Neraca Air pada DAS Krueng Aceh dengan data 10 tahun terakhir 2012 hingga 2021 dengan menggunakan penggunaan lahan nilai WHC dan ST yang berbeda yaitu tahun 2012 dan 2021 menghasilkan nilai neraca air *surplus* dan *runoff* yang sama hanya terdapat sedikit perbedaan pada nilai *defisit* yaitu sebesar 5,51 mm/tahun hal ini menunjukkan bahwa faktor perubahan iklim lebih berkontribusi besar terhadap neraca air dibandingkan perubahan lahan.
4. Dengan luas DAS Krueng Aceh yaitu 178.694,16 Ha atau 1.786.941.635 m², maka total potensi ketersediaan air pada DAS Krueng Aceh tahun 2012 sebesar 439.742.099 m³/tahun, 2021 yaitu 1.624.399.652 m³/tahun dan 10 tahun terakhir 2012-2021 yaitu sebesar 1.077.825.164 m³/tahun.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menghitung besarnya kebutuhan domestik dan non domestik yang memanfaatkan sumber air DAS Krueng Aceh sehingga dapat diketahui terpenuhi tidaknya kebutuhan air tersebut.
2. Penelitian selanjutnya dapat menghitung neraca air pada DAS Krueng Aceh dengan menggunakan metode lain seperti F.J Mock dan NRECA sehingga dapat dilihat perbandingan nya dalam ketersediaan air.



DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Ridwan, & Zulkarnaen, I. (2018). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Lampung.
http://repository.lppm.unila.ac.id/8538/1/BUKU_DIKTAT_Pengelolaan_DAS.pdf
- Anwar, Y. (2021). *Modul praktikum hidrologi*. Universitas Mulawarman.
- Azizah, C., Pawitan, H., Nuraida, Satrjawan, H., Abbas, R., Robo, S., & Misnawati. (2021). Karakteristik Hidrologi dan Dampaknya Terhadap Banjir Daerah Aliran Sungai Jambo Aye di Aceh Indonesia. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 5(2), 171–184.
- Badaruddin, Kadir, S., & Nisa, K. (2021). *Buku Ajar Hidrologi Hutan*. CV. Batang.
- Cahyono, S., Suprayogi, I., & Fauzi, M. (2017). Analisis Indeks Kekeringan Menggunakan Metode Thornthwaite Mather pada DAS SIAK. 4(1), 1–15.
- Chairunnisa, N., Arif, C., Perdinan, & Wibowo, A. (2021). Analisis Neraca Air di Pulau Jawa Bali sebagai Upaya Antisipasi Krisis Air. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 06(02), 61–80. <https://doi.org/10.29244/jsil.6.2.61-80>
- Damayanti, C., Sulistioadi, Y. B., & Aipassa, M. I. (2021). Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Drone di Sub DAS Loa Buah Samarinda. *Prosiding Seminar Ilmiah Kehutanan Mulawarna*, 8(1), 53–65.
- Danial, M. (2021). *Strategi Pengelolaan Hulu Daerah Aliran Sungai Jeneberang*. Universitas Hasanuddin.
- Darwin, Syahrul, & Basri, H. (2021). Analisis Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh, Provinsi Aceh (Studi Kasus Sub DAS Krueng Jreu dan Sub DAS Krueng Khea). *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 14(1), 58–72.
- Ekasari, A. M., Burhanudin, H., & Fardani, I. (2022). Analisis Kualitas Sub DAS Citarum Hulu. *Jurnal Media Komunika Geografi*, 23(1), 44–58.
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., Murti Laksono, K., & Baskoro, D. P. T. (2021). Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Fathnur, Kunta, T., & Musyadik. (2021). Peran Analisis Neraca Air untuk Perencanaan Pertanian di Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 15(1), 46. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v15n1.2021.46-56>
- Febriana, R., Ginting, Y. S., Ferdiansyah, E., & Mubarak, S. (2018). Analisis Besar atau Laju Evapotranspirasi pada Daerah Terbuka. *Agrotekma*, 2(2), 130–237.

- Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Jurnal Ilmu Teknik Org*, 2(2), 1–10.
- Gamaria, E. (2018). *Analisis Neraca Air di Kabupaten Banyuwangi*. Universitas Brawijaya Malang.
- Hamdan, A. M., Fajar, M. T., Wahid, M. A., Mustaqin, R., Maulana, R., & Zainuddin, M. F. (2022). Monitoring Kekерuhan Muara Sungai Dengan Analisis Citra Satelit Dan Korelasinya Dengan Curah Hujan (Studi Kasus Sungai Krueng Aceh). *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 33(1), 22–235.
- Hamdan, A. M., Kirana, K. H., Hakim, F., Iksan, M., Bijaksana, S., Mariyanto, M., Ashari, T. M., Ngkoimani, L. O., Kurniawan, H., Pratama, A., & Wahid, M. A. (2022). Magnetic Susceptibilities of Surface Sediments from Estuary Rivers in Volcanic Regions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(239), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09891-z>
- Hartanto, P. (2017). Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau Menggunakan Metode Thornthwaite. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 27(2), 213–225. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.443>
- Hidayat, A. M., Mulyo, A. P., Azani, A. A., Aofany, D., Nadiansyah, R., & Rejeki, H. A. (2018). Evaluasi Ketersediaan Sumber Daya Air Berbasis Metode Neraca Air Thornthwaite Mather untuk Pendugaan Surplus dan Defisit Air di Pulau Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya*, 35–46.
- Ikhwal, M. F., Nur, S., Darmansyah, D., Hamdan, A. M., Ersa, N. S., Aida, N., Yusra, A., & Satria, A. (2022). A Review of Climate Change Studies on Paddy Agriculture in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1116(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1116/1/012052>
- Ikhwal, M. F., Rau, M. I., Benazir, Pawattana, C., & Yahya, H. (2022). Evaluation of Flood and Drought Events Using AR5 Climate Change Scenarios in Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9(1), 37–46. <https://doi.org/10.22146/jcef.4721>
- Irmayani. (2019). *Analisis Potensi Ketersediaan Air Das Maros dengan Metode Thornthwaite-Mather Departemen Ilmu Tanah*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Jonizar, & Utari, R. (2019). Analisa Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak pada DAS Aur Kecamatan Seberang Ulu Ii Palembang. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(1), 16–23. <https://doi.org/10.32502/jbearing.2199201961>
- Juniyanti, L., Prasetyo, L. B., Aprianto, D. P., Purnomo, H., & Kartodihardjo, H. (2020). Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan, Serta Faktor Penyebabnya di Pulau Bengkalis, Provinsi Riau (Periode 1990-2019). *Jurnal*

- Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 10(3), 419–435. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.419-435>
- Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan T. R. I. (2020). *Modul Hidrometeorologi*. Universitas Gadjah Mada.
- Kundimang, V. I., Hendratta, L. A., & Wuisan, E. M. (2015). Analisis Ketersediaan Air Sungai Talawaan untuk Kebutuhan Irigasi di Daerah Irigasi Talawaan Meras Dan Talawaan Atas. *Tekno*, 13(64), 48–55.
- Kustamar. (2008). *Konsep, Strategi dan Contoh Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Universitas Negeri Malang.
- Kusumadewi, D. A., Djakfar, L., & Bisri, M. (2012). Arahkan Spasial Teknologi Drainase Untuk Mereduksi Genangan di SUB Daerah Aliran Sungai Watu Bagian Hilir. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 258–276.
- Mahyuddin, Sugianto, & Alvisyahrin, T. (2013). Analisis Penutupan Lahan Kawasan Hutan Pada Daerah Aliran Sungai Krueng Aceh Pra dan Pasca Tsunami. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3), 296–303.
- Mardeni, F. (2021). *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir di Sub DAS Sail*. Universitas Islam Riau.
- Mayasari, U. (2022). Sosialisasi Tanam Pohon dalam Mencegah Terjadinya Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) di Dusun Jeruk Ulfayani. *Jurnal IPTEK Bagi Masyarakat*, 1(3), 126–130.
- Mopangga, S. (2019). Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Bolango. *Jurnal Peradaban Sains Dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITE) Bina Taruna Gorontalo*, 7(2), 162–171.
- Mustakim, Oliy, A., & Ichsan, I. (2021). Analisa Fungsi Tampung Sedimen Pada Checkdam Sungai Alo Terhadap Laju Sedimen Ke Danau Limboto. *Journal of Infrastructure Dan Science Engineering*, 4(1), 34–42.
- Nasrullah, & Kartiwa, B. (2010). Analisis Alih Fungsi Lahan dan Keterkaitannya dengan Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 3(1), 81–98.
- Noerhayati, E. (2015). Model Neraca Air Daerah Aliran Sungai Dengan Aplikasi Minitab. In *Badan Penerbit Fakultas Ekonomi* (Issue September). Badan Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Islam Malang. <http://library.unisma.ac.id/files/Buku DAS Eko Noerhayati.pdf>
- Nurhidayat. (2021). *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sungai di Sub Das Tanralili*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Pamuji, K. E., Lestari, O. A., & Mirino, R. R. (2020). Analisis Morfometri Daerah Aliran Sungai (Das) Muari Di Kabupaten Manokwari Selatan. *Jurnal Natural*, 16(1), 38–48. <https://doi.org/10.30862/jn.v16i1.59>

- Patabai, A. I. (2021). *Analisis Neraca Air Irigasi pada Daerah Irigasi Bissua Kecamatan Polombangkeng Utara Kabupaten Takalar*. Universitas Hasanuddin.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No 60 Tahun 2013 Tentang Tata Cara Penyusunan dan Penetapan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran sungai*.
- Perkasa, W. B. A., Halik, G., & Wiyono, R. U. A. (2022). Evaluasi Kinerja Sub DAS Asem Kabupaten Lumajang. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 5(2), 142–154.
- Permatasari, R. (2017). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Rezim Hidrologi DAS (Studi Kasus : DAS Komerling). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 91–98. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.11>
- Pratama, A. A. (2018). *Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Balease Tahun 2031*. Universitas Hasanuddin.
- Pratama, H. A., Ikhsan, J., & Apip. (2021). Prediksi Debit Aliran Masuk ke Telaga Menjer Menggunakan Persamaan Neraca Air Dan Pemodelan HEC-HMS. In *Jurnal Teknik Hidraulik* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.32679/jth.v12i2.655>
- Pratama, W., & Yuwono, S. B. (2016). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di Das Bulok. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(3), 11. <https://doi.org/10.23960/jsl3411-20>
- Pribadi, A. D., Kusumawati, R. D., & Firdausi, A. A. (2020). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di DAS Sampean Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Ilmiah Desain Dan Konstruksi*, 19(2), 84–101. <https://doi.org/10.35760/dk.2020.v19i2.3492>
- Puspitahati, & Saleh, E. (2017). Analisis Neraca Air dalam Ketersediaan Air Terhadap Perubahan Iklim di Beberapa Sub DAS Musi. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 6(2), 192–202. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id
- Radeng, A. K. (2021). *Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan di Sub Daerah Aliran Sunai Satta Hulu Tahun 2031*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Ramdana, C. P., Devianti, & Zulfahrizal. (2021). Akurasi Model Infiltrasi Kostiakov dengan Pengukuran Secara Rainfall Simulator Pada Beberapa Tekstur Tanah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 6(2), 47–56.
- Rezcky, R. (2020). *Analisis Indeks Kekeringan dengan Metode Theory of Run dan Thornthwaite Mather di Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur*. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Risnawati, & Ikhsan, A. M. (2021). Analisis Faktor Perubahan Pemanfaatan Lahan di Kecamatan Watang Pulu Kabupaten Sidrap. *Jurnal Arsitektur Kota Dan Pemukiman*, 6(2), 167–178.

- Rumangit, N. I., Kalangi, J. I., & Saroinsong, F. B. (2019). Lolosan Tajuk , Aliran Batang dan INtersepsi pada Pohon Pakoba (*Syzigium sp.*) Nantu (*Palaquium obtusifolium Burck*) dan Cempaka (*Magnolia tsiampacca*). *Jurnal Eugenia*, 25(2), 33–40.
- Safriani, M., Amir, A., & Ikhwali, M. F. (2023). Evaluation of Krueng Tripa River Capacity in Ujung Krueng Village, Nagan Raya Regency, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1203(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1203/1/012033>
- Salim, A. G., Dharmawan, I. W. S., & Narendra, B. H. (2019). Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 333–340. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.333-340>
- Salsabila, A., & Nugraheni, I. L. (2020). *Pengantar Hidrologi*. CV. Anugrah Utama Raharja.
- Sudirman, I., & Alamsyah. (2019). *Analisis Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Permeabilitas dan Waktu Penggenangan (Ponding Time) Pada Frekuensi Hujan Berulang (Studi Laboratorium dengan Rainfall Simulator)*. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Suhardi, & Marhaenanto, B. (2022). Rancangan Bangunan Ukur Evapotranspirasi Berbasis Internet Of Things (IOT). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 10(1), 129–144. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v10i1.334>
- Syahputra, Y. A., Saleh, M. B., & Puspaningsih, N. (2021). Prediksi Perubahan Tutupan Lahan dengan Model Markov Chain dan Ann-Markov di DAS Krueng Aceh. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 5(2), 185–206.
- Tanjung, A. (2018). *Ketersediaan Air pada Daerah Krisis Air (Studi Kasus: Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur)*. Universitas Brawijaya Malang. <http://repository.ub.ac.id/162309/%0Ahttp://repository.ub.ac.id/162309/1/A NISA TANJUNG.pdf>
- Tiwery, C. J., Magrib, N. I. D., & Sahetapy, E. P. (2022). Analisis Pemanfaatan Air Hujan dan Perencanaan Sistem Penampung Air Hujan Sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Rumah Tangga (Studi Kasus: Jln. Chr. M. Tiahahu, RT 008 Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah). *Jurnal Manumata*, 8(1), 66–74.
- Tuakora, M. A., Mardiatmoko, G., & Lelloltery, H. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Penutupan Lahan di dalam Kawasan Lindung Gunung Sirimau. *Jurnal Penelitian Kehutanan*, 16(1), 60–68.
- Utama, L. (2022). Kawasan Berpotensi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji. *Jurnal Rang Teknik*, 5(2), 110–115.

- Utami, P., Aji, A., & Juhadi. (2017). Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Daya Dukung Tata Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Kreo di Kota Semarang. *Jurnal Geo-Image*, 6(2), 131–138.
- Wicaksono, F. D. N., Suyanto, & Qomariyah, S. (2015). Simulasi Prediksi Pola Tata Tanam di Das Tirtomoyo Berdasarkan Neraca Air. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 351–359.
- Widiyono, M. G. (2016). Analisis Neraca Air Metode *Thornthwaite Mather* Kaitannya dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Domestik di Daerah Potensi Rawan Kekeringan di Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Swara Bumi*, 1(1), 10–17.
- Wijayanti, P., Noviani, R., & Tjahjono, G. A. (2015). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Imbangan Air Secara Meteorologis dengan Menggunakan Metode *Thornthwaite Mather* untuk Analisis Kekrtisan Air di Karst Wonogiri. *Jurnal Geomedia*, 13(1), 27–40.
- Wulandari, E. S., & Basri, H. H. (2021). Analisis Ketersediaan, Kebutuhan dan Indeks Penggunaan Air di Sub DAS Krueng Jreue Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh. *Jurnal Real Riset*, 3(2), 193–205. <https://doi.org/10.47647/jrr>
- Yusuf, S. M., Murtalaksonoc, K., Hidayat, Y., & Suharnoto, Y. (2018). Analisis dan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(3), 365–375. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.3.365-375>
- Zelfiana. (2021). *Laju Infiltrasi di Bawah Tegakan Aren (Arenga pinnata) pada Kelerengan Landai dan Curam di Kecamatan Bontomanai Kabupaten Kepulauan Selayar*. Universitas Hasanuddin Makassar.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pendugaan *Water Holding Capacity* Berdasarkan Kombinasi
Tekstur Tanah dan Vegetasi Penutup

Jenis Tanah	Air tersedia (mm/m)	Kedalaman Perakaran (m)	Kemampuan tanah menahan air (mm)
Tanah Perakaran Dangkal (bayam, kacang, wortel)			
Pasir halus	100	0.50	50
Lempung berpasir halus	150	0.50	75
Lempung berdebu	200	0.62	152
Lempung berliat	250	0.40	100
Lempung	300	0.25	75
Tanaman Perakaran Sedang (jagung, tembakau, dll)			
Pasir halus	100	0.75	75
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.00	200
Lempung berliat	250	0.80	200
Lempung	300	0.50	150
Tanaman Perakaran Dalam (legume, padang rumput, semak belukar)			
Pasir halus	100	1.00	100
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.25	250
Lempung berliat	250	1.00	250
Lempung	300	0.67	200
Tanaman Perkebunan			
Pasir halus	100	1.50	150
Lempung berpasir halus	150	1.67	250
Lempung berdebu	200	1.5	300
Lempung berliat	250	1.00	250

Lempung	300	0.67	200
Hutan			
Pasir halus	100	2.50	250
Lempung berpasir halus	150	2.00	300
Lempung berdebu	200	2.00	400
Lempung berliat	250	1.60	400
Lempung	300	1.17	350

Sumber: Thornthwaite and Mather dalam Wijayanti dkk (2015)

Lampiran 2. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan Tahun 2012

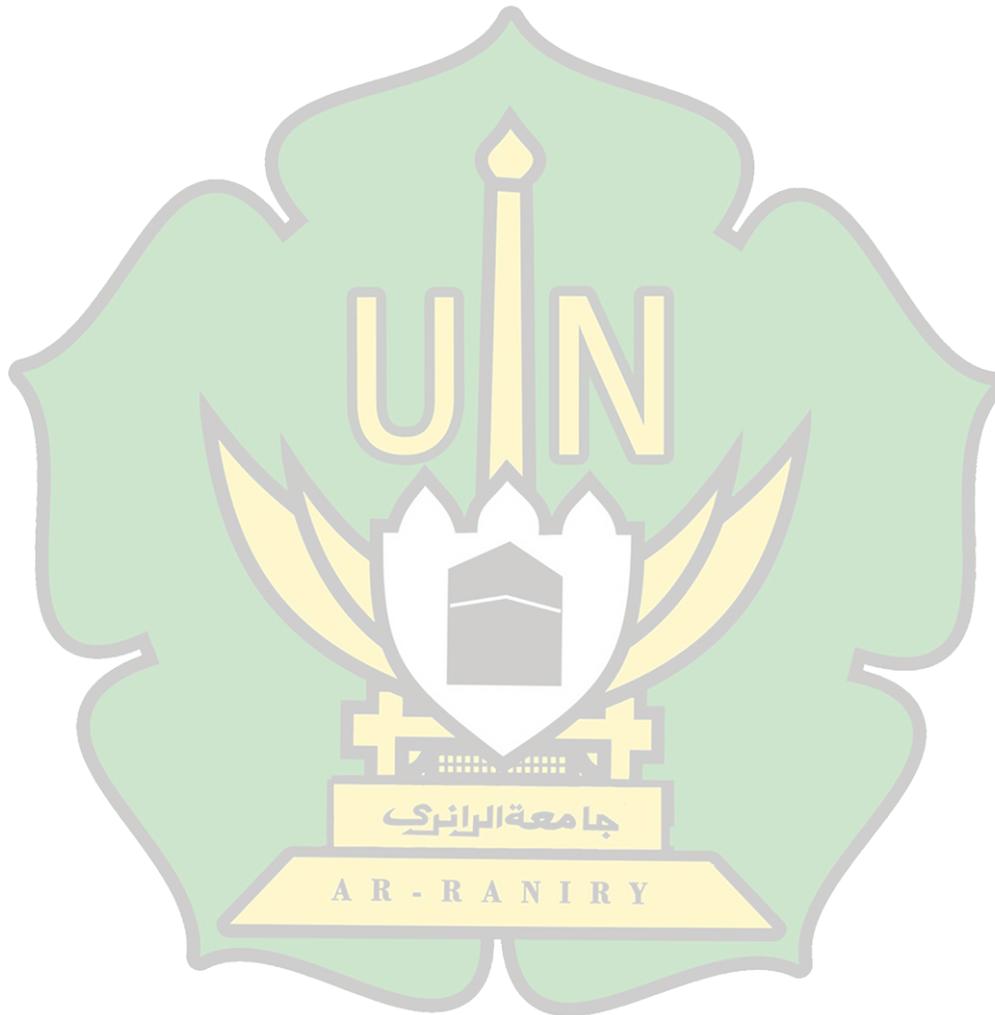
No	Bulan	Temperatur Udara Minimum (°C)	Temperatur Udara Maksimum (°C)	Temperatur Udara Rata-rata (°C)
1	Januari	22,77	31,29	26,11
2	Februari	22,93	32,20	26,47
3	Maret	22,65	31,87	26,18
4	April	22,70	33,12	26,83
5	Mei	23,39	33,69	27,56
6	Juni	22,53	34,63	28,32
7	Juli	22,94	34,11	27,78
8	Agustus	23,10	33,80	27,62
9	September	23,10	33,33	27,41
10	Oktober	23,07	31,97	26,46
11	November	23,53	31,31	26,20
12	Desember	23,52	31,45	26,46

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2022)

Lampiran 3. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan Tahun 2021

No	Bulan	Temperatur Udara Minimum (°C)	Temperatur Udara Maksimum (°C)	Temperatur Udara Rata-rata (°C)
1	Januari	23,14	30,95	26,86
2	Februari	23,14	32,33	26,86
3	Maret	23,17	32,18	26,49
4	April	23,27	32,72	27,05
5	Mei	24,33	33,26	27,89
6	Juni	23,66	33,06	27,53
7	Juli	23,80	32,99	27,77
8	Agustus	23,90	32,53	27,33
9	September	23,40	32,80	27,01

10	Oktober	23,99	32,47	27,30
11	November	23,47	31,25	26,22
12	Desember	23,22	31,75	26,39



Lampiran 4. Tabel Data Temperatur Udara Bulanan 10 Tahun 2012-2021

No	Bulan	Temperatur Udara (°C)										Max (°C)	Min (°C)	Rata-rata (°C)
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
1	Januari	26,11	26,33	25,73	26,28	27,26	25,73	25,86	26,46	26,97	26,86	31,69	22,92	26,36
2	Februari	26,47	25,90	26,07	26,03	26,82	26,33	26,65	26,76	26,78	26,86	32,06	22,72	26,47
3	Maret	26,18	27,19	27,16	26,76	27,87	26,20	26,79	26,98	27,43	26,49	32,94	23,09	26,91
4	April	26,83	27,00	26,74	26,44	27,94	26,66	26,83	27,38	27,11	27,05	33,05	23,46	27,00
5	Mei	27,56	27,02	27,50	27,10	27,76	27,51	26,88	27,60	26,93	27,89	33,09	23,91	27,37
6	Juni	28,32	27,72	28,50	27,14	27,82	27,75	27,58	27,77	27,33	27,53	33,49	23,61	27,75
7	Juli	27,78	27,38	28,54	27,44	27,13	28,23	28,36	27,32	26,74	27,77	33,43	23,39	27,67
8	Agustus	27,62	27,00	27,10	27,04	27,90	27,17	28,21	27,85	27,42	27,33	33,24	23,42	27,46
9	September	27,41	27,09	26,39	26,59	27,75	26,66	26,72	27,06	26,11	27,01	32,70	23,11	26,88
10	Oktober	26,46	26,28	25,77	26,17	27,19	26,70	26,10	25,55	26,85	27,30	31,99	23,14	26,44
11	November	26,20	26,09	26,22	26,32	26,20	26,28	26,18	26,54	25,97	26,22	31,41	23,40	26,22
12	Desember	26,46	26,06	26,04	26,45	26,03	26,01	26,25	26,24	26,05	26,39	31,17	23,26	26,20

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2022)



Lampiran 5. Tabel Data Curah Hujan Bulanan 10 Tahun 2012-2021

No	Bulan	Curah Hujan (mm/bulan)										Max (mm)	Min (mm)	Rata-rata
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
1	Januari	259	359,6	142,5	180,6	146,6	365,8	240,7	143,6	8	620,3	365,8	8	246,67
2	Februari	96	172,6	87,6	18,6	144,4	70,7	229,6	252,4	119,9	31	252,4	31	122,28
3	Maret	151	187	7	54,6	47,7	250,2	68,2	242,4	214,7	407,8	407,8	7	163,06
4	April	160	171,9	112	317,7	163,3	241,1	120,3	141,9	277,6	198,9	317,7	79	190,47
5	Mei	144	231,6	78	177,8	214,5	129,5	117,3	176	566,5	149,2	566,5	78	198,44
6	Juni	22	142,2	69,3	22,7	43,3	44,1	63,9	92	49,6	126,7	142,2	41	67,58
7	Juli	56	65,4	33,1	106,2	39,8	22	56,3	130,5	179,9	156,2	156,2	22	84,54
8	Agustus	51	38,4	133,5	29,2	135,9	51,5	97,5	74,3	94,9	96,2	135,9	29,2	80,24
9	September	85	187,5	141,1	112,1	35,1	247,2	173,7	124,7	161,9	116,6	247,2	35,1	138,49
10	Oktober	145	67,5	466,5	206,5	165,7	141,2	343,7	466,3	187,7	253,6	466,5	67,5	244,37
11	November	384	195	510,7	323,6	250,6	304,6	326,6	271,6	480,1	241,5	510,7	195	328,83
12	Desember	213	297,3	418,6	154,3	169,1	297	498,5	268,8	237,6	209,2	498,5	152	276,34
	Jumlah	1.766	2.116	2.199,9	1.703,9	1,556	2.164,9	2.336,3	2.384,5	2.578,4	2.607,2			2.141,31

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2022)



Lampiran 6. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi Tahun 2012

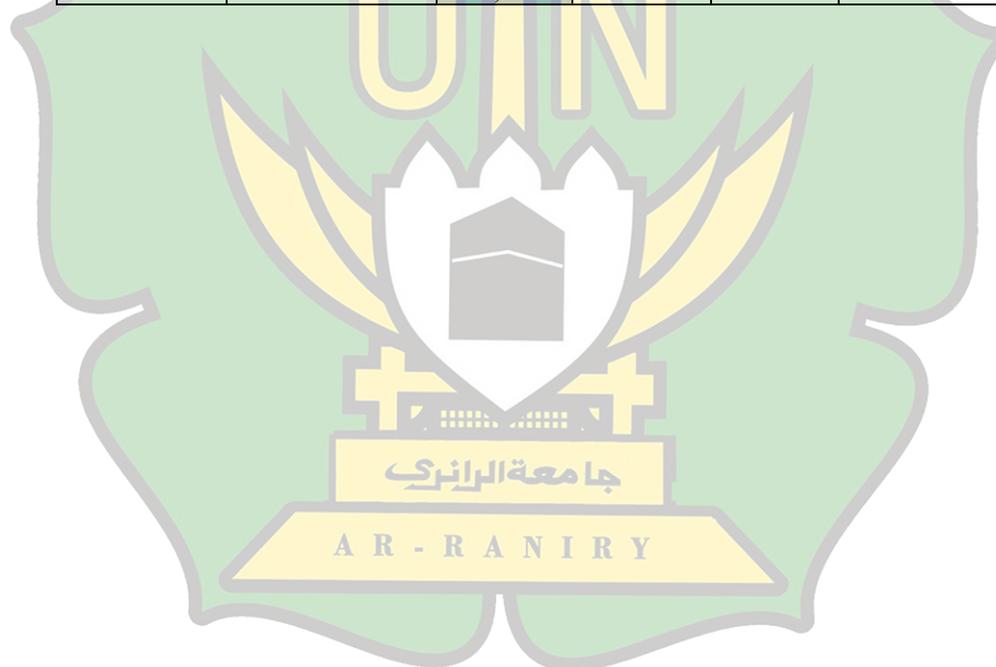
Bulan	Temperatur Udara (°C)	I	Pex (mm/bn)	F	PE (mm/bln)
Januari	26,1	12,21	121,55	1,02	123,98
Februari	26,5	12,47	127,96	0,93	119,00
Maret	26,2	12,26	122,70	1,03	126,39
April	26,8	12,72	134,77	1,02	137,47
Mei	27,6	13,25	149,40	1,06	158,36
Juni	28,3	13,81	165,92	1,03	170,89
Juli	27,8	13,41	154,00	1,06	163,24
Agustus	27,6	13,29	150,60	1,05	158,14
September	27,4	13,14	146,28	1,01	147,74
Oktober	26,5	12,46	127,79	1,03	131,63
November	26,2	12,28	123,11	0,99	121,88
Desember	26,5	12,46	127,82	1,02	130,38
	I =	153,77			1.689,09
	a =	3,829			

Lampiran 7. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi Tahun 2021

Bulan	Temperatur Udara (°C)	I	Pex (mm/bn)	F	PE (mm/bln)
Januari	26,9	12,75	135,20	1,02	137,90
Februari	26,9	12,75	135,31	0,93	125,84
Maret	26,5	12,48	128,17	1,03	132,01
April	27,1	12,88	138,97	1,02	141,75
Mei	27,9	13,50	156,43	1,06	165,81
Juni	27,5	13,23	148,82	1,03	153,29
Juli	27,8	13,41	153,78	1,06	163,01
Agustus	27,3	13,08	144,53	1,05	151,76
September	27,0	12,86	138,24	1,01	139,62
Oktober	27,3	13,07	144,00	1,03	148,32
November	26,2	12,29	123,12	0,99	121,89
Desember	26,4	12,41	126,34	1,02	128,87
	I =	154,71			1.710,07
	a =	3,869			

Lampiran 8. Tabel Data Potensi Evapotranspirasi 10 Tahun 2012-2021

Bulan	Temperatur Udara (°C)	i	P _{ex} (mm/bn)	F	PE (mm/bln)
Januari	26,4	12,39	126,13	1,02	128,65
Februari	26,5	12,47	128,11	0,93	119,14
Maret	26,9	12,78	136,38	1,03	140,47
April	27,0	12,85	138,19	1,02	140,95
Mei	27,4	13,12	145,67	1,06	154,41
Juni	27,7	13,39	153,36	1,03	157,96
Juli	27,7	13,33	151,70	1,06	160,80
Agustus	27,5	13,18	147,48	1,05	154,85
September	26,9	12,76	135,87	1,01	137,23
Oktober	26,4	12,45	127,58	1,03	131,40
November	26,2	12,29	123,63	0,99	122,40
Desember	26,2	12,27	123,21	1,02	125,68
	I =	153,28			1.673,93
	a =	3,81			



Lampiran 9. Tabel Hasil Pendugaan Nilai Kapasitas Penyimpanan Tanah (WHC) Tahun 2012

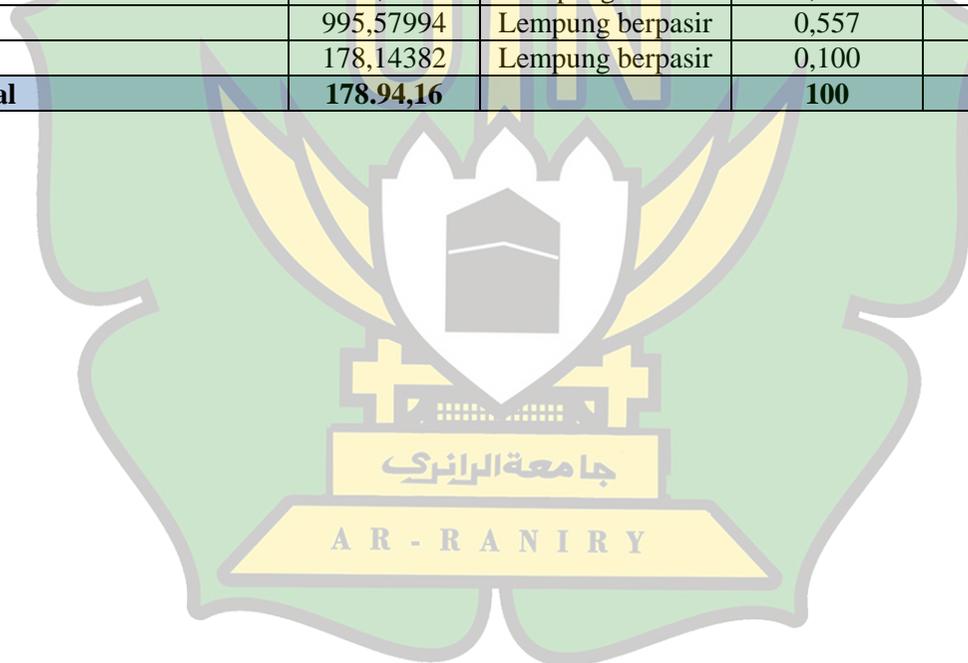
No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Testur	Luas Area (%)	Air Tersedia (mm/m)	Zona Perakaran (m)	WHC (mm)
1	Hutan Lahan Kering Primer	5.560,201503	Lempung berpasir	3,107	150	2.00	9,32
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	55.861,8717	Lempung berpasir	31,217	150	2.00	93,65
3	Hutan Tanaman	457,2017458	Lempung berliat	0,255	250	1.60	1,02
4	Semak/ Belukar	27.552,41776	Lempung debu	15,397	200	1.25	38,49
5	Pemukiman	4.065,165247	Lempung berpasir	2,272	0	0	0
6	Tanah Terbuka	415,1564954	Lempung berpasir	0,232	0	0	0
7	Savana/ Padang Rumput	41.183,71551	Lempung berpasir	23,015	150	1.00	34,52
8	Tubuh Air	766,7091207	Lempung bersiran	0,428	0	0	0
9	Pertanian Lahan Kering	22.007,0346	Lempung bersiran	12,298	150	1.00	18,45
10	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	5.317,273413	Lempung debu	2,971	200	1.00	5,94
11	Sawah	14.187,28003	Lempung berpasir	7,928	150	0.50	5,95
12	Tambak	1.421,483558	Lempung berpasir	0,794	0	0	0
13	Bandara/ Pelabuhan	150,5318305	Lempung berpasir	0,084	0	0	0
Total		178.946,04		100	1.400	10,35	207,35



Lampiran 10. Tabel Hasil Pendugaan Nilai Kapasitas Penyimpanan Tanah (WHC) Tahun 2021

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Testur	Luas Area (%)	Air Tersedia (mm/m)	Zona Perakaran (m)	WHC (mm)
1	Hutan Lahan Kering Primer	50.461,30698	Lempung berpasir	28,239	150	2.00	84,72
2	Hutan Lahan Kering Primer	306,76979	Lempung berliat	0,172	250	1.60	0,69
3	Hutan Lahan Kering Primer	450,56599	Lempung debu	0,252	200	2.00	1,01
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	5.506,31571	Lempung berpasir	3,081	150	2.00	9,24
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	2.768,92180	Lempung berliat	1,550	250	1.60	6,20
6	Hutan Lahan Kering Sekunder	1.786,83554	Lempung debu	1,000	200	2.00	4,00
7	Hutan Tanaman	57,59257	Lempung berpasir	0,032	150	2.00	0,10
8	Hutan Tanaman	205,30956	Lempung berliat	0,115	250	1.60	0,46
9	Semak/ Belukar	26.178,75753	Lempung berpasir	14,650	150	1.00	21,98
10	Semak/ Belukar	3.037,69541	Lempung berliat	1,700	250	1.00	4,25
11	Semak/ Belukar	2.580,25218	Lempung debu	1,444	200	1.25	3,61
12	Perkebunan	3,34450	Lempung debu	0,002	200	1.25	0,005
13	Pemukiman	11.831,50442	Lempung berpasir	6,621	0	0	0
14	Pemukiman	164,78883	Lempung berliat	0,092	0	0	0
15	Pemukiman	832,94768	Lempung debu	0,466	0	0	0
16	Tanah Terbuka	3.978,09715	Lempung berpasir	2,226	0	0	0
17	Tanah Terbuka	2.037,44674	Lempung berliat	1,140	0	0	0
18	Tanah Terbuka	2.126,51433	Lempung debu	1,190	0	0	0
19	Savana/ Padang Rumput	23.399,96310	Lempung berpasir	13,095	150	1.00	19,64
20	Savana/ Padang Rumput	4.573,19505	Lempung berliat	2,559	250	1.00	6,40
21	Savana/ Padang Rumput	4.289,49589	Lempung debu	2,400	200	1.25	6,00
22	Tubuh Air	1.151,05476	Lempung berpasir	0,644	0	0	0
23	Tubuh Air	180,89415	Lempung debu	0,101	0	0	0

24	Belukar Rawa	37,48241	Lempung berpasir	0,021	150	1.00	0,03
25	Pertanian Lahan Kering	5.210,91207	Lempung berpasir	2,916	150	1.00	4,37
26	Pertanian Lahan Kering	1.344,48409	Lempung berliat	0,752	250	0.80	1,50
27	Pertanian Lahan Kering	1.214,60400	Lempung debuau	0,680	200	1.00	1,36
28	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	4.917,40050	Lempung berpasir	2,752	150	1.00	4,13
29	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	906,79981	Lempung berliat	0,507	250	0.80	1,01
30	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	2.013,26084	Lempung debuau	1,127	200	1.00	2,25
31	Sawah	10.899,51347	Lempung berpasir	6,100	150	0.50	4,57
32	Sawah	576,56373	Lempung berliat	0,323	250	0.40	0,32
33	Sawah	2.489,84913	Lempung debuau	1,393	200	0.62	1,73
34	Tambak	995,57994	Lempung berpasir	0,557	0	0	0
35	Bandara/ Pelabuhan	178,14382	Lempung berpasir	0,100	0	0	0
Total		178.94,16		100	4.950	30,67	189,58



Lampiran 11. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) Tahun 2012

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	WHC=Sto	e	P-PE	APWL	APWL/Sto	ST
Januari	259	123,98	207,35	2,718	135,02	0	0	207,35
Februari	96	119,00	207,35	2,718	-23,00	-23,00	-0,11	185,58
Maret	151	126,39	207,35	2,718	24,61	0	0	207,35
April	160	137,47	207,35	2,718	22,53	0	0	207,35
Mei	144	158,36	207,35	2,718	-14,36	-14,36	-0,07	193,47
Juni	22	170,89	207,35	2,718	-148,89	-163,25	-0,79	94,36
Juli	56	163,24	207,35	2,718	-107,24	-270,50	-1,30	56,26
Agustus	51	158,14	207,35	2,718	-107,14	-377,63	-1,82	33,56
September	85	147,74	207,35	2,718	-62,74	-440,37	-2,12	24,80
Oktober	145	131,63	207,35	2,718	13,37	0	0	207,35
November	384	121,88	207,35	2,718	262,12	0	0	207,35
Desember	213	130,38	207,35	2,718	82,62	0	0	207,35

Lampiran 12. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) Tahun 2021

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	WHC=Sto	e	P-PE	APWL	APWL/Sto	ST
Januari	620,30	137,90	189,58	2,718	482,40	0	0	189,58
Februari	31,00	125,84	189,58	2,718	-94,84	-94,84	-0,50	114,96
Maret	407,80	132,01	189,58	2,718	275,79	0	0	189,58
April	198,90	141,75	189,58	2,718	57,15	0	0	189,58
Mei	149,20	165,81	189,58	2,718	-16,61	-16,61	-0,09	173,68
Juni	126,70	153,29	189,58	2,718	-26,59	-43,20	-0,23	150,95
Juli	156,20	163,01	189,58	2,718	-6,81	-50,01	-0,26	145,63
Agustus	96,20	151,76	189,58	2,718	-55,56	-105,57	-0,56	108,64

September	116,60	139,62	189,58	2,718	-23,02	-128,59	-0,68	96,22
Oktober	253,60	148,32	189,58	2,718	105,28	0	0	189,58
November	241,50	121,89	189,58	2,718	119,61	0	0	189,58
Desember	209,20	128,87	189,58	2,718	80,33	0	0	189,58

Lampiran 13. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2012)

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	WHC=Sto	e	P-PE	APWL	APWL/Sto	ST
Januari	246,67	128,65	207,35	2,718	118,02	0	0	207,35
Februari	122,28	119,14	207,35	2,718	3,14	0	0	207,35
Maret	163,06	140,47	207,35	2,718	22,59	0	0	207,35
April	190,47	140,95	207,35	2,718	49,52	0	0	207,35
Mei	198,44	154,41	207,35	2,718	44,03	0	0	207,35
Juni	67,58	157,96	207,35	2,718	-90,38	-90,38	-0,44	134,10
Juli	84,54	160,80	207,35	2,718	-76,26	-166,64	-0,80	92,83
Agustus	80,24	154,85	207,35	2,718	-74,61	-241,25	-1,16	64,78
September	138,49	137,23	207,35	2,718	1,26	0	0	207,35
Oktober	244,37	131,40	207,35	2,718	112,97	0	0	207,35
November	328,83	122,40	207,35	2,718	206,43	0	0	207,35
Desember	276,34	125,68	207,35	2,718	150,66	0	0	207,35

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Lampiran 14. Tabel Hasil Perhitungan Penambahan Air (ST) 10 Tahun 2012-2021 (WHC 2021)

Bulan	P (mm/bln)	PE (mm/bln)	WHC=Sto	e	P-PE	APWL	APWL/Sto	ST
Januari	246,67	128,65	189,58	2,718	118,02	0	0	189,58
Februari	122,28	119,14	189,58	2,718	3,14	0	0	189,58
Maret	163,06	140,47	189,58	2,718	22,59	0	0	189,58
April	190,47	140,95	189,58	2,718	49,52	0	0	189,58
Mei	198,44	154,41	189,58	2,718	44,03	0	0	189,58
Juni	67,58	157,96	189,58	2,718	-90,38	-90,38	-0,48	117,70
Juli	84,54	160,80	189,58	2,718	-76,26	-166,64	-0,88	78,72
Agustus	80,24	154,85	189,58	2,718	-74,61	-241,25	-1,27	53,11
September	138,49	137,23	189,58	2,718	1,26	0	0	189,58
Oktober	244,37	131,40	189,58	2,718	112,97	0	0	189,58
November	328,83	122,40	189,58	2,718	206,43	0	0	189,58
Desember	276,34	125,68	189,58	2,718	150,66	0	0	189,58

Lampiran 15. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh Tahun 2012

Bulan	S (mm/bln)	D (mm/bln)	(S-D) (mm/bln)	(S-D) (m/bln)	Luas (ha)	Luas (m ²)	PAT (m ³ /bln)
Januari	135,02	0	135,02	0,14	178.694,16	1.786.941.635	241.269.995
Februari	0	1,23	-1,23	0	178.694,16	1.786.941.635	-2.201.309
Maret	2,85	0	2,85	0	178.694,16	1.786.941.635	5.086.012
April	22,53	0	22,53	0,02	178.694,16	1.786.941.635	40.261.672
Mei	0	0,49	-0,49	0	178.694,16	1.786.941.635	-870.851
Juni	0	49,78	-49,78	-0,05	178.694,16	1.786.941.635	-88.955.808
Juli	0	69,14	-69,14	-0,07	178.694,16	1.786.941.635	-123.548.922
Agustus	0	84,44	-84,44	-0,08	178.694,16	1.786.941.635	-150.881.762
September	0	53,98	-53,98	-0,05	178.694,16	1.786.941.635	-96.456.693

Oktober	0	0	0	0	178.694,16	1.786.941.635	0
November	262,12	0	262,12	0,26	178.694,16	1.786.941.635	468.394.377
Desember	82,62	0	82,62	0,08	178.694,16	1.786.941.635	147.645.388
Total	505,141	259,055	246,09	0,25	178.694,16	1.786.941.635	439.742.099

Lampiran 16. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh Tahun 2021

Bulan	S (mm/bln)	D (mm/bln)	(S-D) (mm/bln)	(S-D) (m/bln)	Luas (ha)	Luas (m ²)	PAT (m ³ /bln)
Januari	482,40	0	482,40	0,482	178.694,16	1.786.941.635	862,012,119
Februari	0	20,22	-20,22	-0,020	178.694,16	1.786.941.635	-36,134,793
Maret	201,17	0	201,17	0,201	178.694,16	1.786.941.635	359,474,083
April	57,15	0	57,15	0,057	178.694,16	1.786.941.635	102,130,165
Mei	0	0,71	-0,71	-0,001	178.694,16	1.786.941.635	-1,266,393
Juni	0	3,86	-3,86	-0,004	178.694,16	1.786.941.635	-6,903,770
Juli	0	1,48	-1,48	-0,001	178.694,16	1.786.941.635	-2,653,102
Agustus	0	18,57	-18,57	-0,019	178.694,16	1.786.941.635	-33,180,698
September	0	10,60	-10,60	-0,011	178.694,16	1.786.941.635	-18,941,818
Oktober	11,91	-11,91	23,83	0,024	178.694,16	1.786.941.635	42,575,601
November	119,61	0	119,61	0,120	178.694,16	1.786.941.635	213,734,587
Desember	80,33	0	80,33	0,080	178.694,16	1.786.941.635	143,553,671
Total	952,573	43,53	909,04	0,909	178.694,16	1.786.941.635	1,624,399,652

Lampiran 17. Potensi Air Tersedia pada DAS Krueng Aceh 10 Tahun Terakhir 2012-2021

Bulan	S (mm/bln)	D (mm/bln)	(S-D) (mm/bln)	(S-D) (m/bln)	Luas (ha)	Luas (m ²)	PAT (m ³ /bln)
Januari	118,02	0	118,02	0,12	178.694,16	1.786.941.635	210.892.884
Februari	3,14	0	3,14	0	178.694,16	1.786.941.635	5.615.192
Maret	22,59	0	22,59	0,02	178.694,16	1.786.941.635	40.365.146
April	49,52	0	49,52	0,05	178.694,16	1.786.941.635	88.491.191
Mei	44,03	0	44,03	0,04	178.694,16	1.786.941.635	78.681.530
Juni	0	19,68	-19,68	-0,02	178.694,16	1.786.941.635	-35.171.832
Juli	0	35,72	-35,72	-0,04	178.694,16	1.786.941.635	-63.836.226
Agustus	0	48,79	-48,79	-0,05	178.694,16	1.786.941.635	-87.187.373
September	0	0	0	0,00	178.694,16	1.786.941.635	0
Oktober	112,97	0	112,97	0,11	178.694,16	1.786.941.635	201.866.440
November	206,43	0	206,43	0,21	178.694,16	1.786.941.635	368.882.526
Desember	150,66	0	150,66	0,15	178.694,16	1.786.941.635	269.225.687
Total	707,37	104,20	603,17	0,60	178.694,16	1.786.941.635	1.077.825.164

