

**ESTIMASI KETERSEDIAAN AIR DI DAS KRUENG ACEH
MENGUNAKAN MODEL *RAINFALL-RUNOFF-
INUNDATION* (RRI)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

AGUS MUNANDAR

NIM. 180702107

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**ESTIMASI KETERSEDIAAN AIR DI DAS KRUENG ACEH
MENGUNAKAN MODEL *RAINFALL-RUNOFF-
INUNDATION* (RRI)**

TUGAS AKHIR

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

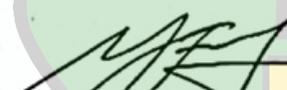
Diajukan Oleh:
Agus Munandar
NIM. 180702107

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh,
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

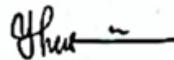
Pembimbing I,

Pembimbing II,


M. Fatsi 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

**ESTIMASI KETERSEDIAAN AIR DI DAS KRUENG ACEH
MENGUNAKAN MODEL *RAINFALL-RUNOFF-
INUNDATION* (RRI)**

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 Skripsi

Ketua,

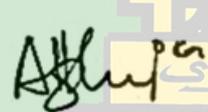
Sekretaris,


M. Faizul Ishwari, M.Eng
NIDN. 2008109101


Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Penguji I,

Penguji II,


Teuku Muhammad Ashari, 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. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T.
NIP. 0002106203

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agus Munandar
NIM : 180702107
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Estimasi Ketersediaan Air di DAS Krueng Aceh
Menggunakan Model Rainfall-Runoff-Inundation

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,



Agus Munandar

ABSTRAK

Nama : Agus Munandar
NIM : 180702107
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Estimasi Ketersediaan Air di DAS Krueng Aceh
Menggunakan Model *Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI)
Tanggal Sidang : 2023
Jumlah Halaman : 87
Pembimbing I : M. Faisi Ikhwal, M. Eng.
Pembimbing II : Aulia Rohendi, M. Sc.
Kata Kunci : *Rainfall Runoff Inundation*, Ketersediaan air, kebutuhan air

Air merupakan sumber daya alam utama yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Kebutuhan air berbanding lurus dengan jumlah penduduk, semakin besar jumlah penduduk semakin besar pula air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan. DAS Krueng Aceh merupakan salah satu sumber air yang digunakan untuk kebutuhan air baku baik domestik dan non domestik di Kota Banda Aceh. Penelitian ini menggunakan Model *Rainfall Runoff Inundation* (RRI). Tujuan Model RRI adalah untuk menghitung ketersediaan air untuk Kota Banda Aceh. Data-data yang digunakan di sini antara lain data curah hujan dan data jumlah penduduk 10 tahun terakhir. Pada penelitian ini hasil kalibrasi tertinggi pada tinggi muka air adalah $R^2 = 0,78$ pada tahun 2016 yang menunjukkan bahwa model ini memiliki nilai pengaruh tinggi dengan observasi. Sedangkan validasi pada tahun 2017 dengan $R^2 = 0,68$. Berdasarkan hasil proyeksi penduduk dengan menggunakan metode terpilih geometri didapatkan bahwa kebutuhan air di Kota Banda Aceh mengalami peningkatan dari tahun 2022-2036. Ketersediaan air masih mampu mencukupi kebutuhan air bersih hingga tahun 2036. Hal ini dibuktikan dengan dengan total ketersediaan air yang didapatkan pada model RRI tahun 2016 sebesar 100.276.521.931,96 m³/tahun, 2017 sebesar 131.625.521.526,99 m³/tahun, tahun 2018 sebesar 82.527.305.840,78 m³/tahun, 2019 sebesar 66.780.443.983,97 m³/tahun, 2020 sebesar 35.763.045.792,34 m³/tahun. Sedangkan kebutuhan air domestik dari tahun, 2022 sebesar 14.479.614,30 m³/tahun, tahun 2026 sebesar 14.747.022,30 m³/tahun, tahun 2031 sebesar 14.999.526,30 m³/tahun, tahun 2036 sebesar 15.198.354,30 m³/tahun.

ABSTRACT

Name : Agus Munandar
Students Number : 180702107
Department : Environmental Engineering
Title : The Estimation of The Water Availability in The Krueng Aceh Drainage Basin Using The *Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model*
Trial Date : 2023
Pages Number : 87
Advisor I : M. Faisi Ikhwal, M. Eng.
Advisor II : Aulia Rohendi, M. Sc.
Keywords : *Rainfall Runoff Inundation*, Water availability and Water needs

Water is the main natural resource needed by all living creatures. The need for water is directly proportional to the number of inhabitants, the greater of the population, the greater of the water needed to filling the needs. The Krueng Aceh Drainage Basin is one of the water supply used for both domestic and non-domestic raw water needs in Banda Aceh city. This study uses the *Rainfall Runoff Inundation (RRI) Model*. The objective of the RRI Model is to calculate water availability for Banda Aceh city. The data used include the rainfall data and the population data for the last 10 years. In this study, the highest calibration result for water level was $R^2 = 0,78$ in 2016 which indicates that this model has a high influence value with observation. While the validation in 2017 was $R^2= 0,69$. Based on the results of population projections using the chosen geometry method, it was found that the needs of water in Banda Aceh city has increased from 2022-2036. The availability of water is still able to filling the needs of the clean water until 2036. This is evidenced by the total water availability obtained in the 2016 RRI Model amounted to 100.276.521.931,96 m³/year, 2017 amounted to 131.625.521.526,99 m³/year, in 2018 amounted to 82.527.305.840,78 m³/year, 2019 amounted to 66.780.443.983,97 m³/year, 2020 amounted to 35.763.045.792,34 m³/year. Meanwhile the domestic water demand from 2022 was 14.479.614,30 m³/year, in 2026 amount to 14.747.022,30 m³/year, in 2031 amount to 14.999.526,30 m³/year, in 2036 amount to 15.198.354,30 m³/year.

KATA PENGANTAR



Segala puji hanya bagi Allah Swt, Sang Pencipta yang telah memberi dan melimpahkan segala rahmat dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan 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.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengambil judul Tugas Akhir yaitu "**Estimasi Ketersediaan Air Di DAS Krueng Aceh Menggunakan Model *Rainfall-Runoff-Inundation (RRI)***".

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak dalam memberi dukungan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M. Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M. Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan dosen pembimbing dua penulis yang telah berkenan membimbing, mengarahkan dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.
4. Terimakasih kepada Bapak M. Faisi Ikhwal, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing satu dan selaku dosen penasehat akademik penulis yang telah berkenan membimbing, mengarahkan dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.

5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku dosen penguji satu sidang akhir skripsi yang telah banyak membantu dan memberi masukan pada tahap skripsi tugas akhir.
6. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc. selaku dosen penguji dua sidang akhir skripsi yang telah banyak membantu memberi masukan pada tahap skripsi tugas akhir.
7. Seluruh dosen jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
8. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
9. Orang tua tercinta Ayahanda Irwadi, S.E. dan Ibunda Roslita yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan baik material maupun moril, serta kakak satu-satunya Ema Rahmita, S.T. yang sangat berarti bagi penulis
10. Teman-teman seangkatan Teknik Lingkungan 2018 seperjuangan yang telah memberikan semangat dan doa.

Penulis berharap 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. Akhir kata, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna sebagaimana yang diharapkan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 22 Mei 2023

Penulis,

Agus Munandar

NIM. 180702107

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.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Siklus Hidrologi.....	6
2.2 Daerah Aliran Sungai.....	8
2.3 Proyeksi Penduduk.....	9
2.4 Proyeksi Kebutuhan Air.....	11
2.4.1 Proyeksi kebutuhan air domestik.....	12
2.4.2 Kebutuhan air non domestik.....	16
2.5 Curah Hujan.....	18
2.6 RRI (Rainfall-Runoff-Inundation) Model.....	18
2.7 Kalibrasi Model.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian.....	23
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2.1 Lokasi penelitian.....	23
3.2.2 Waktu penelitian.....	25
3.3 Tahapan Umum Penelitian.....	26
3.4 Data Penelitian.....	28
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	28

3.5.1	Curah hujan.....	28
3.5.2	<i>Land Use</i> (Penggunaan Lahan).....	29
3.5.3	Digital Elevation Model (DEM).....	29
3.5.4	Jumlah penduduk.....	30
3.6	Analisis Data.....	31
3.6.1	<i>Running</i> RRI Model.....	31
3.6.2	Kalibrasi RRI Model.....	34
3.6.3	Validasi hasil.....	36
3.6.4	Ketersediaan air (15 tahun ke depan).....	36
3.6.5	Estimasi ketersediaan air.....	36
3.6.6	Kebutuhan air (15 tahun ke depan).....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Input Data.....	38
4.1.1	Data topografi.....	38
4.1.2	Data curah hujan.....	41
4.2	Kalibrasi Pemodelan RRI.....	42
4.3	Ketersediaan Air.....	45
4.4	Kebutuhan Air Domestik.....	46
4.4.1	Proyeksi penduduk.....	46
4.4.2	Kebutuhan air minum (Q_{AM}).....	49
4.5	Perbandingan Kebutuhan dan Ketersediaan Air.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidrologi Hartini dkk., (2017).....	6
Gambar 2.2	Diagram Jumlah Air di Bumi Siti, (2022)	7
Gambar 2.3	Skema Diagram RRI Model Sayama, (2017).....	19
Gambar 2.4	Diagram Skema Curah hujan-limpasan–model genangan Sayama dkk., (2012)	21
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.3	Digital Elevation Model	30
Gambar 3.4	Jendela utama RRI (<i>New Project & Load project</i>)	31
Gambar 3.5	Project Name	32
Gambar 3.6	Peta	32
Gambar 3.7	Extract Basin.....	33
Gambar 3.8	AdjustDEM.....	33
Gambar 3.9	<i>Running Adjust DEM</i>	33
Gambar 3.10	Set river	34
Gambar 3.11	Visualisasi menggunakan RRI viewer	36
Gambar 4.1	(DEM) Digital Elevation Model.....	38
Gambar 4.2	<i>Flow Accumulation</i>	39
Gambar 4.3	<i>Flow Direction</i>	39
Gambar 4.4	<i>River Width</i>	40
Gambar 4.5	River Depth	41
Gambar 4.6	Grafik data curah hujan	42
Gambar 4.7	Perbandingan Tinggi muka air simulasi (RRI Model) dan Tinggi Muka Air observasi (Krueng Khee) 2016	44
Gambar 4.8	Perbandingan Tinggi muka air simulasi (RRI Model) dan Tinggi Muka Air observasi (Krueng Khee) 2017	45
Gambar 4.9	Ketersediaan Air	45
Gambar 4.10	Perbandingan debit simulasi RRI dan data observasi PDAM Tirta Daroy	46
Gambar 4.11	Jumlah Penduduk.....	47
Gambar 4.12	Proyeksi Penduduk	49

Gambar 4.13 Total Kebutuhan Air (m³/tahun)..... 52
Gambar 4.14 Perbandingan Ketersediaan Air Tahun 2016-2020 dan
Kebutuhan Air Tahun 2022-2023 54



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Perencanaan Air Bersih.....	13
Tabel 2.2	Standar Kebutuhan Air Bersih.....	14
Tabel 2.3	Penggunaan Air untuk Kebutuhan Sehari-hari.....	15
Tabel 2.4	Kebutuhan Air Bersih Berbagai Sektor	15
Tabel 2.5	Kebutuhan Air Non domestik untuk Kota Kategori I, II, III dan IV	16
Tabel 2.6	Kebutuhan Air Non domestik untuk Kota Kategori V (desa) ..	17
Tabel 2.7	Kebutuhan Air Industri.....	17
Tabel 3.1	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	25
Tabel 3.2	Data Yang Diperlukan.....	28
Tabel 3.3	Jumlah Penduduk.....	30
Tabel 4.1	Setingan Parameter Pemodelan RRI	43
Tabel 4.2	Hasil kalibrasi dan validasi tinggi muka air (TMA).....	44
Tabel 4.3	Jumlah Penduduk Tahun 2012-2021 Kota Banda Aceh.....	47
Tabel 4.4	Metode terpilih	48
Tabel 4.5	Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh.....	48
Tabel 4.6	Kriteria Penentuan Air Minum.....	49
Tabel 4.7	Kebutuhan Air Minum	50
Tabel 4.8	Kebutuhan Air Kran Umum (KU).....	51
Tabel 4.9	Kebutuhan Air Domestik (Qdom).....	52
Tabel 4.10	Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Air.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Pemodelan (Krueng Aceh).....	63
Lampiran 2. Simulasi Rainfall Runoff Inundation Model	63
Lampiran 3. Memvisualisasikan hasil simulasi	68
Lampiran 4. Tabel Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2012-2021	69
Lampiran 5. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Aritmatika.....	72
Lampiran 6. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Geometri	73
Lampiran 7. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Eksponensial.....	74



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam utama yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup baik itu manusia, hewan, tumbuhan, dan lain sebagainya (Karunia dkk,2021). Bagi manusia, sumber daya air merupakan kebutuhan pokok untuk menunjang kehidupan dan pembangunan ekonomi negara (Resubun dkk., 2018). Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sering menggunakan air untuk kebutuhan minum, mandi, dan memasak yang digolongkan ke dalam kebutuhan air domestik. Selain itu air juga digunakan dalam sektor industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial, dan tempat umum lainnya yang digolongkan ke dalam kebutuhan air non domestik (Isfandyari & Astuti, 2013). Oleh karena itu, pemanfaatan air yang efisien dan berkelanjutan penting untuk memastikan keberlanjutan kehidupan manusia (Krisnayanti dkk., 2018). Keadaan sumber daya air di Provinsi Aceh baik dari segi kualitas maupun kuantitas masih sangat jauh dari yang diharapkan sehingga sering kali menjadi permasalahan bagi kehidupan masyarakat. Permasalahan yang sering terjadi ialah ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air yang memicu terjadinya kekeringan, terutama pada musim kemarau.

Menurut UURI No.17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air, air merupakan kebutuhan yang mendasar bagi kehidupan manusia, ketersediaan air terus menurun sementara permintaan air terus meningkat. Untuk menangani ketidakseimbangan air antara ketersediaan air dan kebutuhan air harus dikelola dengan baik dengan mempertimbangkan fungsi lingkungan sosial dan ekonomi (Santoso, 2015). Tanpa ketersediaan air yang mencukupi kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya dapat mengakibatkan terjadinya konflik (Lubis dkk., 2022). Pentingnya peranan air bagi kehidupan makhluk di permukaan bumi, sangat diperlukan adanya sumber air yang dapat menyediakan air baik dari segi kuantitas dan kualitasnya (Millah, 2019).

Air bersih harus memenuhi persyaratan yang telah tertera di dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *higiene* sanitasi, kolam

renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum sebagai berikut: jernih, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, tidak beracun, pH netral dan bebas mikroorganisme. Perkembangan wilayah pada suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air akan terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Kebutuhan terhadap pangan dan aktivitas penduduk selalu erat kaitannya dengan kebutuhan akan air. Tuntutan tersebut tidak dapat dihindari, tetapi haruslah diprediksi dan direncanakan pemanfaatannya sebaik mungkin. Kecenderungan yang sering terjadi adalah adanya ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air di masa mendatang, diperlukan upaya pengkajian komponen-komponen kebutuhan air, serta efisiensi penggunaan air (Sari dkk., 2011).

Ketersediaan air dalam pengertian sumber daya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosfer), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh diatas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah dan sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada (Sari dkk., 2011).

DAS Krueng Aceh merupakan salah satu DAS yang terdapat di Provinsi Aceh. DAS ini menjadi salah satu sumber air utama bagi masyarakat penduduk Kota Banda Aceh dan Aceh Besar di Provinsi Aceh. DAS Krueng Aceh memiliki luas 176.552,45 ha yang merupakan salah satu dari 153 DAS di Provinsi Aceh dan krueng aceh juga termasuk dalam 3,06% dari total luas Provinsi Aceh (5.765.798,45) ha (Wulandari dkk, 2021). Berdasarkan letak geografis DAS Krueng Aceh berada pada posisi 5°03'41"-5°38'10" Lintang Utara (LU) dan 95°11'41" - 95°49'46" Bujur Timur (BT). Menurut USAID (2006) DAS krueng Aceh memiliki 5 sub DAS antara lain: sub DAS Krueng Aceh hilir, DAS krueng Jreu, DAS Krueng keumireu, krueng inong, dan DAS Seulimum. DAS ini didominasi oleh dataran rendah berupa daerah cekungan dan dataran, serta bukit bergelombang, pegunungan, dan perbukitan. Topografi wilayah bervariasi dari datar sampai curam dan terletak pada ketinggian 0-710 mdpl. Dataran dengan lereng 0-8% mendominasi daerah tengah memanjang ke hilir, sedangkan

perbukitan dan pegunungan mengapit di bagian hulu. Bukit bergelombang dengan luas 17% dan luas wilayah terdapat di pinggir bagian hilir (Nurmalita dkk., 2013).

DAS ini terkonsentrasi pada sungai utama yaitu DAS Krueng Aceh yang bermuara di hilir DAS (Lampulo-Banda Aceh). Sungai Krueng Aceh adalah bagian yang tidak dapat terpisahkan dalam proses tumbuh kembangnya Kota Banda Aceh. Sungai ini juga memiliki peran strategis dalam mendukung aktivitas perkotaan serta mempunyai potensi besar dalam pembentukan kota dan peningkatan kualitas ruang Kota Banda Aceh (Saleh dkk., 2018). Sungai Krueng Aceh berhulu di Desa Cot Seukek, Kabupaten Aceh Besar (Agustina dkk., 2020) dan memiliki dua cabang aliran sungai bermuara di Selat Malaka tepatnya Desa Lampulo dan Desa Bakoy yang bermuara ke Selat Malaka di Desa Alue Naga (Roni dkk., 2017).

Dikarenakan kekurangannya informasi mengenai kebutuhan dan ketersediaan maka diperlukan estimasi ketersediaan di kota Banda Aceh. Estimasi ketersediaan air dan kebutuhan air berkaitan dengan pentingnya pemahaman tentang sumber daya air yang tersedia dan bagaimana penggunaannya memenuhi kebutuhan manusia dan lingkungan. Ketersediaan air adalah masalah yang krusial di banyak wilayah di seluruh dunia. Meskipun 70% dipermukaan bumi tercakup oleh air, hanya 2,5% dari total volume air di bumi yang merupakan air tawar.

Menurut data Badan Pusat Statistik, Kota Banda Aceh mengalami peningkatan secara rata-rata pada tahun 2018-2021 jumlah penduduk yang bisa dilihat dari data jumlah penduduk empat tahun terakhir yaitu tahun 2018 sebesar 265.111 jiwa, 2019 sebesar 270.321 jiwa, 2020 sebesar 252.899 jiwa dan tahun 2021 sebesar 270.328 jiwa, yang mengakibatkan meningkatnya permintaan akan air bersih. Peningkatan penduduk merupakan faktor utama yang mempengaruhi permintaan air bersih, Sehingga mengakibatkan kebutuhan air pada wilayah Kota Banda Aceh mengalami kekurangan air bersih serta akan mendorong ke arah krisis sosial dan krisis ekonomi (Wulandari & Basri, 2021) Oleh sebab itu, estimasi ketersediaan air dan kebutuhan air menjadi penting dalam penelitian ini.

Melihat kondisi tersebut di atas maka diperlukan perhitungan ketersediaan air di DAS Krueng Aceh. Untuk kebutuhan air domestik Kota Banda Aceh, perhitungan ini diperlukan agar pemenuhan kebutuhan air bersih sesuai dengan

potensi yang ada. Potensi air yang ada diharapkan dapat dijadikan indikator dalam jumlah pemenuhan kebutuhan air untuk komunitas wilayah, sehingga air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dan pengembangan sumber daya air dapat dilaksanakan dengan tepat.

Menurut Ferijal (2013), metode yang paling sering dipakai dalam memahami kompleksnya proses hidrologi pada suatu DAS salah satunya dengan pemodelan. Pernyataan ini mengacu pada pernyataan Black (1996) dalam Ferijal (2013), yang menyatakan bahwa pemodelan hidrologi bertujuan untuk menggambarkan suatu sistem yang kompleks dengan cara sederhana dalam memprediksi peristiwa-peristiwa hidrologi ketika hubungan antar komponen sudah dibangun. Oleh Karena itu dilakukan analisis potensi ketersediaan air di DAS Krueng Aceh dengan menggunakan Model RRI.

Model *2D Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI) adalah salah satu model hidronamika berbasis sel grid 2D yang mampu mensimulasikan proses curah hujan *run off* dan proses genangan banjir secara bersamaan yang telah dikembangkan oleh *Internasional Center For Water Hazard and Risk Management* (ICHARM) Jepang (Siddiqui dkk., 2018). Salah satu kemampuan dari Model RRI adalah dapat memprediksi besaran debit air pada suatu kawasan atau titik dimana terjadi peningkatan jumlah penduduk. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis menggunakan Model RRI ini guna memprediksi ketersediaan air pada daerah Kota Banda Aceh yang mengalami peningkatan jumlah penduduk pada beberapa tahun terakhir sebagaimana telah disebutkan di atas.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besaran potensi ketersediaan air pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh?
2. Bagaimana perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air pada masa sekarang dengan 15 tahun ke depan?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui potensi ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh dengan menggunakan RRI model.
2. Mengetahui perbandingan kebutuhan dan ketersediaan air pada masa sekarang dengan 15 tahun ke depan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan mampu melakukan Prediksi ketersediaan air menggunakan Model *Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI).
2. Memberikan informasi bagi mahasiswa untuk menentukan ketersediaan air menggunakan model RRI (*Rainfall-Runoff-Inundation*) dan menambah wawasan mahasiswa mengenai kebutuhan dan ketersediaan air di kota Banda Aceh hingga 15 tahun yang akan datang.
3. Dapat memberikan informasi kepada pemerintah tentang kebutuhan dan ketersediaan air yang ada di kota Banda Aceh.

1.5 Batasan Masalah

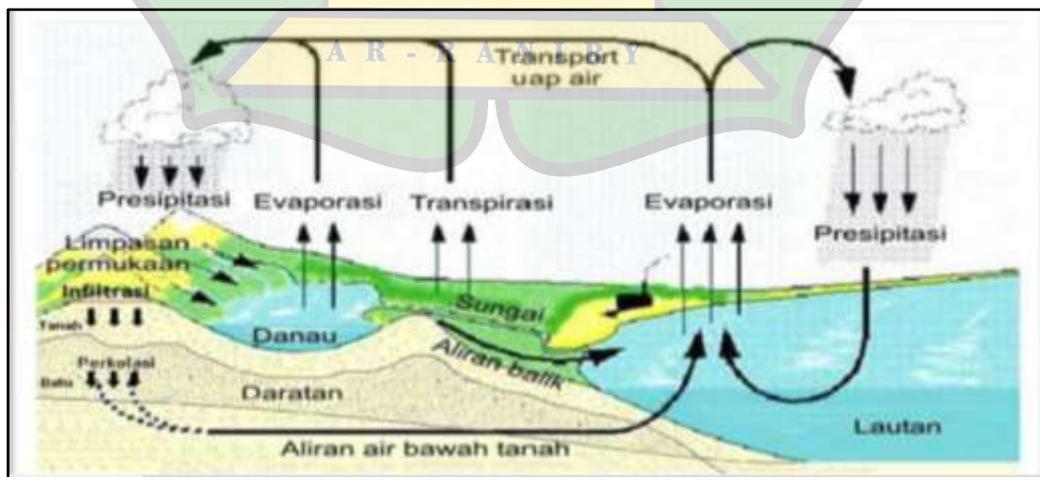
Tugas akhir ini memiliki batasan masalah hanya menghitung ketersediaan air untuk kebutuhan domestik wilayah kota Banda Aceh dengan menggunakan Model *Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI) dari tahun 2021-2036. Ketersediaan air dihitung total untuk DAS, Sedangkan kebutuhan air hanya diperhitungkan untuk kebutuhan domestik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berhubungan dengan air di bumi, terjadinya peredaran distribusi, sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi terhadap lingkungan, serta hubungannya dengan makhluk hidup. Oleh karena pengembangan tersebut, maka ilmu hidrologi ini telah berkembang menjadi ilmu yang mempelajari sirkulasi air. Hidrologi dapat dikatakan juga ilmu yang mempelajari tentang presipitasi (*precipitation*), evaporasi (*evaporation*) dan transpirasi aliran permukaan (*surface stream flow*) dan air tanah (*groundwater*) (Hartini dkk. 2017).

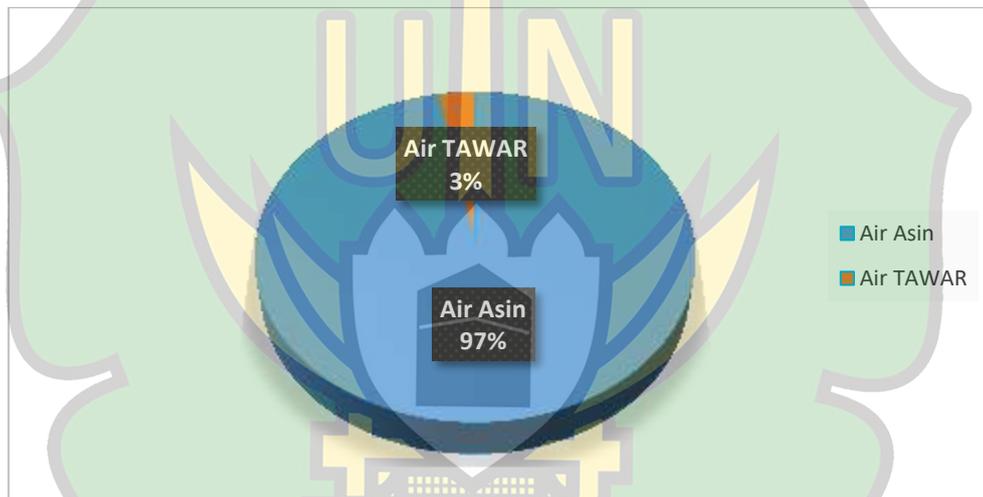
Siklus hidrologi merupakan bagian penting dari alam yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia. Siklus ini merupakan suatu proses perpindahan air dari suatu tempat ke tempat yang lain, yang mana mempengaruhi ketersediaan air pada suatu daerah. Meskipun jumlah air di bumi relatif tidak berubah dari tahun ke tahun, tetapi ketersediaan air pada suatu area merupakan bagian dari pendistribusian air pada siklus hidrologi ini, yang mempengaruhi terjadinya siklus hidrologi. Dalam siklus hidrologi matahari terus menerus menguapkan air ke atmosfer, sebagian dari air yang diuapkan itu kembali ke bumi dan sebagian lagi menjadi hujan dan salju. Sebagian dari hujan ini diuapkan kembali ke atmosfer, ada juga mengalir ke danau dan sungai sebelum kembali ke laut (Tiwery1 dkk., 2022).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi Hartini dkk., (2017)

Berdasarkan Gambar 2.1. siklus hidrologi merupakan suatu proses kontinyu dimana keadaan air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Hujan yang jatuh sebagian akan tertahan oleh tumbuhan dan sisanya akan sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap sampai ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*). Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut, siklus ini berlangsung terus menerus (Mopangga., 2020).

Air yang ada di bumi merupakan unsur yang paling penting dalam atmosfer di bumi. Berdasarkan survei Geologi Amerika Serikat (USGS) mencatat bahwa 71% permukaan bumi tertutup oleh air dapat dilihat Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Jumlah Air di Bumi Siti (2022)

Lapisan air yang ada di bumi (*hidrosfer*) sekiranya mengandung air sekitar 1.386 juta kilometer kubik, yang mana 97 % dari total air yang ada di darat adalah air asin dan sisanya sekitar 3% adalah air tawar. Dari total air yang ada di darat (air tawar) 75% dalam bentuk es di kutub, 24% sebagai air tanah dan hanya 1% sebagai air permukaan (danau, sungai dan genangan lainnya termasuk air hujan) (Siti., 2022).

Air permukaan adalah air yang mengalir secara berkesinambungan atau dengan terputus-putus dengan alur sungai atau saluran dari sumbernya yang tertentu, dimana semua ini merupakan bagian dari sistem sungai yang menyeluruh. Adapun yang termasuk air permukaan antara lain air sungai (*rivers*),

saluran (*stream*), sumber (*springs*), danau dan waduk. Jumlah air permukaan diperkirakan hanya 0,35 juta km atau hanya sekitar 1% dari air tawar yang ada di bumi (Sari dkk., 2011).

2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (*drainage area/river basin*) yang disingkat menjadi DAS adalah bagian dari muka bumi yang airnya mengalir ke dalam sungai tertentu. Atau pengertian lain yang dimaksud daerah aliran sungai yaitu wilayah tampungan air hujan yang masuk ke dalam wilayah air sungai. Jadi sebuah sungai beserta anak-anak sungainya membentuk satu daerah aliran (Fitriani, 2022).

Menurut Permen PUPR nomor 4/PRT/M/2015 DAS merupakan suatu wilayah daratan yang menerima, menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut atau danau melalui satu sungai utama (Verrina dkk., 2013). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012, DAS merupakan suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alaminya sedemikian rupa, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anaknya yang fungsinya untuk menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya dan kemudian mengalirkan melalui sungai utamanya (*single outlet*). berdasarkan definisi diatas maka DAS merupakan dasar dari seluruh perencanaan hidrologi (Taufik Muh. Sulkifli, 2022).

DAS juga disebut sebagai sebuah ekosistem dikarenakan pada DAS dapat terjadinya interaksi dinamis antara unsur organisme, lingkungan biofisik serta termasuk ke dalamnya unsur kimia yang dimana terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari energi serta material (Efendi, 2012). DAS juga dapat dipandang sebagai suatu bagian permukaan bumi dimana tempat mengalirnya air hujan yang kemudian menjadi aliran permukaan lalu berkumpul ke sungai menuju ke suatu titik di sebelah hilir sebagai titik *outlet*. Setiap DAS besar terbentuk dari beberapa sub DAS dan setiap DAS besar akan bermuara ke laut. Sebuah DAS dapat ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan serta dibatasi oleh titik kontrol, umumnya merupakan stasiun hidrometri (Kardana Natakusumah dkk., 2007).

Secara umum fungsi DAS merupakan fungsi kumulatif dari berbagai fungsi yang dilakukan oleh berbagai macam faktor yang ada yaitu vegetasi, topografi,

tanah dari pemukiman. Perubahan pada salah satu faktor tersebut akan menyebabkan gangguan terhadap ekosistem DAS secara keseluruhan. Gangguan pada DAS antara lain disebabkan karena adanya tekanan penduduk, tekanan pembangunan dan tekanan sosial ekonomi masyarakat di dalam kawasan DAS (Eksari dkk., 2022). DAS tersusun dari 3 bagian yaitu pertama bagian hulu, kedua tengah dan terakhir yang lebih mendekati laut disebut hilir (Mayasari, 2022). Setiap DAS terbagi ke dalam Sub-sub DAS. Sub DAS merupakan bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama (Asmira dkk., 2022).

Menurut Asdak (2010) manfaat DAS berdasarkan fungsi hulu, tengah dan hilir yaitu:

1. Bagian Hulu didasarkan pada fungsi konversi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan daerah aliran sungai (DAS) agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit) dan curah hujan.
2. Bagian Tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk dan danau.
3. Bagian Hilir berdasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih serta pengelolaan air limbah (Danial, 2021).

2.3 Proyeksi Penduduk

Dalam menentukan proyeksi kebutuhan air, terlebih dahulu hal yang harus ditentukan adalah kebutuhan air per kapita secara rata-rata, kemudian diperhitungkan pula proyeksi jumlah penduduk pada masa yang akan datang.

Dengan adanya perubahan-perubahan kondisi ekonomi dan sosial yang cepat maka perancangan harus mempersiapkan kisaran perkiraan, kemudian rancangan awal harus dikembangkan untuk menangani kemudian yang akan terjadi. Menurut Peraturan yang dikeluarkan oleh Dirjen Cipta Karya ada beberapa metode pendekatan yang bisa dipakai untuk memproyeksi jumlah penduduk antara lain: Metode aritmatik, Geometrik, Metode dan Metode Eksponensial

Dalam perencanaan suatu sistem distribusi air, salah satu variabel yang perlu diperhatikan merupakan jumlah penduduk yang dilayani. Semakin banyak penduduk, maka semakin banyak pula kebutuhan airnya seiring berjalannya waktu. Ada beberapa metode proyeksi penduduk yang digunakan untuk perencanaan yaitu:

a) Metode Aritmatika

Metode aritmatika ini sebagai perkiraan jumlah penduduk di beberapa tahun kedepan semakin bertambah dengan jumlah tetap setiap tahun. Metode aritmatika dapat diterapkan pada wilayah dimana pertambahan jumlah penduduk relatif kecil. Metode aritmatika cocok diterapkan di wilayah kecil dengan pertumbuhan lambat. Adapun rumusnya (Hartati dkk., 2019) yaitu:

$$P_n = P_0 + K_a \cdot (T_n - T_0)$$

$$K_a = \frac{p_0 - p_1}{T_2 - T_1}$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

T_n = Tahun ke n

T_0 = Tahun dasar

K_a = Konstanta aritmatik

P_1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

P_2 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

T_1 = Tahun ke I yang diketahui

T_2 = Tahun ke II yang diketahui

b) Metode Geometrik

Metode geometrik dapat diterapkan pada wilayah dengan jumlah pertambahan penduduk pada tahun awal sedikit kemudian pada tahun terakhir semakin banyak dan untuk wilayah yang luas dan tingkat pertambahan jumlah penduduk tinggi. Rumusnya (Hartati dkk., 2019).

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar (awal)

r = Tingkat pertumbuhan penduduk pertahun

n = Jumlah tahun antara tahun yang diproyeksikan

c) Metode Eksponensial

Metode eksponensial dapat diasumsikan pertumbuhan penduduk berlangsung terus menerus yang dikarenakan adanya kelahiran dan kematian. Keunggulan dari metode eksponensial yaitu data yang diperlukan mudah terpenuhi dan sederhana. Rumusnya (Hartati dkk., 2019).

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n} \text{ atau } P_t = p_o \cdot e^{r \cdot n}$$

Keterangan:

P_n atau P_t = jumlah penduduk pada tahun n atau t

P_o = jumlah penduduk pada tahun awal (penduduk dasar)

r = angka pertumbuhan penduduk

n atau t = periode waktu dalam tahun

e = bilangan pokok dari sistem logaritma natural yang besarnya sama dengan (2,71829182)

2.4 Proyeksi Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tertentu (Sari & Koswara, 2020). Kebutuhan air dimanfaatkan oleh manusia sebagai air bersih, air minum, air irigasi, dan industri (Sitompul & Efrida, 2018). Kebutuhan air yang selalu menjadi pertimbangan adalah: kebutuhan air untuk domestik (air minum dan air bersih), kebutuhan air irigasi untuk pertanian dan kebutuhan air untuk industri

(Sallata, 2015). Untuk mengetahui kebutuhan air di masa yang akan datang dibutuhkan jumlah penduduk di masa itu sendiri. Faktor utama dalam perhitungan kebutuhan air menggunakan metode pendekatan yang terpilih yaitu metode aritmatik, geometrik, dan eksponen (Suheri dkk., 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang Tata Cara Penentuan Status dan Klasifikasi Baku Mutu Air. Dalam peraturan ini, Klasifikasi kualitas air untuk penyaluran kebutuhan domestik, non-domestik, dan pertanian didasarkan pada indeks Pencemaran Air (IPA). Berikut adalah kategori klasifikasi kualitas air yang digunakan dalam penyaluran air: Kebutuhan air adalah seberapa air yang dipergunakan untuk berbagai keperluan. Pada Kasus ini yang diperlukan yaitu Kebutuhan air Air domestik dan Non domestik.

2.4.1 Proyeksi kebutuhan air domestik

Kebutuhan domestik, adalah kebutuhan air bersih bagi para penduduk untuk kepentingan kehidupan sehari-hari. Yang termasuk dalam kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga seperti mandi, minum, mencuci serta kebutuhan sehari-hari (Silvia & Safriani, 2018). Kebutuhan air domestik, dinyatakan dalam satuan liter/orang/hari, pada penelitian ini kebutuhan air yang dipakai adalah 120 liter/orang/hari untuk wilayah perkotaan sedangkan untuk pedesaan 60 liter/orang/hari sesuai dengan standar pelayanan (Sulistiyani & Irianto, 2018). Persamaanya sebagai berikut (Widyaningsih dkk., 2021):

$$Q_{dom} = P_n \times q$$

Keterangan:

Q_{dom} = Kebutuhan air untuk domestik (m^3 per tahun)

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa)

q = Konsumsi air bersih untuk kebutuhan penduduk (liter per orang per hari)

Kebutuhan air domestik yang digunakan sehari-hari semakin meningkat setiap tahunnya dan memiliki keterbatasan jumlah debit sumber air, maka sangat diperlukan pengkajian terhadap kebutuhan air domestik di kota Banda Aceh. Kebutuhan air domestik ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi air per kapita. Penggunaan air untuk masing-masing komponen secara pasti sangat sulit

untuk dirumuskan sehingga dalam perencanaan atau perhitungan sering diasumsikan atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota dan jumlah penduduk (Afriyanda dkk., 2018).

Standar kelayakan kebutuhan air bersih adalah 49,5 liter per kapita per hari. Untuk kebutuhan tubuh manusia, air yang diperlukan adalah 2,5 liter per hari. Standar kebutuhan air pada manusia biasanya mengikuti rumus 30 cc per kilogram (kg) berat badan per hari. Artinya, jika seseorang dengan berat badan 60 kg, maka kebutuhan air tiap harinya sebanyak 1.800 cc atau 1,8 liter (Singal dan Jamal, 2022). kriteria Perencanaan Air bersih dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya 1996 membagi lagi standar kebutuhan air minum tersebut berdasarkan lokasi wilayah sebagai berikut:

1. Pedesaan dengan kebutuhan 60 liter per kapita per hari.
2. Kota Kecil dengan kebutuhan 90 liter per kapita per hari.
3. Kota Sedang dengan kebutuhan 110 liter per kapita per hari.
4. Kota Besar dengan kebutuhan 130 liter per kapita per hari.
5. Kota Metropolitan dengan kebutuhan 150 liter per kapita per hari.

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	130	100	80
Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
Konsumsi Unit Non Domestik (liter/orang/hari)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30

Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Jumlah Jiwa per SR (jiwa)	5	5	5	5	5
Jumlah Jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100-200	200
Sisa Tekan di Penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
Volume <i>Reservoir</i> (%) Max Day Demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
SR:HU	50 : 50 s/d 80:20:00	50 : 50 s/d 80 : 20	80:20:00	70:30:00	70:30:00
Cakupan Wilayah Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum (1996) Dalam Dara dkk, (2019)

Pada tahun 2021 Kota Banda Aceh memiliki jumlah penduduk sebanyak 270.328 jiwa yang menjadikannya tergolong sebagai kota sedang. Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2002) menyatakan bahwa penggunaan air di perkotaan adalah 120 liter/orang/hari, dengan bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan air semakin meningkat. Untuk standar kebutuhan air domestik bisa dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air Bersih

NO	Kategori	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pemakaian Air (l/hari/jiwa)
1	Metropolitan	1.000.000	150 – 200
2	Kota besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
3	Kota sedang	100.000 – 500.000	100 – 125
4	Kota kecil	20.000 – 100.000	90 – 110
5	Semi urban (ibu kota kecamatan/desa)	3.000 – 20.000	60 – 90

Sumber: SNI 6728. 1: 2015

Kebutuhan air non domestik merupakan air yang digunakan untuk keperluan industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial serta tempat komersial dan umum lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Penggunaan Air untuk Kebutuhan Sehari-hari

Keperluan	Konsumsi
Mandi, cuci, kakus	12,0
Minum	2,0
Kebersihan rumah	10,7
Cuci pakaian	31,4
Taman	11,8
Cuci kendaraan	21,1
Wudhu	16,2
Lain-lain	21,7
Jumlah	126,9

Sumber : BPPDU (2006) dalam (Silvia dkk., 2021)

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Bersih Berbagai Sektor

No	Jenis Pemakaian	Standar	Standar Terpilih	Satuan
1	Domestik			
	Kota dengan penduduk > 1 juta	250	-	l/jiwa/hari
	penduduk = 1 juta	150	-	l/jiwa/hari
	Pedesaan	100	-	l/jiwa/hari
	Kran umum	30	-	l/jiwa/hari
2	Non Domestik			
	Hidran kebakaran	5	-	% kebutuhan domestik
	Kebocoran	20	-	% kebutuhan domestik
	Sekolah	10	-	l/murid/hari
	Kantor	10	-	l/pegawai/hari
	Tempat ibadah	2	-	
	Industri	0,4-1	0,7	l/det/ha
	Pelabuhan Udara	10-2-	10	l/penumpang/hr
	Terminal/Stasiun Bus	3	-	l/penumpang/hr

	Pelabuhan Laut	10	-	l/penumpang/hr
	Rumah sakit	300	-	l/hari

Sumber: SNI 19-6728. 1-2002

2.4.2 Kebutuhan air non domestik

Menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kebutuhan air non domestik masuk dalam kategori kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, pertanian, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi ada atau bakal ada berdasarkan rencana tata ruang. Sarana dan prasarana berupa kepentingan sosial/umum seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan, dan juga untuk keperluan komersial seperti untuk perhotelan, kantor, restoran dan lain-lain. Selain itu juga keperluan industri, pariwisata, pelabuhan, perhubungan dan lain-lain (Naway dkk., 2013).

Konsumsi nondomestik terbagi menjadi beberapa kategori:

- a. Umum, meliputi: tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor, dan sebagainya.
- b. Komersil, meliputi: hotel, pasar, pertokoan, rumah makan, dan sebagainya.
- c. Industri, meliputi: peternakan, industri, dan sebagainya.

Untuk mengetahui banyak air yang diperlukan, maka diperlukan data jumlah konsumen non domestik dan perkiraan perkembangan jenis dan jumlah sarana pada masa yang akan datang. Semakin tinggi angka jumlah konsumen nondomestik, maka semakin tinggi kebutuhan airnya, Kebutuhan untuk domestik dapat dilihat pada Tabel 2.5, Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non domestik untuk Kota Kategori I, II, III dan IV

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	10	Liter/siswa/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/unit/hari

Mesjid	3000	Liter/unit/hari
Gereja	1000	Liter/unit/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12000	Liter/ha/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan industri	0.2-0.8	Liter/detik/ha
Kawasan Pariwisata	0.1-0.3	Liter/detik/ha

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, (1996)

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Non domestik untuk Kota Kategori V (desa)

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/siswa/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Mushola	2000	Liter/unit/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Komersial/industri	10	Liter/hari

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, (1996)

Tabel 2.7 Kebutuhan Air Industri

NO	Parameter	Nilai
1	Kebutuhan Non Domestik industri (liter/detik/ha)	
	1.1 Berat	0.50-1.00
	1.2 Sedang	0.25-0.50
	1.3 Ringan	0.15-0.25
2	Kebutuhan hari rata-rata	Kebutuhan Domestik + Non Domestik
3	Kebutuhan hari maksimum	Kebutuhan rata-rata x 1.15 - 1.20
4	Kehilangan Air	
	a. System baru	20% x Kebutuhan rata-rata
	b. Sistem lama	30% s/d 40% kebutuhan rata-rata
5	Kebutuhan jam puncak	Kebutuhan rata-rata x factor jam

	puncak (165% s/d 200%)
--	------------------------

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, (1996)

2.5 Curah Hujan

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai, curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan adalah aktivitas berkumpulnya air hujan dalam suatu daerah yang datar, tidak mengalami penguapan, tidak terjadi peresapan serta tidak mengalir. Satuan yang digunakan untuk menyatakan curah hujan wilayah Indonesia adalah milimeter (mm). Curah hujan dalam 1 mm pada luasan 1 m² pada tempat yang dapat terkumpul air setinggi 1 mm atau terkumpul sebesar 1 L (Fathan, 2021). Curah hujan merupakan salah satu masukan dalam sistem DAS, yang merupakan bagian dari presipitasi. Presipitasi adalah istilah yang digunakan untuk seluruh bentuk air yang ada di atmosfer yang turun ke bumi meliputi hujan, gerimis, hujan salju, hujan es, embun, embun beku, dan kabut. Hujan merupakan komponen masukan paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah hujan dialih ragaman menjadi aliran sungai (*runoff*) melalui aliran permukaan, aliran bawah tanah, maupun aliran air tanah (Amin dkk., 2018).

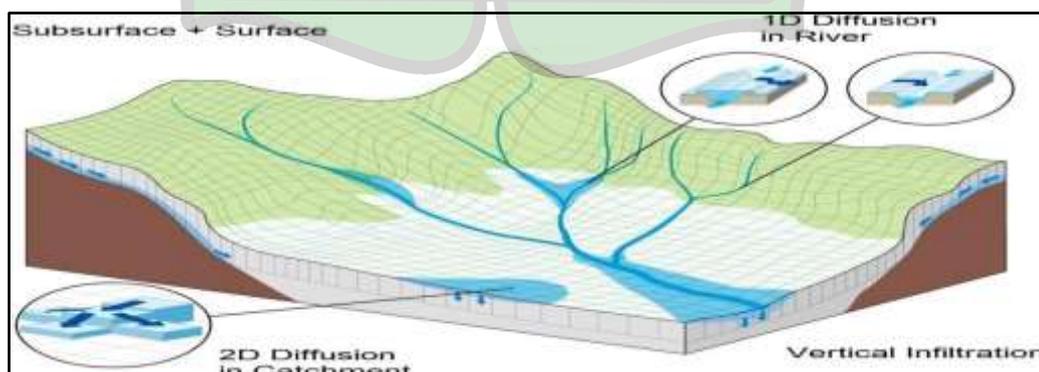
Hujan menjadi komponen terpenting pada proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan ini di alihragamkan menjadi aliran di sungai, bisa itu melalui limpasan permukaan maupun aliran dasar, jadi besar kecilnya jumlah kedalaman hujan akan berpengaruh terhadap besar kecilnya aliran sungai.

Data informasi dari pengukuran curah hujan berbentuk temporal maupun spasial. Data temporal memuat informasi tren atau kecondongan dari sifat hujan di suatu wilayah mengalami kenaikan atau sebaliknya. Sedangkan informasi spasial memuat informasi berupa gambaran daerah yang memiliki kelebihan curah hujan, informasi dalam data spasial ini dimanfaatkan untuk menyusun strategi dalam pengolahan sumber daya air (Syarifullah, 2014).

2.6 RRI (Rainfall-Runoff-Inundation) Model

Model *Rainfall-Runoff-Inundation* biasa disingkat dengan (RRI) adalah model hidrologi dengan genangan dua dimensi yang mencakup tiga komponen utama yaitu model curah hujan- limpasan, model rute sungai, serta model genangan banjir (Sayama dkk., 2012). Model ini dikembangkan oleh *International Center for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)*. Model ini secara bersamaan dapat mensimulasikan proses hujan dan genangan (Khaing dkk., 2019). Model RRI awalnya dikembangkan dengan menggunakan bahasa Fortran 90. Model ini telah dioperasikan pada *Command User Interface (CUI)* seperti *Command* Perintah di Windows. Sejak 2014, RRI *Graphical User Interface (GUI)* juga telah dikembangkan untuk mendukung para pengguna dalam membuat model yang efisien dan visual.

Model ini berhubungan dengan lereng dan saluran sungai secara terpisah. Pada sel jaringan tingkat, model ini mengandaikan kedua lereng dan sungai berada pada sel grid yang sama, sel-sel grid kemiringan model menerima curah hujan dan aliran berdasarkan persamaan gelombang 2 dimensi (Try et al., 2018). Model RRI ini mensimulasikan juga aliran bawah permukaan lateral, aliran infiltrasi vertikal dan aliran permukaan. Bagian samping aliran bawah permukaan, yang biasanya lebih penting di daerah pegunungan, diperlakukan dalam istilah hubungan gradien debit-hidrolik, yang memperhitungkan keduanya bawah permukaan jenuh dan aliran permukaan. Di sisi lain, aliran infiltrasi vertikal adalah diestimasi dengan menggunakan model *Green-Ampt*. Interaksi aliran antara alur sungai dan kemiringan diperkirakan berdasarkan formal luapan yang berbeda, tergantung pada ketinggian air dan kondisi ketinggian tanggul.

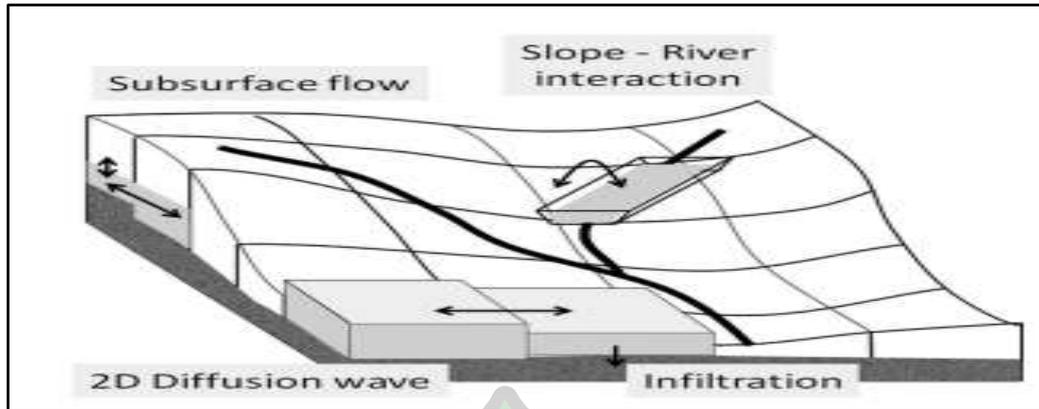


Gambar 2.3 Skema Diagram RRI Model Sayama, (2017)

Model ini juga telah diterapkan dalam berbagai cekungan serta dapat mensimulasikan ketersediaan air yang ada pada DAS. Selain itu RRI mampu melakukan simulasi pembangkitan limpasan, konsentrasi limpasan, serta debit aliran sungai dengan memasukan data curah hujan dalam model ini. Pada gelombang difusi satu dimensi persamaan digunakan untuk rute sungai, sedangkan untuk persamaan gelombang difusi 2D digunakan untuk simulasi genangan diatas permukaan tanah. Sel grid lereng pada sungai memiliki dua jenis kedalaman saluran air yaitu satu sebagai kedalaman saluran dan lainnya untuk lereng. Luapan disebabkan oleh perbedaan pada interaksi arus masuk dan arus keluar antara formula, tergantung pada ketinggian air. Metode perhitungan aliran lateral pada sel grid lereng dapat dicirikan sebagai model genangan berbasis sel penyimpanan.

Model RRI juga mengambil input elevasi digital model (DEM) dan jaringan aliran. Yang terakhir digunakan untuk membangun saluran sungai, sedangkan untuk sel DEM bertindak sebagai dataran banjir. Aliran di atas sel-sel grid dihitung berdasarkan model gelombang difusif 2D, sedangkan aliran saluran sungai dihitung dengan model gelombang difusif 1D (Siddiqui dkk., 2018).

RRI mampu mensimulasikan curah hujan-limpasan dan genangan secara bersamaan. Gambar 2.4 menunjukkan skema diagram model RRI. Model berhubungan dengan lereng dan saluran sungai secara terpisah. Pada sel grid aktif di mana saluran sungai berada, model mengasumsikan bahwa kedua lereng dan sungai diposisikan dalam sel jaringan yang sama. Saluran di diskritisasi sebagai satu vektor di sepanjang garis tengah lereng di atasnya sel jaringan. Saluran mewakili jalur aliran ekstra antara sel-sel grid yang terletak di atas aliran sungai yang sebenarnya. Aliran lateral disimulasikan pada sel kemiringan pada 2D dasar. Sel grid kemiringan pada saluran sungai memiliki dua kedalaman air: satu untuk saluran dan yang lainnya untuk lereng. Aliran masuk-keluar interaksi antara lereng dan sungai dihitung berdasarkan formula luapan yang berbeda tergantung pada kondisi muka air itu sendiri.



Gambar 2.4 Diagram Skema Curah hujan-limpasan-model genangan

Sumber: Sayama dkk. (2012)

Pada persamaan awal yang dikembangkan untuk kinematik model curah hujan limpasan gelombang, mempertimbangkan kedua permukaan dan aliran bawah permukaan pada gelombang kinematik, gradien hidrolik diasumsikan sama dengan topografi namun pada persamaan pemodelan RRI mengasumsikan kemiringan permukaan air sebagai bagian hidrolik. Persamaan model diturunkan berdasarkan persamaan keseimbangan massa berikut:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r - f, \quad (2.1)$$

Persamaan diatas didasarkan pada persamaan momentum berikut: dimana menunjukkan aliran tak tunak yang berubah secara bertahap diarah x dan y, persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial uq_x}{\partial x} + \frac{\partial vq_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho w}, \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial uq_y}{\partial x} + \frac{\partial vq_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho w}, \quad (2.3)$$

Dimana h (L) adalah ketinggian dari permukaan air setempat: kemudian q_x [L²t⁻¹] dan q_y [L²t⁻¹] adalah debit unit lebar dan arah y, masing-masing; u [Lt⁻¹] dan v [Lt⁻¹] adalah kecepatan aliran dalam arah x dan y, pada masing-masing; r [L] adalah intensitas curah hujan; H [L] adalah ketinggian air dari datanya; W [ML⁻³] adalah densitas air; g [Lt²] adalah percepatan gravitasi ; dan x [ML⁻¹t⁻²] dan y [ML⁻¹t⁻²] adalah tegangan geser dalam x dan y, pada masing-masing.

Model RRI secara spasial mendiskritisasi persamaan keseimbangan massa sebagai berikut:

$$\frac{dh^{i,j}}{dt} + \frac{q_x^{i,j-1} - q_x^{i,j}}{\Delta x} + \frac{q_y^{i-1,j} - q_y^{i,j}}{\Delta y} + r^{i,j} - r^{i,j}, \quad (2.4)$$

Dimana q_x^{ij} , q_y^{ij} , adalah debit satuan pada lebar arah x dan y dari sel grid (i,j). bentuk saluran yang diasumsikan menjadi persegi panjang dan geometrinya ditentukan oleh tiga parameter yaitu tinggi tanggul, lebar serta ke dalam. Ke dalam sungai [D (m)] dan lebar sungai [W (m)] diperkirakan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = C_D A^{SD} \quad (2.5)$$

$$W = C_W A^{SW} \quad (2.6)$$

Dimana A sebagai daerah aliran sungai (km^2) CD dan SD adalah parameter geometri sebagai persamaan daya kedalaman sungai, serta CW dan SW adalah parameter geometri untuk lebar sungai persamaan daya. Model komponen infiltrasi sederhana berdasarkan model infiltrasi Green-Ampt juga disertakan dalam model RRI, persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$f = k_v \left[1 + \frac{\varphi - \theta_v}{F} S_f \right] \quad (2.7)$$

Dimana f [Lt-1] adalah laju infiltrasi, k_v [Lt-1] adalah vertikal konduktivitas hidrolik saturasi, [-] adalah kandungan volume air awal, S_f [L] adalah penyerapan di bagian pembasahan vertikal, serta F [L] adalah kumulatif kedalaman infiltrasi.

2.7 Kalibrasi Model

Dalam pemodelan hidrologi keandalan suatu model dapat dievaluasi salah satunya dengan menggunakan *Coefficient of determination* (R^2). Koefisien *Coefficient of determination* adalah sebagai penunjuk kesesuaian antara data model dan data observasi. Nilai R^2 berkisar dari 0 hingga 1, dimana 1 menunjukkan kesesuaian yang sangat bagus atau sempurna Indikator ini dapat ditulis dalam persamaan berikut (Khaing dkk., 2019).

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n ((Q_{obs})(t) - Q_{obs}) \times (Q_{sim}(t) - Q_{sim})]^2}{\sum_{i=1}^n ((Q_{obs})(t) - Q_{obs})^2 \times \sum_{i=1}^n (Q_{sim}(t) - Q_{sim})^2} \quad (2.8)$$

Keterangan:

R^2 : *Coefficient of determination*

Q_{obs} : Debit observasi

Q_{sim} : Debit simulasi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

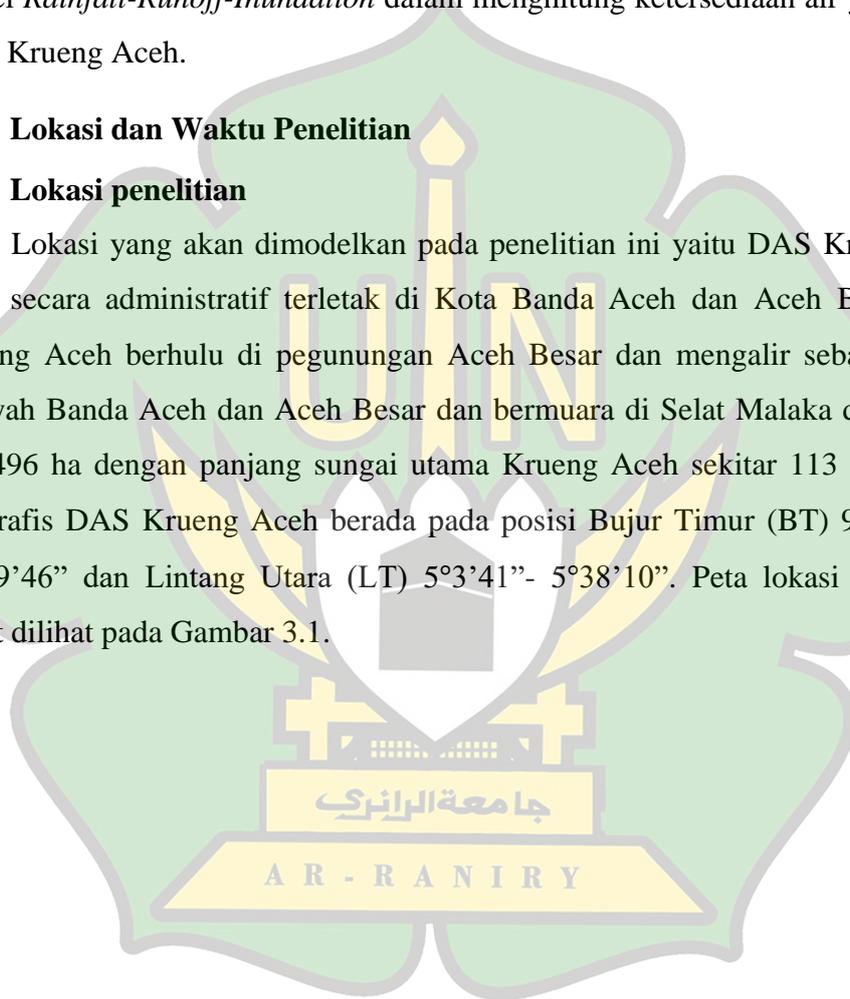
3.1 Jenis Penelitian

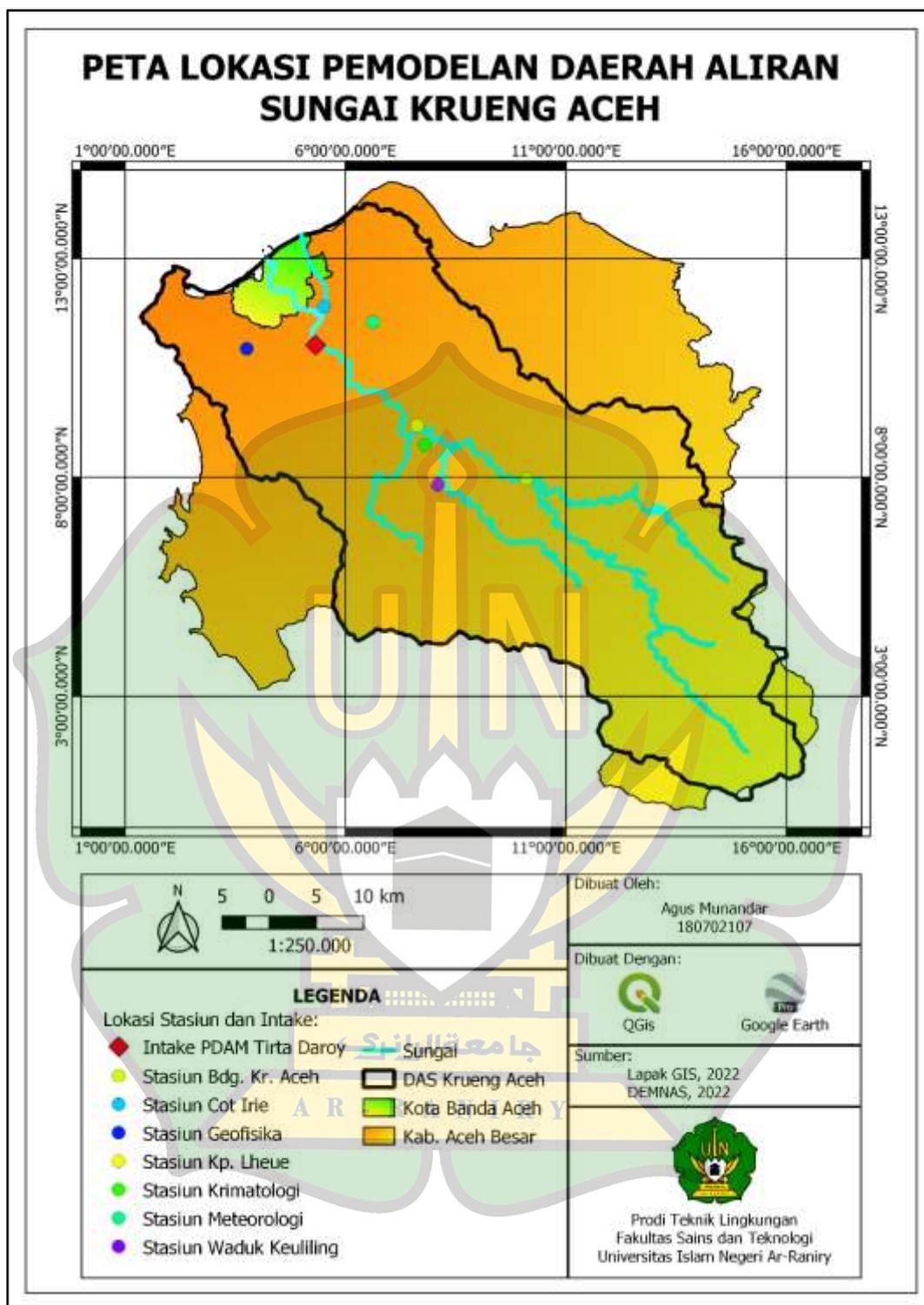
Jenis Penelitian yang penulis gunakan pada penelitian adalah kuantitatif dengan menggunakan pemodelan. Pemodelan yang dilakukan menggunakan model *Rainfall-Runoff-Inundation* dalam menghitung ketersediaan air yang ada di DAS Krueng Aceh.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi penelitian

Lokasi yang akan dimodelkan pada penelitian ini yaitu DAS Krueng Aceh yang secara administratif terletak di Kota Banda Aceh dan Aceh Besar. DAS Krueng Aceh berhulu di pegunungan Aceh Besar dan mengalir sebagian besar wilayah Banda Aceh dan Aceh Besar dan bermuara di Selat Malaka dengan luas 207,496 ha dengan panjang sungai utama Krueng Aceh sekitar 113 km. Secara geografis DAS Krueng Aceh berada pada posisi Bujur Timur (BT) 95°11'41" - 95°49'46" dan Lintang Utara (LT) 5°3'41"- 5°38'10". Peta lokasi Pemodelan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





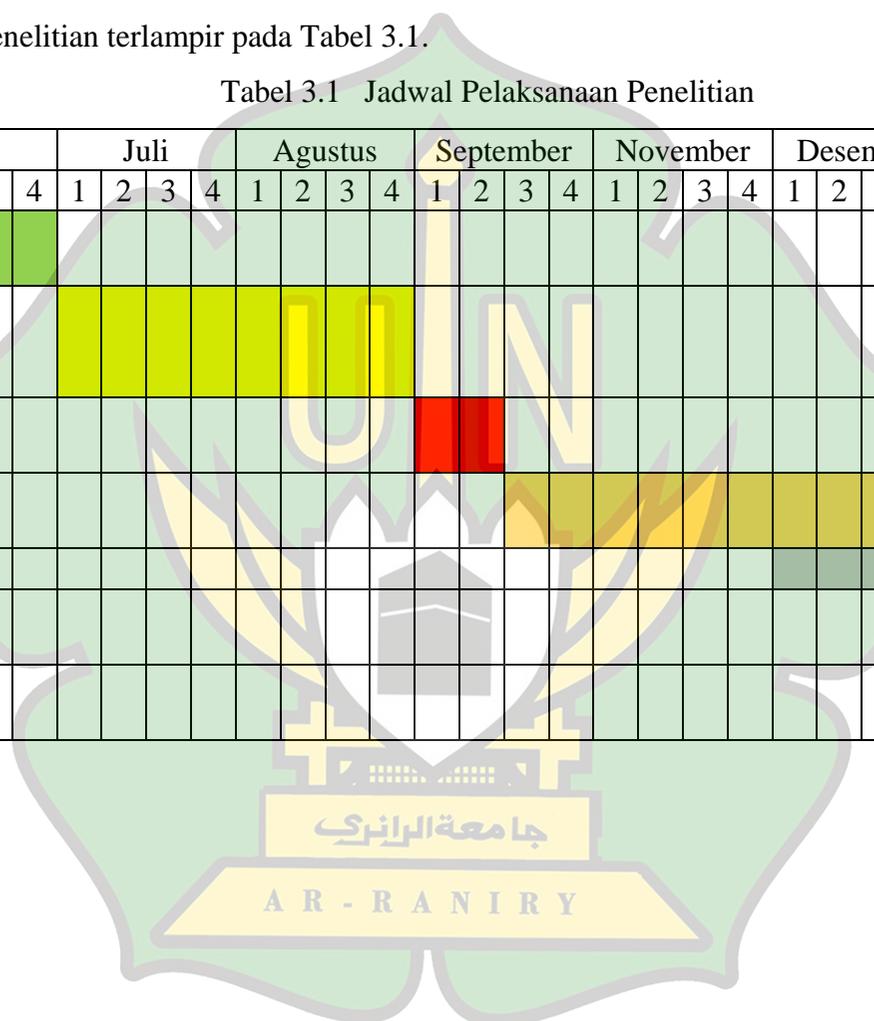
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2.2 Waktu penelitian

Adapun jadwal pelaksanaan penelitian terlampir pada Tabel 3.1.

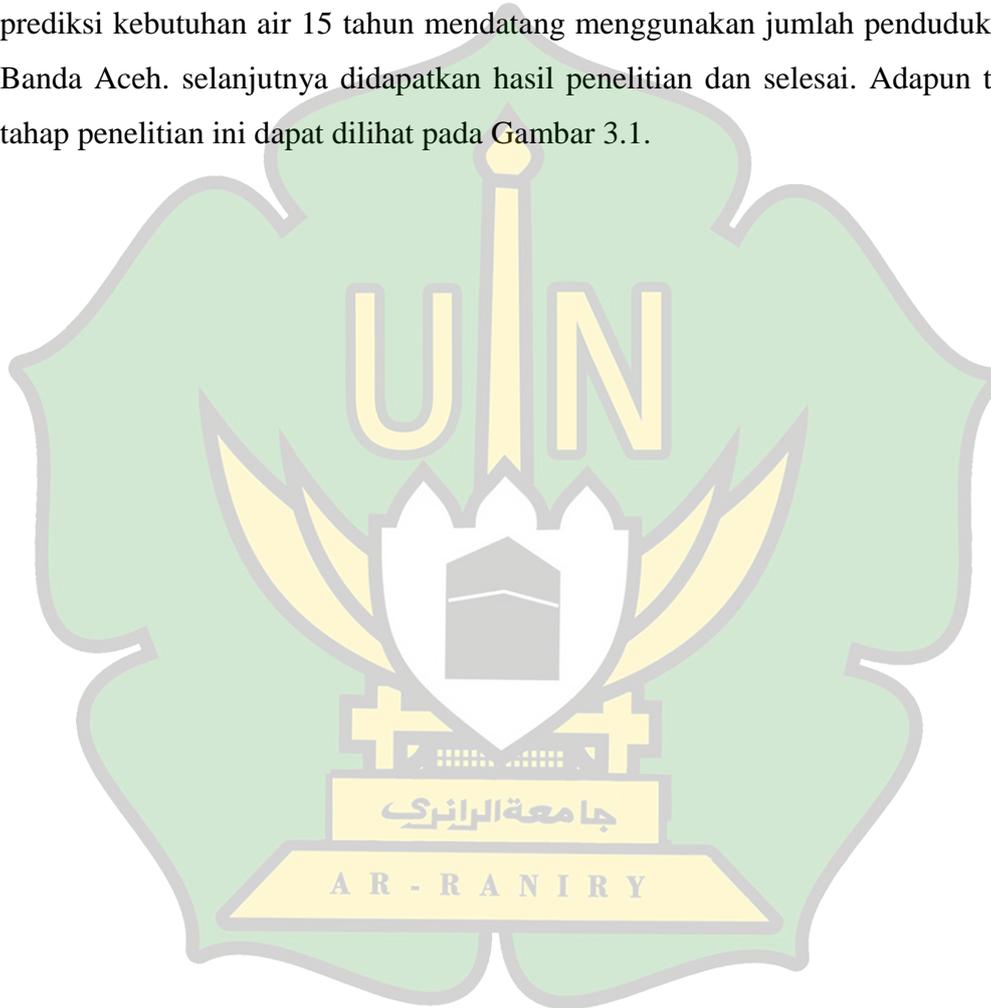
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

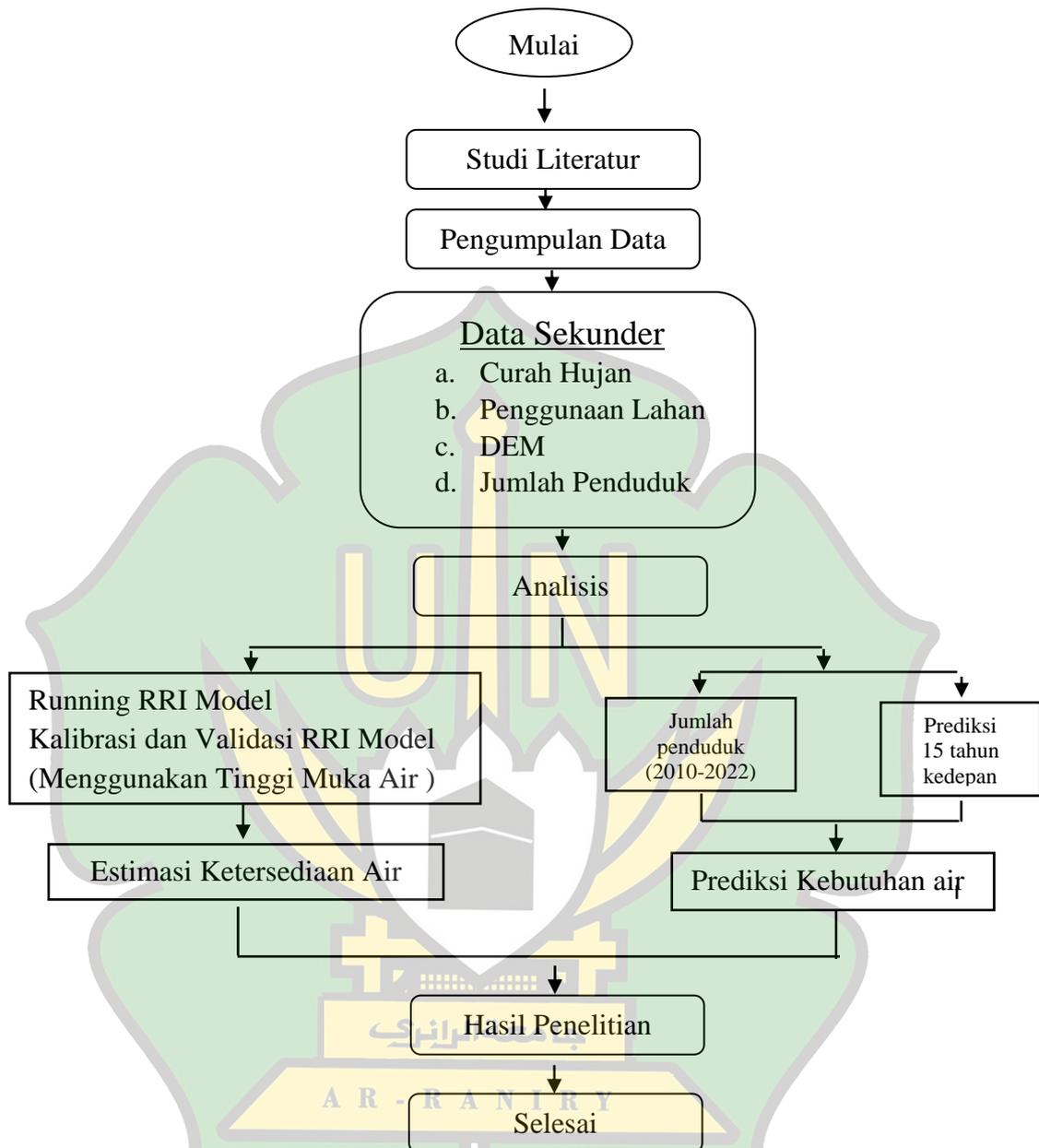
No	Kegiatan	Juni				Juli				Agustus				September				November				Desember				Januari				Februari				Maret		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Pengumpulan literature																																			
2	Konsultasi dengan Pembimbing																															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



3.3 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang diawali dengan Tahap studi literatur, mencari informasi yang bersumber dari buku, jurnal dan skripsi terdahulu. Kemudian dilakukan tahapan pengumpulan data dengan jenis data sekunder yang dapat dilihat pada Tabel 3.2. Tahapan analisis data dilakukan sebagai proses pengolahan data menggunakan model *Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI) dalam mensimulasi tinggi muka air pada Krueng kee, dan dilakukan prediksi kebutuhan air 15 tahun mendatang menggunakan jumlah penduduk Kota Banda Aceh. selanjutnya didapatkan hasil penelitian dan selesai. Adapun tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Data Penelitian

Variasi data yang diperlukan pada penelitian kali ini adalah data sekunder yang diperoleh dari badan dan instansi terkait. Rincian data yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Yang Diperlukan

No.	Jenis data	Keterangan	Format data	Sumber
1.	Data Curah hujan harian Stasiun Geofisika	1991-2020	Xls.	https:// dataonline.bmkg.go.id
2.	Data curah hujan Stasiun Klimatologi			
3.	Data Curah Hujan Waduk Keliling			
4.	Data curah hujan harian ARRBD Krueng Aceh			
5.	Data Hydrosheds (DEM)		Tiff	Tersedia pada Aplikasi RRI
6.	Data Debit Sungai dan Tinggi Muka Air Krueng kee	2011-2015	.xlsx	BPDASHL Krueng Aceh, BWS Regional 1 Sumatera, Aceh
7	Jumlah penduduk	2012-2021	.xlsx	Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh (2020)

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dokumen, teknik ini melibatkan pengumpulan data dari dokumen-dokumen yang relevan dengan topik penelitian, seperti pengumpulan data jumlah penduduk, data curah hujan, debit sungai dan tinggi muka air. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan.

3.5.1 Curah hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan yang efektif harian yang berada di dalam data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

(BMKG) dan Badan Wilayah Sungai Sumatera I (BWSS-I). Stasiun curah hujan yang dipakai adalah stasiun yang dianggap dapat mewakili kondisi hujan pada daerah tersebut. Ada 7 stasiun yang di pakai diantaranya: Stasiun Geofisika, Stasiun Meteorologi, Stasiun Klimatologi, Pos Cot Iri, Waduk Keliling, Pos Kp.lheu, ARRBD Kr.Aceh.

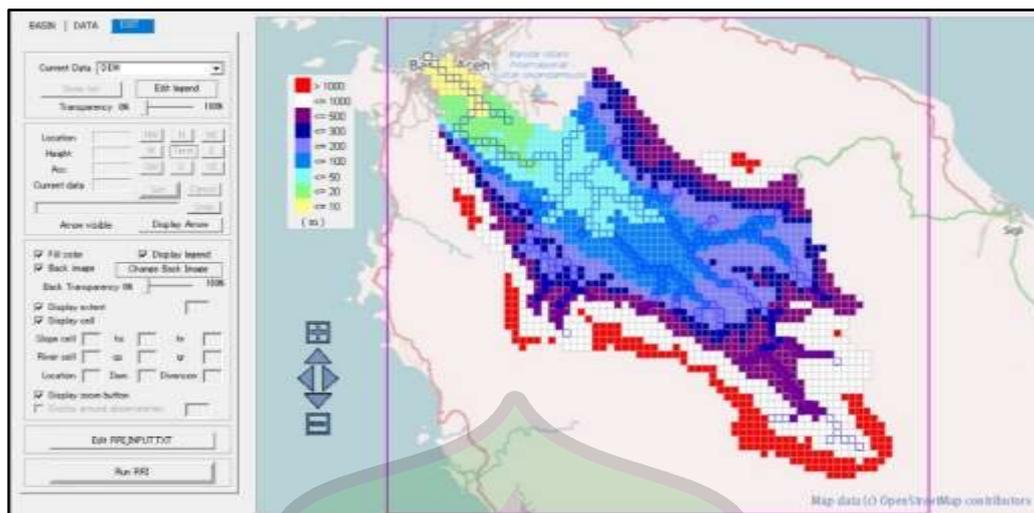
3.5.2 Land Use (Penggunaan Lahan)

Data *land use* atau penggunaan lahan diperlukan untuk mengelola lahan dalam lingkup DAS. Seperti yang kita ketahui karena sering terjadinya permasalahan seperti ketidak seimbangan ketersediaan air dan pengelolaan lahan dalam lingkup DAS. Oleh karena itu diperlukan adanya *land use* ini sendiri untuk memperhitungkan kemungkinan perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan air dimasa yang akan datang. Pada dasarnya, RRI model menggunakan algoritma pemrosesan citra untuk mengenali dan mengklasifikasikan citra satelit menjadi kategori *land use* yang berbeda. Dengan informasi ini, peneliti, ahli pemetaan, atau pengambil kebijakan dapat menganalisis dan memahami penggunaan lahan dalam suatu wilayah untuk berbagai tujuan, seperti perencanaan perkotaan, pengawasan lingkungan, pemantauan perubahan lahan, atau penilaian risiko bencana alam.

3.5.3 Digital Elevation Model (DEM)

DEM (*Digital Elevation Model*) merupakan data digital yang menggambarkan geometri permukaan bumi, atau model digital yang memberikan bentuk informasi bentuk permukaan (topografi) dalam bentuk data *raster*, *vector* atau bentuk data lainnya. DEM merupakan suatu sistem, model, metode, *processing* dalam pengumpulan data dan penyajian informasi pada daerah yang kita teliti, khususnya untuk menggambarkan model relief rupa bumi tiga dimensi (3D). DEM yang dipakai disini dari HydroSHEDS. HydroSHEDS (*Hydrological data and maps based on SHuttle Elevation Derivatives at multiple Scales*).

Berikut Gambar 3.3 data DEM yang diambil pada Aplikasi RRI Model RRI Model.



Gambar 3.3 *Digital Elevation Model*

3.5.4 Jumlah penduduk

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang terus bertambah, tentunya mempunyai dampak terhadap pemenuhan kebutuhan-kebutuhan penduduk baik kebutuhan primer, kebutuhan sekunder maupun kebutuhan tersier. Dalam menghitung perkiraan jumlah penduduk sampai tahun 2036, dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode yaitu metode Arithmatik, metode Geometri, dan Metode Eksponensial. Dari ketiga metode tersebut metode yang terpilih adalah metode Geometri, karena Standar Deviasi yang mendekati (1) dan Korelasi Relatif yang terkecil.

Dalam memperkirakan jumlah penduduk, digunakan data jumlah penduduk pada tahun sebelumnya. Dalam penelitian ini, untuk memproyeksikan jumlah penduduk sampai tahun 2036 dilakukan dengan memproyeksikan jumlah penduduk dengan memakai data penduduk tahun 2012 sampai 2021. Berikut merupakan jumlah penduduk awal Kota Banda Aceh yang akan dihitung kebutuhan air domestik pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2012	234.517
2013	239.404
2014	249.499
2015	250.303
2016	254.904

2017	259.913
2018	265.111
2019	270.321
2020	252.899
2021	270.328

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh (2020)

Kemudian setelah diketahui jumlah penduduk seperti tertera pada tabel diatas, maka dilakukan proyeksi pertumbuhan penduduk sampai 15 tahun kedepan (tahun 2036).

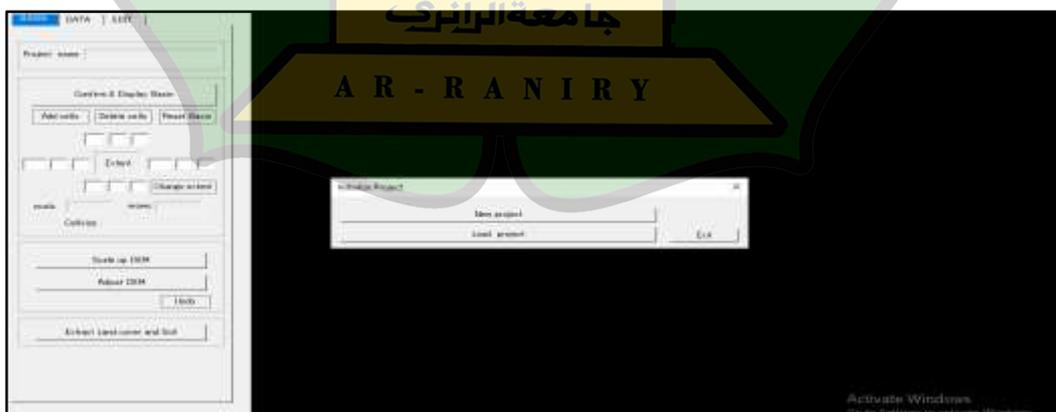
3.6 Analisis Data

3.6.1 Running RRI Model

RRI model dapat diunduh pada website Berikut: https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/rri_top.html secara gratis ada beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk menjalankan aplikasi RRI Model ini, berikut ini saya akan menjelaskan bagaimana tahapan dalam menjalankan aplikasi RRI Model:

1. Menyiapkan Data Input Topografi

Setelah membuka aplikasi RRI Model, halaman pertama yang akan kita jumpai yaitu memilih *project* baru atau membuat nama data *project* yang akan kita buat, kemudian pilih “*New Project*”. Berfungsi untuk memulai *project* baru dan pada *Load Project* berfungsi untuk membuka *project* yang sudah disimpan sebelumnya pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Jendela utama RRI (*New Project* & *Load project*)

- a. Kemudian pilih *Project Name* yang akan digunakan, kemudian ketik nama *project* yang akan kita buat, contohnya (Krueng Aceh), dan pilih menu yang kita perlukan ada menu (DEM, ACC, dan DIR) dan ada data *Use HydroSHEDS*, karna kita memakai *Use HydroSHEDS* maka pilih *Use HydroSHEDS* kemudian pilih yang Asia30 dan pilih “OK” pada Gambar 3.5.



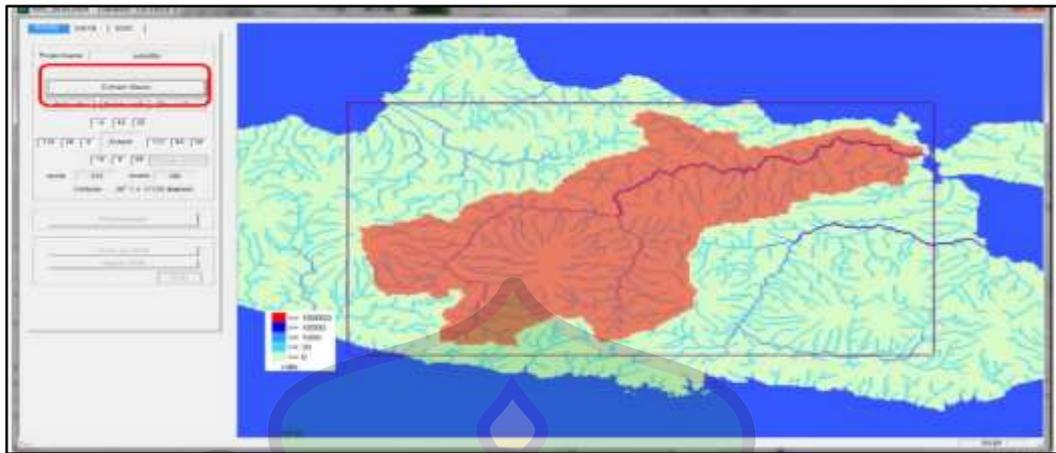
Gambar 3.5 Project Name

- b. Setelah menekan “OK” halaman selanjutnya yang akan muncul yaitu gambar peta, kemudian perbesar area DAS yang akan diteliti “Krueng Aceh”, klik satu piksel di sepanjang sungai di dekat muara sungai, kemudian klik “*Confirm*” yang ada pada layer, kemudian klik “YA” pada Gambar 3.6.



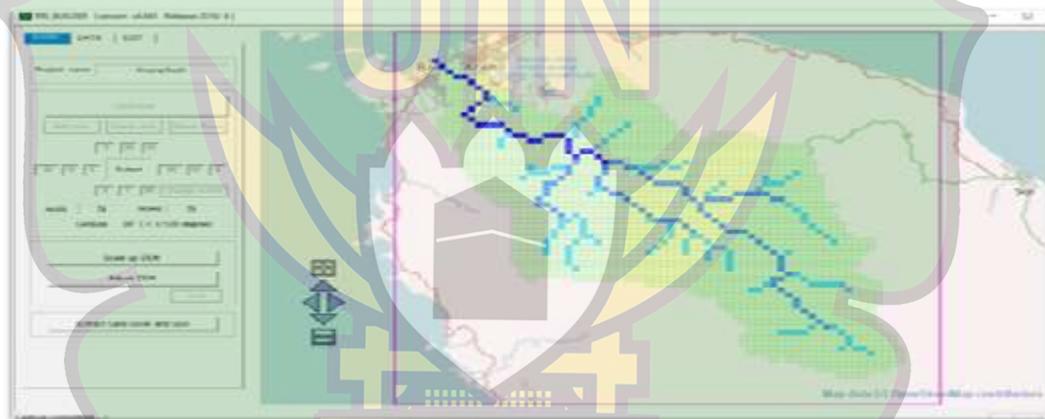
Gambar 3.6 Peta

- c. Kemudian klik “*Extrack Basin*” untuk mengkonfirmasi area cekungan pada Gambar 3.7.



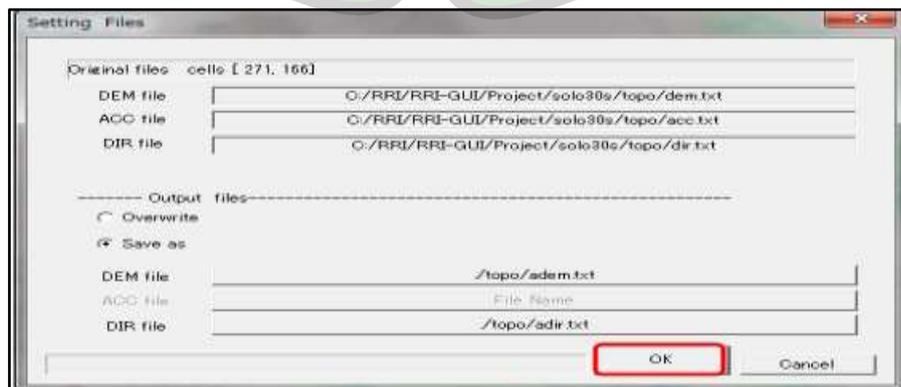
Gambar 3.7 Extrack Basin

Kemudian klik “*adjustDEM*” dan tekan “OK” Gambar 3.8.



Gambar 3.8 AdjustDEM

Klik “Ok” pada *Running Adjust DEM* pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Running Adjust DEM*

- d. Sekarang pilih tab “DATA” dan tekan “Set river” kemudian klik “Make File” pada ketiga River Parameter tersebut. Setelah terkonfirmasi tekan tanda silang atau tutup untuk *layer River Parameter* Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Set river

2. Menyiapkan Data Curah Hujan

Langkah pertama pada pengumpulan data curah hujan ini yaitu, menyeting tahun, tanggal, bulan, dan waktu dari awal hingga akhir sesuai kebutuhan yang datanya telah kita persiapkan di awal, kemudian klik “Use ground gauged rainfall”, setelah itu klik “Select”, kemudian masukkan data curah hujan yang telah kita siapkan di awal (Stasiun hujan yang dibutuhkan), kemudian klik “Oke” jika data yang dimasukkan benar maka tinggal menekan *yes*.

3. Menjalan RRI Model

Pilih tab “Edit”, setelah data topografi dan curah hujan siap. Kita dapat mengkonfirmasi distribusi yang lainnya termasuk DEM, ACC, DIR, Lebar Sungai, Kedalaman Sungai, Ketinggian tebing serta Hujan kumulatif. Jika data-data tersebut sudah benar dan tidak ada perubahan maka yang terakhir tekan “Run RRI” dan klik oke.

3.6.2 Kalibrasi RRI Model

Kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan perbandingan data observasi AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) sebagai parameter acuan. Hasil dari

model yang sudah dikalibrasi kemudian di validasi untuk keakuratan penelitian di lapangan. Kalibrasi RRI Model sangatlah penting, karena kalibrasi RRI model ini digunakan untuk menunjukkan kesesuaian suatu data model dengan data observasi.

Dalam pemodelan hidrologi keandalan suatu model dapat dikalibrasi salah satunya dengan menggunakan *Coefficient of determination* (R^2). Koefisien *Coefficient of determination* adalah sebagai penunjuk kesesuaian antara data model dan data observasi. Nilai R^2 berkisar dari 0 hingga 1, dimana 1 menunjukkan kesesuaian yang sangat bagus atau sempurna Indikator ini dapat ditulis dalam persamaan (Khaing dkk., 2019) berikut:

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n ((Q_{obs})(i) - Q_{obs}) \times (Q_{sim}(i) - Q_{sim})]^2}{\sum_{i=1}^n ((Q_{obs})(i) - Q_{obs})^2 \times \sum_{i=1}^n (Q_{sim}(i) - Q_{sim})^2}$$

Keterangan :

R^2 : *Coefficient of determination*

Q_{obs} : Debit Observasi

Q_{stm} : Debit Simulasi

Nilai yang dihasilkan dari R^2 tersebut dapat memiliki Tingkat korelasi yang berbeda. Tingkat korelasi untuk berbagai nilai dapat dilihat pada Tabel 3.4.

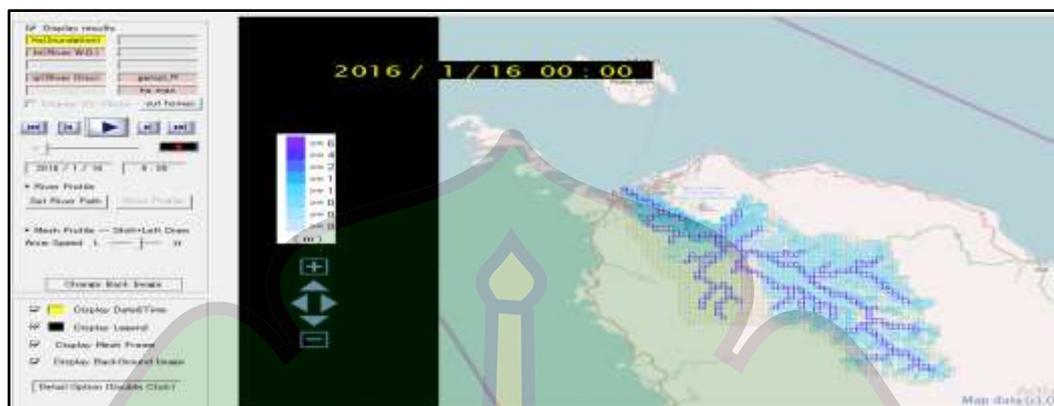
Tabel 3.4 Kriteria nilai koefisiensi korelasi

Nilai Koefisien Korelasi	Intepretasi
$0,7 < R < 1,0$	Derajat Asosiasi Tinggi
$0,4 < R < 0,7$	Hubungan Substansial
$0,2 < R < 0,4$	Korelasi Rendah
$R < 0,2$	Diabaikan

Kalibrasi model adalah proses pengoptimalan atau penyesuaian secara sistematis nilai parameter model agar mendapatkan set parameter yang memberikan perkiraan terbaik dari suatu observasi. Sedangkan Validasi model merupakan suatu proses evaluasi terhadap model agar mendapatkan visual terkait ketidak pastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memperkirakan suatu proses (dalam hal ini proses hidrologi) (Iqbal dkk., 2015).

3.6.3 Validasi hasil

Setelah penginputan data selesai dan telah menjalankan program, maka tahap selanjutnya adalah visualisasi. Pada aplikasi RRI ini visualisasi data yang telah dijalankan menggunakan RRI VIEWER, dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Visualisasi menggunakan RRI viewer

Hasil dari simulasi RRI ini dapat dilihat menggunakan Aplikasi RRI Viewer. Hasil dari RRI simulasi ini memberikan tiga *Output* atau hasil dari simulasi dimana bagian kiri terdapat hasil simulasi seperti *hs* (inundation) atau bisa juga disebut dengan genangan, *hr* (River W.D) kedalaman air, *qr* (River Disc.) debit serta *hs max* atau genangan maksimal.

3.6.4 Ketersediaan air (15 tahun ke depan)

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang memiliki fungsi yang penting. Ketersediaan air pada suatu DAS dapat memberikan informasi untuk optimalisasi pemanfaatan sumber daya air yang ada. Ketersediaan air yang merupakan bagian dari fenomena alam, sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Hal ini karena ketersediaan air mengandung unsur variabilitas ruang (spatial variability) dan variabilitas waktu (temporal variability) yang sangat tinggi. Konsep siklus hidrologi adalah bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di hamparan bumi dipengaruhi oleh masukan (input) dan keluaran (*Output*) yang terjadi. Jumlah aliran ketersediaan air pada penelitian ini dihitung menggunakan aplikasi RRI Model.

3.6.5 Estimasi ketersediaan air

Estimasi ketersediaan air adalah proses menghitung atau memprediksi jumlah air yang tersedia di suatu wilayah atau lokasi tertentu. Estimasi ini penting untuk mengelola sumber daya air secara efektif dan memahami potensi kekurangan air di masa depan. Ketersediaan air dalam ekosistem DAS dipengaruhi oleh faktor hidrometeorologi fisik antara lain curah hujan, aliran air sungai, temperatur, dan jenis tanah.

3.6.6 Kebutuhan air (15 tahun ke depan)

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang memiliki fungsi yang penting. Menurut Adioetomo dan Samosir (2010), untuk memperoleh besaran jumlah kebutuhan air dalam satu wilayah digunakan persamaan yang merupakan perkalian antara jumlah penduduk dengan standar kebutuhan air. Perkiraan kebutuhan air bersih tergantung dari jumlah pelanggan aktif. Untuk itu data jumlah pelanggan aktif pada daerah yang akan di supply air bersih sangat diperlukan dari tahun ke tahun untuk di prediksi pada tahun-tahun yang akan datang. Hasil analisis perkembangan pelanggan aktif ini, selanjutnya dipergunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air bersih (Brahmanja dkk., 2018). Beberapa faktor yang sangat mempengaruhi prediksi jumlah pelanggan adalah:

- Jumlah populasi suatu area
- Kecepatan pertumbuhan pelanggan (orang)
- Kurun waktu proyeksi

Untuk memprediksi jumlah kebutuhan air dalam satu wilayah digunakan persamaan yang merupakan perkalian antara jumlah penduduk dengan standar kebutuhan air. (Adioetomo dan Samosir, 2010). Berikut adalah persamaan umum yang digunakan dalam perhitungan:

$$Q_{dom} = P_n \times q$$

Keterangan:

Q_{dom} : Kebutuhan air (m^3 /tahun)

P_n : Jumlah Penduduk pada tahun ke n (jiwa)

q : konsumsi air bersih untuk kebutuhan (l/org/hari)

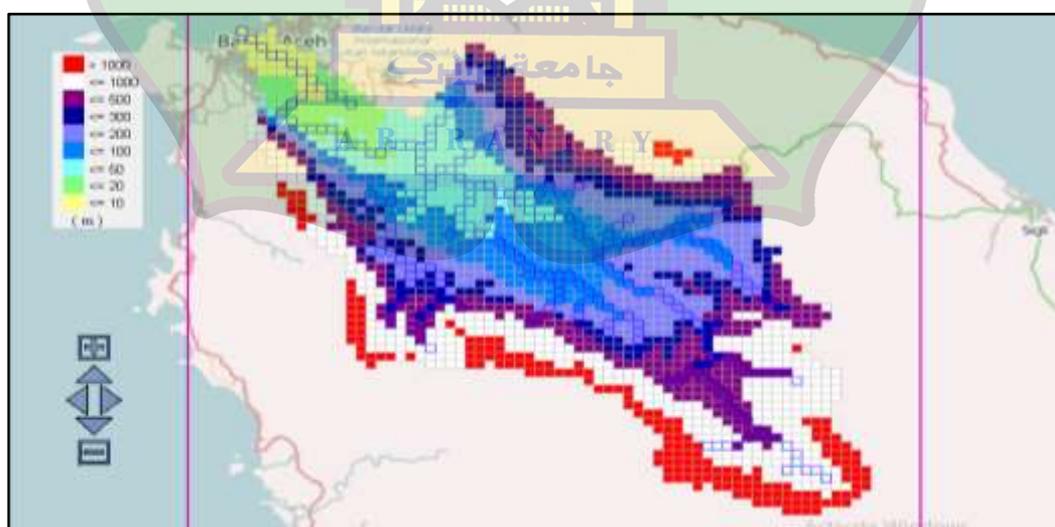
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Input Data

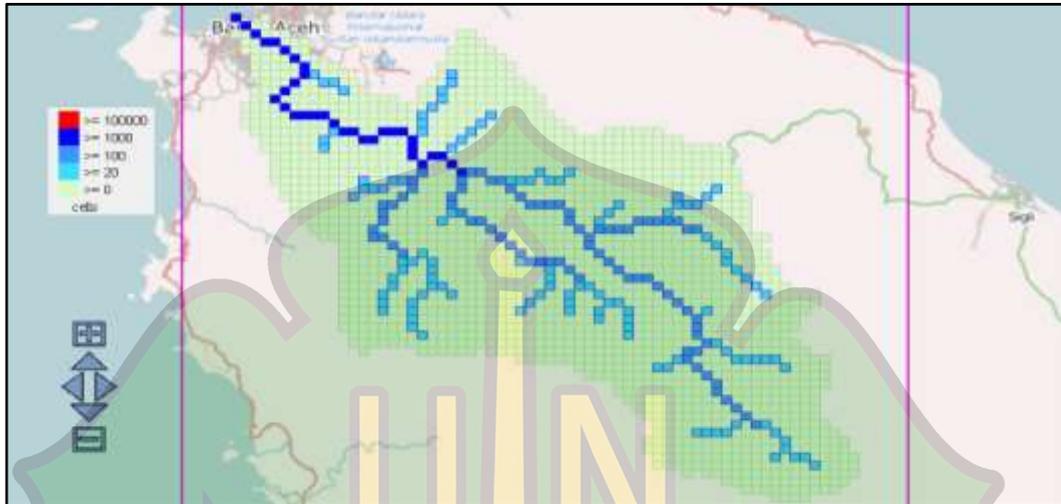
4.1.1 Data topografi

Data topografi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari HydroSHEDS (*Hydrological data and maps based on SHuttle Elevation Derivatives at multiple Scales*) yang merupakan database pada Model RRI dengan menyediakan DEM (*Digital Elevation Model*) dari 15 Sec dan 30 Sec. Konservasi 15 Sec pada peta DEM mengacu pada resolusi spasial atau ukuran sel pada peta tersebut, dalam konteks ini, “15 Sec” berarti bahwa setiap sel pada peta mencakup area yang setara dengan 15 detik busur pada lintang atau bujur dan akan setara dengan 0,25 derajat, yang kemudian akan dikonversi menjadi jarak luas dalam satuan kilometer persegi. Jarak (dalam meter) = 15 detik x 30.87 meter/arc detik x cos(latitude). Dalam rumus tersebut, 30.87 meter adalah konversi dari 1 arc detik ke meter pada garis lintang ekuator, dan cos(latitude) adalah faktor koreksi sudut yang mempertimbangkan perubahan skala di sepanjang garis lintang namun pada penelitian ini DEM yang digunakan adalah DEM dengan 15 Sec data tersebut disediakan oleh *United States Geological Survey* (USGS) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



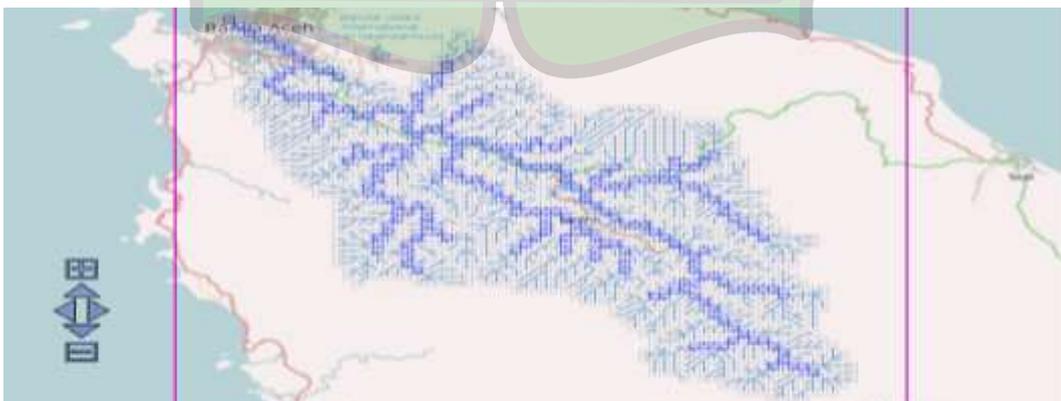
Gambar 4.1 (DEM) *Digital Elevation Model*

Menurut Permen PU 2013, DEM atau singkatan dari *Digital Elevation Model* adalah data digital yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinasi sampling dari permukaan dengan algoritma yang menggambarkan geometri bentuk bumi atau bagian yang yang didefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat.



Gambar 4.2 *Flow Accumulation*

Flow accumulation merupakan proses penentuan akumulasi aliran pada setiap sel. Hasil ukur akan terdapat nilai akumulasi air yang biasanya juga identik dengan aliran hidrologi yang sebenarnya terjadi di lapangan. Pada suatu sel yang memiliki *flow accumulation* 0 menunjukkan bahwa tidak terdapat satu sel pun yang mengalirkan air kepada sel tersebut, begitu pula jika pada suatu sel memiliki *flow accumulation* 100 maka terdapat 100 sel yang akan mengalirkan air kepada sel tersebut, yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 *Flow Direction*

Menurut Arisandy dan Sukojo (2016) *flow direction* atau arah aliran merupakan sistem penentuan daerah aliran yang menghasilkan informasi arah aliran lereng pada setiap pixel. Arah aliran hidrologi umumnya dari puncak gunung menuju ke arah barat, utara, dan selatan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 River Width

Lebar sungai pada setiap DAS berbeda-beda tergantung pada beberapa faktor diantaranya seperti topografi sungai, curah hujan, dan intensitas erosi. Lebar sungai yang lebih besar biasanya cenderung lebih lambat dan mengandung sedimen dari pada lebar sungai yang lebih kecil. Pada penelitian ini data yang dipakai untuk *width* (m) ini sendiri adalah data yang sudah tersedia pada model dikarenakan tidak adanya data survei yang tersedia, maka penampang sungai Krueng Aceh menggunakan penampang yang sudah tersedia pada model yaitu

$$Width (m) = 5A^{0.35}$$

A pada persamaan di atas sebagai daerah aliran sungai (km^2). Parameter geometri untuk lebar sungai adalah 5 dan 0.35



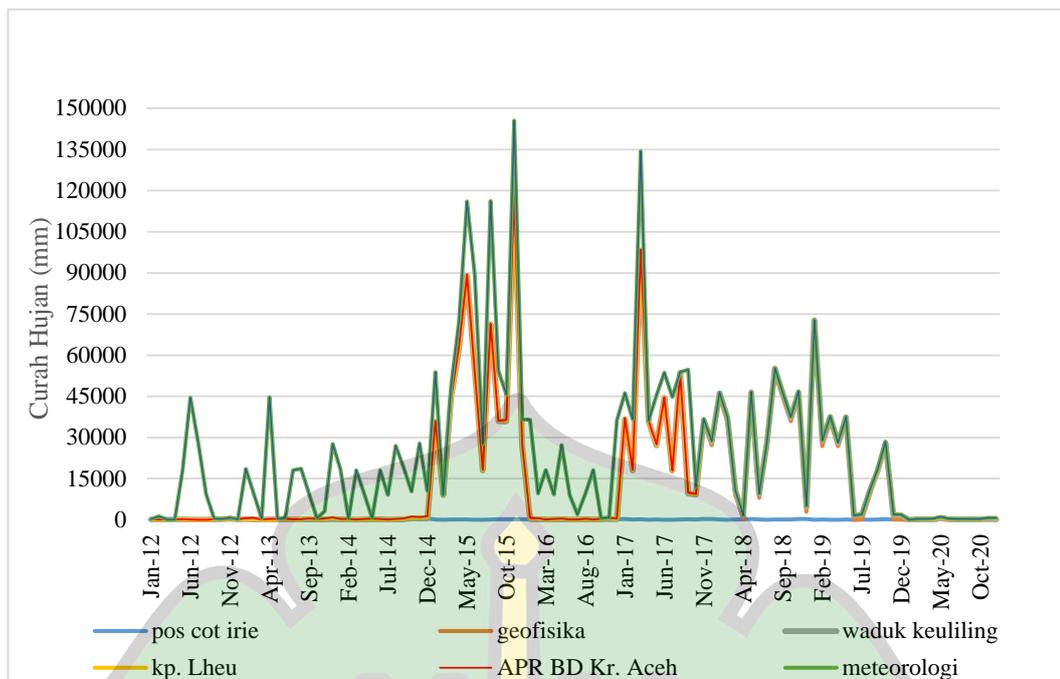
Gambar 4.5 River Depth

Kedalaman sungai merupakan kedalaman dibagian bawah permukaan sungai, kedalaman sungai bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti aliran air, kondisi hidrologi dan topografi dasar yang dapat dilihat pada Gambar 4.5, untuk data *Depth* ini sendiri diambil pada model dikarenakan tidak adanya data survei yang tersedia. Data *Depth* (m) = $0,95 A^{0,2}$

A pada persamaan di atas sebagai daerah aliran sungai (km^2) 0,95 dan 0,2 adalah parameter geometri sebagai persamaan daya kedalaman sungai.

4.1.2 Data curah hujan

Data curah hujan merupakan data yang sangat penting dalam penginputan data model RRI (*Rainfall-Runoff-Inundation*), Kekurangan data curah hujan sangat mempengaruhi hasil simulasi. Pada penelitian ini data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian yang terdiri dari 6 stasiun curah hujan dengan jangka waktu 9 tahun dari tahun 2012 hingga tahun 2020 dengan stasiun pos cot irie, kp.lheu, geofisika, APR BD kr. Aceh, waduk keliling dan meteorologi. Data curah hujan harian ini berasal dari website BWS (Badan Wilayah Sungai) dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika) dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik data curah hujan

4.2 Kalibrasi Pemodelan RRI

Model RRI (*Rainfall-Runoff-Inundation*) adalah model hidrologi yang dapat digunakan untuk memprediksi bagaimana ketersediaan air akan mendatang. Model ini menggabungkan konsep aliran permukaan, aliran subsurface, dan proses infiltrasi untuk memprediksi bagaimana curah hujan akan mempengaruhi ketersediaan air. Model RRI ini dapat mewakili kondisi yang aktual atau sesuai dengan sesuatu yang diamati oleh sebab itu kalibrasi dan validasi juga dilakukan pada pemodelan ini guna untuk mendapatkan nilai yang optimum. Untuk mengkalibrasi model ini data yang dibandingkan adalah data observasi data tinggi muka air Krueng Khee tahun 2016 dibandingkan dengan data simulasi dari RRI. dan untuk validasi dilakukan pada tahun 2017.

Kalibrasi dan validasi adalah dua proses penting dalam suatu pemodelan, terutama pada pemodelan RRI ini sendiri. Kalibrasi adalah proses pengoptimalan parameter model dengan menggunakan data observasi sehingga model dapat memprediksi dengan tepat. Tujuan dari kalibrasi ini sendiri adalah untuk menemukan nilai parameter yang membuat model paling bagus dalam memprediksi sistem berdasarkan data observasi.

Validasi adalah proses memastikan bahwa model memprediksi perilaku sistem dengan baik dan memenuhi standar akurasi. Tujuan dari validasi adalah memastikan bahwa model tidak overfitting atau underfitting data observasi memiliki performa yang baik pada data yang tidak digunakan dalam proses kalibrasi.

Kalibrasi yang dilakukan pada model ini dengan menggunakan *Coefficient of determination* atau R^2 . Kalibrasi pada model RRI dilakukan dengan mengevaluasi set parameter sensitif. Kalibrasi ini dilakukan untuk menentukan nilai optimasi terbaik suatu model. Parameter sensitif untuk DAS Krueng Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Setingan Parameter Pemodelan RRI

Parameter Pada Model (Tam dkk., 2021)	Parameter	Rentang Nilai Rekomendasi (Tam dkk., 2021)	Final Parameter
n (River)	Kekasaran manning (sungai)	0.015-0.040	0.015
n (Land)	Kekasaran manning (lereng)	0.150-1.000	2.994
Porosity (Gamma)	Porositas efektif	0.300-0.500	0.510
Ka (m)	Konduktivitas Hidrolik bawah permukaan	0.10-0.300	0.055
Soil depth (m)	Kedalaman tanah	0.500-2.000	0.550

Kalibrasi perlu dilakukan terhadap parameter masukan baik dari dalam tanah, kekasaran manning (sungai), porositas efektif, kekasaran manning (lereng) dan konduktivitas hidrolik bawah permukaan parameter tersebut diubah secara manual. Kalibrasi pada penelitian ini dilakukan sebanyak 345 kali dengan mengubah parameter pada Tabel 4.1.

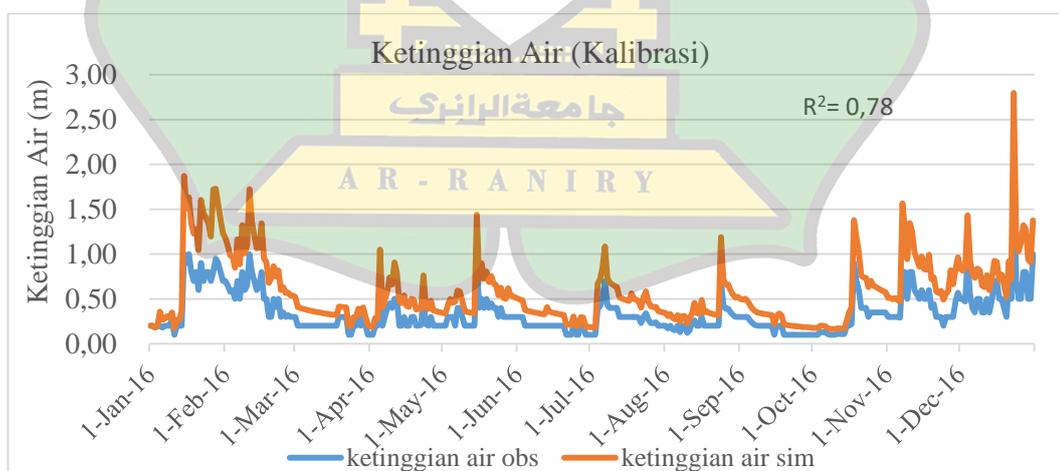
Langkah pertama kali yang dilakukan adalah menghitung nilai R^2 pada 2011-2020 dan R^2 tertinggi didapatkan pada rentang tahun 2016 dengan nilai-nilai $R^2 = 0,22$ dan setelah dilakukan kalibrasi sebanyak 345 kali didapatkan nilai $R^2 = 0,78$ dan selanjutnya dilakukan validasi pada tahun 2017. Pada tahun 2016-2017 didapatkan R^2 ketinggian muka air yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil kalibrasi dan validasi tinggi muka air (TMA)

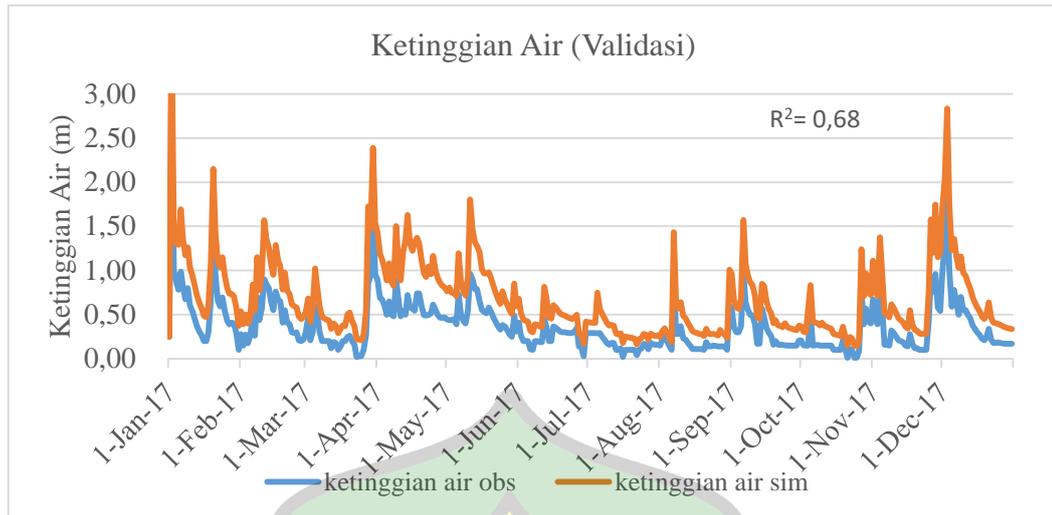
Periode	<i>Coefficient of determination</i> (R^2)		Nilai Koefisien korelasi (Iqbal dkk., 2015)	Interpretasi (Iqbal dkk., 2015)
Kalibrasi	2016	0,78	$0.7 < R < 1,0$	Pengaruh tinggi
Validasi	2017	0,68	$0,4 < R < 0,7$	Pengaruh sedang
	-	-	$0,2, R < 0,4$	Pengaruh rendah
	-	-	$R < 0,2$	Diabaikan

Pada Tabel 4.2 hasil kalibrasi ketinggian air nilai koefisien pada tahun 2016 dengan $R^2 = 0,78$ dengan interpretasi derajat pengaruh tinggi. Sedangkan untuk validasi pada tahun 2017 dengan nilai koefisien $R^2 = 0,68$ dengan interpretasi pengaruh sedang.

Hasil simulasi selanjutnya yang dilakukan oleh pemodelan RRI adalah ketinggian air. Hasil yang didapatkan pada simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 pada grafik tersebut menunjukkan perbandingan antara ketinggian air observasi pada stasiun khee dengan ketinggian air simulasi 2016 dengan nilai $R^2 = 0.78$ mm dan 2017 dengan nilai $R^2 = 0.68$ mm.



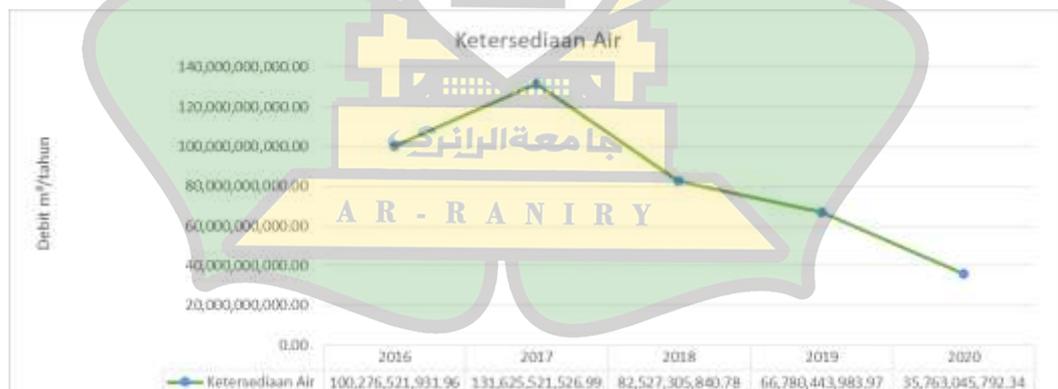
Gambar 4.7 Perbandingan Tinggi muka air simulasi (RRI Model) dan Tinggi Muka Air observasi (Krueng Khee) 2016



Gambar 4.8 Perbandingan Tinggi muka air simulasi (RRI Model) dan Tinggi Muka Air observasi (Krueng Khee) 2017

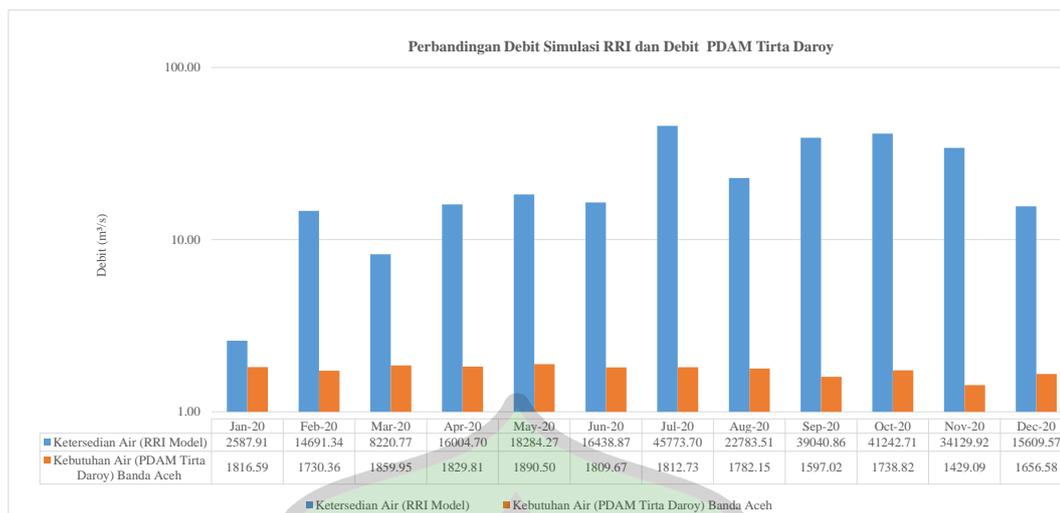
4.3 Ketersediaan Air

Ketersediaan air pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit yang tersedia di DAS Krueng Aceh dalam mencukupi kebutuhan air domestik Kota Banda Aceh. Hasil yang didapat pada *Software* RRI ini berupa data debit. Data debit yang digunakan untuk menentukan ketersediaan air adalah data debit pada tahun 2016-2020. Adapun ketersediaan air pada DAS Krueng Aceh dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Ketersediaan Air

Jadi dibandingkan dengan kondisi ketersediaan air pada tahun 2020 dengan kemampuan PDAM untuk mensuplai air bersih dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Perbandingan debit simulasi RRI dan data observasi PDAM Tirta Daroy

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui ketersediaan air pada tahun 2020 dari hasil permodelan mampu mencukupi kebutuhan air Kota Banda Aceh dengan sumber data PDAM TIRTA DAROY.

4.4 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan yang digunakan untuk pemenuhan tempat-tempat hunian pribadi seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Kebutuhan domestik dalam hal ini ada dua faktor yang diperhitungkan dalam analisis kebutuhan domestik diantaranya penyediaan air minum dan kran umum.

4.4.1 Proyeksi penduduk R - RANIRY

Setiap tahunnya jumlah penduduk meningkat begitu pula dengan kebutuhan air yang harus disediakan, maka dari itu dibutuhkan proyeksi jumlah penduduk untuk memperkirakan kebutuhan air yang akan digunakan mendatang. Jumlah proyeksi penduduk yang didapat maka akan digunakan sebagai gambaran ketersediaan air di kota Banda Aceh. Penduduk Kota Banda Aceh akan diproyeksikan untuk 15 tahun kedepan sesuai dengan periode yang direncanakan dengan menggunakan tiga metode proyeksi yaitu: 1. Metode Aritmatika 2. Metode Geometri 3. Metode Eksponensial, penentuan metode terbaik didapatkan dengan cara membandingkan ketiga metode tersebut, yaitu dengan melihat nilai

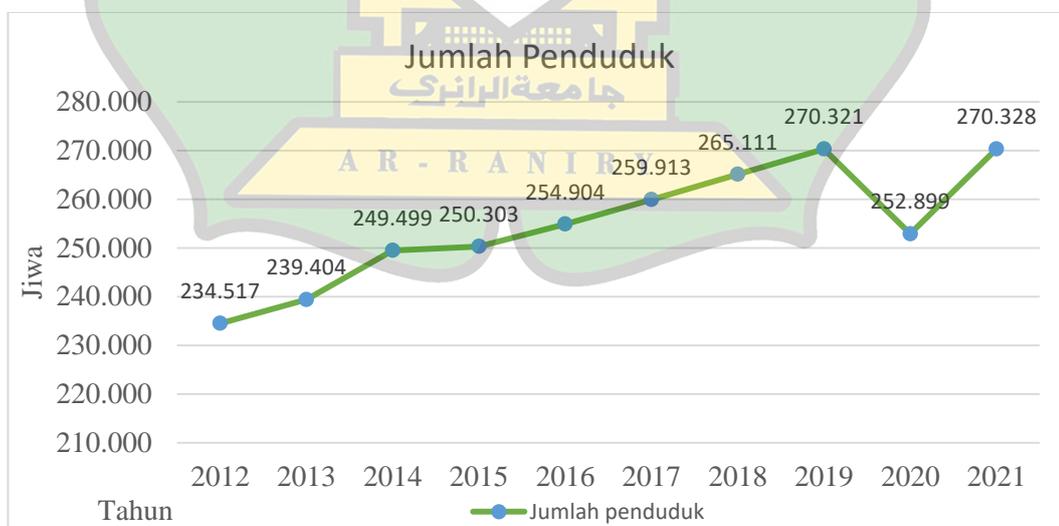
simpangan baku (S) yang paling kecil dan koefisien korelasi (R) yang mendekati 1 untuk masing-masing metode.

Dalam memperkirakan jumlah penduduk, digunakan data jumlah penduduk pada tahun sebelumnya. Dalam penelitian ini, untuk memproyeksikan jumlah penduduk sampai tahun 2036 dilakukan dengan memproyeksikan jumlah penduduk dengan memakai data penduduk tahun 2012-2021. Berikut merupakan jumlah penduduk awal Kota Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.3 Jumlah Penduduk Tahun 2012-2021 Kota Banda Aceh

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2012	234.517
2	2013	239.404
3	2014	249.499
4	2015	250.303
5	2016	254.904
6	2017	259.913
7	2018	265.111
8	2019	270.321
9	2020	252.899
10	2021	270.328

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh (2020)



Gambar 4.11 Jumlah Penduduk

Dari data Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Kota Banda Aceh mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yaitu dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2021 seperti Gambar 4.11 di atas, namun pada tahun 2020 jumlah penduduk mengalami penurunan. Berdasarkan wawancara dengan staf pada Badan Pusat Statistik penurunan jumlah penduduk tersebut disebabkan karena adanya mobilitas dan transmigrasi penduduk yang tinggi pada daerah perkotaan. Penentuan metode terbaik didapatkan dengan cara membandingkan ketiga metode tersebut, dengan melihat nilai simpangan baku (S) yang paling kecil dan koefisien korelasi (R) yang mendekati 1 untuk masing masing metode. Adapun untuk nilai simpangan baku (S) dan koefisien korelasi (R) yang telah didapatkan yaitu dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Metode terpilih

Metode Perbandingan Proyeksi Penduduk		
Metode	S	R
Aritmatika	6047.905	0.865808
Ekspensial	6147.729	0.86
Geometri	5259.7	0.900342

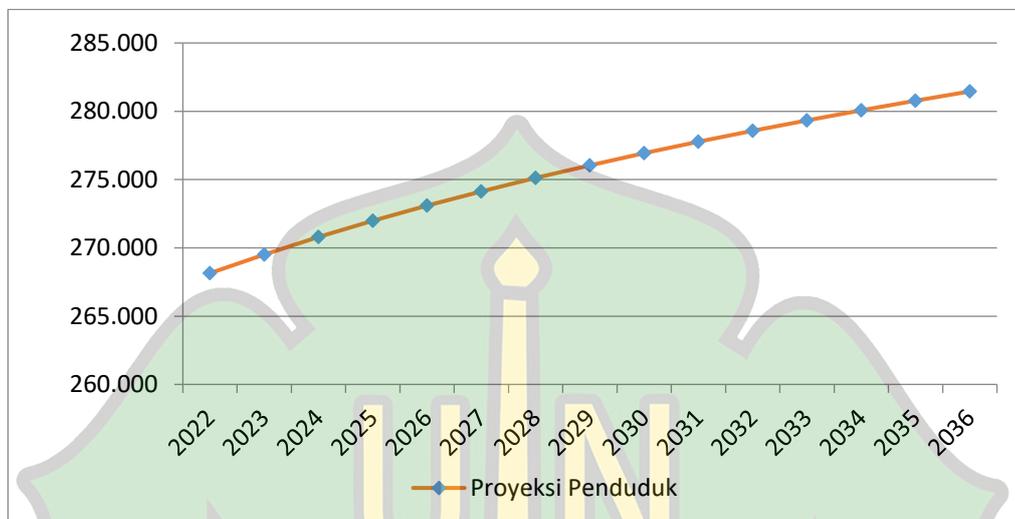
Dari Tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa nilai simpangan baku (S) dan koefisien korelasi (R) yang paling mendekati 1 adalah metode geometri, nilai simpangan baku (S) sebesar 5259.7 dan koefisien korelasi (R) yaitu 0.90034153. Adapun proyeksi untuk jumlah penduduk dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2036 Kota Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.12.

Tabel 4.5 Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh

No	Tahun	Proyeksi Penduduk
1	2022	268.141
2	2023	269.521
3	2024	270.797
4	2025	271.984
5	2026	273.093
6	2027	274.135
7	2028	275.118
8	2029	276.047
9	2030	276.930
10	2031	277.769

11	2032	278.570
12	2033	279.336
13	2034	280.069
14	2035	280.774
15	2036	281.451

Sumber: Hasil Proyeksi



Gambar 4.12 Proyeksi Penduduk

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.12 menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun pada kota Banda Aceh dengan jumlah penduduk pada tahun 2036 sebesar 281.451 jiwa.

4.4.2 Kebutuhan air minum (Q_{AM})

Jumlah air yang dibutuhkan perkapita perhari ditetapkan berdasarkan jumlah penduduk (Puslitbang Pengairan Kementerian Pekerjaan Umum) dapat dilihat 4.6.

Tabel 4.6 Kriteria Penentuan Air Minum

No	Jumlah Penduduk	Domestik (l/jiwa/hari)
1	1000	150
2	500.000 – 1000.000	135
3	100.000 – 500.000	120
4	20.000 – 100.000	105
5	<20.000	82,5

Sumber: Puslitbang Pengairan Kementerian PU dalam Mahzum, (2015)

Jumlah penduduk Kota Banda Aceh hingga tahun 2021 mencapai 270.328 jiwa. Jika dilihat kriteria di atas, kebutuhan air per kapita sebesar 120 liter/jiwa/hari, maka kebutuhan air dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{\text{domestik}} = Pt \cdot Un$$

Keterangan:

Q_{domestik} = jumlah kebutuhan air penduduk (liter/jiwa/detik)

Pt = jumlah penduduk pada tahun yang bersangkutan (jiwa)

Un = nilai kebutuhan air per kapita per hari (liter/jiwa/hari)

Perhitungan :

$$\begin{aligned} Q_{\text{am 2022}} &= 268.141 \cdot 120 \text{ liter/jiwa/hari} \\ &= 32.176.920 \text{ liter/ hari} \\ &= 32.176.920 \cdot 30 \\ &= 965.307.600 \text{ l/bulan} \\ &= 965.307.600 / 1000 \\ &= 965.307,60 \text{ (m}^3\text{/bulan)} \\ &= 965.307,60 \cdot 12 \\ &= 11.583.691,20 \text{ (m}^3\text{/tahun)} \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan Kebutuhan air selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kebutuhan Air Minum

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Air (l/org/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Pemakaian (l/bln)	Jumlah Kebutuhan Air (m ³ /bln)	Jumlah Kebutuhan Air (m ³ /tahun)
2022	268,141	120	32.176,920	965.307,600	965.307,60	11.583.691,20
2026	273,093	120	32.771,160	983.134,800	983.134,80	11.797.617,60
2031	277,769	120	33.332,280	999.968,400	999.968,40	11.999.620,80
2036	281,451	120	33.774,120	1.013.223,600	1.013.223,60	12.158.683,20

Sumber: Hasil perhitungan

Kran umum (Q_{ku})

Kebutuhan air untuk kran umum (KU) ditetapkan sebesar 30 liter/jiwa/hari hal ini karena Kota Banda Aceh termasuk kedalam Kota Sedang. Sehingga kebutuhan air untuk kran umum setiap tahunnya berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 Q_{ku} 2022 &= 268.141 * 30 \text{ liter/hari} \\
 &= 8.044,230 \text{ liter/hari} \\
 &= 8.044,230 * 30 \\
 &= 241.326,900 \text{ liter/bulan} \\
 &= 241.326,900 / 1000 \\
 &= 241.326,9 \text{ m}^3/\text{bulan} \\
 &= 241.326,9 * 12 \\
 &= 2.895.922,80 \text{ (m}^3/\text{tahun)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya proyeksi kebutuhan air kran umum dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Kebutuhan Air Kran Umum (KU)

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Air (l/org/hr)	Jumlah Pemakaian (l/hr)	Jumlah Pemakaian (l/bln)	Jumlah Kebutuhan Air (m ³ /bulan)	Jumlah kebutuhan Air (m ³ /tahun)
2022	268,141	30	8.044,230	241.326,900	241.326,90	2.895.922,80
2026	273,093	30	8.192,790	245.783,700	245.783,70	2.949.404,40
2031	277,769	30	8.333,070	249.992,100	249.992,10	2.999.905,20
2036	281,451	30	8.443,530	253.305,900	253.305,90	3.039.670,80

Sumber; Hasil Perhitungan

Untuk mendapatkan total kebutuhan air domestik untuk Kota Banda Aceh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{dom} = P_n \times q$$

Keterangan:

Q_{dom} = Kebutuhan air untuk domestik (m³ per tahun)

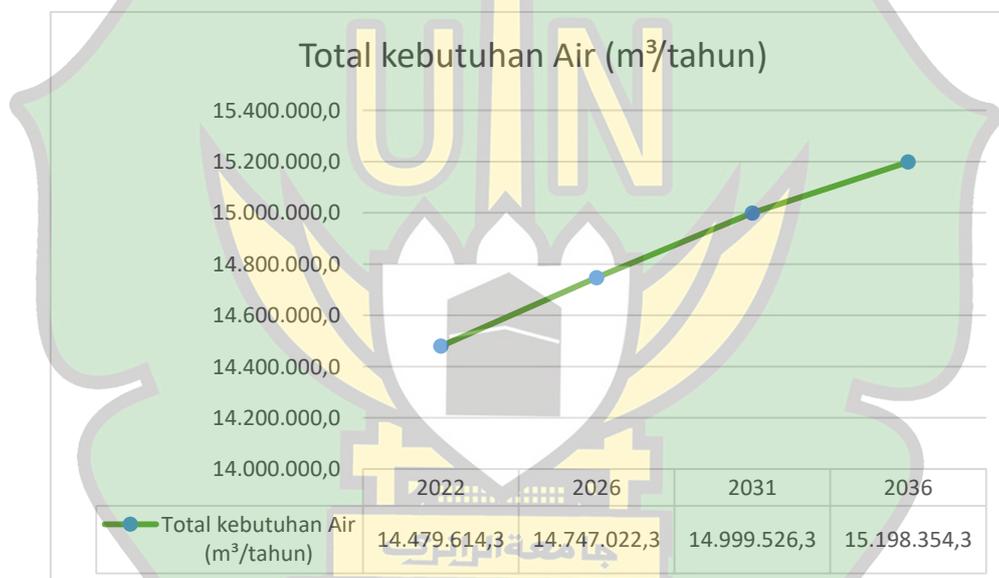
P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa)

Q = Konsumsi air bersih untuk kebutuhan penduduk (liter per orang per hari)
Adapun total kebutuhan air domestik dari tahun 2022 sampai 2036 dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.13.

Tabel 4.9 Kebutuhan Air Domestik (Qdom)

Tahun	Air minum (m ³ /tahun)	Kran Umum (m ³ /tahun)	Jumlah (m ³ /tahun)	kebocoran (%)	Total Kebutuhan Air (m ³ /tahun)
2022	11.583.691,20	2.895.922,80	14.479.614,00	30	14.479.614,3
2026	11.797.617,60	2.949.404,40	14.747.022,00	30	14.747.022,3
2031	11.999.620,80	2.999.905,20	14.999.526,00	30	14.999.526,3
2036	12.158.683,20	3.039.670,80	15.198.354,00	30	15.198.354,3

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.13 Total Kebutuhan Air (m³/tahun)

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 4.9 dan grafik Gambar 4.13 di atas total kebutuhan air domestik untuk Kota Banda Aceh sampai dengan tahun 2036 yaitu sebesar 15.198.354,3 m³/tahun.

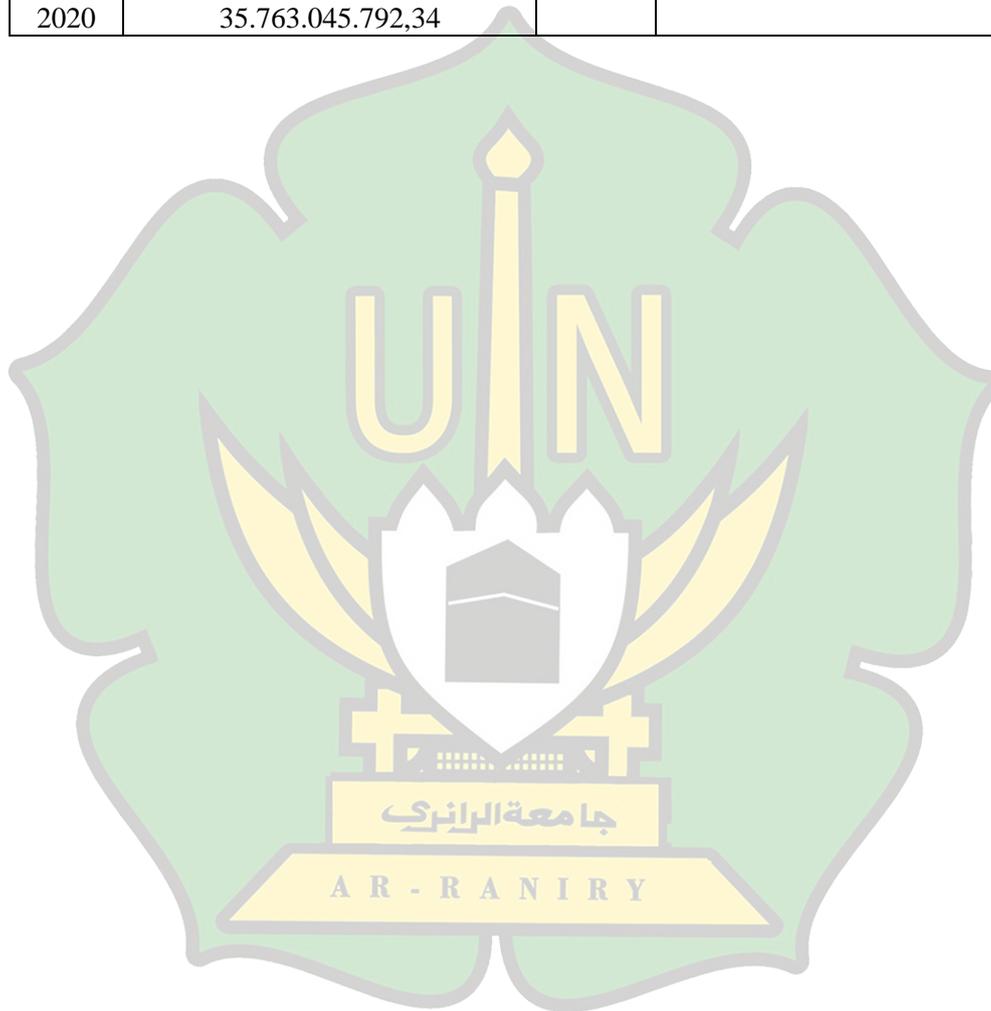
4.5 Perbandingan Kebutuhan dan Ketersediaan Air

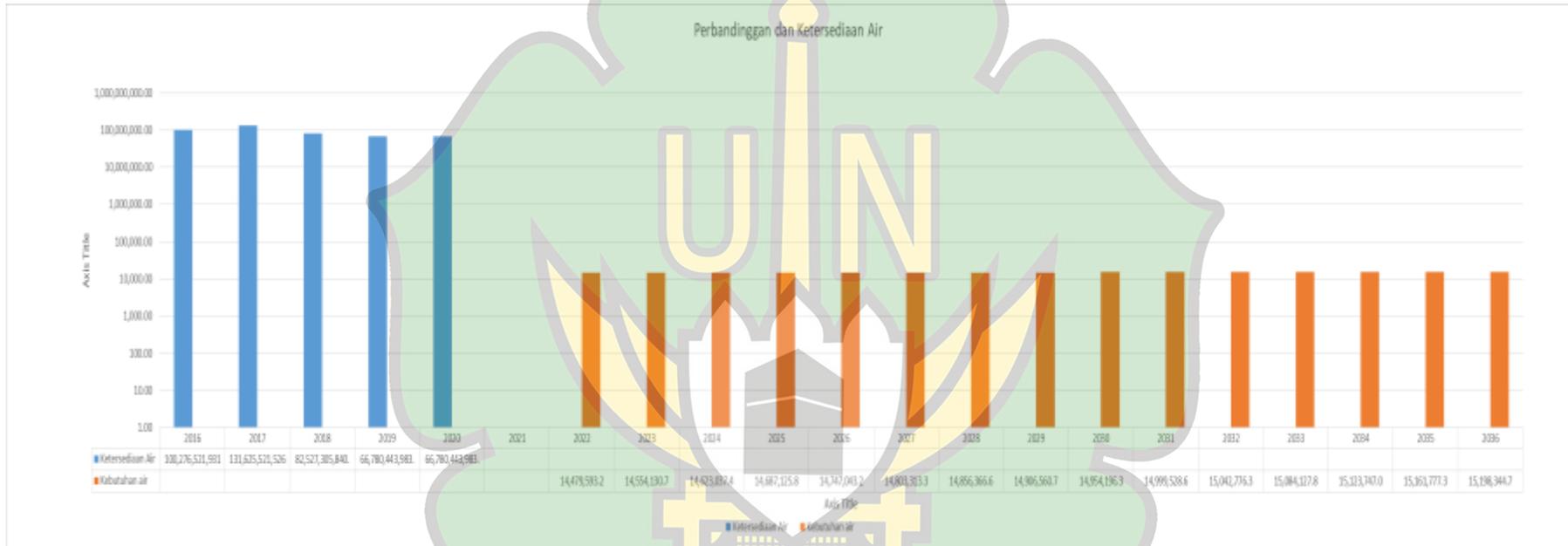
Hasil dari pemodelan ketersediaan air dan perhitungan kebutuhan air digunakan untuk mengetahui apakah air yang tersedia dari debit DAS Krueng

Aceh mencukupi kebutuhan domestik. Hasil perhitungan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.14.

Tabel 4.10 Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Tahun	Ketersediaan Air	Tahun	Kebutuhan Air
2016	100.276.521.931,96	2022	14.479.614,30
2017	131.625.521.526,99	2026	14.747.022,30
2018	82.527.305.840,78	2031	14.999.526,30
2019	66.780.443.983,97	2036	15.198.354,30
2020	35.763.045.792,34		





Gambar 4.14 Perbandingan Ketersediaan Air Tahun 2016-2020 dan Kebutuhan Air Tahun 2022-2023

Berdasarkan hasil perbandingan yang didapat pada penelitian ini untuk total ketersediaan air pada DAS Krueng Aceh selama lima tahun terakhir 2016-2020 di DAS Krueng Aceh pada tahun 2016 sebesar 100.276.521.931,96 m³/tahun, 2017 sebesar 131.625.521.526,99 m³/tahun, tahun 2018 sebesar 82.527.305.840,78 m³/tahun, 2019 sebesar 66.780.443.983,97 m³/tahun, 2020 sebesar 35.763.045.792,34 m³/tahun. Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa ketersediaan air dari hasil permodelan mampu mencukupi kebutuhan air domestik Kota Banda Aceh dengan mengasumsikan ketersediaan air tahun 2036 adalah sama dengan ketersediaan air tahun 2020 yaitu sebesar 35.763.045.792,34 m³/tahun.

Gambar 4.14 di atas menunjukkan perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan domestik. Perlu diingat bahwa selain kebutuhan air untuk kebutuhan domestik, juga terdapat kebutuhan air untuk non domestik misalnya irigasi, pertanian, kebutuhan untuk lingkungan, dan lain-lain. Maka oleh karena itu sangat diperlukan upaya pelestarian sumber daya air agar ketersediaan air tetap terjaga dan kebutuhan air dapat terpenuhi. Untuk mengantisipasi *defisit* pada DAS Krueng Aceh perlu diterapkannya alternatif penggunaan lahan dengan proporsi luas hutan yang harus dipertahankan minimal kurang lebih 40% dari luas DAS (la Baco dkk., 2011).

Selain itu perlu diperhatikan juga pada Gambar 4.14 ketersediaan air semakin menurun dan kebutuhan air semakin meningkat dengan perbedaan jumlahnya yang memang masih sangat jauh dimana jumlah ketersediaan air yang lebih unggul, tetapi tidak menutup kemungkinan suatu saat nanti kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air sehingga bisa mengakibatkan kebutuhan air tidak tercukupi. Oleh karena itu tetap diperlukan pengelolaan dan pelestarian sumber daya air yang tepat.

Menurut Muis (2017), konservasi sumber daya air dapat dilakukan dengan konservasi air secara fisik, mekanik berupa pembuatan waduk sebagai tempat penampungan air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Penelitian ini penulis menggunakan Model RRI (*Rainfall-Runoff-Inundation*) dalam melakukan estimasi terhadap ketersediaan air di DAS Krueng Aceh untuk kebutuhan Domestik Kota Banda Aceh. Pemodelan ini dilakukan dengan melakukan kalibrasi pada tahun 2016 dan validasi pada tahun 2017 sehingga didapatkan hasil kalibrasi sebesar $R^2 = 0,78$ yang menunjukkan model simulasi di tahun 2016 memiliki nilai interpretasi pengaruh tinggi dan dapat diterima, sedangkan validasi didapatkan pada tahun 2017 dengan $R^2 = 0,68$ memiliki interpretasi pengaruh sedang.
2. Berdasarkan hasil dari *software* RRI (*Rainfall-Runoff-Inundation*) diperoleh ketersediaan air dari tahun 2016-2020 pada DAS Krueng Aceh tahun 2016 sebesar 100.276.521.931,96 m³/tahun, 2017 sebesar 131.625.521.526,99 m³/tahun, tahun 2018 sebesar 82.527.305.840,78 m³/tahun, 2019 sebesar 66.780.443.983,97 m³/tahun, 2020 sebesar 35.763.045.792,34 m³/tahun dan dapat diasumsikan tahun 2036 adalah sama dengan ketersediaan air tahun 2020 yaitu sebesar 35.763.045.792,34 m³/tahun.
3. Dari hasil perhitungan perbandingan antara ketersediaan air (DAS) Daerah Aliran Sungai Krueng Aceh dengan total kebutuhan air keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air pada proyeksi 15 tahun mendatang masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air Kota Banda Aceh.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan kalibrasi lanjut dengan menggunakan set parameter yang telah ditentukan dan menggunakan data yang lengkap agar mendapatkan nilai koefisien yang tinggi.

2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan perhitungan kebutuhan air non domestik agar mengetahui apakah ketersediaan air pada DAS tersebut dapat memenuhi atau tidak.



DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanda, R., Mulki, G. Z., & Fitriani, M. I. (2018). Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik Di Desa Penjajap Kecamatan Pemangkat Kabupaten Sambas. *PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(2), 1–11.
- Agustina, S., Nuraini, Putri, S., Purnawan, S., & Siregar, Wijaya, Efendy, E. (2020). Identifikasi Awal Sampah Apung Anorganik di Muara Sungai krueng Aceh, Kota Banda Aceh. *Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 9(1), 131–140. <https://doi.org/10.13170/depik.9.1.15237>.
- Amin, M., Ridwan, & Zulkarnaen, I. (2018). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Barito. Banjarmasin. *Diktat Kuliah, Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*.
- Asmira, L., Lias, S. A., & Laban, S. (2022). *Indeks Bahaya Erosi di Sub Das Pasui Hulu Das Saddang Erosion Hazard Index In Upstream Sub Watershed Pasui Of Saddang Watershed*. 11(19), 81–94.
- Brahmanja, Ariyanto, A., & Fahmi, K. (2018). *Prediksi Jumlah Kebutuhan Air Bersih Bpab Unit Dalu - Dalu 5 Tahun Mendatang (2018) Kecamatan Tambusai Kab Rokan Hulu Brahmanja*.
- Danial, M. (2021). Strategi Pengelolaan Hulu Daerah Aliran Sungai Jeneberang. *Tesis*, 3, 6.
- Dara, L., Yahya, N., & Maksimum. (2019). Studi Penyediaan Air Bersih di Desa Bulotalangi Timur. *RADIAL: Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 7(2), 136–152.
- Efendi, M. (2012). Kajian Tingkat Kerentanan Masyarakat terhadap Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Berbasis Daerah Aliran Sungai di Sub DAS Garang Hulu. *Tesis*, 1–45. http://eprints.undip.ac.id/36496/1/bab_1-3.pdf
- Ekasari, A. M., Burhanudin, H., & Fardani, I. (2022). Analisis Kualitas Sub DAS Citarum Hulu. *Media Komunikasi Geografi*, 23(1), 44–57. <https://doi.org/10.23887/mkg.v23i1.40612>
- Fathan. (2021). Analisis Perubahan Luas Daerah Resapan Daerah Aliran Sungai Jeneberang. *Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar*, 9–25.
- Ferijal, T. (2013). Aplikasi Model SWAT Untuk Mensimulasikan Debit Sub DAS Krueng Meulesong Menggunakan Data Klimatologi Aktual Dan Data Klimatologi Hasil Perkiraan. *Rona Teknik Pertanian*, 6(1), 398–404.
- Fitriani, ni putu via. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Ilmuteknik*, 2(2), 1–10.
- Hartati, Indrawati, Sitepu, R., & Tamba, N. (2019). Metode geometri, metode

aritmatika, dan metode eksponensial untuk memproyeksikan penduduk Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika Dan Aplikasinya IV*, 4(4), 7–18.

Hartini, E. (2017). *Modul Hidrologi & hidrolika terapan*.

Iqbal, M., Sutikno, S., & Sandyavitri, A. (2015). Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak, Provinsi Riau. *JOM FTEKNIK*, 13(2), 1–11.

Isfandyari, F., & Astuti, S. A. Y. (2013). Analisis Pemanfaatan Air Hujan untuk Kebutuhan Pertanian dan Toilet Gedung Dinas Kesehatan Pematang. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Kardana Natakusumah, D., Syahril B. Kusuma, M., Darmawan, H., Bagus Adityawan, M., & Farid, M. (2007). Pemodelan Hubungan Hujan dan Aliran Permukaan pada Suatu DAS dengan Metoda Beda Hingga. *ITB Journal of Sciences Sans & Tek*, 39(1&2), 97–123.

Karunia, T. U., & Ikhwal, M. F. (2021). Effects of population and land-use change on water balance in DKI Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 622(1).

Khaing, Z. M., Zhang, K., Sawano, H., Shrestha, B., Sayama, T., & Nakamura, K. (2019). Flood hazard mapping and assessment in data-scarce Nyaungdon area, Myanmar. *PLoS ONE*, 14(11), 1–18.

Krisnayanti, D. S., Bunganaen, W., E. Hangge, E., & Munaisyah, F. D. N. k. (2018). Analisis Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Pada Embung Kecil Untuk Pertanian Di Pulau Flores Bagian Timur. *Jurnal Sumber Daya Air*, 14(2), 125–140. <https://doi.org/10.32679/jsda.v14i2.325>

la Baco, S., Sinukaban, N., Sanim, Y. J. O. B., & Tarigan, S. darma. (2011). Analisis Alternatif penggunaan Lahan untuk menjamin Ketersediaan Air di DAS Konaweha Provinsi Sulawesi Tenggara. *Sains Tanah: Ilmiah Tanah Dan Agroklimatologi*, 1(2), 73–88. N I R Y

Lubis, R. I. S., Devianti, & Syahrul. (2022). Penggunaan Model Mock dalam Menghitung Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh (Calculating Water Supply in Krueng Aceh Watershed using Mock Model). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7, 322–331.

Mahzum, M. M. (2015). Analisis Ketersediaan Sumber Daya Air Dan Upaya Konservasi Sub Das Brantas Hulu Wilayah Kota Batu. *Tesis*, 1–210.

Mayasari, U. (2022). Socialization of Tree Planting to Prevent Erosion of the Watershed (DAS) in Jeruk Hamlet. *J-IbM: Jurnal IPTEK Bagi Masyarakat*, 1(April), 1–6.

Millah, M. Z. (2019). Analisis Ketersediaan Air Meteorologis Untuk Memenuhi

- Kebutuhan Air. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 4(2), 1–9.
- Mopangga, S. (2020). Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Bolango. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 7(2), 162–171. <https://doi.org/10.37971/radial.v7i2.191>
- Naway, R., Halim, F., Jasin, M. I., & Kawet, L. (2013). Pengembangan Sistem Pelayanan Air Bersih. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6), 444–451.
- Nurmalita, Maulidia, & Syukri, M. (2013). Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Berbasis Masyarakat Menuju Hutan Aceh Berkelanjutan, Banda Aceh, 19 Maret 2013. *Fisika, FMIPA Universitas Syiah Kuala*.
- Resubun, M. L., Wahjunie, E. D., & Tarigan, S. D. (2018). Analisis Potensi Ketersediaan dan Kebutuhan Air di Daerah Aliran Sungai Cisangkuy. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 20(2), 57–62. <https://doi.org/10.29244/jitl.20.2.57-62>
- Roni, S., Zainal, A., & Nurasih. (2017). Perkebanggan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Daroy Kota Banda Aceh. *Ilmiah Mahasiswa (JIM) Pendidikan Sejarah FKIP Unsyah*, 2, 84–92.
- Saleh, S. M., Sipil, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., Aceh, B., Arsitektur, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., Aceh, B., Sipil, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2018). *Pemanfaatan dan penataan ruang tepi sungai krueng aceh kota banda aceh*. 1(1), 90–100. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10359>
- Sallata, M. K. (2015). Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam. *Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air*, 12, 75–86.
- Santoso, D. H. (2015). Kajian Daya Dukung Air di Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 01–17. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art1>
- Sari, I. K., Limantara, L. M., & Priyantoro, D. (2011). Analisa ketersediaan dan kebutuhan air pada das sampean. *Analisa Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Pada Das Sampean*, 02.
- Sari, S. A., & Koswara, A. Y. (2020). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan Berdasarkan Neraca Air. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 94–99. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.47942>
- Sayama, T. (2017). *Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model*.
- Sayama, T., Ozawa, G., Kawakami, T., Nabesaka, S., & Fukami, K. (2012). Analyse pluie-débit-inondation de la crue de 2010 au Pakistan dans le bassin de la rivière Kaboul. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 298–312. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.644245>

- Siddiqui, M. J., Haider, S., Gabriel, H. F., & Shahzad, A. (2018). Rainfall–runoff, flood inundation and sensitivity analysis of the 2014 Pakistan flood in the Jhelum and Chenab river basin. *Hydrological Sciences Journal*, 63(13–14), 1976–1997. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1546049>
- Silvia, C. S., Ikhsan, M., Safriani, M., & Gusmilia, T. P. (2021). Efficiency Rainwater Harvesting at the Roof Campus Buildings. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 1(3), 17–22. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v1i3.80>
- Silvia, C. S., & Safriani, M. (2018). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan Dengan Teknik Rainwater Harvesting Untuk Kebutuhan Domestik. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 4 (1), 62–73. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v4i1.590>
- Singal, R. Z., & Jamal, N. A. (2022). Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus Desa Panca Agung Kabupaten Bulungan). *Selodang Mayang*, 8(2), 108–119.
- Siti, T. M. sulkifli. B. fadilah. (2022). *Hidrologi/hydrologia: Studi tentang air*.
- Sitompul, M., & Efrida, R. (2018). *Evaluasi Ketersediaan Air DAS Deli Terhadap Kebutuhan Air (Water Balanced)*. 14(2), 121–129.
- Suheri, A., Kusmana, C., Purwanto, M. Y. J., & Setiawan, Y. (2019). Model Prediksi Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jumlah Penduduk di Kawasan Perkotaan Sentul City. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(3), 207–218. <https://doi.org/10.29244/jsil.4.3.207-218>
- Sulistiyani, K. F., & Irianto, D. B. (2018). Studi Pemanfaatan Air Sumber Jenon untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi dan Domestik di Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil ...*, 3(2), 137–142.
- Syaifullah, M. D. (2014). Validasi Data Trmm Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga Das Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(2), 109–118. <https://doi.org/10.31172/jmg.v15i2.180>
- Tam, T. H., Zulkarnain, M., Rahman, A., Harun, S., Shahid, S., Jamal, M. H., Razak, K. A., Ghani, M. K., Faiz, Y., & Wahab, A. (2021). *Flood Hazard Assessment Under Climate Change Scenarios in Kelantan River Basin, Malaysia*. 1–20. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-858810/v1>
- Taufik Muh. Sulkifli, B. siti F. (2022). *Pemodelan Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Lekopancing, Kabupaten Maros Menggunakan Program Hec-Ras* (Issue 8.5.2017). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Tiwery1, C. J., Magrib, N. I. D., & Sahetapy, E. P. (2022). Analisis Pemanfaatan Air Hujan Dan Perencanaan Sistem Penampungan Air Hujan Sebagai

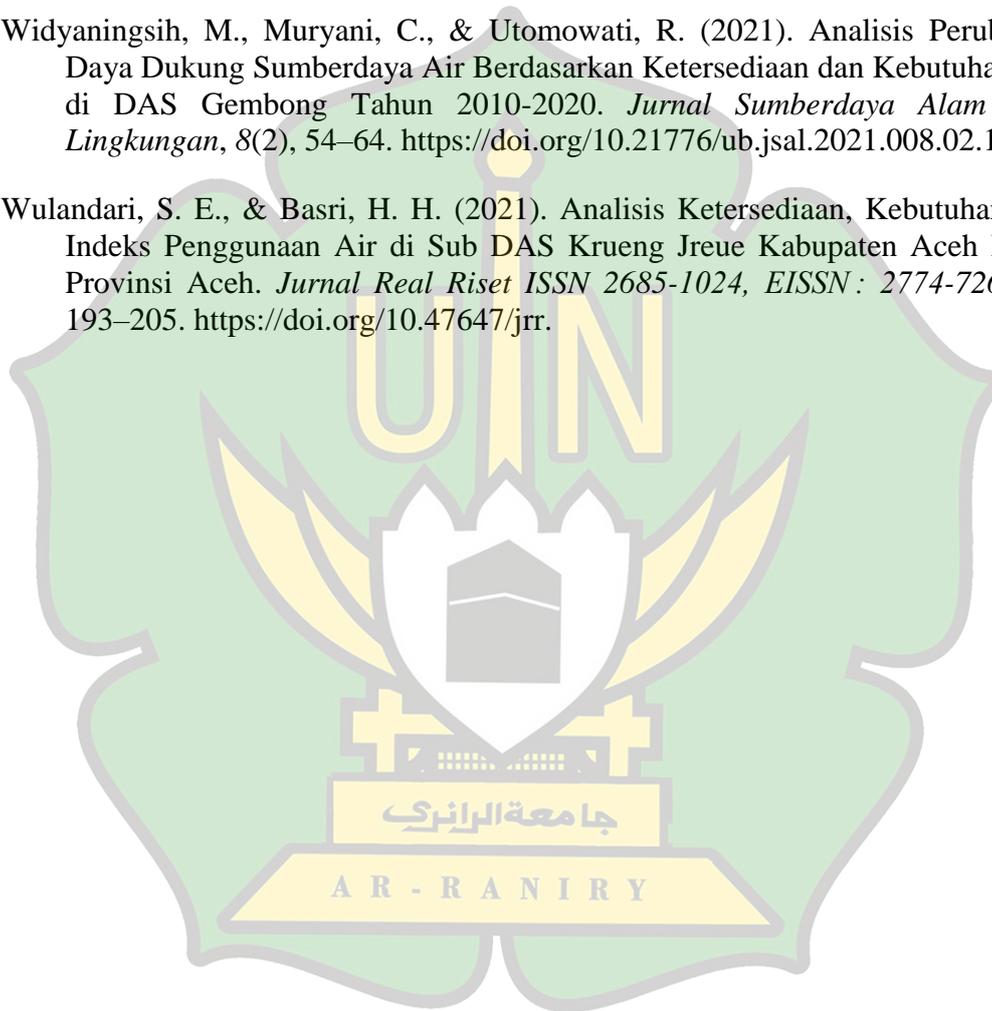
Pemenuhan Kebutuhan Air Rumah Tangga (Studi Kasus: Jln. Chr. M.Tiahahu, RT 008 Kota Masohi kabupaten Maluku Tengah). *Manumata*, 8, 9–25.

Try, S., Lee, G., Yu, W., Oeurng, C., & Jang, C. (2018). Large-Scale Flood-Inundation Modeling in the Mekong River Basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(7). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0001664](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0001664)

Verrina, G. P., Anugrah, D. D., & Sarino. (2013). *Analisa Runoff Pada Sub Das Lematang Hulu*. 1(1).

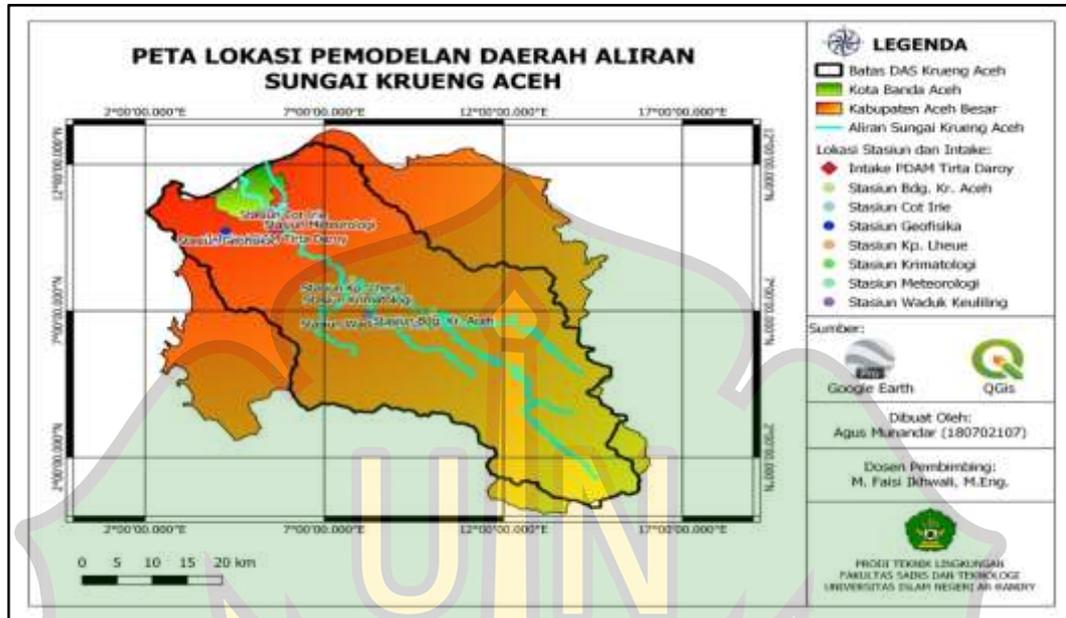
Widyaningsih, M., Muryani, C., & Utomowati, R. (2021). Analisis Perubahan Daya Dukung Sumberdaya Air Berdasarkan Ketersediaan dan Kebutuhan Air di DAS Gembong Tahun 2010-2020. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 54–64. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.1>.

Wulandari, S. E., & Basri, H. H. (2021). Analisis Ketersediaan, Kebutuhan dan Indeks Penggunaan Air di Sub DAS Krueng Ireue Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh. *Jurnal Real Riset ISSN 2685-1024, EISSN: 2774-7263*, 3, 193–205. <https://doi.org/10.47647/jrr>.

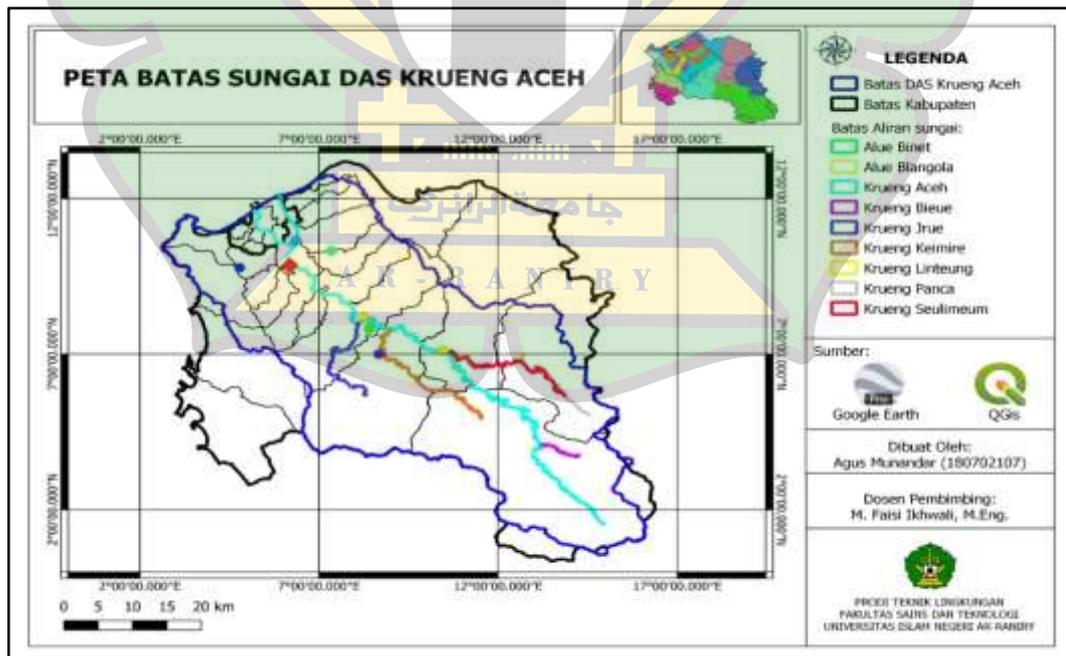


LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Pemodelan (Krueng Aceh)



Gambar 1. Lokasi pemodelan Daerah Aliran Sungai Krueng Aceh



Gambar 2. Batas Sungai DAS Krueng Aceh

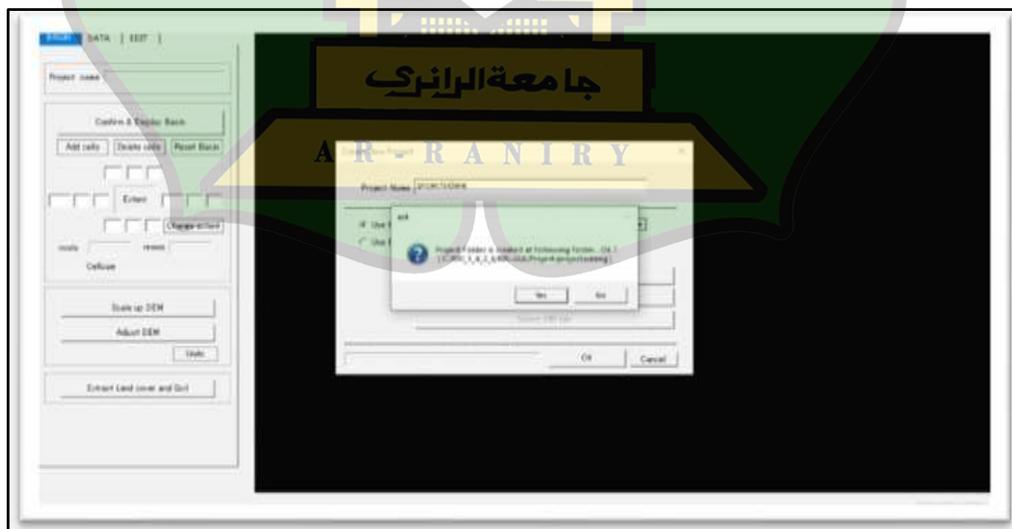
Lampiran 2. Simulasi Rainfall Runoff Inundation Model



Gambar 1. Jendela Utama RRI



Gambar 2. Menentukan Penggunaan Data



Gambar 3. Menggunakan Data HydroSHEDS



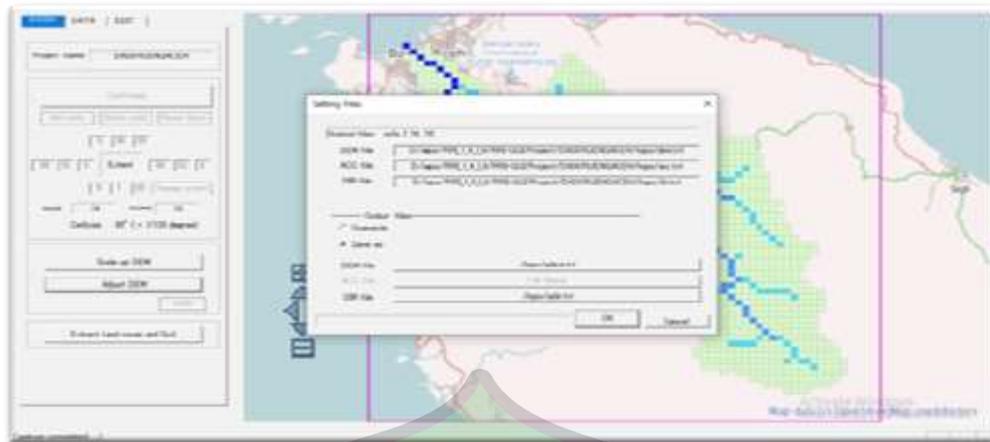
Gambar 4. Menentukan Letak DAS yang diteliti



Gambar 5. Memilih Titik DAS yang diteliti (DAS Krueng Aceh)



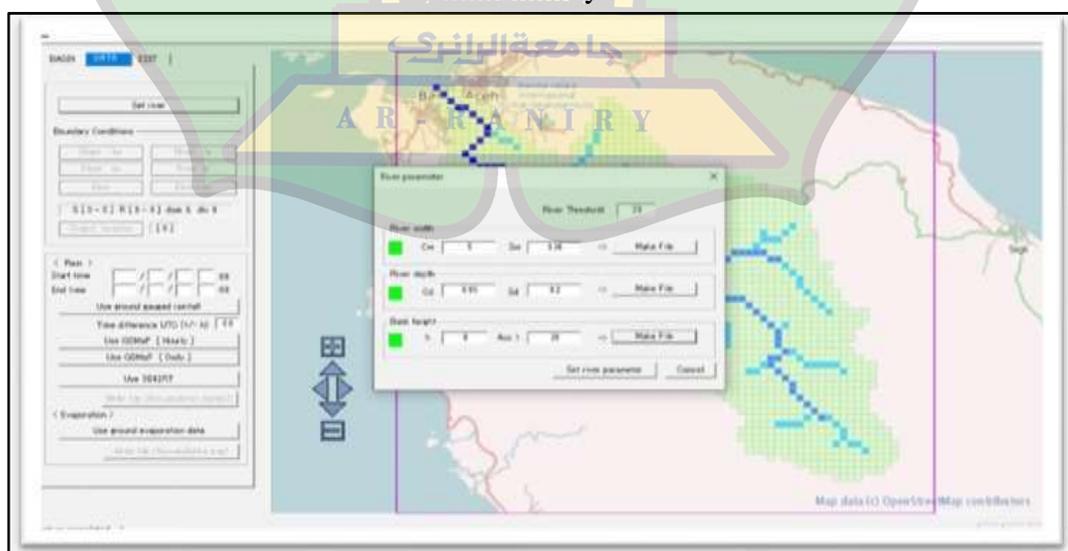
Gambar 6. Mengeskrak DAS



Gambar 7. Penyesuaian DEM

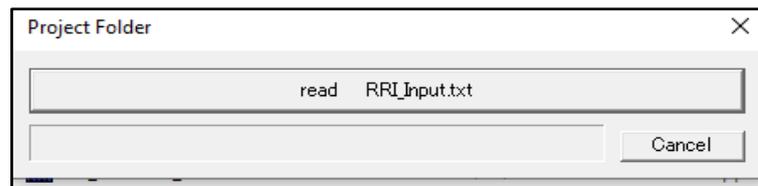


Gambar 8. Proses Penyesuaian DEM



Gambar 9. Membuat file lebar sungai, kedalaman sungai dan ketinggian sungai

Lampiran 3. Memvisualisasikan hasil simulasi



Gambar 1. Jendela utama RRI viewer



Gambar 2. Menginput data RRI



Gambar 3. Visualisasi Model

Lampiran 4. Tabel Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2012-2021

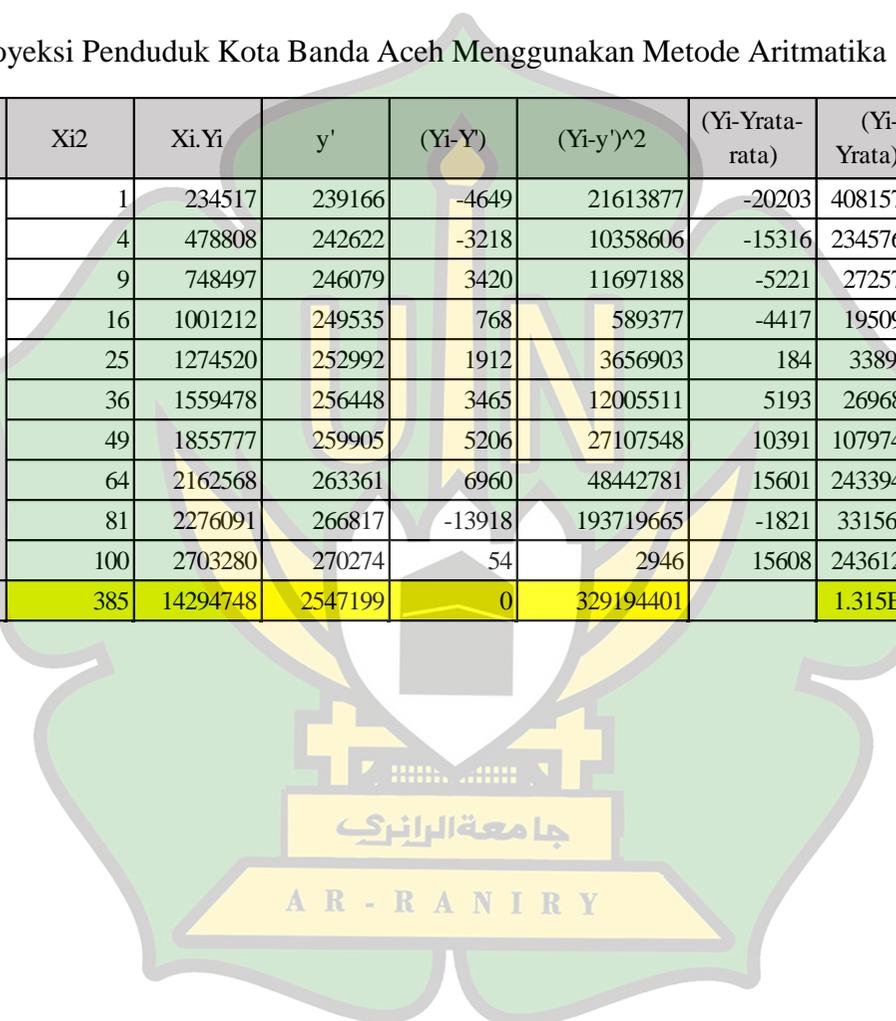
Bulan	pos cot irie	geofisika	waduk keuliling	kp. Lheu	APR BD Kr. Aceh	meteorologi
	2012					
Jan-12	116					100.9394
Feb-12	112					1183
Mar-12	76					
Apr-12	57					29.2
May-12	170					17858.3
Jun-12	68					44498.2
Jul-12	12					27684.9
Aug-12	50					9128.7
Sep-12	184					171.3
Oct-12	263					52
Nov-12	302					434.8
Dec-12	177					13.5
	2013					
Jan-13	275				344.5	17901.3
Feb-13	164.4				538.9	8894.3
Mar-13	53.2				62.7	262.9
Apr-13	131.5				127.6	44513.3
May-13	112.3			17.2	144.8	44.2
Jun-13	184.6			73.9	108.3	415.1
Jul-13	101.4			58.8	41.3	17831.5
Aug-13	72.2			94.8	67.7	18368.4
Sep-13	187.5			255.6	71	9211.9
Oct-13	81.6			96.3	114.9	276.4
Nov-13	128.8			168.9	210.6	2637.6
Dec-13	283.8			293.8	299.4	26756.5
	2014					
Jan-14	146.5			81.2	106.4	18017.6
Feb-14	101.6			44.9	153.6	50.1
Mar-14	5.4			79.2	55.2	17918
Apr-14	61			127.6	134.8	9003.9
May-14	115.2			96	216.7	167.7
Jun-14	104.4			71.9	86.8	17812
Jul-14	26			24.9	8.5	9008.8
Aug-14	99.9			56.8	91.8	26706.8
Sep-14	164.9			190.2	119.9	18500.8
Oct-14	556.9			229.3	418.1	9109.5
Nov-14	432.1			341.2	244.8	26833.8
Dec-14	515			433.8	363.9	9138
	2015					

Jan-15	80	35639		132.4	157.3	17869.3
Feb-15	22	8923		28.4	35.8	88.7
Mar-15	69.1	44487		39	28.8	4454.8
Apr-15	133.3	62459.4		196.2	343.8	8963.8
May-15	67.5	88954.6		79.5	240.2	26710.7
Jun-15	29.5	53403.5		19.8	59.2	35651.3
Jul-15	52.5	17962.6		88.5	145.4	9243.8
Aug-15	84.5	71279.4		62.4	115.4	44711.9
Sep-15	205.5	35755.5		99.4	64	18212.8
Oct-15	234.7	35644.8		205	324.8	9194.7
Nov-15	218	117998.5		237.4	215.5	26910.5
Dec-15	198.5	26780.5		256	260.4	9114.1
2016						
Jan-16	234.5			165	326.9	35721.8
Feb-16	189			279.6	132	8990.6
Mar-16	81.5			33.9	3.6	18001.8
Apr-16	37.5			155.4	77.7	8928.3
May-16	154.2			211.2	95.1	26823
Jun-16	29.5			36.6	7.4	8937.3
Jul-16	29.5			32.9	81.9	1789.8
Aug-16	187			113.4	64.9	9287.9
Sep-16	42			25.5	4.9	18100.3
Oct-16	185			133.2	104.3	184.3
Nov-16	239			297.2	182.7	26
Dec-16	200.9			136.6	174.3	35712
2017						
Jan-17	323.2	36084	160.7	338.3	239.7	9089.6
Feb-17	116.4	17865	56.8	76.8	130.1	18328.5
Mar-17	241.1	97941.5	82.3	179.1	174.7	35828.7
Apr-17	19	35600	107.6	121.2	224	49.6
May-17	150	26885	56.8	200.5	160.4	17939.2
Jun-17	26.6	44510.5	7	50.2	28.8	9042.4
Jul-17	39.4	17848.5	0.8	10	36.4	26848.6
Aug-17	59.5	53515.5	14.5	22	85	189.5
Sep-17	163	9325	96.6	194.1	84.7	44899.5
Oct-17	136	8952.5	65.7	213.5	95.7	2623.9
Nov-17	327	35758	139.2	343	187.9	
Dec-17	337.5	26882	1129.6	285.7	89.5	
2018						
Jan-18	107.5	44621	1455.3	105.5	117.3	
Feb-18	33.7	35597.5	1560.5	25.2	44.2	
Mar-18	95	8979	1536.4	83.8	26.7	
Apr-18	163.9		1384.8	169.5	30.1	

May-18	294.3	44656.5	1506	124.2	104.6	
Jun-18	77.8	7864.5	1542.1	36.9	20.4	
Jul-18	48.9	26785	1522.6	50.9	23.9	
Aug-18	68	53436.5	1700.7	35.4	97	
Sep-18	96.7	44583.3	1256.9	67.3	168.3	
Oct-18	97.2	35815.3	1222.7	100.5	235.2	
Nov-18	286.3	44727.9	1336.6	273.9	231.7	
Dec-18	283	2640.8	1586.6	230.4	243.9	
2019						
Jan-19	26	71218.5	1455.3	88.5	84.6	
Feb-19	149.8	26760	1870.4	85.5	56.2	
Mar-19	50.1	35744	1753	99.3	82.7	
Apr-19	50.1	26779.5	1120.9	68.5	102.3	
May-19	98	35574.5	1726.1	103.7	56	
Jun-19	28	8	1453.8	36	51.9	
Jul-19	98.1	26	1678.5	50.2	85.4	
Aug-19	31.8	8935.5	1554.9	27.1	110.2	
Sep-19	65.4	17778.5		48.8	553.7	
Oct-19	215.2	26674	999.5	335	316.8	
Nov-19	136.2		1431.6	252.1	100.4	
Dec-19	82.3		1564.6	153.1	2	
2020						
Jan-20	0			24.6	15.9	
Feb-20	108.2			118.6	90.2	
Mar-20	150			63.3	77.6	
Apr-20	88.6			91	177.1	
May-20	580.9			236.3	253.4	
Jun-20	128.2			69.3	159.7	
Jul-20	56			115.1	128.6	
Aug-20	100			76.2	87.1	
Sep-20	153.9			51.4	99.3	
Oct-20	157.3			84.9	63.7	
Nov-20	291.5			234.6	191.5	
Dec-20	110.9			425.5	183.3	

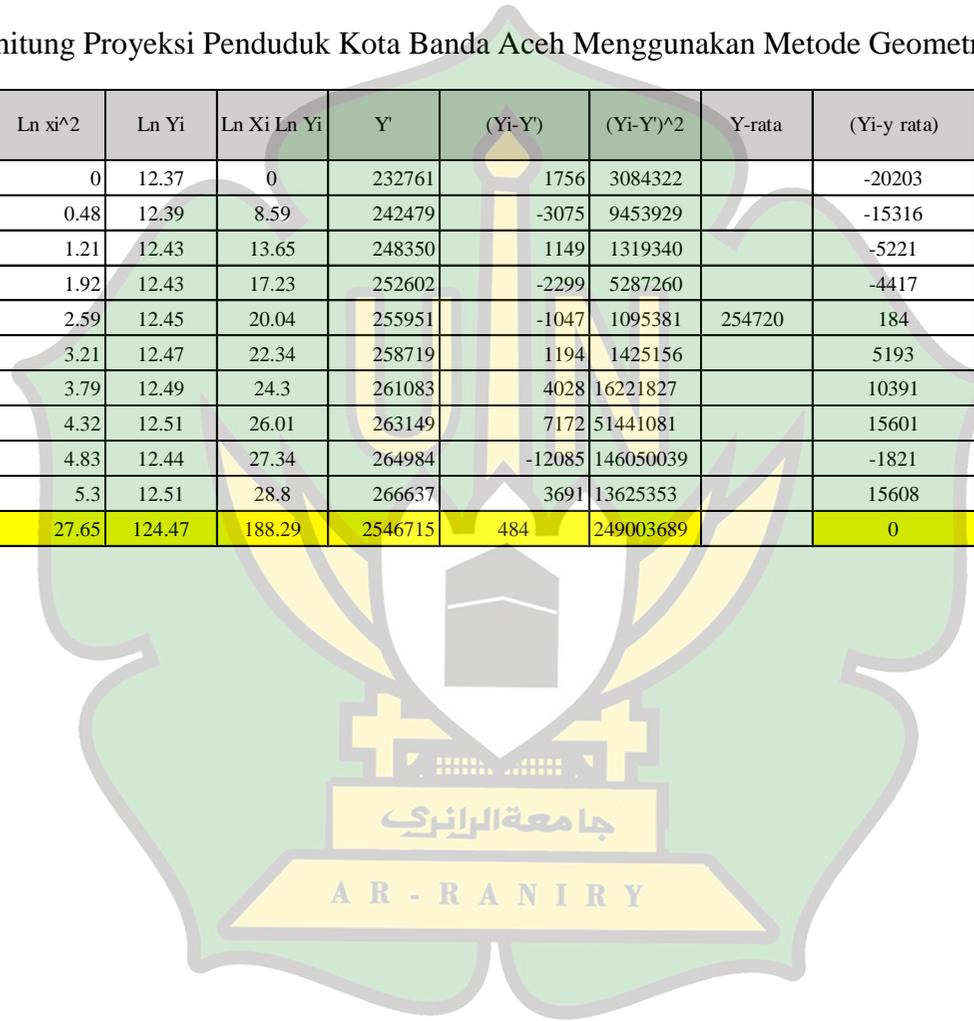
Lampiran 5. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Aritmatika

No	Tahun	Jumlah	Yrata-rata	Xi2	Xi.Yi	y'	(Yi-Y)	(Yi-y')^2	(Yi-Yrata-rata)	(Yi-Yrata)^2	S	R
		Penduduk										
1	2012	234517	254719.9	1	234517	239166	-4649	21613877	-20203	408157168	6047.90507	0.8658084
2	2013	239404		4	478808	242622	-3218	10358606	-15316	234576793		
3	2014	249499		9	748497	246079	3420	11697188	-5221	27257797		
4	2015	250303		16	1001212	249535	768	589377	-4417	19509006		
5	2016	254904		25	1274520	252992	1912	3656903	184	33892.81		
6	2017	259913		36	1559478	256448	3465	12005511	5193	26968288		
7	2018	265111		49	1855777	259905	5206	27107548	10391	107974959		
8	2019	270321		64	2162568	263361	6960	48442781	15601	243394321		
9	2020	252899		81	2276091	266817	-13918	193719665	-1821	3315676.8		
10	2021	270328		100	2703280	270274	54	2946	15608	243612786		
55		2547199		385	14294748	2547199	0	329194401		1.315E+09		



Lampiran 6. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Geometri

No	Tahun	Jumlah	Ln Xi	Ln xi ²	Ln Yi	Ln Xi Ln Yi	Y'	(Yi-Y)	(Yi-Y) ²	Y-rata	(Yi-y rata)	(Yi-y rata) ²	S	R
		Penduduk												
1	2012	234517	0	0	12.37	0	232761	1756	3084322		-20203	408157168		
2	2013	239404	0.69	0.48	12.39	8.59	242479	-3075	9453929		-15316	234576793		
3	2014	249499	1.1	1.21	12.43	13.65	248350	1149	1319340		-5221	27257797		
4	2015	250303	1.39	1.92	12.43	17.23	252602	-2299	5287260		-4417	19509006		
5	2016	254904	1.61	2.59	12.45	20.04	255951	-1047	1095381	254720	184	33893	5259.7	0.90034
6	2017	259913	1.79	3.21	12.47	22.34	258719	1194	1425156		5193	26968288		
7	2018	265111	1.95	3.79	12.49	24.3	261083	4028	16221827		10391	107974959		
8	2019	270321	2.08	4.32	12.51	26.01	263149	7172	51441081		15601	243394321		
9	2020	252899	2.2	4.83	12.44	27.34	264984	-12085	146050039		-1821	3315677		
10	2021	270328	2.3	5.3	12.51	28.8	266637	3691	13625353		15608	243612786		
55		2547199	15.1	27.65	124.47	188.29	2546715	484	249003689		0	1.315E+09		



Lampiran 7. Tabel Menghitung Proyeksi Penduduk Kota Banda Aceh Menggunakan Metode Eksponensial

No	Tahun	Jumlah	Xi ²	Ln Yi	Xi Ln Yi	y'	(Yi-Y)	(Yi-y') ²	Yi Yrata-rata	(Yi-Y rata)	(Yi-Y rata) ²	S	R
		Penduduk											
1	2012	234517	1	12.37	12.37	239279	-4762	22,673,832		-20203	408,157,168	6147.7286	0.86
2	2013	239404	4	12.39	24.77	242572	-3168	10,036,424		-15316	234,576,793		
3	2014	249499	9	12.43	37.28	245911	3588	12,875,995		-5221	27,257,797		
4	2015	250303	16	12.43	49.72	249295	1008	1,015,474		-4417	19,509,006		
5	2016	254904	25	12.45	62.24	252726	2178	4,741,578	254720	184	33,893		
6	2017	259913	36	12.47	74.81	256205	3708	13,750,009		5193	26,968,288		
7	2018	265111	49	12.49	87.42	259731	5380	28,942,345		10391	107,974,959		
8	2019	270321	64	12.51	100.06	263306	7015	49,209,989		15601	243,394,321		
9	2020	252899	81	12.44	111.97	266930	-14031	196,870,223		-1821	3,315,677		
10	2021	270328	100	12.51	125.07	270604	-276	76,150		15608	243,612,786		
55		2547199	385	124.47	685.71	2546559	640	340192020			1,314,800,687		

