

**SIMULASI MULTI SUMBER AIR DAN RESERVOAR
MEMAKAI ENERGI BERBASIS
MIKROKONTROLER**

DISERTASI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Mencapai
Gelar Doktor Teknik Sipil**



DUDUNG MULYADI

10201900024

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**SIMULASI MULTI SUMBER AIR DAN RESERVOAR MEMAKAI ENERGI
BERBASIS MIKROKONTROLER**




Oleh:

DUDUNG MULYADI
10201900024

**Disetujui Untuk Diajukan Sidang dalam:
Sidang Ujian Terbuka
Hari: Kamis, 30 November 2023**

Promotor


Prof. Dr. Ir. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko - Promotor



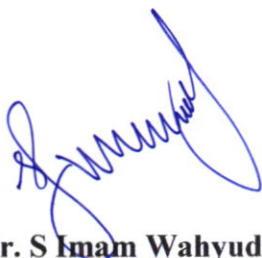
Dr. Ir. Soedarsono, M.Si.

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG
2023**

LEMBAR PENGUJI SIDANG UJIAN TERBUKA

Hari : Kamis, 30 November 2023

Promotor:



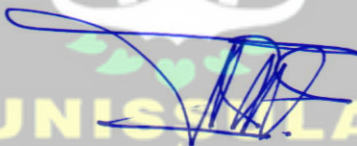
Prof. Dr. Ir. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko-Promotor:



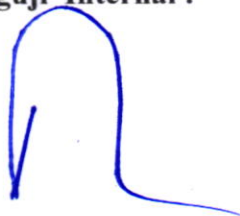
Dr. Ir. Soedarsono, M.Si.

Penguji Eksternal :



Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T.

Penguji Internal :



Prof. Ir. Pratikso, MST., Ph.D.

Penguji Internal :



Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T.

Penguji Internal :

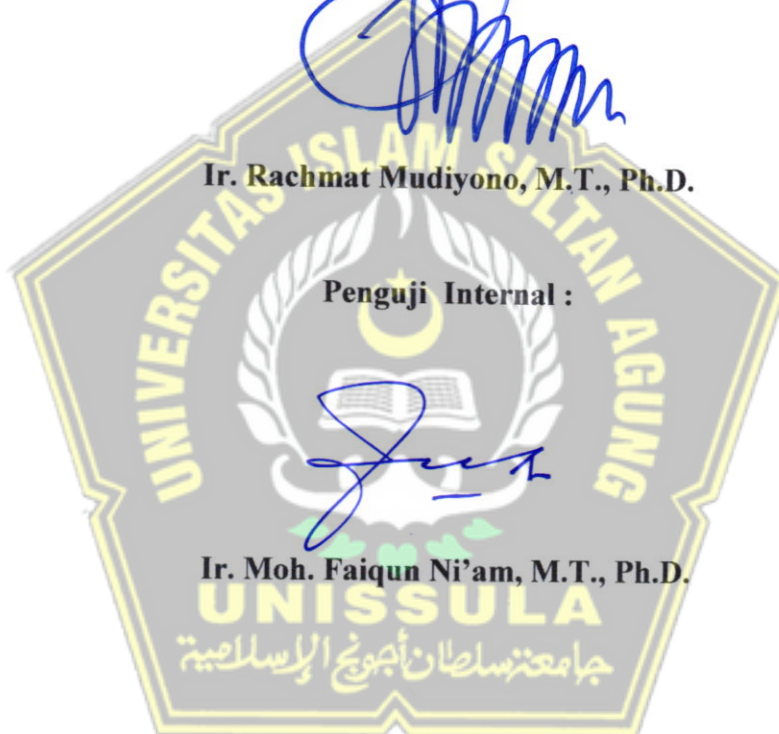


Ir. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D.

Penguji Internal :



Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D.



MOTTO

”Bismillah, menjadi manusia yang bermanfaat untuk Keluarga, Masyarakat, Dunia dan Akhirat. Aamiin yaa Robbal Aalamiin”

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ
خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ ﴿١١٠﴾

”Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik” (Q.S. Ali Imron: 110)

”Islam dan Pemikiran Ilmiah”

وَهُوَ الَّذِي مَدَّ الْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رِوَاسِيَ وَأَنْهَارًا
وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ جَعَلَ فِيهَا رِجَالًا لَّيَالِيًا يَخْرُجُونَ فِيهَا
أَنْتَنِينَ يُغْشَىٰ
أَلَيْلَ النَّهَارِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٣﴾

”Dialah Tuhan yang membentangkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai padanya. Dan menjadikan padanya semua buah-buahan berpasang-pasangan, Allah menutup malam kepada siang. Sesungguhnya kepada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan” (Q.S. Ar-Ra'd : 3)

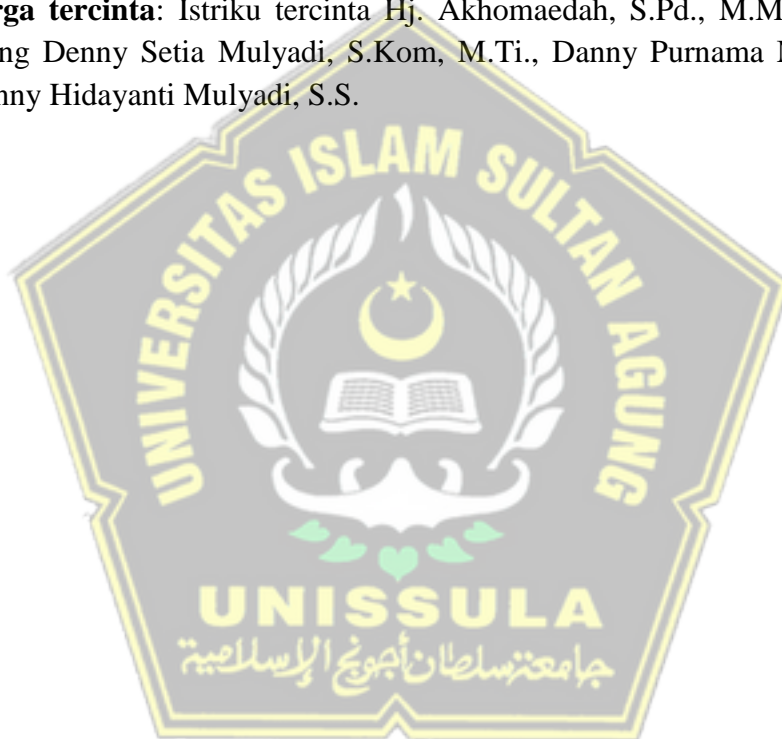
PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan taufik, rahmat dan hidayahNya. Sholawat serta salam kepada junjungan kita, Rosulullah Muhammad SAW hingga akhir zaman.

Karya untuk Orang Tua tersayang : Bapak Drs. H. Amya (Alm) dan Ibu Hj. Ningrum.

Mertua tersayang : Bapak Saleh Mudahir (Alm) dan Ibu Raskinah (Alm).

Keluarga tercinta: Istriku tercinta Hj. Akhomaedah, S.Pd., M.M., dan anakku tersayang Denny Setia Mulyadi, S.Kom, M.Ti., Danny Purnama Mulyadi, S.S., dan Dinny Hidayanti Mulyadi, S.S.



SIMULASI MULTI SUMBER AIR DAN RESERVOAR MEMAKAI ENERGI BERBASIS MIKROKONTROLER

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih sangat penting bagi kehidupan manusia dan saat ini warga masih mengandalkan air dari sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Namun dalam penggunaan sumur bor masih banyak kendala, salah satunya dalamnya galian untuk mendapatkan air dan mahal biaya untuk membuat sumur bor. Tujuan penelitian ini adalah menghitung kebutuhan air, ketersediaan air permukaan dan air tanah pada masa perencanaan. Kemudian merancang model sistem penyediaan air bersih dengan mengoptimalkan penggunaan air permukaan (air hujan) dan menggunakan air tanah sebagai cadangan. Selanjutnya adalah membuat model sistem penyediaan air bersih dan pengelolaannya dari dua sumber air (air permukaan dan air tanah) dengan multi reservoir berbasis platform IoT. Metode penelitian berupa metode eksperimen skala laboratorium dan lapangan, dengan analisis kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di Perumahan Taman Argo Subur Tangerang. Alat yang digunakan berupa alat sensor yang mampu mengelola dalam mensuplai kebutuhan air mulai dari mendeteksi ketersediaan air di reservoir, reservoir bawah dan reservoir atas secara otomatis. Aplikasi yang digunakan adalah Epanet 2.0 sedangkan platform IoT memakai Blynk untuk tampilan di HP dan Thingspeak untuk data logger. Hasil analisis ketersediaan air permukaan menunjukkan bahwa Kabupaten Tangerang memiliki tingkat rata-rata curah hujan mencapai 2.300 mm per tahunnya. Debit andalan terendah sebesar 10,02 liter/detik dapat memenuhi kebutuhan base demand sebesar 9,22 liter/detik pada musim hujan. Hasil penghitungan debit air akuifer menunjukkan bahwa akuifer di Perumahan Taman Argo Subur Kecamatan Solear, Kabupaten Tangerang memiliki debit 2,61 liter per detik. Setelah dipergunakan reservoir 3 untuk menampung air pada musim hujan maka tersedia debit sebesar 18,32 liter/detik dan mampu memenuhi kebutuhan air pada musim kemarau. Ketersediaan air tanah dipergunakan untuk cadangan pada kondisi kemarau kritis. Hasil analisis Epanet menunjukkan saluran rumah dengan tingkat debit tertinggi terdapat pada blok R11 membutuhkan debit mencapai 0,25 liter/detik dan tingkat debit terendah blok R01. S10, S13, S16, S19 dan S20 membutuhkan debit mencapai 0,02 liter per detik ketika memasuki jam puncak. Model rancangan penyediaan air bersih memanfaatkan sensor untuk mengukur tingkat ketinggian air dan mengintegrasikannya dengan internet of things. Hasil pengujian sensor menunjukkan tingkat error kurang dari 5%, sehingga dapat dinyatakan model yang dibuat masih memenuhi kriteria. Tampilan aplikasi Blynk dan Thingspeak di smartphone dapat berjalan dengan baik dan normal dengan tampilan yang menarik dan dinamis.

Kata Kunci: Multi reservoir, IoT, Blynk, Epanet, Thingspeak

ABSTRACT

The availability of clean water is crucial for human life. Currently, residents rely on well water to meet their clean water needs. However, there are many challenges associated with using well water, one of which is the depth of excavation required to obtain water and the high cost of well construction. The objective of this research is to calculate water requirements, assess the availability of surface water and groundwater during the planning period, and design a model for the provision of clean water by optimizing the use of surface water (rainwater) and using groundwater as a backup. Furthermore, it involves creating a model for the provision and management of clean water from two water sources (surface water and groundwater) with a multi-reservoir-based IoT platform. The research method consists of laboratory and field-scale experimental techniques with quantitative analysis. This research was conducted in Taman Argo Subur Housing, Tangerang. The tools used include sensors capable of managing the water supply, from detecting the water's availability in reservoirs and upper and lower tanks automatically. The applications used are Epanet 2.0, while the IoT platform employs Blynk for smartphone display and Thingspeak for data logging. The analysis of surface water availability reveals that Tangerang Regency experiences an average annual rainfall of 2,300 mm. The lowest reliable flow rate, at 10.02 liters per second, can meet the base demand of 9.22 liters per second during the rainy season. The calculation of aquifer water flow shows that the aquifer in Taman Argo Subur Housing, Solear District, Tangerang Regency, has a flow rate of 2.61 liters per second. After using three tanks to store water during the rainy season, there is a flow rate of 18.32 liters per second, which can meet water needs during the dry season. Groundwater availability serves as a backup during critical drought conditions. Epanet analysis results show that houses in block R11 have the highest flow rate requirements, reaching 0.25 liters per second. In contrast, the lowest flow rate requirements are in blocks R01, S10, S13, S16, S19, and S20, which require 0.02 liters per second during peak hours. The clean water supply design model utilizes sensors to measure water levels and integrates them with the internet of things. Sensor testing results indicate an error rate of less than 5%, meeting the required criteria. The Blynk and Thingspeak applications on smartphones function well, providing an attractive and dynamic interface.

Keywords: Multi-reservoir, IoT, Blynk, Epanet, Thingspeak

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Puji syukur kita panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Penelitian Disertasi ini dengan judul “**Simulasi Multi Sumber Air dan Reservoir Memakai Energi Berbasis Mikrokontroler**”

Penelitian Disertasi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Doktor Teknik Sipil pada Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya, terutama kepada yang terhormat Bapak/Ibu :

1. Prof. Dr. Gunarto, SH, M.Hum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung dan sekaligus penguji, atas saran dalam penyempurnaan penelitian ini.
2. Ir. H. Rahmat Mudyono, MT, Ph.D. Selaku Dekan Fa kultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung sekaligus sebagai penguji atas saran dalam penyempurnaan penelitian ini.
3. Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, MT, DEA selaku Ketua Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung sekaligus selaku Promotor dan penguji atas bimbingan, saran dan motivasi serta kesabarannya dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.
4. Prof. Ir. H. Pratikso, MST. PhD, selaku penguji dan Sekertaris Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, atas saran dan bimbingannya dalam penyempurnaan penelitian ini.
5. Dr. Ir H. Soedarsono, Msi sebagai Ko-Promotor dan Penguji atas bimbingan, dukungan serta motivasi dan kesabarannya dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.

6. Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T. sebagai penguji atas saran dan bimbingannya bimbingannya dalam penyempurnaan penelitian ini.
7. Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T. Selaku penguji atas saran dan bimbingannya dalam penyempurnaan penelitian ini.
8. Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D. sebagai penguji atas bimbingan dan dukungannya selama ini terhadap penulis.
9. Para dosen yang telah memberi bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti Pendidikan Doktor Teknik Sipil pada Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
10. Staf pegawai serta semua pihak yang telah turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis telah berupaya untuk menyelesaikan penelitian disertasi ini dengan maksimal, namun demikian penulis yakin masih terdapat kekurangan yang perlu disempurnakan, oleh karena itu penulis mohon petunjuk, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan masyarakat banyak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Nopember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

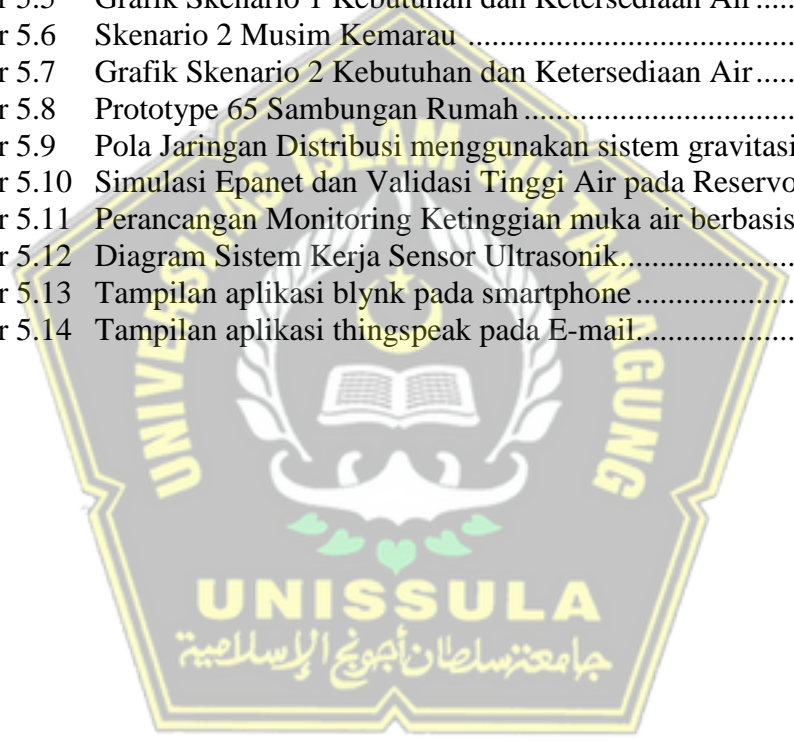
HALAMAN JUDUL/SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Batasan masalah	5
1.7 Originalitas dan Kebaharuan	6
1.7.1 Originalitas	6
1.7.2 Kebaharuan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Literatur yang Relevan	8
2.2 Teori yang Relevan	10
2.2.1 Hidrologi	10
2.2.2 Hidrolika	12
2.2.3 Reservoir	13
2.2.4 Pengertian Air Tanah	15
2.3 Teori tentang Variabel Penelitian	22
2.3.1 Hujan	22
2.3.2 Tandon	23
2.3.3 Daerah Tangkapan Air Tandon	24
2.3.4 Pengoptimalisasi Air Hujan	25
2.3.5 Landasan Teori Kebutuhan Air Bersih	26
2.3.6 Landasan Teori Ketersediaan Air (Neraca Air)	31

2.4	Uraian tentang Alat	42
2.4.1	Sistem Pengambilan Air Baku.....	43
2.4.2	Sistem Distribusi	46
2.5	Penelitian Terdahulu	53
BAB III	METODE PENELITIAN	75
3.1	Pengantar Cara Penelitian	75
3.2	Variabel Penelitian	75
3.3	Data Penelitian	76
3.4	Objek, Lokasi dan Sampel yang diperlukan.....	76
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	77
3.6	Instrumen dan Proses Penelitian	77
3.7	Metode Analisis	78
3.7.1	Analisis Kebutuhan Air.....	78
3.7.2	Analisis Ketersediaan Air Permukaan (Analisis Hidrologi).....	79
3.7.3	Analisis Ketersediaan Air Tanah.....	80
3.7.4	Analisis Pengaturan Alat	80
3.8	Diagram Alir Penelitian	81
BAB IV	DATA DAN HASIL ANALISIS	83
4.1	Kebutuhan Air	83
4.1.1	Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Air Domestik.....	83
4.1.2	Sarana, Prasarana dan Kebutuhan Air Non Domestik.....	87
4.1.3	Kebutuhan Air Total	89
4.2	Ketersediaan Air	90
4.2.1	Ketersediaan Air Permukaan	90
4.2.2	Ketersediaan Air Tanah	108
4.3	Merancang Sistem Penyediaan Air Bersih Secara Otomatis Berbasis IoT.....	122
4.3.1	Multi Reservoir	122
4.3.2	Perhitungan EPANET.....	127
4.3.3	Perancangan Jaringan EPANET	134
4.3.4	Eksperimen Alat	142
BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN	152
5.1	Menghitung Kebutuhan dan Ketersediaan Air	152
5.2	Analisis Sistem Penyediaan Air Bersih	156
5.3	Membuat Rancangan Sistem Penyediaan Air Bersih Berbasis IoT	164
BAB VI	KESIMPULAN, IMPLEMENTASI DAN REKOMENDASI.....	174
6.1	Kesimpulan.....	174
6.2	Implementasi	176
6.3	Rekomendasi	176
DAFTAR PUSTAKA	177

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Lapisan Air Tanah	17
Gambar 2.2	Akuifer di bawah tanah	19
Gambar 2.3	Aliran air pada pori-pori antar butir tanah.....	19
Gambar 2.4	Diagram alir Perhitungan Neraca Air metode Thornwaite Matter	32
Gambar 2.5	Arduino Mega ESP 8266.....	44
Gambar 2.6	Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	44
Gambar 2.7	Breadboard	45
Gambar 3.1	Skematik <i>Prototype</i> Penelitian	78
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	82
Gambar 4.1	Grafik kebutuhan air	90
Gambar 4.2	Grafik Curah hujan rata-rata periode 2002 -2021	91
Gambar 4.3	Grafik Suhu Rata-rata Bulanan Periode 2002-2021	93
Gambar 4.4	Grafik debit andalan	104
Gambar 4.5	Grafik Ketinggian muka air reservoir 1, 2 dan 3	106
Gambar 4.6	Pengukuran ketinggian muka air reservoir 1, 2 dan 3 tahun 2022 ...	107
Gambar 4.7	Deteksi Lapisan Bawah Tanah dengan Geolistrik	109
Gambar 4.8	Pengukuran <i>Vertical Electrical Sounding</i>	109
Gambar 4.9	Lokasi titik pengukuran geolistrik.....	110
Gambar 4.10	Lintasan Utara-Selatan	114
Gambar 4.11	Lintasan Barat-Timur	114
Gambar 4.12	Penampang AB	115
Gambar 4.13	Penampang CD	115
Gambar 4.14	Penampang EF.....	116
Gambar 4.15	Penampang GH.....	116
Gambar 4.16	Penampang IJ.....	117
Gambar 4.17	Penampang KL	117
Gambar 4.18	Penampang MN	118
Gambar 4.19	Penampang OP	118
Gambar 4.20	Diagram pagar pelapisan batuan	119
Gambar 4.21	Posisi Reservoir 1, Reservoir 2 dan Reservoir 3	124
Gambar 4.22	Tampak atas sketsa jaringan reservoir	125
Gambar 4.23	Tampak depan sketsa jaringan reservoir.....	126
Gambar 4.24	Tampak Atas Filter Air.....	126
Gambar 4.25	Potongan A-A Filter Air	127
Gambar 4.26	Potongan B-B Filter Air	127
Gambar 4.27	Pola Pemakaian Air dalam 24 jam	130
Gambar 4.28	Peta penentuan jaringan distribusi pipa	134
Gambar 4.29	Pola Jaringan Distribusi menggunakan sistem grafitasi.....	135
Gambar 4.30	Pola Jaringan Jaringan air bersih menggunakan Grafitasi Tank pada pipa 2 inc dan 4 inc	135
Gambar 4.31	Simulasi Epanet dan Validasi kecepatan aliran air pada pipa 4 inc	137
Gambar 4.32	Simulasi Epanet dan Validasi kecepatan aliran air pada pipa 2 inc	138
Gambar 4.33	Simulasi Epanet dan Validasi tekanan air pada node 4.....	140
Gambar 4.34	Simulasi Epanet dan Validasi tekanan air pada node 60.....	141

Gambar 4.35	Sensor Ultrasonik Reservoar 1	145
Gambar 4.36	Sensor Ultrasonik Reservoar 2	145
Gambar 4.37	Sensor Ultrasonik Reservoar 3	146
Gambar 4.38	Sensor ultrasonik reservoar bawah.....	146
Gambar 4.39	Sensor ultrasonik reservoar atas	147
Gambar 4.40	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik di Laboratorium	148
Gambar 4.41	Pengujian Sensor Ultrasonik di Laboratorium	148
Gambar 4.42	Hasil Pengujian Sensor di Lapangan	150
Gambar 4.43	Pengujian Sensor reservoar 1, 2 dan 3 di Lapangan.....	150
Gambar 4.44	Pengujian Sensor reservoar bawah dan reservoar atas di lapangan	150
Gambar 5.1	Grafik Kestabilan 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air	154
Gambar 5.2	Grafik Kestabilan 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air	155
Gambar 5.3	Grafik Neraca Air Musim Hujan dan Kemarau	157
Gambar 5.4	Skenario 1 Musim Hujan	159
Gambar 5.5	Grafik Skenario 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air.....	160
Gambar 5.6	Skenario 2 Musim Kemarau	161
Gambar 5.7	Grafik Skenario 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air.....	163
Gambar 5.8	Prototype 65 Sambungan Rumah	165
Gambar 5.9	Pola Jaringan Distribusi menggunakan sistem gravitasi	167
Gambar 5.10	Simulasi Epanet dan Validasi Tinggi Air pada Reservoar 5	170
Gambar 5.11	Perancangan Monitoring Ketinggian muka air berbasis IoT.....	171
Gambar 5.12	Diagram Sistem Kerja Sensor Ultrasonik.....	172
Gambar 5.13	Tampilan aplikasi blynk pada smartphone	173
Gambar 5.14	Tampilan aplikasi thingspeak pada E-mail.....	173



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Teknis PDAM Kabupaten/Kota di Banten	2
Tabel 2.1	Jumlah Air yang dipakai per Orang dan Waktu Pemakaiannya menurut Jenis Gedung	29
Tabel 2.2	Nilai Specific Yield pada Beberapa Material	35
Tabel 2.3	Beberapa Jenis Pipa Keuntungan dan Kerugiannya	48
Tabel 2.4	Persamaan Aktual Pipa (Pipe Headloss Formulas for Full Flow, for headloss in feet and flow rate in cfs)	52
Tabel 2.5	Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan riset ini	54
Tabel 4.1	Perhitungan Kebutuhan Air Perumahan Taman Argo Subur	84
Tabel 4.2	Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Aritmatik dan Geometri	85
Tabel 4.3	Perkiraan Kebutuhan Air 20 Tahun yang akan datang	86
Tabel 4.4	Perencanaan Pembangunan Sarana dan Prasarana	87
Tabel 4.5	Kebutuhan Air Non Domestik	88
Tabel 4.6	Perhitungan Kebutuhan Air Total (liter/detik)	89
Tabel 4.7	Curah hujan rata-rata (mm/bln) Kabupaten Tangerang Tahun 2002-2021	91
Tabel 4.8	Suhu rata-rata (°C) Kabupaten Tangerang Tahun 2002-2021	92
Tabel 4.9	Neraca Air Kabupaten Tangerang (Thornwaite Matter)	94
Tabel 4.10	Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Januari – Juni Tahun 2002.....	97
Tabel 4.11	Evapotranspirasi potensial (mm/hari) Periode 2002 – 2021	97
Tabel 4.12	Perhitungan Debit Simulasi Metode FJ Mock Januari - Maret Tahun 2002.....	100
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Debit Simulasi Reservoir 1 (liter/det) Metode FJ Mock Periode 2002 - 2021	101
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Debit Simulasi Reservoir 2 (liter/det) Metode FJ Mock Periode 2002 - 2021	101
Tabel 4.15	Perhitungan Debit Andalan (/liter/det) Reservoir 1 Metode Weibull Periode 2002 -2021	102
Tabel 4.16	Perhitungan Debit Andalan (/liter/det) Reservoir 2 Metode Weibull Periode 2002 -2021	103
Tabel 4.17	Debit andalan (liter/detik) 90%	103
Tabel 4.18	Volume Air Cadangan Reservoir 3	105
Tabel 4.19	Pencatatan Tinggi Muka Air Reservoir 1, 2 dan 3 Tahun 2022.....	105
Tabel 4.20	Lokasi Titik Pengukuran Geolistrik.....	111
Tabel 4.21	Interpretasi Data Pengukuran	111
Tabel 4.22	Titik yang berpotensi untuk lokasi sumur bor.....	120
Tabel 4.23	Nilai konduktivitas hidrolika (k) batuan	121
Tabel 4.24	Perhitungan potensi debit air tanah	122
Tabel 4.25	Standar Kebutuhan Air.....	123
Tabel 4.26	Hasil Perhitungan Q Total (liter/dtk)	128
Tabel 4.27	Pola Pemakaian Air selama 24 jam.....	129
Tabel 4.28	Kebutuhan Air Maksimum dan Puncak (liter/detik).....	130
Tabel 4.29	Kebutuhan Harian Puncak pada SR 854 unit (liter/detik).....	131
Tabel 4.30	Diameter Pipa Primer	133

Tabel 4.31	Spek dan Kapasitas Pompa yang dipergunakan	134
Tabel 4.32	Simulasi dan Pengukuran lapangan Kecepatan Air pada pipa 4 inc	136
Tabel 4.33	Simulasi dan Pengukuran lapangan Kecepatan Air pada pipa 2 inc	138
Tabel 4.34	Simulasi dan Pengukuran Lapangan Tekanan Air pada node 4.....	139
Tabel 4.35	Simulasi dan Pengukuran Lapangan Tekanan Air pada node 60.....	141
Tabel 4.36	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik.....	147
Tabel 4.37	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik di lapangan	149
Tabel 5.1	Kestabilan 1 Ketersediaan dan Kebutuhan Air Tahun 2042.....	153
Tabel 5.2	Kestabilan 2 Ketersediaan dan Kebutuhan Air Tahun 2042.....	154
Tabel 5.3	Neraca Air pada Tahun 2042	156
Tabel 5.4	Kestabilan Air (l/det) Musim Hujan Tahun 2023 – 2042	158
Tabel 5.5	Kestabilan Air (l/det) Musim Kemarau Tahun 2023 – 2042	158
Tabel 5.6	Skenario 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air (l/det)	160
Tabel 5.7	Skenario 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air (l/det)	162
Tabel 5.8	Kebutuhan Harian Puncak pada SR 65 unit (liter/detik).....	165
Tabel 5.9	Hasil Simulasi Epanet Tinggi Air air pada Reservoar Atas	168
Tabel 5.10	Hasil Pengukuran Lapangan Tinggi Air air pada Reservoar Atas	169



DAFTAR LAMPIRAN

L.1	PETA PERUMAHAN TAMAN ARGO SUBUR - TANGERANG	185
L.2	FOTO RESERVOAR AIR 1	186
L.3	FOTO RESERVOAR AIR 2	187
L.4	FOTO RESERVOAR AIR 3	188
L.5	MENGHITUNG STANDAR DEVIASI DAN KORELASI UNTUK PROYEKSI METODE ARITMATIK DAN METODE GEOMETRI.....	189
L.6	KEBUTUHAN AIR NON DOMESTIK	190
L.7	DATA CURAH HUJAN STASIUN METEOROLOGI SOETTA	191
L.8	DATA CURAH HUJAN STASIUN METEOROLOGI SERANG	192
L.9	DATA CURAH HUJAN STASIUN METEOROLOGI BUDIARTO – CURUG	193
L.10	METODE THIESSEN.....	194
L.11	DATA HARI HUJAN RATA-RATA PERIODE TAHUN 2002 – 2021	196
L.12	DATA SUHU UDARA PERIODE TAHUN 2002 – 2021	197
L.13	DATA PENYINARAN MATAHARI PERIODE TAHUN 2002 – 2021.....	198
L.14	DATA KECEPATAN ANGIN PERIODE TAHUN 2002 – 2021.....	199
L.15	DATA KELEMBAPAN UDARA PERIODE TAHUN 2002 – 2021.....	200
L.16	TEKANAN UAP JENUH (e_a dan w) ($1 - w$), dan $f(t)$ BERDASARKAN TEMPERATUR (t).....	201
L.17	RADIASI EKSTRA MATAHARI (R_a).....	202
L.18	KOREKSI C	202
L.19	CATCHMENT AREA	203
L.20	RADIASI EKSTRA TERRESTERIAL (R_a) DINYATAKAN DALAM EQUIVALEN EVAPORASI mm/day.....	208
L.21	FAKTOR KOREKSI DARI LETAK LINTANG LOKASI KAJIAN	209
L.22	CONTOH PERHITUNGAN METODA PENMAN MENGHITUNG ETO	210
L.23	TABEL PERHITUNGAN INDEK PANAS (I)	211
L.24	TABEL PERHITUNGAN EPX	212
L.25	CONTOH PERHITUNGAN E_p BULAN JANUARI.....	212
L.26	CONTOH PERHITUNGAN BULAN JANUARI PERHITUNGAN P - EP.....	213
L.27	TABEL HASIL PERHITUNGAN NILAI CADANGAN LENGAS TABAH PER PENGGUNAAN LAHAN	214
L.28	CONTOH PERHITUNGAN EVAPOTRANSPIRASI AKTUAL BULANAN.....	216
L.29	PERHITUNGAN BULAN DEFISIT DAN BULAN SURPLUS	217
L.30	TABEL PERHITUNGAN EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL JANUARI - DESEMBER TAHUN 2002	218
L.31	TABEL PERHITUNGAN KETERSEDIAAN AIR METODE FJ MOCK RESERVOAR 1, RESERVOAR 2 DAN RESERVOAR 3 PERUMAHAN TAMAN ARGO SUBUR TANGERANG TAHUN 2002.....	219
L.32	PETA GEOLOGI PROVINSI BANTEN	220
L.33	PETA HIDROGEOLOGI REGIONAL JAKARTA	221
L.34	SIMULASI EPANET SEBANYAK 1908 SR	222

L.35	SIMULASI EPANET SEBANYAK 65 SR	227
L.36	SIMULASI DAN VALIDASI KECEPATAN AIR PADA PIPA LINK 45 (PIPA TERJAUH) 854 SR.....	233
L.37	SIMULASI DAN VALIDASI TEKANAN ALIRAN AIR PADA PIPA NODE 48 (PIPA TERJAUH).....	236
L.38	DOKUMENTASI PENGUKURAN KECEPATAN AIR DAN PENGUKURAN TEKANAN AIR PADA JARINGAN PIPA	237
L.39	SCRIPT PROGRAM ARDUINO	238
L.40	TAMPILAN APLIKASI THINGSPEAK PADA EMAIL.....	243
L.41	TAMPAK SAMPING DISTRIBUSI AIR	244
L.42	TAMPAK ATAS DISTRIBUSI AIR	245



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air bersih merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia, sehingga ketersediaan air bersih sangat berpengaruh bagi kehidupan manusia. Pengaruh dari ketersediaan air bersih tidak hanya pada kebutuhan rumah tangga, tetapi berpengaruh pada sektor sosial, ekonomi, maupun fasilitas umum, seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk (Dwi, et al., 2016).

Peningkatan pertumbuhan penduduk, berkaitan erat dengan terjadinya kepadatan penduduk yang mempengaruhi aktifitas, perkembangan dalam segi ekonomi, sosial, dan pengembangan fasilitas umum, sehingga tingkat kebutuhan air bersih akan meningkat pula. Namun pada kenyataannya kualitas dan kuantitas sumber air berbanding terbalik dengan peningkatan pertumbuhan penduduk (Nelwan, et al., 2013).

Tingkat Kebutuhan akan air bersih terutama di kota kota besar terus meningkat. Adanya peningkatan ini dapat di ketahui dari analisis statistik air minum yang di keluarkan oleh biro pusat statistik 2005 yang menunjukkan bahwa dari tahun ke tahun kuantitas persediaan air bersih terus meningkat, tetapi masih belum dapat memenuhi kebutuhan penduduk di kota besar seperti Kota Tangerang. Hal ini disebabkan oleh adanya laju urbanisasi dan aktivitas ekonomi yang tinggi.

Pemerintahan kota Tangerang fokus menjalankan program untuk pemenuhan kebutuhan air minum dan air bersih bagi penduduk. Pasalnya target *Millenium Development Goals* (MDGs) 100 persen pada 2019 mendatang, hingga

saat ini masih jauh dari target, karena pelayanan air minum dan air bersih melalui jaringan perpipaan di tahun 2019 masih jauh dari yang diharapkan.

Diketahui, jumlah sambungan langganan PDAM Tirta Benteng Kota Tangerang pada akhir tahun 2014 mencapai 27.526 SL dengan ekuivalen jiwa terlayani sebanyak 137,630 jiwa. Jumlah penduduk Kota Tangerang tahun 2014 sebanyak 1.999.894 jiwa, sehingga cakupan pelayanan air bersih PDAM Tirta Benteng Kota Tangerang sampai saat ini baru mencapai sekitar 6,88%.

Lebih rinci, secara keseluruhan termasuk pelayanan oleh PDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang, cakupan pelayanan air bersih di Kota Tangerang sebesar 25,03%, yakni Pelayanan PDAM Tirta Benteng Kota Tangerang sebesar 6,88 persen dan Pelayanan PDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang sebesar 18,14 persen. Data Teknis tersebut tertera pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Teknis PDAM Kabupaten/ Kota di Banten

Data Teknis	Kota Tangerang	Kab. Tangerang	Kab. Serang	Kab. Lebak	Kab. Pandegelang
Sumber Air Baku	Sungai	Sungai	Sungai, Irigasi	Sungai, Sumur	Sungai
Kapasitas Produksi	375 liter/detik	5.040 liter/detik	393,5 liter/detik	240 liter/detik	202,5 liter/detik
Jumlah Pelanggan	17.646 SL	124.000 SL	23.678 SL	15.018 SL	11.673 SL
Cakupan Pelanggan	10%	24,2%	11,3%	13,7%	6,13%
Kehilangan Air	16%	13%	31,5%	50,88%	28,87%

Sumber : Laksono, 2016

Warga perumahan di Kabupaten Tangerang masih mengandalkan air dari sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Namun dalam penggunaan sumur bor masih banyak kendala, salah satunya dalamnya galian untuk

mendapatkan air. Hal ini juga berdampak pada mahal biaya untuk membuat sumur bor, belum lagi bila musim kemarau yang membuat sumur warga kering. Sehingga pengambilan air dari sumur masyarakat saat ini tidak dapat memenuhi kebutuhan warga perumahan setiap harinya.

Untuk itu perlu adanya upaya perencanaan dan pengembangan penyediaan air bersih di wilayah perumahan tersebut. Pengembangan yang direncanakan adalah penambahan sejumlah sarana dan prasarana diantaranya adalah pengembangan jaringan pipa, pembangunan bak penampung, reservoir dan pemanfaatan sumber air yang ada

1.2 Identifikasi Masalah

Dari permasalahan yang dihadapi warga perumahan di Kabupaten Tangerang dapat diidentifikasi masalahnya dalam dua hal, yaitu bagi masyarakat perumahan dan bagi pengelola air bersih. Bagi masyarakat perumahan; terbatasnya sumber air, pengadaan air secara mandiri mahal, dan kontinuitas air bersih tidak terjamin. Sedangkan bagi pengelola antara lain: adanya potensi untuk menggunakan air permukaan, adanya gangguan dalam pengelolaan air bersih, yaitu: pompa tidak berfungsi, listrik mati, kebocoran air, pembersihan reservoir, dan pemantauan masih manual.

1.3 Perumusan Masalah

Memperhatikan berbagai kondisi di atas, maka perlu membuat perancangan sistem penampungan air (reservoir) termasuk dari mana sumbernya dan sistem distribusi air tersebut selanjutnya diarahkan untuk pembuatan suatu alat baik prototype ataupun permodelan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang ada. Sehubungan dengan hal tersebut maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem multi sumber air dan reservoir untuk pemenuhan kebutuhan air bersih warga perumahan yang relatif murah dan efisien?
2. Bagaimana membuat sistem penyediaan air bersih yang dapat dikontrol untuk mensuplai air bersih berbasis IoT?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, maka maksud dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sistem penyedia kebutuhan air bersih dan distribusinya di perumahan di Kabupaten Tangerang dapat terkendali jarak jauh, yang dapat digunakan sebagai alternatif penyediaan air bersih yang murah, efektif, dan efisien bagi warga perumahan di Kabupaten Tangerang. Guna mencapai maksud tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung kebutuhan air, ketersediaan air permukaan dan air tanah pada masa perencanaan.
2. Merancang model sistem penyediaan air bersih dengan mengoptimalkan penggunaan air permukaan (air hujan) dan menggunakan air tanah sebagai cadangan.
3. Membuat model sistem penyediaan air bersih dan pengelolaannya dari dua sumber air (air permukaan dan air tanah) dengan multi reservoir berbasis mikrokontroler.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini secara teoritis akan digunakan sebagai analisis kebutuhan air warga perumahan dan sistem distribusi ke tiap rumah warga di pemukiman seluas 35 Ha. Selanjutnya akan dibuatkan protoype dari reservoir, sampai kepada sistem distribusi ke warga di pemukiman tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat dipakai warga pemukiman tersebut membangun secara mandiri atau kerjasama untuk membangun sistem penyediaan air baku bagi kebutuhan

mereka sendiri. Sehingga kedepan warga dapat mencukupi atau surplus ketersediaan air baku untuk kebutuhan sehari - hari.

Karena adanya batasan obyek penelitian pada pemukiman seluas 35 Ha, maka analisis hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh warga pemukiman tersebut. Hasil analisis ini dapat juga dimanfaatkan oleh pengguna secara khusus pada daerah – daerah yang mengalami kondisi yang memiliki masalah yang sama dengan pemukiman ini dan pada umumnya di daerah Indonesia. Namun, tentunya masing – masing daerah ini mempunyai situasi yang berbeda dalam masalah penyediaan air baku untuk kebutuhan sehari – hari. Selain itu manfaat penelitian ini adalah :

- Pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat perumahan.
- Dapat mengurangi ekstraksi air tanah dengan mengoptimalkan penggunaan air permukaan secara efisien.

1.6 Batasan Masalah

Masalah yang ditetapkan pada penelitian ini dibatasi untuk menghitung kebutuhan air bersih sampai tahun 2042 (20 tahun kedepan dari tahun 2023). Jaringan perpipaan yang direncanakan mulai dari sumber air, reservoir bawah (reservoir empat), reservoir atas (reservoir lima) sampai ke pipa primer. Selanjutnya analisis sistem pengolahan air bersih tidak direncanakan.

Pemilihan lokasi penelitian pada perumahan yang berada di kabupaten Tangerang karena umumnya masyarakat menggunakan air tanah untuk pemenuhan kebutuhan air bersih dengan kendala sebagai berikut:

- 1) Pembuatan sumur bor membutuhkan biaya yang cukup besar disebabkan dalamnya galian untuk mendapatkan air tanah.
- 2) Kekurangan sumur bor adalah ketika musim kemarau sumur tersebut akan kering, sehingga untuk mendapatkan air, warga harus memperdalam galian sumurnya dengan biaya tambahan.
- 3) Selama ini cara warga untuk mendapatkan kebutuhan air bersih memakai sumur bor kurang efisien sehingga harus membayar tagihan

listrik cukup besar dalam menjalankan pompa untuk menaikkan air ke toren.

Dengan demikian dibutuhkan penyediaan air bersih secara terpusat yang bersumber dari beberapa reservoir dan sumur bor terpusat. Kemudian masing-masing ditampung di sebuah reservoir lalu didistribusikan ke setiap rumah warga. Sehingga warga hanya tinggal membayar biaya operasional reservoir dan sistem distribusinya.

1.7 Originalitas dan Kebaharuan

1.7.1 Originalitas

Selama ini penelitian yang dilakukan oleh disiplin ilmu teknik sipil banyak berkaitan dengan penggunaan analisis hidrologi dan hidrolika misalnya kecepatan air, debit air sungai, intensitas curah hujan, sedimentasi dengan memperkirakan besaran curah hujan yang akan terjadi di bagian hulu, belum terintegrasi dengan disiplin ilmu lainnya.

- a) Disiplin ilmu elektro dan sistem informasi cenderung melakukan riset dengan cara membuat sistem untuk memonitoring dan mengontrol ketinggian air reservoir saja tanpa melibatkan ilmu hidrologi dan hidrolika, selain itu tidak memperhatikan variabel variabel hidrolika yang lain seperti debit air, suhu udara, kelembapan dan curah hujan. Padahal variabel ini juga berpengaruh untuk memprediksi kemungkinan hujan pada waktu berikutnya.
- b) Penelitian Sheng (2019) dan Reza (2010) juga menganalisis deteksi ketinggian dengan menggunakan aplikasi pengontrol PID dan mikrokontroler Arduino tapi mengesampingkan data debit air.
- c) Penelitian Shrenika (2017) juga menganalisis deteksi ketinggian muka air pada tangki dengan menggunakan Lab View dan Arduino . Riset ini belum menggunakan system tampilan pada Hp (Hand phone) yang sedang trend saat ini.
- d) Jagdish (2019), Saha (2015), menggunakan perangkat PLC, berdasarkan sensor ketinggian untuk mengendalikan ketinggian air.

pada bendung. Riset ini belum memanfaatkan air bendung untuk suplai air bersih.

Riset ini mengembangkan Prototype yang menerapkan kecerdasan buatan Fuzzy Tsukamoto pada Internet of Things (IoT), dengan mengukur data secara langsung kondisi ketinggian air, reservoir dan pompa air, sedangkan distribusi dapat dikontrol secara otomatis dengan data ketinggian air pada reservoir kemudian dialirkan ke pengguna secara *real time*. Tenaga yang digunakan pada sensor dalam penelitian menggunakan listrik PLN dan *diback-up* dengan tenaga baterai.

1.7.2 Kebaharuan

Penelitian penyediaan air bersih dalam bentuk Prototype sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yang membedakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Prototype penyediaan air bersih yang menggunakan multi reservoir berbasis mikrokontroler Arduino Uno dapat dipantau melalui smartphone.
- 2) Prototype penyediaan air bersih ini, dapat pula digunakan untuk menentukan pilihan sumber air sesuai dengan keadaan situasi lapangan sehingga pemakaian air dapat diatur secara efisien selama 24 jam.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Literatur yang Relevan

Sumber daya air merupakan salah satu sumber daya alam yang vital baik untuk kehidupan flora, fauna, dan manusia di muka bumi maupun untuk kebutuhan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari di berbagai sektor kehidupan. Sebagai sumber daya alam maka kegiatan pengelolaan sumber daya air menjadi penting agar yang membutuhkan air dapat mendapatkan akses yang sama baik dalam memenuhi kebutuhan pokoknya untuk air minum dan sanitasi, maupun untuk memenuhi kebutuhan penghidupannya sebagai petani. Kegiatan pertanian yang dimaksud adalah segala kegiatan manusia yang meliputi kegiatan bercocok tanam, perikanan, peternakan dan kehutanan (Banowati & Sriyanto, 2013:4). Oleh karena banyak yang membutuhkan air maka bukan tidak mungkin air di muka bumi ini tidak akan mencukupi karena keberadaannya terbatas.

Air merupakan sumber daya yang mempunyai nilai ekonomis. Nilai ekonomi akan berbeda di setiap lokasi karena ketersediaannya. Selain itu, nilai ekonomi akan semakin tinggi karena air menjadi salah satu input untuk proses industri berbagai produk yang memerlukan air, seperti industri yang memproduksi minuman, industri berbagai produk. Pada kondisi jumlah yang membutuhkan semakin meningkat proses terjadinya konflik sangat besar sehingga perlu berhati-hati dalam memanfaatkannya serta perlu praktik pengelolaan yang baik. Kebutuhan air tersebut bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat (Chandra, 2012).

Suatu badan air yang menjadi sumber air baku di permukaan bumi sering menerima buangan limbah sehingga menjadi tercemar. Warna air yang dapat ditimbulkan disebabkan adanya ion besi, mangan, humus, biota laut, plankton,

dan limbah industry (Suwittoku, 2013). Kondisi badan air yang air bakunya tergolong tercemar karena tidak cukup mendapatkan pengenceran dengan air baku yang murni (H₂O). Pengenceran di badan-badan air, akan tergantung dari kondisi *inflow* kualitas air baku sebagai pengencer alaminya. Selain itu, apabila air melintasi suatu media tanah yang mempunyai kadar pencemar yang tinggi maka jika aliran air ini masuk badan air, air baku di badan air tersebut juga menjadi tercemar. Untuk itu, keberhasilan pengelolaan air dari aspek kualitas air sangat dipengaruhi oleh interaksi antara air dengan kualitas media yang dilalui oleh air serta pengolahan limbah yang dibuang ke dalam air baku di suatu badan air.

Air mempunyai sifat yang berbeda karena dapat berubah wujud menjadi zat cair sebagai air, menjadi gas sebagai uap air, atau padatan sebagai es. Perubahan wujud tersebut melalui proses pencairan, penguapan, dan pembekuan. Perubahan tersebut juga dapat berupa proses sublimasi yang berubah dari zat padat menjadi gas dan proses kondensasi yang berubah dari gas menjadi cairan. Semua proses perubahan wujud dari air tersebut dipengaruhi temperatur. Pada temperatur di atas 100° C air berubah menjadi uap air, sedangkan pada temperatur 0° C berubah menjadi es. Perubahan wujud padat, cair, dan gas merupakan siklus hidrologi yang terjadi dalam hidrosfer yaitu pergerakan dan perubahan air dalam atmosfer (Indarto, 2012).

Menghadapi berbagai permasalahan sumber daya air yang semakin hari semakin rumit dengan adanya peningkatan akan kebutuhan air yang sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk serta yang diiringi dengan pertumbuhan sosial ekonomi. Selain itu, kekeliruan dalam pengelolaan sumber daya air menyebabkan upaya untuk meningkatkan kebutuhan akan air telah menimbulkan eksploitasi sumber daya air secara berlebihan sehingga mengakibatkan penurunan daya dukung lingkungan sumber daya air yang pada gilirannya menurunkan kemampuan pasokan air.

Reformasi dalam pengelolaan sumber daya air merupakan salah satu tindakan penting untuk mengatasi pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan dan energi, serta konservasi sumber daya alam. Dalam pelaksanaannya, telah

disempurnakannya beberapa undang-undang dan peraturan serta kebijakan, antara lain diberlakukannya Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU SDA) yang telah mencakup prinsip-prinsip *Intregated Water Resources Management* (IWRM) dan Peraturan Presiden (Perpres NO. 12 tahun 2008) tentang Dewan Sumber Daya Air dan Kebijakan Nasional tentang Pengelolaan Sumber Daya Air dan Kebijakan Nasional tentang Pengelolaan Sumber Daya Air. Undang-Undang ini bertujuan untuk pelaksanaan pengelolaan sumber daya air secara menyeluruh, berkelanjutan, dan melalui pendekatan terbuka sehingga memberikan pilihan bagi masyarakat bisnis dan organisasi non-pemerintah untuk berpartisipasi dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan sumber daya air terpadu. Untuk melestarikan sumber daya alam salah satunya melakukan upaya konsevasi energi yaitu efisiensi energi. Sedangkan bentuk partisipasi dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan sumber daya air dapat mengembangkan model atau rancangan produk menjadi produk final yang dapat memenuhi permintaan berupa prototype untuk pemenuhan kebutuhan air bersih.

2.2 Teori yang Relevan

2.2.1 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari air di bumi terkait terjadinya, peredaran, sifat dan hubungan dengan makhluk hidup serta lingkungan (Triatmodjo, 2016). Turunnya air dari langit merupakan salah satu tanda kebesaran Allah SWT yang disampaikan dalam Al-Qur'an Surat Ar Rum ayat 48, yang isinya sebagai berikut:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتَثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ
فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَنَرَى
الْوَدْقَ تَخْرُجُ مِنْ خَلَلِهِ ۖ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ ۖ مِنْ
يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ ۖ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ

Artinya: Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu Lihat hujan keluar dari celah-celahnya, Maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendakiNya, tiba-tiba mereka menjadi gembira. (QS. Ar-Rum: 48).

Pembahasan ilmu hidrologi mencakup air di atmosfer (hidrometeorologi), air di permukaan (potamologi), air di lapisan tanah (geohidrologi) dan air dalam bentuk es (krimologi). Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainase, pengendali polusi air limbah, dan sebagainya.

Analisis hidrologi terdiri dari berbagai pengujian data yaitu: analisis data iklim lokasi kabupaten Tangerang, analisis curah hujan, analisis neraca air, metode Thorntwaite Mather, analisis ketersediaan air dan reservoir air serta pola operasional sumber air.

1) Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan sirkulasi air tanpa henti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus hidrologi dapat diartikan secara sederhana sebagai peredaran air dari laut ke atmosfer melalui penguapan, kemudian akan jatuh pada permukaan bumi dalam bentuk hujan yang mengalir di bawah tanah dan di atas permukaan tanah sebagai sungai yang menuju ke laut. Dasar konsep dari hidrologi menurut Tchakerian (2015), adalah siklus hidrologi yang digambarkan dalam skala ruang dan waktu yang berbeda.

Siklus hidrologi akan terus bergerak secara terus menerus dengan 3 cara yang berbeda yaitu:

- a. Evaporasi dan Transpirasi
Air di laut, sungai, daratan, tanaman dan sebagainya kemudian akan kembali menguap ke atmosfer menjadi awan lalu menjadi bintik-bintik air yang akan jatuh dalam bentuk es, hujan dan salju.
- b. Infiltrasi (Perkolasi ke dalam Tanah)
Air bergerak melalui celah-celah dan pori-pori serta bantuan yang ada dibawah tanah yang dapat bergerak secara vertikal dan horisontal di bawah permukaan tanah hingga ke sistem air permukaan.
- c. Air permukaan
Air permukaan bergerak di atas permukaan tanah yang dapat dilihat pada daerah urban.

2) **Macam-macam Siklus Hidrologi**

Proses siklus hidrologi dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Siklus Pendek
Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu terjadi kondensasi membentuk awan yang pada akhirnya jatuh ke permukaan laut.
- b. Siklus Sedang
Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu terjadi evaporasi yang terbawa angin lalu membentuk awan yang pada akhirnya jatuh ke permukaan daratan dan kembali ke lautan.
- c. Siklus Panjang
Menguapnya air laut menjadi uap gas karena panas dari matahari lalu uap air mengalami sublimasi membentuk awan yang mengandung Kristal es dan pada akhirnya jatuh dalam bentuk salju kemudian akan membentuk gletser yang mencair membentuk aliran sungai dan kembali ke laut.

2.2.2 **Hidrolika**

Hidrolika merupakan ilmu terapan dan keteknikan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida yang mempelajari perilaku aliran air secara

mikro maupun makro. Bahasan hidrolika membentang dalam banyak aspek sains dan disiplin teknik, mencakup konsep-konsep seperti aliran tertutup (pipa), perancangan bendungan, pompa, turbin, tenaga air, hitungan dinamika fluida, ukuran aliran, serta perilaku aliran air terbuka seperti sungai dan selokan.

Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Dua macam aliran tersebut dalam banyak hal mempunyai kesamaan tetapi berbeda dalam satu ketentuan penting. Perbedaan tersebut adalah pada keberadaan permukaan bebas, aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas, sedangkan aliran saluran tertutup tidak mempunyai permukaan bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran.

2.2.3 Reservoir

Reservoir distribusi merupakan bangunan penampung air sebelum dilakukan pendistribusian ke masyarakat, yang dapat ditempatkan di atas permukaan tanah maupun dibawah permukaan tanah. Berdasarkan kriteria perencanaan air bersih DPU Cipta Karya, Dir. Air Bersih tahun 2006 persentase pelayanan harus mencapai 90%. Bangunan reservoir umumnya diletakkan didekat jaringan distribusi pada ketinggian yang cukup untuk mengalirkan air secara baik dan merata ke seluruh daerah konsumen.

1) Tujuan Dasar reservoir:

- a. Sebagai sarana vital penyaluran air ke masyarakat dan sebagai cadangan air
- b. Sebagai tempat penyimpanan kelebihan air agar dapat terjadi keseimbangan antara kebutuhan dan suplai
- c. Keperluan instalasi, seperti pencucian filter, pembubuhan alum
- d. Tempat penyimpanan air saat desinfektan.

2) Fungsi Reservoir

Tempat penampungan air pada sistem distribusi diperlukan dengan alasan sebagai berikut:

- a. Penampungan terakhir air yang telah diolah dan memenuhi syarat kualitas air minum.
- b. Keseimbangan antara kebutuhan dan pasokan air
- c. Meningkatkan kemudahan oprasi
- d. Mengurangi pemakaian pompa
- e. Cadangan air pada saat darurat

3) Tipe Material Konstruksi

Sampai saat ini, reservoir telah dibangun dari berbagai macam dan material (bahan) konstruksi. Reservoir yang paling lama dibuat dengan teknik penimbunan tanah. Saat ini, beton dan baja adalah bahan yang paling banyak dipergunakan.

4) Penempatan Reservoir

Penempatan reservoir ditentukan berdasarkan pertimbangan berikut ini:

- a. Reservoir pelayanan ditempatkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan, kecuali jika keadaan tidak memungkinkan
- b. Tinggi reservoir pada sistem gravitasi ditentukan sedemikian rupa sehingga tekanan minimum sesuai hasil perhitungan hidrolis di jaringan pipa distribusi. Muka air reservoir rencana diperhitungkan berdasarkan tinggi muka air minimum. Jika elevasi muka air tanah wilayah pelayanan bervariasi, maka wilayah pelayanan dapat dibagi menjadi beberapa zona wilayah pelayanan yang dilayani masing-masing dengan satu reservoir.

5) Kapasitas Reservoir Distribusi

Reservoir distribusi diperlukan untuk menyimpan air akibat adanya variasi pemakaian yang terjadi selama 24 jam. Kapasitas reservoir distribusi ini direncanakan sebesar 20% dari Kebutuhan air harian rata - rata.

6) Perpipaan Reservoir

Pada reservoir ini harus dilengkapi dengan sistem perpipaan yang terdiri dari pipa inlet, *outlet*, *overflow* (peluap) dan *blow out* (penguras) serta dilengkapi pula dengan lubang *manhole* dan ventilasi.

2.2.4 Pengertian Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di dalam tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air. Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses absorpsi serta filtrasi oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam lebih jernih dari air tanah dangkal (Kumalasari & Satoto, 2011).

Air tanah (groundwater) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer pergerakan air tanah sangat lambat kecepatan arus berkisar antara 10,10 – 10,3 m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah, dan pengisian kembali air. Karakteristik utama yang membedakan air tanah dan air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun.

1) Pengertian Air Tanah Menurut Para Ahli

Selain pengertian di atas, terdapat pula pengertian lain yang disampaikan oleh beberapa ahli sebagai berikut:

- Menurut Kodoatie, 2012 – Pembentukannya mengikuti siklus peredaran air di alam, yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus. Air tanah dan air permukaan merupakan sumber air yang mempunyai ketergantungan satu sama lain. Banyak sungai di permukaan tanah yang sebagian besar alirannya berasal dari air tanah, sebaliknya aliran air tanah merupakan sumber utama untuk imbuhan air tanah.
- Menurut Fagan, 2014 – Air tanah dapat ditemukan hampir di semua tempat di bumi. Air di bawah permukaan tanah, baik dari zona tak jenuh (unsaturated) dan jenuh (saturated), disebut sebagai air tanah

- Menurut Asdak, 2012 – Air yang berada pada wilayah jenuh di bawah tanah, yaitu segala bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, perbedaan potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi.

2) Jenis Air Tanah

Air tanah digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu berdasarkan letak di permukaan tanah dan berdasarkan asalnya. Air tanah berdasarkan letaknya dibagi kembali menjadi 2 jenis, yaitu Air Tanah Freatik dan Air Tanah Dalam (Artesis).

- Air Tanah Freatik adalah air tanah dangkal yang terletak tidak jauh dari permukaan tanah dan berada diatas lapisan *impemeable* atau kedap air, contohnya adalah air sumur.
- Air Tanah Dalam (Artesis) adalah air tanah yang terletak di antara lapisan akuifer dan batuan kedap air, contohnya adalah sumur artesis.

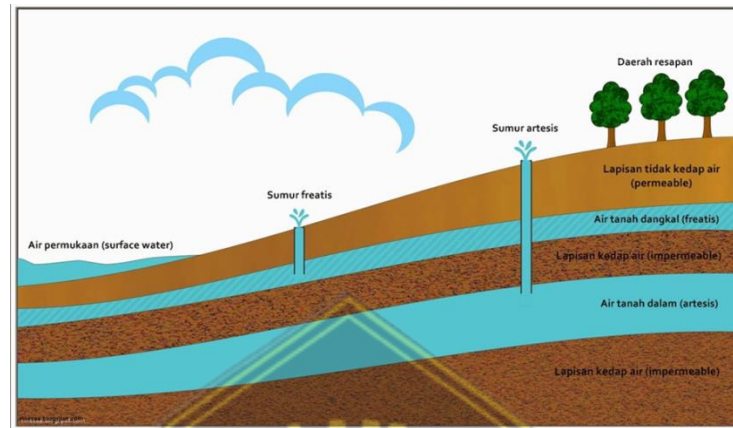
Sedangkan, air tanah berdasarkan asalnya kembali dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Air Tanah Meteorit (Vados), Air Tanah Baru (Juvenil), dan Air Konat.

- Air Tanah Meteorit (Vados) adalah air tanah yang berasal dari proses presipitasi (hujan) dari awan yang mengalami kondensasi dan tercampur dengan debu meteorit.
- Air Tanah Baru (Juvenil) adalah air tanah yang berasal dari dalam bumi karena tekanan intrusi magma, contohnya adalah geyser atau sumber air panas.
- Air Konat adalah air tanah yang terkurung pada lapisan batuan purba.

3) Proses Terbentuknya

Air tanah terbentuk berkaitan dengan adanya siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah suatu siklus yang terjadi di lingkungan perairan. Siklus ini akan terus berjalan dan tidak akan berhenti, dimana proses air dari atmosfer yang turun ke bumi dalam bentuk hujan atau salju akan kembali lagi ke atmosfer secara berulang terus menerus.

Air yang turun ke bumi sebagai air hujan sebagian besar akan mengalir dipermukaan tanah sebagai air permukaan, seperti sungai, danau, atau rawa. Sebagian kecil air hujan tersebut juga meresap ke dalam tanah dan masuk ke dalam zona jenuh, sehingga menjadi air tanah.



Gambar 2.1 Skema Lapisan Air Tanah

(<https://rimbakita.com/air-tanah/>, 2020)

Air tanah yang berada dekat dengan permukaan tanah akan diserap oleh tanaman melalui *evapotranspiration* dan kembali menguap ke atmosfer. Selain itu, penguapan atau evaporasi secara langsung juga dapat terjadi pada tubuh air yang terbuka.

Air memiliki manfaat penting bagi seluruh aspek kehidupan, baik untuk air minum, kegiatan rumah tangga, serta kepentingan industri. Ketergantungan manusia akan air bersih saat ini telah mencapai 70% dan kemungkinan akan meningkat jika musim kemarau melanda. Apabila pasokan atau cadangan air menipis, maka akan terjadi ancaman bencana kekeringan.

Air tanah dapat berada dibawah permukaan tanah dalam bentuk kumpulan air, seperti pada gua bawah tanah atau sungai bawah tanah. Keberadaan air bawah tanah dapat mencapai kedalaman puluhan bahkan ratusan meter dibawah permukaan bumi. Semakin kedalam akan ditemukan lapisan-lapisan batuan yang lolos air dan tidak lolos air. Lapisan *permeable* atau lapisan lolos air adalah lapisan batuan yang terdiri dari kerikil, pasir, batu apung, dan batuan yang retak.

Sedangkan, lapisan *impermeable* atau lapisan tidak lolos air adalah lapisan batuan yang kedap air dan terdiri dari napal, tanah liat, dan tanah lempung. Meski tanah lempung dapat menyerap air, akan tetapi memiliki sifat jenuh air sehingga daya serapnya terbatas.

Air hujan yang turun ke bumi akan meresap secara infiltrate ke zona tak jenuh (*zone of aeration*). Setelah itu akan masuk lebih dalam secara *percolate* hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah.

4) Sumber Air Tanah

Air tanah memiliki jumlah yang jauh lebih besar dibanding air permukaan. Menurut data UNESCO, 1978 dalam Chow et al, 1988 menyatakan bahwa 98% dari seluruh air di daratan tersimpan dibawah permukaan tanah, pori-pori batuan, dan material butiran. Oleh karena itu, sumber air tanah dapat dibagi menjadi 2 jenis sumber, yaitu:

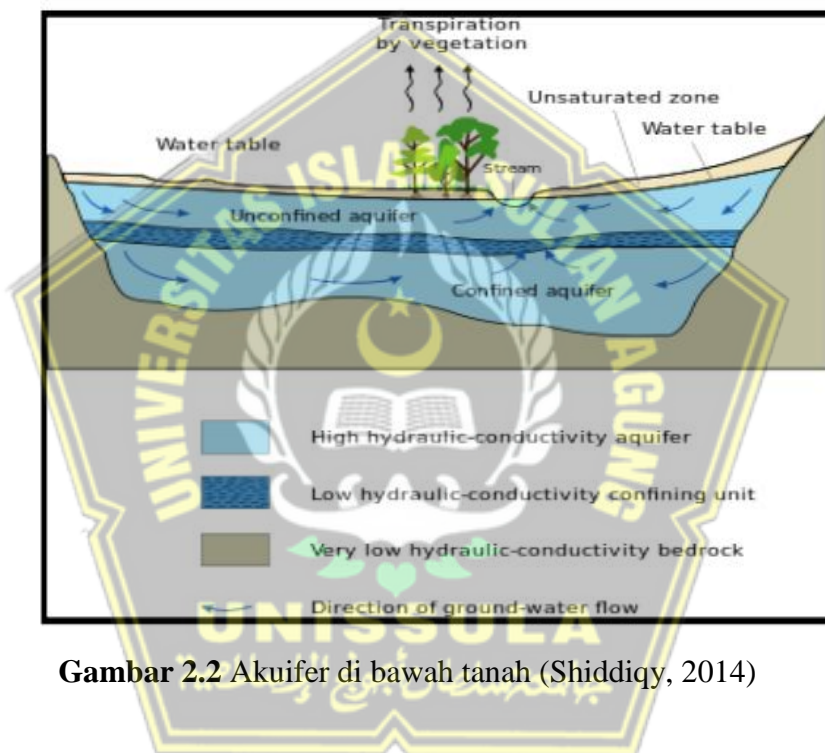
1. Air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui pori-pori atau retakan dalam formasi batuan
2. Air permukaan yang dapat berasal dari sungai, danau, dan reservoir yang meresap melalui tanah dan batuan ke dalam tanah.

Cadangan air terbesar adalah air tanah. Air dalam tanah dan air permukaan adalah sumber air yang memiliki hubungan erat. Pada musim kemarau panjang, umumnya aliran sungai akan surut, danau dan tempat penampungan air alami cenderung mengering. Sebagian besar air yang mengisi sungai, danau dan penampungan air alami merupakan air tanah yang muncul kembali ke permukaan.

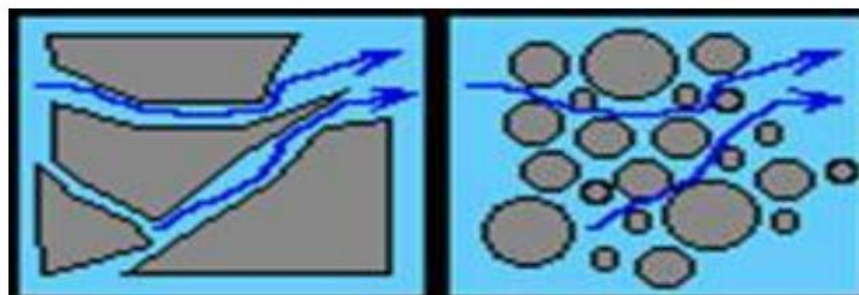
5) Tipe Akuifer (Aquifer)

Herlambang (1996) menyatakan bahwa akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, di mana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya

ruang antar butir-butir tanah. Lapisan batuan yang dilalui air terdiri dari dua jenis yaitu permeable, dan impermeable. Lapisan permeable merupakan lapisan yang dapat ditembus air, dan lapisan impermeable lapisan tidak bisa ditembus atau kedap air. Air tanah tersimpan dalam akuifer, karena akuifer adalah lapisan di dalam tanah yang dapat menampung dan meloloskan air. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeable yang mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan batuan tertentu.



Gambar 2.2 Akuifer di bawah tanah (Shiddiqy, 2014)



Gambar 2.3 Aliran air pada pori-pori antar butir tanah (Shiddiqy, 2014)

Akuifer sebagai lapisan kulit bumi membentang sangat luas, menjadi semacam reservoir bawah tanah. Pengisian akuifer ini dilakukan oleh resapan air hujan ke dalam tanah. Berdasarkan perlakuannya terhadap air tanah, maka lapisan - lapisan batuan dapat dibedakan menjadi :

- a. *Aquifer* (Akuifer) adalah formasi geologi atau grup formasi yang mengandung air dan secara signifikan mampu mengalirkan air melalui kondisi alaminya. Batasan lain yang digunakan adalah reservoir air tanah, lapisan pembawa air.
- b. *Aquiclude* adalah formasi geologi yang mungkin mengandung air, tetapi dalam kondisi alami tidak mampu mengalirkannya. Untuk keperluan praktis, *aquiclude* dipandang sebagai lapisan kedap air. misalnya lempung, serpih, tuf halus, lanau.
- c. *Aquifuge* merupakan formasi kedap yang tidak mengandung dan tidak mampu mengalirkan air. misalkan batuan kristalin, metamorf kompak. misalnya lempung pasir (sandy clay).
- d. *Aquitard* adalah formasi geologi yang semi kedap, mampu mengalirkan air tetapi dengan laju yang sangat lambat jika dibandingkan dengan akuifer. Meskipun demikian dalam daerah yang sangat luas, mungkin mampu membawa sejumlah besar air antara akuifer yang satu dengan lainnya. *Aquiclude* ini juga dikenal dengan nama formasi semi kedap atau *leaky aquifer*.

Berdasarkan jenis aliran air tanahnya, Kodoatie (2005) menyatakan lapisan akuifer dibedakan dalam aliran akuifer aliran akuifer bebas (*unconfined aquifer*) atau akuifer terkekang (*confined aquifer*).

- **Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)** Akuifer bebas (*unconfined aquifer*) adalah akuifer jenuh air dengan lapisan pembatas pada bagian bawah dan tidak ada pembatas di lapisan atas atau langsung berbatasan dengan permukaan tanah
- **Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*)** Merupakan lapisan rembesan air yang mengandung kandungan air tanah yang bertekanan lebih besar dari tekanan udara bebas/tekanan atmosfer, karena bagian bawah dan atas dari

akuifer ini tersusun dari lapisan kedap air (biasanya tanah liat). Muka air tanah dalam kedudukan ini disebut pisometri, yang dapat berada diatas maupun dibawah muka tanah. Apabila tinggi pisometri ini berada diatas muka tanah, maka air sumur yang menyadap akuifer jenis ini akan mengalir secara bebas.

6) Manfaat Air Tanah

Secara umum air memiliki manfaat penting bagi kehidupan, tidak hanya bermanfaat bagi manusia, air juga dibutuhkan oleh tumbuhan serta hewan. Sebab itu, ketiadaan air dapat menyebabkan kekeringan, bencana kelaparan, dan kepunahan spesies.

Menurut Kodoatie (2012), air yang berasal dari dalam tanah bermanfaat untuk sumber air bagi flora, fauna, dan manusia. Selain itu, air merupakan bagian utama dari siklus hidrologi. Air dimanfaatkan oleh manusia untuk keperluan sehari-hari, seperti minum, mandi, mencuci, dan lainnya. Seluruh hewan juga membutuhkan air untuk minum, terlebih hewan-hewan akuatik yang hidup pada habitat air, seperti sungai, danau, dan lautan. Tumbuhan memanfaatkan air tanah yang diserap melalui akar untuk memperoleh unsur hara guna mendukung proses fotosintesis.

Berikut ini adalah manfaat air tanah, yaitu:

- Keperluan rumah tangga, seperti mandi, mencuci, memasak, dan minum
- Irigasi pertanian, sawah petani yang jauh dari sumber air seperti sungai umumnya akan membuat sumur bor untuk mencukupi kebutuhan air tanaman pertanian
- Kebutuhan industri memerlukan air untuk mendukung proses produksi, misalnya, pabrik tekstil memerlukan air untuk pencelupan, industri kulit untuk membersihkan kulit, dan lain-lain
- Air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi atau daur air yang terus berjalan berulang

- Sebagai sumber pembangkit listrik, contohnya adalah sungai bawah tanah di daerah karst Gombong Selatan yang memanfaatkan aliran air bawah tanah untuk listrik mandiri
- Air tanah dalam wujud sungai bawah tanah dapat menjadi lokasi penelitian alami mengenai biota, sistem hidrologi, dan lainnya.
- Air tanah dalam bentuk gua-gua bawah tanah dapat dikembangkan menjadi obyek wisata

2.3 Teori tentang Variabel Penelitian

2.3.1 Hujan

Hujan adalah sebuah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di permukaan. Hujan biasanya terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembapan udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda. Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Sementara jenis hujan berdasarkan butirnya dibedakan menjadi empat yakni:

1. Hujan gerimis: diameter butirannya kurang dari 0,5 mm
2. Hujan salju: terdiri dari kristal-kristal es yang suhunya berada dibawah 0° Celsius dan diameternya 6 cm
3. Hujan batu es: curahan batu es yang turun dalam cuaca panas dari awan yang suhunya dibawah 0° Celsius dan diameternya 1 cm
4. Hujan deras: curahan air yang turun dari awan dengan suhu diatas 0° Celsius dengan diameter ± 7 mm

2.3.2 Tandon

Dam atau bendungan merupakan konstruksi yang di bangun secara membentang pada aliran sungai untuk menampung genangan air. Waduk merupakan salah satu sarana pemanfaatan sumber daya air yang mempunyai fungsi sebagai penyimpan dan penyedia air, baik sebagai bahan baku air bersih maupun untuk irigasi. Suatu waduk penampung atau konservasi dapat menahan air pada kelebihan pada masa-masa aliran air tinggi untuk digunakan selama masa kekeringan. Fungsi utama dari suatu waduk ialah untuk menstabilkan aliran air, baik dengan arah pengaturan persediaan air yang berubah-ubah pada suatu sungai alamiah, maupun dengan cara memenuhi kebutuhan yang berubah-ubah dari para konsumen. Dengan kata lain waduk tidaklah menghasilkan air melainkan hanya memungkinkan pengaturan kembali distribusinya terhadap waktu.

Tandon merupakan waduk dengan skala kecil untuk menampung air hujan untuk persediaan suatu desa di musim kering. Selama musim kering air akan dimanfaatkan oleh desa untuk memenuhi kebutuhan penduduk, ternak, dan kebun. Di musim hujan tandon tidak beroperasi karena air di luar sudah tersedia cukup banyak untuk memenuhi ketiga kebutuhan tersebut di atas. Oleh karena itu pada setiap akhir musim hujan sangat di harapkan kolam tandon dapat terisi penuh air sesuai dengan desain. Untuk menjamin fungsi dan keamanannya Tandon mempunyai tubuh Tandon

berfungsi menutup lembah atau cekungan (depresi) sehingga air dapat tertahan di udiknya.

- 1) Kolam Tandon berfungsi untuk menampung air hujan.
- 2) Alat sadap berfungsi mengeluarkan air kolam bila di perlukan.
- 3) Jaringan distribusi, berupa rangkaian pipa, berfungsi untuk membawa air dari kolam ke bak tandon air harian atau dekat pemukiman secara gravitasi dan bertekanan, sehingga pemberian air tidak menerus.
- 4) Pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam ke lembah untuk mengamankan tubuh Tandon atau dinding kolam terhadap peluapan.

Dengan dibangunnya Tandon di bagian hulu sungai maka kemungkinan terjadinya banjir pada musim hujan dapat dikurangi dan pada musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk pembangkit listrik tenaga air, untuk irigasi lahan pertanian, dan sebagainya. Adanya waduk akan meningkatkan ketersediaan air di musim kemarau yang akan digunakan bagi memenuhi kebutuhan hidup manusia.

2.3.3 Daerah Tangkapan Air Tandon

Daerah tangkapan air (*catchment area*) tandon merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke tandon tersebut secara alami. Daerah tangkapan air ini dibatasi oleh topografis yang berupa punggung-punggung bukit atau gunung. Daerah tangkapan air dapat dikatakan menjadi satu ekosistem dimana terdapat banyak aliran sungai, daerah hutan dan komponen penyusun ekosistem lainnya termasuk sumber daya alam, dan komponen yang terpenting adalah air, yang merupakan zat cair yang terdapat di atas ataupun di bawah permukaan tanah. *Catchment area* erat kaitannya dengan Daerah Aliran Sungai (DAS). Ukuran dan besar kecilnya daerah tangkapan air yang memberi kontribusi

terhadap aliran sungai di dalam DAS berpengaruh langsung terhadap total volume aliran yang keluar dari DAS (Indarto, 2016).

Daerah Aliran Sungai merupakan daerah yang di batasi oleh punggung-punggung gunung / pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama. Dalam mempelajari ekosistem DAS, dapat diklasifikasikan menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, DAS bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran airnya. Dengan kata lain ekosistem DAS, bagian hulu mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata air, dan oleh karenanya pengelolaan DAS hulu seringkali menjadi fokus perhatian mengingat dalam suatu DAS, bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui siklus hidrologi (Triatmodjo. 2010).

2.3.4 Pengoptimalisasi Air Hujan

Jumlah air di bumi sangat banyak, namun jumlah air bersih yang tersedia belum dapat memenuhi permintaan sehingga banyak orang menderita kekurangan air. Chiras (2009) menyebutkan bahwa kekurangan air dipicu naiknya permintaan seiring peningkatan populasi, tidak meratanya distribusi air, meningkatnya polusi air dan pemakaian air yang tidak efisien. Beberapa penelitian mengidentifikasi bahwa pada tingkat rumah tangga kekurangan air diperburuk oleh kebocoran air akibat kerusakan *home appliances* yang tidak segera diperbaiki, pemakaian *home appliances* yang boros air, perilaku buruk dalam pemakaian air, dan minimnya pemanfaatan air hujan sebagai sumber air alternatif. Pemakaian air yang tidak terkontrol akan mengancam keberlanjutan air, sehingga perlu dilakukan konservasi air. Salah satu metode konservasi air

dalam rumah tangga adalah memanen air hujan, yaitu mengumpulkan, menampung dan menyimpan air hujan.

Pemanenan air hujan merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk menampung air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber air bersih. Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat system penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak tersedia air tanah (Abdullah, 2009).

2.3.5 Landasan Teori Kebutuhan Air Bersih

1) Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih suatu daerah didasarkan pada jumlah penduduk daerah tersebut. Kimpraswil telah mengeluarkan Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Bagian 6: Air Minum Perkotaan, sebagai acuan untuk menghitung kebutuhan air total (Dewanti, et al., 2018).

2) Menghitung Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk memprediksi kebutuhan air pada masa yang akan datang. Dalam hal ini jumlah penduduk dipandang sebagai kumpulan manusia dan perhitungannya disusun menurut berbagai statistik tertentu. Analisa yang umum digunakan adalah sebagai berikut (Supranto, 2012) :

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang

sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0(1+rt) \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = laju pertumbuhan penduduk
- t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo dan Samosir, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik:

$$P_t = P_0 (1+r)^t \quad \text{dengan} \quad r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = laju pertumbuhan penduduk
- t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

3) Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi para penduduk untuk kepentingan kehidupan sehari-hari. Lebih luas dari sekedar makanan dan minuman yang dikonsumsi melalui mulut, air bersih

diperlukan untuk berbagai kepentingan yang saat ini merupakan kebutuhan pokok, seperti mandi, dan mencuci atau berbagai bentuk kebersihan lingkungan lainnya (Risky, 2015).

Kebutuhan air domestik diperhitungkan dari jumlah penduduk pedesaan dan jumlah penduduk perkotaan. Dimana standar kebutuhan air untuk penduduk perkotaan sebesar 120 l/hari/orang dan penduduk desa sebesar 60 l/hari/orang. Standar yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air didasarkan pada SNI No 19-6728.1- 2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002).

4) Kebutuhan Air Non-Domestik

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 komersil seperti untuk perhotelan, kantor, restoran dan lain-lain. Selain itu juga keperluan industri, pariwisata, pelabuhan, perhubungan dan lain-lain (Posumah, et al. 2015), sebagaimana tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jumlah Air yang Dipakai Per Orang dan Waktu Pemakaiannya Menurut Jenis Gedung

No	Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata per hari (liter)	Waktu pemakaian air rata-rata (jam)	Keterangan
1	Kantor	100 – 120	8	Per karyawan
2	Rumah sakit	250 – 1000	10	Per tempat tidur (pasien luar : 8l, Karyawan : 120, Perawat : 160)
3	Gedung bioskop dan sandiwara	10	3	Per pengunjung
4	Toko, department store	3	8	Per pengunjung (karyawan : 100, karyawan penghuni : 160)
5	Rumah makan	15	7	-
6	Cafeteria	30	5	-
7	Perumahan	160 – 250	8 – 10	Per penghuni
8	Hotel, losmen	150 – 300	10	Per tamu
9	Sekolah dasar, sekolah lanjutan	40 – 50	5 – 6	Per murid
10	Laboratorium	100 – 200	8	Per karyawan
11	Pabrik	60 – 140	8	Per orang per shif (pria :80, wanita : 100)
12	Stasiun kereta api	3	15	Per penumpang

Sumber : Posumah, et al. 2015

5) Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Penentuan kebocoran/kehilangan air dilakukan dengan melihat kehilangan air pada jaringan eksisting yang ada sehingga dapat diambil angka persentase dikali dengan kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non-domestik (Makawimbang, et al. 2017).

Kehilangan air berdasarkan katagori jumlah penduduk dibawah 20.000 jiwa dapat dihitung 20 % sampai 30 % dari total kebutuhan air

(Ditjen Cipta Karya, 2000). Selanjutnya tingkat kehilangan air dihitung persentasenya berdasarkan selisih antara jumlah air yang didistribusikan (m^3) dengan jumlah air yang tercatat dalam rekening sehingga air tidak terbayarkan atau tidak terkonversi sebagai rupiah. Rumus untuk menghitung kehilangan air sebagai berikut.

$$\text{Kehilangan air} = \Sigma \text{ air distribusi} - \Sigma \text{ air terjual (dalam } m^3/\text{waktu – bulan atau tahun)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

Air terjual : air yang dibayar oleh pelanggan pada bulan atau kumulatif dalam satu tahun (m^3)

$$\text{Tingkat Kehilangan Air (\%)} = \frac{\text{Kehilangan air}}{\text{air distribusi}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

6) Kebutuhan Total untuk Air Bersih

Kebutuhan air total adalah total kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air ((Posumah, et al. 2015). Kemudian rumus untuk menghitung kebutuhan air bersih sebagai berikut :

kebutuhan air bersih (Q_{md})

$$Q_{md} = P_n \times q \times f_{md} \dots\dots\dots(2.5)$$

Kebutuhan total air bersih (Q_t)

$$Q_t = Q_{md} \times 100/80 \text{ (faktor kehilangan air 20\%)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

Q_{md} = kebutuhan air bersih

P_n = jumlah penduduk tahun n

q = kebutuhan air per orang/hari

f_{md} = faktor hari maksimum (1,05 – 1,15)

Q_t = kebutuhan air total

2.3.6 Landasan Teori Ketersediaan Air (Neraca Air)

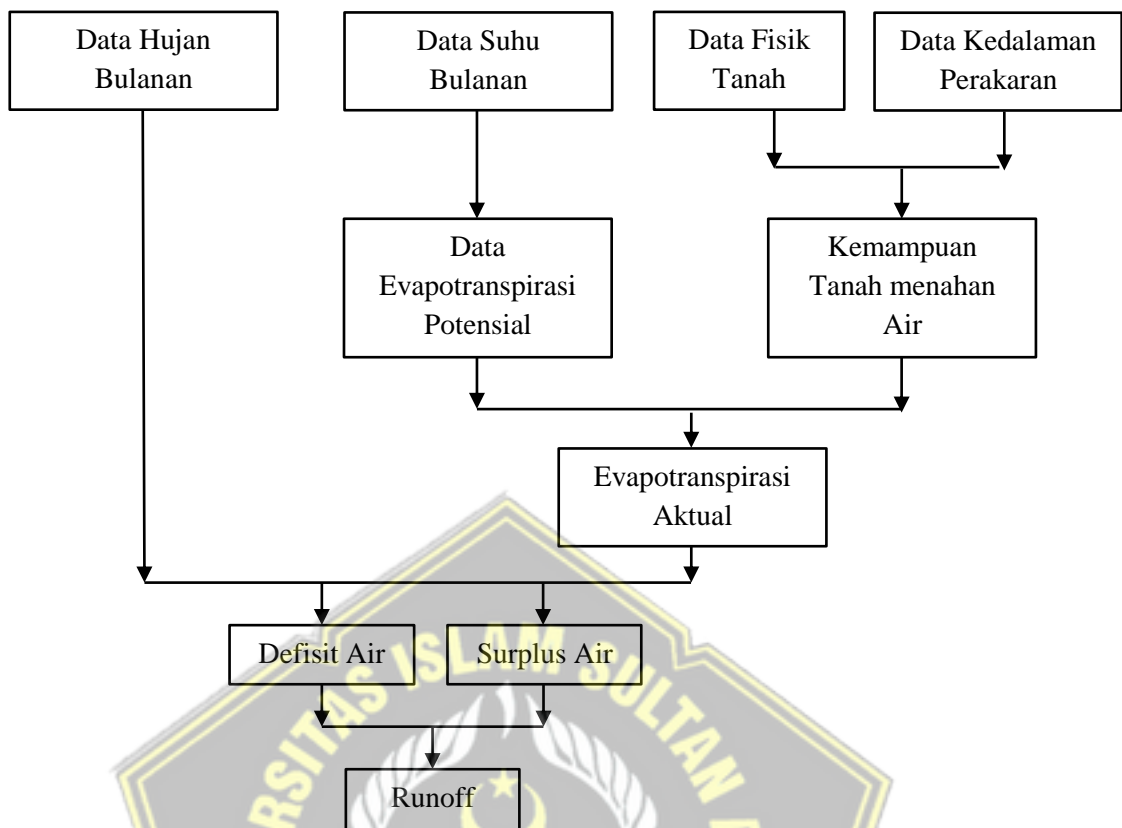
Dalam hidrologi, persamaan neraca air dapat digunakan untuk menghitung besarnya aliran air yang masuk dan keluar dari sebuah sistem. Sistem tersebut dapat berupa kolom tanah atau wilayah aliran sungai. Neraca air juga dapat berarti cara suatu organisme mengatur ketersediaan air dalam tubuhnya pada kondisi kering atau panas.

Dalam perhitungan neraca air diperlukan data aliran sungai. Namun tentunya tidak semua sungai memiliki data aliran air sungai yang selalu tersedia. Sehingga diperlukan perhitungan dengan metode alternatif, diantaranya dengan metode Tronthwaite Mather dan Metode FJ Mock. Perhitungan metode ini menggunakan data umum yang tersedia.

1) Metode Tronthwaite Mather

Prinsip dasar metode ini adalah debit bulanan dan tahunan dihitung dengan menggunakan persamaan neraca air. Metode ini mensyaratkan untuk digunakan pada DAS yang mempunyai aliran sepanjang tahun dan dengan luasan yang cukup luas. Data yang diperlukan untuk menghitung metode ini adalah data hujan sebagai masukan, data vegetasi penutup lahan, data suhu udara, dan data sifat fisik tanah sebagai pemroses air di dalam DAS.

Berikut gambar 2.4 diagram alir perhitungan metode Tronthwaite Mather :



Gambar 2.4 Diagram alir perhitungan neraca air metode thornthwaite matter

Persamaan neraca air yang digunakan dalam metode ini adalah :

$$Q = P - E_{ta} \pm \Delta S \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- Q : Debit aliran (mm)
- P : Hujan (mm)
- E_{ta} : Evapotranspirasi aktual (mm)
- Δ S : Perubahan cadangan lengas tanah (mm)

Keuntungan Penerapan Metode Thrornthwaite Mather adalah dapat menghitung debit tanpa membutuhkan data tinggi muka air yang biasanya dikumpulkan dalam jangka waktu yang lama dan memerlukan biaya mahal baik untuk konstruksinya maupun untuk operasionalnya. Sedangkan parameter data untuk perhitungan neraca air DAS adalah sebagai berikut:

- a. Data hujan
- b. Data temperatur udara
- c. Data sifat fisik tanah (pF 2,54; pF 4,2 dan tekstur 3 fraksi) dan sebarannya
- d. Data vegetasi penutup (jenis dan kedalaman zone perakaran) dan sebarannya.

2) Model Neraca Air

Model neraca air cukup banyak, namun yang biasa dikenal terdiri dari tiga model, antara lain:

- a. Model Neraca Air Umum. Model ini menggunakan data-data klimatologis dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi).
- b. Model Neraca Air Lahan. Model ini merupakan penggabungan data-data klimatologis dengan data - data tanah terutama data kadar air pada Kapasitas Lapang (KL), kadar air tanah pada Titik Layu Permanen (TLP), dan Air Tersedia (WHC = Water Holding Capacity).
 - (1) Kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan tanah tersebut akan terus-menerus diserap akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering. Pada suatu saat akar tanaman tidak lagi mampu menyerap air sehingga tanaman menjadi layu. Kandungan air pada kapasitas lapang diukur pada tegangan 1/3 bar atau 33 kPa atau pF 2,53 atau 346 cm kolom air.
 - (2) Titik layu permanen adalah kondisi kadar air tanah dimana akar-kar tanaman tidak mampu lagi menyerap air tanah, sehingga tanaman layu. Tanaman akan tetap layu pada siang atau malam hari.

Kandungan air pada titik layu permanen diukur pada tegangan 15 bar atau 1.500 kPa atau pF 4,18 atau 15.849 cm tinggi kolom air.

- (3) Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman yaitu selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen.
- c. Model Neraca Air Tanaman. Model ini merupakan penggabungan data klimatologis, data tanah, dan data tanaman. Neraca air ini dibuat untuk tujuan khusus pada jenis tanaman tertentu. Data tanaman yang digunakan adalah data koefisien tanaman pada komponen keluaran dari neraca air

Menurut Danaryanto dkk, 2004 dalam Kodoatie (2012) CAT di Indonesia secara umum dibedakan menjadi dua yaitu CAT Bebas (*unconfined aquifer*) dan CAT Tertekan (*confined aquifer*). CAT ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan total besarnya potensi masing-masing CAT.

Ketersediaan Air Menurut Effendi (2003) air merupakan salah satu senyawa kimia yang terdapat di alam secara berlimpah-limpah. Ketersediaan air cukup berlimpah, tetapi ketersediaan air yang memenuhi syarat bagi keperluan hidup manusia relatif sedikit karena dibatasi oleh berbagai faktor bahwa di bumi terdapat kira-kira 1,3-1,4 milyar km³ air namun 97% di muka bumi ini merupakan air yang tidak dapat digunakan manusia secara langsung karena bukan sebagai air tawar. Dari 3% air dapat dimanfaatkan langsung 2% diantaranya tersimpan sebagai gunung es (*glacier*) di kutub dan uap air, yang juga tidak dapat dimanfaatkan secara langsung. Air yang benar-benar tersedia bagi keperluan manusia hanya 0,62%, meliputi air yang terdapat di danau, air sungai, dan air tanah. Kualitas air yang memadai bagi konsumsi manusia hanya 0,003 % dari seluruh air yang ada. Siklus air secara ringkas terdiri dari proses evapotranspirasi dan presipitasi. Air yang terdapat di bumi berubah menjadi uap air di lapisan atmosfer melalui proses evapotranspirasi air tanah, air sungai, air danau dan air laut. Kemudian uap air tersebut akan mengalami

proses presipitasi. Perhitungan potensi air tanah statis dilakukan dengan persamaan Todd (dalam Purnama, 2010).

$$H = A \cdot Da \cdot Sy \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

H = Ketersediaan air tanah (m³);

A = Luas zona potensi air tanah (m²);

Da = Ketebalan rerata akuifer (m);

Sy = Specific yield (%).

Nilai Spesific Yield dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Spesific Yield pada Beberapa Material.

Material	Specific Yield (%)	Material	Specific Yield (%)
<i>Gravel, coarse</i>	23	<i>Limestone</i>	14
<i>Gravel, medium</i>	24	<i>Sand Dune</i>	38
<i>Gravel, Fine</i>	25	<i>Loess</i>	18
<i>Sand, coarse</i>	27	<i>Peat</i>	44
<i>Sand, medium</i>	28	<i>Schist</i>	26
<i>Sand, fine</i>	23	<i>Siltstone</i>	12
<i>Silt</i>	8	<i>Till, predominantly silt</i>	6
<i>Clay</i>	3	<i>Till, predominantly sand</i>	16
<i>Sandstone, fine-grained</i>	21	<i>Till, predominantly gravel</i>	16
<i>Sandstone, medium-grained</i>	27	<i>Tuff</i>	21

Sumber : Suprayogi *et al.*, 2016

3) Metode FJ Mock

Metoda Mock adalah suatu metode untuk memperkirakan keberadaan air berdasarkan konsep water balance. Keberadaan air yang dimaksud disini adalah besarnya debit suatu daerah aliran sungai. Data yang digunakan untuk

memperkirakan debit ini berupa data klimatologi dan karakteristik daerah aliran sungai. Metoda Mock dikembangkan oleh Dr. F. J. Mock berdasarkan atas daur hidrologi. Metode Mock merupakan salah satu dari sekian banyak metode yang menjelaskan hubungan rainfall-runoff. Mock dikembangkan untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan debit dengan metoda Mock ini adalah data klimatologi, luas dan penggunaan lahan dari catchment area (Bappenas, 2006).

Neraca air atau keseimbangan air (water balance) merupakan penjelasan mengenai hubungan antara aliran air ke dalam (inflow) dan aliran ke luar (outflow) di suatu daerah untuk periode tertentu dari proses sirkulasi air. Pendekatan neraca air adalah pendekatan ilmu fisika yaitu konsep kekekalan massa, massa suatu materi tidak bertambah maupun berkurang tetapi hanya berubah bentuk dan berpindah tempat (Madubun, 2012).

Untuk menghitung debit bulanan rata-rata dalam metode Mock dilakukan dengan beberapa tahapan perhitungan. Adapun proses perhitungan yang dilakukan dimulai dari : perhitungan evapotranspirasi potensial (metode Penman), perhitungan evapotranspirasi aktual, perhitungan water surplus, kemudian perhitungan base flow dan direct runoff (Adiningrum, 2015)

Metode F.J. Mock digunakan dalam menghitung keseimbangan air. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini antara lain hujan bulanan rata-rata (mm), jumlah hari hujan bulanan rata-rata (hari), evapotranspirasi, limpasan permukaan, tampungan tanah dan aliran dasar (base flow). Metode Mock dirumuskan sebagai berikut: (Bappenas, 2006).

(a) Presipitasi (Curah Hujan)

Presipitasi adalah curahan atau turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang Curah hujan rata-rata bulanan dapat di hitung dengan menggunakan metode rata-rata aljabar, metode ishoyet, dan metode theissen.

Metode Mock menggunakan curah hujan bulanan rata-rata. Perhitungan curah hujan rata-rata digunakan metode theissen akan memberikan hasil yang

lebih teliti dibanding metode aljabar dan metode isohyet karena dengan cara ini data yang diperoleh lebih objektif.

Metode theissen memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun, tinggi curah hujan dan jumlah stasiun. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang di tinjau tidak merata. Poligon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari stasiun hujan yang digunakan. Hitungan curah hujan merata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun. Metode ini digunakan jika ada setidaknya 3 stasiun hujan yang ditinjau dan koordinat stasiun hujan diketahui. Nilai curah hujan wilayah dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$R = \frac{A_1 + R_1 + A_2 + R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$R = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 \dots \dots + W_n \cdot R_n \dots \dots \dots (2.10)$$

$$R = \frac{A_1}{A_t} \cdot R_1 + \frac{A_2}{A_t} \cdot R_2 + \dots \frac{A_n}{A_t} \cdot R_n \dots \dots \dots (2.11)$$

$$W_n = \frac{A_n}{A_t} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan:

- R = Curah hujan rata-rata (mm)
- A₁, A₂, .. A_n = Luas daerah polygon 1, 2, ..., n (km²)
- R₁, R₂, .. R_n = Curah hujan maksimum pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)
- W_n = Koefisien Thiessen

(b) Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan laju pengupaan dari permukaan tanah. Beberapa metode evapotranspirasi antara lain Thornwhite, Balnney Criddle, Hargeaves dan Penman. Metode-metode tersebut berada dalam macam data yang digunakan untuk perhitungan. Analisis evapotranspirasi di Indonesia umumnya menggunakan Penman yang sudah direkomendasikan FAO karena menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dimana cakupan data

meteorologi yang digunakan paling lengkap di antara metode-metode yang lain. Metode ini membutuhkan rata-rata iklim harian kondisi cuaca sepanjang siang dan malam hari yang diperkirakan mempunyai pengaruh terhadap evapotranspirasi (Hadisusanto, 2011).

Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman memerlukan parameter suhu udara, penyinaran matahari, kelembapan udara dan kecepatan angin, penyinaran matahari, kelembapan udara dan kecepatan angin. Data terukur yang digunakan pada Metode Penman adalah suhu rerata bulanan (OC), kelembapan relatif bulanan rerata (RH : %) kecerahan matahari bulanan (n/N : %), kecepatan angin bulanan rerata (u : m/detik), letak lintang daerah dan angka koreksi (c).

$$Et^* = W((0,75.Rs)-Rn1)+(1-W).f(u).(ea-ed) \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

Et* = evapotranspirasi actual

W = factor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi actual

(1-W) = factor berat sebagai pengaruh angin dan kelembapan pada Et

F(u) = fungsi pengaruh angin pada Et, dimana u merupakan kecepatan angin rata-rat

(ea-ed) = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata.

$$Rs = (0,25+0,54 * (n/N)) * Ra \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

(n/N) = lamanya penyinaran matahari

Ra = Angka angot

$$Ed = ea.Rh \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana :

Ed = tekanan uap nyata

ea = tekanan uap jenuh

Rh = kelembapan relative

$$f(ed) = (0,34 - (0,44\sqrt{ed})) \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

f(ed) = fungsi tekanan uap nyata

$$ed = \text{tekanan uap nyata}$$

$$f(n/N) = 0,1+(0,9.(n/N)) \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana :

$$f(n/N) = \text{fungsi lamanya penyinaran matahari}$$

$$(n/N) = \text{lamanya penyinaran matahari}$$

$$Rn1 = f(t).f(ed).f(n/N) \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana :

$$f(ed) = \text{fungsi tekanan uap nyata}$$

$$f(n/N) = \text{fungsi lamanya penyinaran matahari}$$

$$f(t) = \text{fungsi suhu}$$

$$f(u) = 0,27 .(1+(0,86.u)) \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana :

$$f(u) = \text{fungsi kecepatan angin}$$

$$u = \text{kecepatan angin}$$

$$(ea-ed) = \text{nilai ea dikurang dengan nilai ed} \dots \dots \dots (2.20)$$

dimana :

$$ed = \text{tekanan uap nyata}$$

$$ea = \text{tekanan uap jenuh}$$

Evapotranspirasi potensial adalah evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang tersedia berlebihan. Faktor penting yang mempengaruhi evapotranspirasi potensial adalah tersedianya air yang cukup banyak. Jika jumlah air selalu tersedia secara berlebihan dari yang diperlukan oleh tanaman selama 24 proses transpirasi, maka jumlah air yang ditranspirasikan relatif lebih besar dibandingkan apabila tersedianya air di bawah keperluan. Evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan metode Penman yang diformulasikan sebagai berikut:

$$Eto = Et . c \dots \dots \dots (2.21)$$

dimana:

$$Eto = \text{Evapotranspirasi potensial}$$

$$c = \text{Faktor pergantian kondisi cuaca akibat siang dan malam}$$

$$Et = \text{evopotranspirasi actual}$$

(c) Kelebihan air (Water surplus)

Water surplus didefinisikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (soil storage). Water surplus ini berpengaruh langsung pada infiltrasi atau perkolasi dan total runoff yang merupakan komponen debit. Rumus water surplus adalah sebagai berikut: (Hadisusanto N, 2011)

$$W_s = P - ET \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana:

WS = Water surplus

P = Presipitasi atau curah hujan

ET = Evapotranspirasi.

(d) Aliran dasar sungai (Base flow)

Base flow adalah sebagian hujan yang terperkolasi ke dalam menembus lapisan tanah dan pada akhirnya akan mengisi saluran sungai. Base flow merupakan selisih antara infiltrasi dengan perubahan groundwater storage, dalam bentuk persamaan: (Bappenas, 2006).

$$BS = I - GS \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana:

BS = Base flow

I = Infiltrasi

GS = penyimpanan air tanah

Base flow dipengaruhi oleh dua faktor yaitu infiltrasi dan perubahan groundwater storage. Penjelasan lebih rinci mengenai infiltrasi dan groundwater storage diuraikan di bawah ini:

1). Infiltrasi

Proses masuknya air hujan kedalam tanah dan turun ke permukaan air tanah di sebut infiltrasi. Daya infiltrasi ditentukan oleh permukaan lapisan atas dari tanah. Misalnya kerikil mempunyai daya infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah liat yang kedap air. Untuk lahan yang terjal dimana air sangat cepat menikis diatas

permukaan tanah sehingga air tidak dapat sempat berinfiltrasi yang menyebabkan daya infiltrasi lebih kecil. Formula dari infiltrasi ini sebagai berikut: (Basak, 1999).

$$I = if \times WS \dots\dots\dots(2.24)$$

dimana:

I = Infiltrasi

if = Koefisien infiltrasi (i = 0 – 1,0)

WS = Kelebihan air (Water surplus)

2). Penyimpanan air tanah (Groundwater storage)

Infiltrasi terus terjadi sampai mencapai zona tampungan air tanah (groundwater storage, disingkat GS). Dalam metode ini (Bappenas, 2006), besarnya GS dipengaruhi oleh: infiltrasi (i), konstanta resesi aliran bulanan (k), dan *groundwater storage* bulan sebelumnya. Semakin besar infiltrasi maka groundwater storage semakin besar pula, dan begitu pula sebaliknya. Konstanta resesi aliran bulanan (*monthlyflow recession constan*) disimbolkan dengan k adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang. Dari ketiga faktor di atas, Mock merumuskan sebagai berikut:

$$GS = (0,5 \times (1 + K) \times I) + K \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana:

GS = Penyimpanan air tanah (groundwater storage)

K = Konstanta resesi aliran bulanan (k= 0,4 - 0,7)

I = infiltrasi

(e) Limpasan permukaan (Direct runoff)

Limpasan permukaan adalah air yang mengalir di atas permukaan tanah baik sebagai aliran tipis di permukaan tanah atau sebagai aliran disaluran. Limpasan permukaan berasal dari Water surplus yang telah mengalami infiltrasi. Limpasan permukaan berasal dari Water surplus yang telah mengalami infiltrasi. Berdasarkan Bappenas (2006) direct runoff dapat dihitung dengan persamaan:

$$DRO = WS - I \dots\dots\dots(2.26)$$

dimana:

DRO = Limpasan Permukaan (direct runoff)

WS = Kelebihan air (Water surplus)

I = Infiltrasi.

4) Debit Andalan

Debit Andalan adalah debit minimum sungai dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Bambang, 2009). Kemungkinan debit minimum sungai yang dapat dipenuhi ditetapkan misalnya 80%, 90% atau nilai lainnya, sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan tertentu. Untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka nilai debit yang dianalisis adalah dengan metode Mock dengan aturan menurut tahun pengamatan yang diperoleh, harus diurut dari yang terbesar sampai yang terkecil. Selanjutnya dihitung tingkat keandalan debit tersebut dapat terjadi, berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus *Weibull* (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009).

$$P\% = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan:

P = Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

m = Nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil

n = Jumlah data

2.4 Uraian tentang Alat

Kemampuan sistem penyediaan air bersih menyediakan air yang dapat diminum dalam jumlah yang cukup merupakan hal penting bagi suatu kota besar yang modern. Sistem penyediaan air bersih meliputi:

2.4.1 Sistem Pengambilan Air Baku

Merupakan bangunan untuk mengambil air baku dari sumber air dan dialirkan ke unit produksi melalui pipa transmisi. Bangunan penyadap air baku sedapat mungkin dilakukan secara gravitasi, dilengkapi dengan saringan kasar yang berfungsi untuk menyaring sampah - sampah yang terbawa aliran. Ada beberapa cara sistem pengambilan air antara lain: *Free intake, Broncapterin* (Indarto, et al. 2010).

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi adalah :

- a) Tipe pengaliran jaringan pipa transmisi
- b) Menentukan tempat bak pelepas tekan.
- c) Menghitung panjang dan diameter pipa
- d) Jalur pipa sebaiknya mengikuti jalan raya dan dipilih jalur yang tidak memerlukan banyak perlengkapan.
- e) Perlengkapan yang ada pada sistem transmisi perpipaan air bersih adalah: *Wash out, Air*.

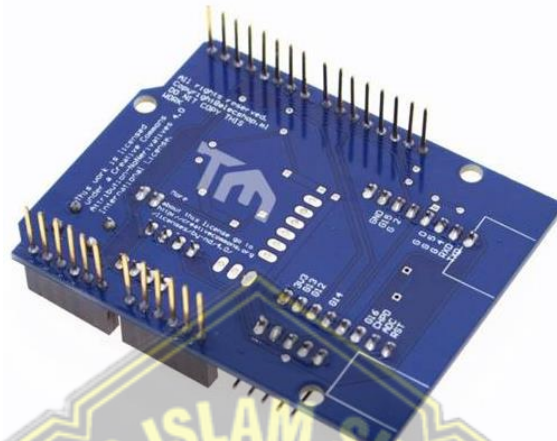
1) Pompa

Pompa dapat digunakan atau dipandang sebagai alat untuk menambah debit dan tekanan. Pada sistem transmisi atau distribusi, perlu menggunakan pompa jika kondisi daerah yang direncanakan memiliki elevasi sumber air yang lebih rendah dari pemukiman. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air yang direncanakan.

2) Arduino ESP 8266

Arduino ESP 8266 adalah papan Mikrokontroler berbasis ESP 8266 yang mempunyai 54 pin *digital input/output*, dimana 14 pin dapat digunakan sebagai PWM, 16 analog input, 4 UARTs (*hardware serial ports*), 16 MHz

crystal oscillator, sambungan USB, *power jack*, ICSP *header*, dan tombol reset. *Board* ini juga menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai (Prima *et al.*, 2017).



Gambar 2.5 Arduino Mega ESP 8266

3) Sensor Ultrasonik HC-SR04

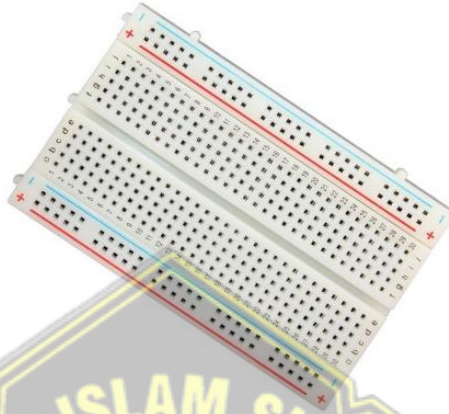
Sensor Ultrasonik adalah alat sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu didepannya. Sensor ultrasonik tipe HC-SR04 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek, jangkauan jarak yang dapat diukur antara 2 cm - 450 cm (Yuliandoko *et al.*, 2018).



Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

4) *Breadboard*

Breadboard adalah *board* yang digunakan untuk membuat rangkaian elektronik sementara dengan tujuan uji coba atau *prototype* tanpa harus menyolder (Sheng, 2019).



Gambar 2.7 Breadboard

5) **Arduino IDE**

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk menulis program pada *board* Arduino. IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler (Shrenika *et al.*, 2017).

6) **Internet of Things (IoT)**

Internet of Things adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Sehingga bisa dikatakan bahwa Internet of Things adalah ketika kita menyambungkan sesuatu (*things*) yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke Internet (Hardyanto, 2017). Internet of Things lebih sering disebut dengan

singkatannya yaitu IoT. IoT ini sudah berkembang pesat mulai dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems (MEMS), dan juga Internet. IoT ini juga kerap diidentifikasi dengan RFID sebagai metode komunikasi. Walaupun begitu, IoT juga bisa mencakup teknologi-teknologi sensor lainnya, semacam teknologi nirkabel maupun kode QR yang sering kita temukan di sekitar kita.

2.4.2 Sistem Distribusi

1) Unit Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (*reservoir*) ke daerah pelayanan (konsumen). Sistem pendistribusian air dapat diklasifikasikan dalam 3 bagian yaitu:

- Sistem pemompaan (*Pumping system*)
- Sistem gravitasi (*Gravity system*)
- Sistem Kombinasi (*Dual system*)

2) Analisa Debit

Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena adanya pompa. Pemakaian jaringan pipa dalam bidang teknik sipil terdapat pada sistem jaringan distribusi air minum.

Debit air yang disediakan tergantung pada jumlah penduduk dan sistem jaringan distribusi yang dilayani. Saat ini kualitas dan daya dukung lingkungan semakin menurun, ketersediaan air yang dapat langsung dikonsumsi dari alam juga semakin berkurang. Keadaan ini juga diikuti oleh menurunnya tekanan-tekanan air ke seluruh daerah pelayanan, sehingga konsumen mempergunakan berbagai cara untuk memperoleh air sesuai dengan keinginannya.

Dalam hal ini pembahasan lebih dipusatkan pada hal sistem distribusi jaringan pipa air bersih. Sistem distribusi yang ekstensif diperlukan untuk menyalurkan air ke masing-masing langganan dalam jumlah yang dibutuhkan dengan tekanan yang diharapkan. Adapun rumus yang dipakai dalam analisis ini adalah:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = luas penampang aliran (m²)

Angka Reynolds mempunyai bentuk berikut:

$$Re = \frac{v}{\frac{\mu}{\rho D}} = \frac{\rho D v}{\mu} \text{ atau } Re = \frac{v D}{\mu} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

Re = Reynolds number

μ = viskositas dinamik (Pa.det)

ρ = rapat massa zat cair (kg/m³)

D = diameter dalam pipa (m)

v = kecepatan aliran dalam fluida (m/det)

3) Jaringan Pipa

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan meliputi transmisi dan distribusi. Pipa yang digunakan dalam berbagai macam jenisnya, misalnya bambu, pipa PVC, besi galvanis, baja, beton dan sebagainya, keuntungan dan kerugian jenis bahan dapat dilihat pada (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Beberapa Jenis Pipa Keuntungan dan Kerugiannya

No	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1	Bambu	Murah, terdapat di pelosok	Cepat rusak, banyak bocor
2	PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
3	HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, panjang mencapai 100 m tanpa sambungan kecil untuk diameter kecil	Tekanan rendah
4	Baja, Galvanized Iron	Tekanan tinggi	Berat, transportasi dan instalasi lebih mahal

Sumber : Triatmadja (dalam Mampuk, 2014)

Untuk menghitung kehilangan tenaga dalam pipa distribusi digunakan persamaan Hazen –Williams sebagai berikut :

$$V = 0,3545 C_{HW} D^{0,63} S^{0,54} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,9704}} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$D = \left[\frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times H_f} \times L \right]^{0,205} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

- V = Kecepatan rata – rata dalam pipa (m/s)
- C_{HW} = Koefisien kekasaran pipa Hazen – Wiliam (tergantung jenis pipa)
- S = Gradien hidrolis ($S= H_f/L$)
- H_f = Kehilangan tenaga (m)
- Q = Debit air (m^3/s)
- L = Panjang pipa

Besaran aliran pada pipa sesuai dengan metode Hardy-Cross didapat dengan iterasi aliran pada masing-masing jaringan tertutup. Prosedur perhitungan dengan metode Hardy-Cross adalah sebagai berikut (Bambang, 1993):

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi kontinuitas;
2. Hitung h_f pada tiap pipa, $h_f = k \cdot Q^2$
3. Jaringan pipa dibagi menjadi sejumlah jaringan tertutup (tiap pipa minimal masuk dalam satu jaringan);
4. Hitung $\sum h_f$ tiap jaringan, jika pengaliran seimbang, $\sum h_f = 0$
5. Hitung nilai $\sum |2kQ|$ untuk tiap jaringan
6. Hitung koreksi debit:

$$\Delta Q = \frac{\sum k Q_0^2}{\sum |2kQ|} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana : Q_0 = debit permisalan

7. Koreksi debit, $Q = Q_0 + \Delta Q$, prosedur 1–6 diulangi hingga diperoleh $\frac{\Delta Q}{Q} \approx 0$

Pada suatu jaringan perpipaan harus dipenuhi ketentuan berikut:

- Perjumlahan tekanan disetiap circuit = 0 (nol)
- Aliran yang masuk pada setiap titik simpul = aliran keluar
- Persamaan Darcy–Weisbach atau rumus eksponensial berlaku untuk masing-masing pipa.

Analisis jaringan pipa ini cukup rumit dan memerlukan perhitungan yang besar, oleh karena itu pemakaian komputer untuk analisis ini akan mengurangi kesulitan. Untuk jaringan kecil, pemakaian kalkulator untuk hitungan masih bisa dilakukan. Perhitungan analisa ini menggunakan program Microsoft Office Excel 2007.

4) Aplikasi Epanet

Epanet (*Environment Protection Agency Network*) adalah sebuah program computer (model) yang melaksanakan simulasi hidraulik dan perilaku kualitas air di dalam suatu jaringan pipa distribusi air minum (pipa bertekanan). Suatu jaringan distribusi air minum terdiri dari pipa-pipa, node (percabangan pipa), pompa, tangki air atau reservoir dan katup-katup.

Output yang dihasilkan dari program EPANET antara lain debit yang mengalir dalam pipa (lt/dtk), tekanan air dari masing-masing titik/node/junction yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir. Adapun bagian-bagian penting dalam EPANET adalah sebagai berikut.

a. Junction

Junction (sambungan) adalah titik pada jaringan dimana garis-garis bertemu dan dimana air memasuki atau meninggalkan jaringan. Garis-garis ini dapat berupa pipa, valve, pompa, tanki, maupun reservoir. Input dasar yang dibutuhkan bagi sambungan adalah: elevasi, kebutuhan air, dan kualitas air saat ini. Hasil komputasi buat sambungan pada seluruh periode simulasi adalah head hidrolis, tekanan, dan kualitas air.

b. Reservoir

Reservoir adalah node yang menggambarkan sumber eksternal yang mengalir terus menerus ke jaringan. Reservoir ini digunakan untuk menggambarkan danau, sungai, akuifer, air tanah, dan koneksi dari sistem lain. Input utama untuk reservoir adalah head hidrolis (sebanding dengan elevasi permukaan air jika bukan reservoir bertekanan) dan inisial kualitas air untuk analisa kualitas air.

c. Tangki

Tangki membutuhkan node dengan data kapasitas, dimana volume air yang tersimpan dapat bervariasi berdasar waktu selama simulasi berlangsung. Input yang perlu diketahui yaitu Elevasi dasar (dimana level air adalah nol); Diameter (atau bentuknya jika tidak silinder); Level air maksimum dan minimum pada saat awal; Kualitas air pada saat awal. Hasil Keluaran berdasarkan waktu adalah Tekanan Hidraulik (elevasi permukaan air), dan Kualitas air. Tangki membutuhkan level maksimum dan minimum untuk beroperasi. EPANET akan menyetop air yang keluar jika tangki memiliki level air minum, begitu juga jika tangki memiliki level air maksimum.

d. Pipa

Pipa adalah penghubung yang membawa air dari satu poin ke poin lainnya dalam jaringan. EPANET mengasumsikan bahwa semua pipa adalah penuh berisi air setiap waktunya. Arah aliran adalah dari titik dengan tekanan hidrolik tertinggi (Energi Internal per berat air) menuju titik dengan tekanan rendah. Input untuk pipa adalah Data node awal dan akhir, Diameter Panjang, Koefisien kekasaran (untuk menjelaskan hilang tekan), Status (terbuka, tertutup, atau ada check valve), Status parameter pipa yang lengkap mengandung shut off (gate) valve, dan check (non-return) valve (hanya mengalirkan air dalam satu arah). Perhitungan output untuk pipa termasuk antara lain:

- Laju aliran
- Kecepatan
- Headloss
- Faktor friksi Darcy-Weisbach
- Rata-rata Laju reaksi (sepanjang pipa)
- Rata-rata Kualitas air (sepanjang pipa)

Kehilangan tekanan hidrolis pipa karena pengaliran pipa karena faktor gesekan pipa dapat dihitung menggunakan tiga formula berbeda, yaitu :

- Formula Hazen-Williams
- Formula Darcy-Weisbach
- Formula Chezy-Manning

Formula Hazen Williams (HW) adalah formula yang sering digunakan, karena formula ini merupakan formula dengan data yang mudah didapatkan. Adapun rumus Hazen Williams sebagai berikut.

$$H_L = Aq^B \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana:

- H_L = Headloss dalam satuan panjang
- q = laju aliran (volume/waktu)
- A = koefisien resistan, dan
- B = faktor eksponen aliran

Untuk persamaan aktual pipa dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah

Tabel 2.4 Persamaan Aktual Pipa (*Pipe Headloss Formulas for Full Flow, for headloss in feet and flow rate in cfs*)

Formula	Resistance Coefficient (A)	Flow Exponent (B)
Hazen-Williams	$4.727 C^{-1.852} d^{4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$4.66 n^2 d^{-5.33} L$	2

Notes: C = Hazen-Williams roughness coefficient
 ϵ = Darcy-Weisbach roughness coefficient (ft)
 f = friction factor (dependent on ϵ , d, and q)
 n = Manning roughness coefficient
 d = pipe diameter (ft)
 L = pipe length (ft)
 q = flow rate (cfs)

Roughness Coefficients for New Pipe

Material	Hazen-Williams C (unitless)	Darcy-Weisbach ϵ (feet x 10^3)	Manning's n (unitless)
Cast Iron	130 – 140	0.85	0.012 - 0.015
Concrete or Concrete Lined	120 – 140	1.0 - 10	0.012 - 0.017
Galvanized Iron	120	0.5	0.015 - 0.017
Plastic	140 – 150	0.005	0.011 - 0.015
Steel	140 – 150	0.15	0.015 - 0.017
Vitrified Clay	110		0.013 - 0.015

Sumber: Rossman et al., 2000.

e. Pompa

Pompa merupakan link dimana memberi tenaga ke fluida untuk menaikkan head hidrolisnya. Input parameter yang diperlukan yaitu node awal dan akhir, kurva pompa yang merupakan kombinasi dari head dan aliran dimana pompa harus memproduksinya. Sebagai pengganti kurva pompa, pompa dapat direpresentasikan sebagai pompa yang memiliki energi konstan, mensuplai konstan energi (horsepower atau kilowatt) kepada fluida untuk seluruh kombinasi dari aliran dan head. Parameter output yang prinsip adalah aliran dan pencapaian head. Aliran melalui pompa adalah langsung dan EPANET tidak akan membolehkan pompa untuk beroperasi diluar range dari kurva pompa.

f. Valve

Valve adalah link yang membatasi tekanan atau flow pada titik yang spesifik pada jaringan. Parameternya termasuk:

- Node awal dan akhir
- Diameter
- Pengaturan
- Status

Output yang dihitung bagi valve adalah Laju Aliran dan Headloss. Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air. EPANET adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

- a) Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
- b) Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan Hazen-Williams, Darcy Weisbach, atau Chezy-Manning.
- c) Termasuk juga minor head losses untuk bend, fitting, dsb.
- d) Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstant maupun variable
- e) Menghitung energi pompa dan biaya (cost).

Pemodelan terhadap variasi tipe dari valve termasuk shutoff, check, pressure regulating, dan flow control valve.

5) Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air di perumahan ini sebagian besar masyarakat menggunakan sumur bor. Masalah yang dihadapi saat ini adalah masyarakat harus menggali sumur galian yang sangat dalam untuk mendapatkan air, mencapai kedalaman 50 meter. Sungguh hal ini tidak efisien dan memakan biaya sangat mahal untuk membuat satu lubang sumur galian sampai mendapatkan air. Belum lagi bila masuk musim kemarau maka dikhawatirkan akan terjadi kekeringan pada sumur bor tersebut.

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam hal ini penulis mengangkat beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Pada Tabel 2.5 penulis memaparkan penelitian yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti saat ini, yaitu penelitian tentang penyediaan air bersih ke perumahan.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu yang Berkaitan dengan Riset ini

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
1	Design and Development of an Autonomous Floodgate using Arduino Uno and Motor Driver Controller	S.M. Saifur Rahman Faisal, Humayun Rashid, Iftekhar Uddin Ahmed, Remon Das	Proceedings of the 2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering 28-30 September, 2017, Dhaka, Bangladesh	Sistem bendungan dan drainase otonom merupakan sistem yang tidak perlu dioperasikan dengan tangan. Saat ini genangan air akibat pasang telah menjadi masalah besar. Dalam tulisan ini, sistem gerbang bendungan otomatis telah diusulkan untuk mengontrol gerbang bendungan secara otomatis tanpa upaya manusia. Sistem gerbang bendungan otonom telah dikembangkan yang dapat digunakan untuk melindungi daerah dataran rendah dari air pasang dan juga dapat digunakan di saluran irigasi, pembangkit listrik, pabrik, dll. Sistem ini mampu mendeteksi air drainase dan air pasang surut. Dengan merasakan air pembuangan, ia mengontrol pompa untuk mengairi air yang berlebihan. Motor DC digunakan untuk mengontrol pergerakan gerbang bendungan. Arduino UNO digunakan sebagai prosesor. Sebuah kotak kontrol disediakan untuk mengontrol dan mengamati kondisi keseluruhan sistem.	✓	✓ Dam		✓ Arduino Uno	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
2	Non-contact Water Level Monitoring System Implemented Using LabVIEW and Arduino	R. M. Shrenika ; Swati S. Chikmath ; A. V. Ravi Kumar ; Y. V. Divyashree ; Roopa K. Swamy	2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT)	Makalah ini menunjukkan sistem pemantauan ketinggian air non-kontak yang diimplementasikan menggunakan LabVIEW dan Arduino. Kedalaman air tangki diukur dengan sensor Ultrasonik. Karenanya level air yang ada di tangki diketahui. Bergantung pada pembacaan sensor, program LabVIEW mengirimkan data ke arduino dan melalui papan arduino pompa dinyalakan jika ketinggian air di tangki atas rendah dan pompa dimatikan jika ketinggian air terisi penuh di tangki atas. Input ke papan arduino berasal dari sensor ultrasonik. Arduino membaca ketinggian dan melaporkan kedalaman air tangki dan hal yang sama ditampilkan di panel depan LabVIEW. Keunggulannya dibandingkan dengan sistem otomatis lain yang ada adalah menyediakan pengukuran ketinggian air non-kontak menggunakan sensor ultrasonik, tetapi sistem otomatis yang ada menggunakan sensor ss (stainless steel) yang merupakan sensor ketinggian air tipe kontak dan juga sensor ini cepat terkorosi oleh	✓	✓ Air hujan ✓ Air tanah	✓ Tangki	✓ Sensor Ultrasonik	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
				beberapa bahan kimia. Hal yang sama hadir di LabVIEW menggunakan antarmuka pengguna grafis untuk visualisasi, LabVIEW berkomunikasi dengan perangkat tambahan seperti Arduino, sensor ultrasonik, pompa through makerhub					
3	Real Time DC Water Tank Level Control using Arduino Mega 2560	Jie Sheng	2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)	Rekayasa kontrol adalah bidang interdisipliner yang membutuhkan pengetahuan matematika dan fisika, sirkuit, sensor, aktuator, dan mikrokontroler (untuk implementasi kontrol digital). Ini juga memberikan pengalaman pengguna dalam pengujian, simulasi, dan implementasi waktu nyata. Makalah ini menyajikan kontrol level waktu nyata dari pabrik tangki air laboratorium yang mendemonstrasikan esensi dari teknik kontrol. Tujuannya adalah merancang dan mengaplikasikan pengontrol PID untuk menjaga ketinggian air dalam tangki silinder dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Setelah pemodelan instalasi dan pengujian perangkat, pengontrol dirancang, dan sistem loop tertutup	✓		✓ Tangki Air	✓ Arduino Mega 2560	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
				disimulasikan. Kontroler halus kemudian diimplementasikan melalui Arduino Mega 2560. Dengan membandingkan simulasi dan kinerja sistem loop tertutup eksperimental, perbedaan yang disebabkan oleh ketidakcocokan model-plant dibahas. Pentingnya mengintegrasikan matematika, fisika, dan sirkuit dengan pemrograman Arduino dalam sistem kontrol tertanam disorot.					
4	Design of flood detection system based on velocity and water level sensor in Arduino with SWOD application on Kalimati-Kretek Gantung DAM Banyuwangi	H Yuliandoko, Subono, V A Wardhany, S H Pramono and P Siwindarto	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 403, 2017 1st International Conference on Engineering and Applied Technology	Sebagai negara tropis Indonesia berpotensi mengalami hujan dalam beberapa periode karena pemanasan global cuaca menjadi tidak menentu yang mengakibatkan cuaca ekstrim. Dengan intensitas curah hujan yang tinggi, serta kurangnya resapan lahan dapat mengakibatkan volume air dalam suatu bendungan dapat melebihi kapasitas dan meluap. Selama ini proses pengamatan peningkatan volume air dengan menggunakan metode konvensional dirasa kurang efektif jika dilihat dari segi operasionalnya oleh operator harus datang langsung ke lapangan pada jangka waktu tertentu. Apabila	✓	✓ Bendungan		✓ SWOD (Safety Water Overflow Detection)	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
			(ICEAT)29-30 November 2017, Mataram, Indonesia	kondisi volume air meningkat secara tiba-tiba dan petugas tidak berada di tempat maka akan menimbulkan bencana banjir oleh karena itu diperlukan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut. SWOD (Safety Water Overflow Detection) adalah sebuah aplikasi yang terintegrasi dengan web server dan perangkat sensor sebagai pengambil data yang mampu memberikan informasi volume dan kecepatan air secara real time dari bendungan melalui perangkat mobile dan dilengkapi dengan peringatan saat mencapai kondisi darurat.					
5	Microcontroller Based Automated Water Level Sensing and Controlling: Design and Implementation Issue	S. M. Khaled Reza, Shah Ahsanuzzaman Md. Tariq, S.M. Mohsin Reza	Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010 Vol I WCECS 2010,	Pendekatan manajemen Level Air akan membantu mengurangi konsumsi daya rumah dan juga air meluap. Selain itu, dapat menunjukkan jumlah air di tangki yang dapat mendukung jenis Air Global termasuk pencatat data seluler, sistem transmisi data satelit untuk sistem pemantauan air jarak jauh. Selain itu, telepon seluler dengan daya komputasi yang relatif tinggi dan antarmuka pengguna	✓	✓ Waduk ✓ Bendungan	✓ Tangki Air	✓ Sensor ketinggian air	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
			October 20-22, 2010, San Francisco, USA	grafis berkualitas tinggi menjadi tersedia baru-baru ini. Dari perspektif pengguna, diperlukan penggunaan kembali sumber daya yang berharga tersebut dalam aplikasi seluler. Akhirnya, kami mengusulkan protokol layanan pemantauan berbasis web dan seluler yang akan menentukan dan merasakan ketinggian air secara global.					
6	Adaptive neuro-fuzzy inference system for prediction of water level in reservoir (Q1)	Fi-John Chang, Ya-Ting Chang	Advances in Water Resources 29 (2006) 1-10	Prediksi yang akurat dari ketinggian air di suatu waduk sangat penting untuk mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air. Pendekatan hibrid neuro-fuzzy digunakan untuk membangun sistem prakiraan ketinggian air selama periode banjir. Secara khusus, kami menggunakan sistem inferensi fuzzy berbasis jaringan adaptif (ANFIS) untuk membangun model prediksi untuk manajemen reservoir. Untuk menggambarkan penerapan dan kapabilitas ANFIS, waduk Shihmen, Taiwan, digunakan sebagai studi kasus. Sejumlah besar (132) kejadian topan dan hujan lebat dengan 8640 set data per jam yang dikumpulkan dalam 31 tahun terakhir digunakan. Untuk	✓	✓ Waduk	✓ Reservoir atas	✓ ANFIS	✓ Hibrid Neuro Fuzzy

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
				menyelidiki apakah model neuro-fuzzy ini bisa lebih pintar (akurat) jika pengetahuan manusia, yaitu arus keluar operasi reservoir saat ini, disediakan, kami mengembangkan dua model ANFIS: satu dengan keputusan manusia sebagai masukan, yang lain tanpa. Hasilnya menunjukkan bahwa ANFIS dapat diterapkan dengan sukses dan memberikan akurasi dan keandalan yang tinggi untuk peramalan ketinggian air waduk dalam tiga jam ke depan. Selain itu, model dengan keputusan manusia sebagai variabel input memiliki kinerja yang unggul secara konsisten sehubungan dengan semua indeks yang digunakan daripada model tanpa input ini.					
7	Distant Monitoring and Controlling of Gated Dams using PLC and SCADA (Q4)	Jagdish Kale, Pradnya Moon, Chandrakant Jadhav, Vikramsinh Patil, Komal Jadhav, Rohan	International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 06 Issue: 04 Apr 2019	Bendungan penting bagi perekonomian suatu negara karena merupakan sarana pembangkit listrik, irigasi, peningkatan pariwisata, konservasi air, dan banyak tujuan lainnya. Kemajuan teknologi di dunia saat ini telah mempengaruhi sebagian besar proses infrastruktur komunal yang efisien dan bertujuan untuk bekerja dan membuat kehidupan manusia lebih sesuai, nyaman dan mudah. Namun demikian, masih	✓	✓ Air sungai	✓	Bendungan	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
		Shinde		banyak area seperti pengendalian air dimana banyak tenaga yang menggunakan sistem manual untuk pemantauan serta pengendalian bendungan berpagar. Karena manual kurang akurat dan proses memakan waktu, Sistem Otomasi yang diusulkan ini akan mengizinkan pengguna akhir untuk mengamati sebagai serta mengontrol bendungan yang terjaga keamanannya dari jarak jauh menggunakan perangkat PLC dan perangkat lunak SCADA yang meminimalkan kesalahan dan waktu sekaligus mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas pemantauan dan pengendalian dengan tambahan langkah-langkah keselamatan manusia.					
8	Design of prototype decision support system for flood detection based on ultrasonic sensor	Yosep Septiana	MATEC Web Conf. Volume 197, 2018 The 3rd Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2018)	Hasil dari penelitian ini adalah sebuah prototipe berupa mikrokontroler berbasis sensor ultrasonik yang dapat digunakan sebagai sistem pendukung keputusan deteksi banjir yang akan mengetahui ketinggian muka sungai yang dirancang untuk mendeteksi tingkat tertentu tentang potensi banjir dengan kesalahan tingkat rendah.	✓	✓ Air sungai		✓ Sensor Ultrasonik	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
9	Automatic floodgates control using PLC with added focus on human safety	Gareeyase e Saha ; Anjana Parua ; Sushmitha R ; Shilpa Bhat	2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)	Bendungan sangat penting bagi perekonomian suatu negara karena merupakan sarana pembangkit listrik, irigasi, penyebaran pariwisata, konservasi air, dan tujuan lainnya. Namun, pelepasan air yang tidak beralasan dari saluran pelimpah bendungan ini terkadang menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan manusia. Ini adalah kasus dalam insiden Juni 2014 di Bendungan Larji Manali, India di mana 24 orang kehilangan nyawa karena pembukaan saluran pelimpah secara tiba-tiba dan tanpa pemberitahuan. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan kontrol otomatis pintu air yang mempertimbangkan keberadaan manusia dan juga digunakan untuk tujuan seperti pembangkit listrik dan irigasi. Makalah ini bertujuan untuk memberikan proposal simulasi pintu air otomatis menggunakan AC500PM554 PLC. Sistem yang diusulkan dapat diterapkan pada bendungan mendatang dengan ukuran dan kapasitas yang bervariasi.	✓	✓ Saluran air	✓ Bendungan	✓ Kontrol otomatis AC500P M554 PLC	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
10	IOT Based Lake and Reservoir Management System	J.Janet, S.Balakrishnan, S.Sheeba Rani	International Journal of Lakes and Rivers. ISSN 0973-4570 Volume 12, Number 1 (2019), pp. 27-32	untuk mengembangkan struktur Manajemen Ketinggian Air praktis menggunakan Internet of Things (IoT). Saat musim hujan, banjir sangat wajar terjadi. Tetapi jika itu terjadi secara hebat maka masalah akan muncul. Dalam makalah ini, kami mengusulkan konsep untuk membangun sistem perlindungan otomatis danau dan waduk (bendungan) melalui teknik pemantauan air berbasis IoT.	✓	✓ Waduk ✓ Danau ✓ Bendungan	✓ Reservoir atas	✓ IOT	
11	Using remote sensing and GIS technology for an improved decision support: a case study of residential water use in El Paso, Texas (Q2)	Hongjie Xie	Civil Engineering and Environmental Systems Vol. 26, No. 1, Maret 2009, 53–63	Dengan demikian, perbedaan antara pembacaan meter air dan perkiraan penggunaan air (dalam dan luar ruangan) dapat dihitung. Studi ini memberikan pendekatan alternatif dan cepat untuk membantu departemen air dalam memantau penggunaan air setiap rumah tangga secara efisien.	✓	✓ Saluran air		✓ Penginderaan jauh	

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
12	Multi-dimensional parametric assessment with IoT in acquaintance of digital pipeline (Q2)	N. Suresh Kumar, Mallikharjuna Rao K, Mahesh Kothuru, Y.Narasimha Rao	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 9, No. 6, December 2019, pp. 4649~4656	Pipeline dan prosesor Arduino UNO terintegrasi pada alat simulasi Proteus. Node transduser dan fungsinya dianalisis dengan pipeline	✓	✓ Saluran air		✓ Wireless Modul ✓ IOT	✓
13	Smart Water Meter System for User-Centric Consumption Measurement	Mduduzi John Mudumbe and Adnan M. Abu-Mahfouz	The IEEE 13th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)At: Cambridge, United Kingdom, July 2015	Makalah ini memperkenalkan sistem pengelolaan air berbasis jaringan sensor nirkabel (WSN). Sistem menggunakan standar IEEE 802.15.4 yang disematkan di ContikiOS LibCoAP sebagai aplikasi sumber terbuka untuk membuat sistem yang kuat dan cerdas. Visualisasi dan pemantauan sistem dicapai setelah pengembangan sistem berbasis web dan melalui Pandora FMS.	✓	✓ Saluran air		✓ Nirkabel (WSN)	✓ Contiki OS LibCoAP

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
14	Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Kima Bajo Kecamatan Wori	Fenny Nelwan E. M. Wuisan, L. Tanudjaja	Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.10, September 2013 (678-684)	Debit mata air 87,840 m ³ /hari akan memenuhi kebutuhan air untuk 10 tahun kedepan sebesar 37,225 m ³ /hari. Ukuran bak penampung (3x3x3x5)m dan ukuran reservoir distribusi (3x3x5,5)m. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa HDPE. Untuk kalkulasi sistem distribusi perpipaan, menggunakan program Epanet 2.0. Perencanaan ini sesuai dengan tujuan yaitu dapat menyediakan dan memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Kima Bajo.	✓	✓ Mata air	✓ Reservoir atas		✓ EPANET 2.0
15	Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kawasan Perumahan Griya Pemula (Welong Abadi) Kecamatan Paldua Manado	Ismail Abdul Hamid Lingkan Kawet, Alex Binilang, M. I. Jasin	Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.5, Juli 2014 (242-251)	Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk yang pertumbuhannya dianalisa menggunakan regresi linier. Untuk tahun 2027 dengan jumlah penduduk 2613 jiwa kebutuhan air bersih mencapai 6,234 liter/detik. Pengembangan sistem penyediaan air bersih terdiri dari pipa transmisi Ø100 mm, Bak Penampung berukuran 13,5m x 13,5m x 2,7m, Reservoar Distribusi tipe ground reservoir berukuran 12m x 12m x 2,7m dan pipa distribusi Ø75 mm s/d Ø100 mm	✓	✓ Saluran air	✓ Reservoir atas		

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
16	Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Paputungan Kecamatan Likupang Barat Minahasa Utara	Giovanni David Posumah Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw	Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.6 Juni 2015 (403-412)	Distribusi air bersih ke lokasi pelayanan menggunakan sistem gravitasi dan terdapat reservoir berukuran 2,75m x 2,75m x 3,85m untuk menampung air untuk optimalisasi suplai. Desain sistem penyediaan air bersih digunakan software EPANET 2.0 untuk dapat merencanakan dimensi pipa. Diameter pipa bervariasi agar dapat menyalurkan air ke keran umum di daerah pelayanan. Untuk pelayanan bagi masyarakat Desa Paputungan dipasang sebanyak 16 buah kran umum.	✓	✓ Air Sungai	✓ Reservoir atas		✓ EPANET 2.0
17	Perencanaan Peningkatan Kapasitas Produksi Air Bersih Ibukota Kecamatan Nuangan	Dwi Tirta Yudha Gaib Lambertus Tanudjaja, Liany A. Hendratta	Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.8 Agustus 2016 (481-490)	Berdasarkan data jumlah penduduk lima tahun terakhir, dianalisis pertumbuhan penduduk dengan menggunakan analisis regresi eksponensial sampai tahun 2035 yaitu sebesar 7353 jiwa. Dari hasil proyeksi jumlah penduduk sampai tahun rencana didapat total kebutuhan air bersih di Ibukota Kecamatan Nuangan 12 l/d. Total kebutuhan air ini digunakan sebagai data awal dalam perhitungan dimensi hidrolis sistem pengolahan air bersih yang meliputi : bak	✓	✓ Air sungai	✓ Reservoir atas		

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
				prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan ground reservoir dengan menerapkan kriteria desain dan batasan batasan yang sesuai dengan sistem pengolahan lengkap. Juga terdapat reservoir distribusi berukuran 10m x 6m x 5,5m untuk menampung air dan optimalisasi suplai.					
18	Pengembangan Sistem Pelayanan Air Bersih	Ridwan Naway F. Halim, M. I. Jasin, L. Kawet	Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.6, Mei 2013 (444-451)	Dari hasil perhitungan analisis kebutuhan air bersih di perumahan Wale Manguni Indah pada tahun 2031 dengan jumlah penduduk 928 jiwa mencapai 2,212 liter/detik. Reservoir bertipe ground reservoir dengan ukuran 4,5m x 4,5m x 3m. Sistem distribusi menggunakan sistem kombinasi antara sistem pemompaan dan gravitasi, dengan hasil perhitungan diameter pipa transmisi adalah 150 mm dan pipa distribusi bervariasi antara 50 mm – 100 mm. Untuk mendesain sistem penyediaan air bersih digunakan software EPANET 2.0.	✓	✓ Saluran air	✓ Ground Reservoir		
19	Analisis Ketersediaan dan	Indarto, Suhardjo Widodo,	Jurnal Agrotek 5(2) : 43-59	Neraca air dihitung dengan mempertimbangkan permintaan dan pasokan. Hasil penelitian	✓	✓ Mata air/ Air	✓ Reservoir		✓ Software GIS

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
	Kebutuhan Sumber Air Di Desa Sidomulyo	Ninin Ismulayati	44, 2010	menunjukkan bahwa debit bentuk pasokan air sudah mencukupi dibandingkan dengan total kebutuhan air di Desa Sidomulyo. Analisis menggunakan Linear Programming menunjukkan air yang optimal dapat digunakan untuk unit pengolahan kopi selama dua musim.		Sungai			
20	Prototype Water Level Tank dengan Display Warna LED dan LCD Berbasis Arduino Uno	M. Faisal	Journal of Informatics and Computer Science Vol. 5 No. 2 Oktober 2019	Dimana tujuan dari dibuatnya alat tersebut untuk merancang suatu sistem yang mendeteksi ketinggian air didalam tangki dan mengontrol ketinggiannya dengan sensor ultrasonik dan membuat suatu alat kontrol otomatis untuk selalu mengisi air didalam tangki penampungan yang memiliki manfaat agar stabilitas dan distribusi air selalu terjaga dan memudahkan manusia dalam mengontrol dan memonitoring persediaan air pada tangki penampungan.	✓	✓ Saluran air	✓ Tangki	✓ Arduino Uno	✓
21	Sistem Monitoring Stok Tangki Air Memanfaatk	Rian Saputra, Pipin Farida Ariyani,	Jurnal BIT Vol 15, No 1 (2018)	Program aplikasi juga dirancang dengan berbasis Desktop dan Android sebagai interface untuk memudahkan pengguna dalam memonitoring tangki air. Aplikasi	✓	✓ Saluran air	✓ Tangki air	✓ Sensor Ultrasonik	✓

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
	an Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroler Arduino Mega Pada Depot Air Minum	Noni Juliasari		monitoring dengan penyimpanan ke database mempermudah pengguna untuk pengawasan level ketinggian dan volume air pada tangki penampung dalam menjaga stok air di dalam tangki untuk tetap tersedia. Stok air di dalam tangki akan tetap terjaga karena aplikasi dapat mengirimkan purchase order otomatis dengan email kepada supplier air, jika ketersediaan air dalam tangki mulai menipis. Hal ini membuat Depot tidak perlu lagi menjadwalkan waktu pemesanan ke supplier air.					
22	Studi Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Perumahan Citra Pesona Buring Raya Kota Malang dengan Program Watercad	Valina Ayu Dewanti, Riyanto Haribowo, M. Janu Ismoyo	Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan VOL 1, NO 2 (2018)	Pemenuhan kebutuhan air bersih pada perumahan tersebut mendapatkan suplai air dari Tandon Buring Atas dengan debit inflow maksimum tandon sebesar 250 l/dt. Berdasarkan perhitungan total debit yang dibutuhkan pada perencanaan jaringan distribusi air bersih di perumahan, debit rata-rata yang dibutuhkan adalah sebesar 15,15 l/dt. Hasil simulasi dengan bantuan program WaterCAD sudah memenuhi standar yaitu kecepatan 0,1 – 1,34m/dt, headloss gradient 0,04 – 10,59 m/km, dan	✓	✓ Saluran air	✓ Tandon Buring Atas		✓ WaterCad

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoir	Sensor	Software
				tekanan 2,28 – 8,75 bars. Rencana anggaran biaya pada perencanaan ini sebesar Rp. 2.857.505.000,00.					
23	Prototipe Sistem Kontrol dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic dan Pemantauan Sumber Air Berbasis IOT (Internet Of Thing) serta Pendeteksi Kebocoran pada Pipa	Novtafani Muhammad Ibrahim, Hendro Agus Widodo, Edy Setiawan	Vol 3 No 1 (2018): Seminar MASTER 2018	Penggunaan pemantauan sistem berbasis IoT (Internet of Thing) dan pengendalian pompa menggunakan metode fuzzy lebih efektif dibandingkan sebelumnya yang tanpa menggunakan aplikasi IoT (Internet of Thing) dalam monitoring dan pengendaliannya. Sedangkan deteksi batas maksimal ketinggian air pada tandon 100% bekerja dengan baik. Untuk deteksi kebocoran pipa berdasar hasil pengujian menghasilkan penyimpanan 1,2%.	✓	✓ Saluran air		✓ IOT	
24	Simulasi Tekanan menggunakan Program WaterCAD pada Sistem Pendistribusian Air Bersih di PDAM Tirta	Mega Yunanda dan Ferry Kurniawan	Jurnal Ilmiah Bering's Vol. 05, No. 01, Oktober 2018, hal. 27-34	Hasil analisis kebutuhan air bersih tahun 2018 adalah 33,027 lt/det. Proyeksi pertumbuhan pelanggan jangka waktu 5 tahun ke depan (tahun 2022) adalah 2.362 sambungan langgan, jumlah kebutuhan air bersih sebesar 56,174 lt/det. Kehilangan tinggi tekan (hgs) jaringan pipa distribusi tahun 2017 yang terbesar berada pada blok 7 dengan tinggi kehilangan tekanan 1,0825 m atau	✓	✓ Saluran air			✓ WaterCad

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
	Musi Palembang			0,10825 atm. Hasil simulasi tekanan jaringan pipa menggunakan program WaterCAD didapat tekanan sebesar 0,7546 atm pada titik junction J-33 blok 5 (Lr.Tirta Mulyo) sampai 1,5149 atm pada titik junction J-68 blok 7 (Lr.Bugis)					
25	Identifikasi Potensi Sumber Air Permukaan Dengan Menggunakan DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) di Kabupaten Lembata Provinsi Nusa Tenggara Timur	Eka Wahyu Setiawan, A. Tunggul Sutan Haji, dan Bambang Suharto	Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan . Vol 1 No. 2 (2014)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan simulasi menggunakan SIMODAS. Dengan mengetahui catchment area, nilai sebaran hujan dan nilai koefisien runoff maka dapat diketahui debit rerata pertahun yang merupakan potensi sumber air permukaan. Simulasi menggunakan SIMODAS didapatkan hasil sebanyak 12 catchment area yang berpotensi, 12 catchment area tersebut didapatkan nilai debit 4,039 ; 1,534 ; 4,919; 3,158; 2,310; 6,768; 1,783; 3,251; 1,892; 3,785; 3,262 dan 1,920. Hubungan debit dan luas catchment area adalah berbanding lurus. Nilai kesalahan simulasi menggunakan SIMODAS setelah dilakukan kalibrasi yaitu sebesar 0,00000021% hal menunjukkan hasil simulasi dengan pengukuran aktual mendekati kebenaran.	✓	✓ Air Permukaan ✓ Mata Air			✓ Arc. View 3.3 ✓ Visual Basic 6.0

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
26	Analisis Kualitas dan Pemanfaatan Air Tanah Di Kecamatan Kota Barat Gorontalo	Aang Panji Permana	Jurnal Geomine, Volume 7, Nomor 1, (April 2019)	Hasil penelitian menunjukkan kualitas air tanah didominasi kondisi air jernih 64%, tidak berbau 82%, tidak berasa 92% dan tidak mengandung zat padatan terlarut 90-92%. Untuk analisis kimia kandungan arsen, besi dan nitrat sebagai N dalam batasan aman karena masih dibawah kadar maksimum. Pemanfaatan air tanah dari sumur warga didominasi untuk mandi, cuci dan kakus sebanyak 64%. Ketinggian rata-rata muka air tanah adalah 4,286 meter di atas permukaan air laut.	✓	✓ Air Tanah			✓ Surfer 10.
27	Penyediaan Air Bersih Sistem Kolektif: Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik pada Perumahan Klaster	Wahyu Buana Putra, Nitih Indra Komala Dewi, dan Tjahyani Busono.	Jurnal Arsitektur TERRACO TTA, No. 2 Vol. 1. Hal. 115-123. (April 2020)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air bersih dalam skala perumahan pada saat beban puncak. Berdasarkan hasil analisis dengan perkiraan jumlah penghuni 252 jiwa, perhitungan pemakaian kebutuhan air per hari 30.240 liter/ hari dengan pemakaian air pada jam puncak 4,86 m ³ /jam. Kecukupan kebutuhan air bersih per hari, diperlukan kapasitas efektif tangki atas sebesar 4,8 m ³ dengan laju aliran pompa 81 liter per menit. Berdasarkan hasil analisis, diperlukan penambahan titik sumber air tanah dalam untuk memenuhi kebutuhan debit air bersih sistem kolektif.	✓	✓ Air sumur	✓ Reservoar atas		

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
28	Analysis of the impacts of land use land cover change on streamflow and surface water availability in Awash Basin, Ethiopia.	Husen Maru, Amare Hailelassi e, Tesfaye Zeleke & Ermias Teferi	Geomatics, Natural Hazards And Risk, January 2023, Vol. 14, No. 1, 1–25	Metode analisis alat pelintas tanah dan air (SWAT) dan Neraca Air iklim (CWB). Total hasil air dari daerah tangkapan air masing-masing adalah 366,7 mm dan 382,01 mm untuk skenario LULC 1993 dan 2016	✓	✓			
29	A GIS-based combining of frequency ratio and index of entropy approaches for mapping groundwater availability zones at Badra–Al Al-Gharbi–Teeb areas, Iraq.	Alaa M. Al-Abadi, Amar A. Al-Temmeme & Maitham A. Al-Ghanimy	Sustain. Water Resour. Manag. (2016) 2:265–283 DOI 10.1007/s40899-016-0056-5	Metode analisis pendekatan rasio frekuensi dan indek entropi berbasis GIS. Dengan menggunakan kedua metode dapat diklasifikasikan menjadi lima kelas yaitu : sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Zona wilayah ketersediaan air sangat rendah 70% dan zona rendah 72% dari total luas wilayah	✓	✓			GIS

No	Judul	Penulis	Nomor	Hasil	Penyediaan Air Bersih	Sumber Air	Reservoar	Sensor	Software
30	Supply and Demand Analysis of Water Resources based on System Dynamics Model	Liguo Huang & Li Yin	J. Eng. Technol. Sci., Vol. 49, No. 6, 2017, 705-720	Metode analisis model dinamika sistem sumber daya air. Hasil rumusan intervensi melalui model dinamika sistem dapat menghindari terjadinya kekurangan air dalam 15 tahun ke depan.	✓	✓			✓ GIS
31	Design and Analysis of Water Distribution Network Using EPANET and GIS for Pattanam Rural Area of Coimbatore District	Aathira M. and Elangovan K.	ICCAP 2021, December 07-08, Chennai, India Copyright © 2021 EAI DOI 10.4108/eai.7-12-2021.2315102	Metode analisis simulasi Epanet dan GIS. Model sistem jaringan distribusi air yang menggunakan sistem grafitasi dan pompa tekan yang terintegrasi GIS.	✓	✓			✓ GIS ✓ Epanet ✓ GPS

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengantar Cara Penelitian

Punch (1988) mendefinisikan penelitian kuantitatif merupakan penelitian empiris dimana data-datanya dalam bentuk sesuatu yang dapat dihitung. Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Dengan demikian metode penelitian dapat ditarik sebagai tata cara untuk mendapatkan suatu data dan memprosesnya sesuai dengan prosedur-prosedur yang ada dalam sebuah penelitian. Menahami metode penelitian sangat penting bagi peneliti, karena akan lebih memudahkan peneliti untuk menentukan metode apa yang akan digunakan dalam penelitian.

Sesuai dengan hal di atas, maka pada bab III akan diuraikan variabel penelitian, data penelitian yang diperlukan, objek, lokasi dan sampel, metoda pengumpulan data, instrumen penelitian, metode analisis, bagan alir penelitian, serta jadwal penelitian

3.2 Variabel penelitian

Variabel penelitian meliputi rancangan aspek-aspek yang akan dianalisis dari hasil perhitungan akan menjadi permodelan rancangan reservoir dan sistem distribusi air ke konsumen. Hal ini meliputi kebutuhan air seluruh areal perumahan per hari selama 20 tahun kemudian, jam puncak, harian maksimum, head loss, debit air dan ketinggian air. Selain itu aspek yang dianalisis dengan menggunakan alat mikrokontroler, program Arduino, Epanet 2.0, Google Earth dan Global Mapper.

3.3 Data Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen skala laboratorium dan lapangan. Penelitian menggunakan alat berupa alat sensor yang mampu mengelola dalam mensuplai kebutuhan air mulai dari mendeteksi ketersediaan air di reservoir (reservoir 1, reservoir 2, dan reservoir 3), reservoir bawah (reservoir 4) dan reservoir atas (reservoir 5) secara otomatis. Selain itu melalui sensor pengelola mampu mengatur penggunaan air yang tersedia, baik air permukaan maupun air tanah serta mendistribusikannya ke unit-unit rumah secara grafitasi. Selanjutnya alat ini membantu pengelola untuk mengontrol ketersediaan air pada reservoir 1, 2 dan 3, reservoir empat dan reservoir lima, sehingga pengelola dapat dengan mudah, dan cepat dalam mengambil suatu keputusan dalam beberapa situasi.

Data penelitian yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini ada 3 jenis data yaitu data yang berhubungan dengan data kebutuhan air selama masa perencanaan, ketersediaan air/potensial air, dan data yang berhubungan dengan data jaringan pipa air untuk perencanaan distribusi air. Pertama data untuk menghitung kebutuhan air selama masa perencanaan diperlukan data jumlah penduduk setempat, dan laju pertumbuhan penduduk. Kedua data yang berhubungan dengan potensial air yaitu ketersediaan air hujan berupa data hidrologi : curah hujan, topografi, curah hujan, peta lokasi, ukuran reservoir, dan data ketersediaan air tanah berupa data aquifer data ini bisa dikumpulkan berupa data skunder atau data primer. Ketiga data yang berhubungan dengan pengaturan alat/sensor untuk keperluan distribusi jaringan pipa adalah; site plan perumahan, peta jaringan pipa, posisi dan besaran reservoir, serta data rumah yang telah dibangun.

3.4 Objek, Lokasi dan Sampel yang diperlukan

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen teknik dengan mengembangkan alat atau prototype. Penelitian ini mengembangkan riset untuk deteksi ketinggian muka air pada reservoir untuk distribusi air bersih, pipa air bersih yang menggunakan multi reservoir. Pensimulasian sistem distribusi

menggunakan analisis excel dengan program arduino dan prototype alat yang ditempatkan pada Perumahan Taman Argo Subur, Tangerang. Jumlah sampel pada penelitian ditentukan 1 atau 2 buah alat yang akan dikembangkan.

Penelitian akan dilakukan di Catfish Point Bogor, dan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Jakarta. Alat akan dipasang pada perumahan Taman Argo Subur. Waktu penelitian sekitar 1 hingga 2 tahun, dengan mengambil data primer maupun data sekunder, dan mengembangkan model dan alat. Perkiraan penelitian dimulai pada Januari 2021 hingga Desember 2022.

3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian

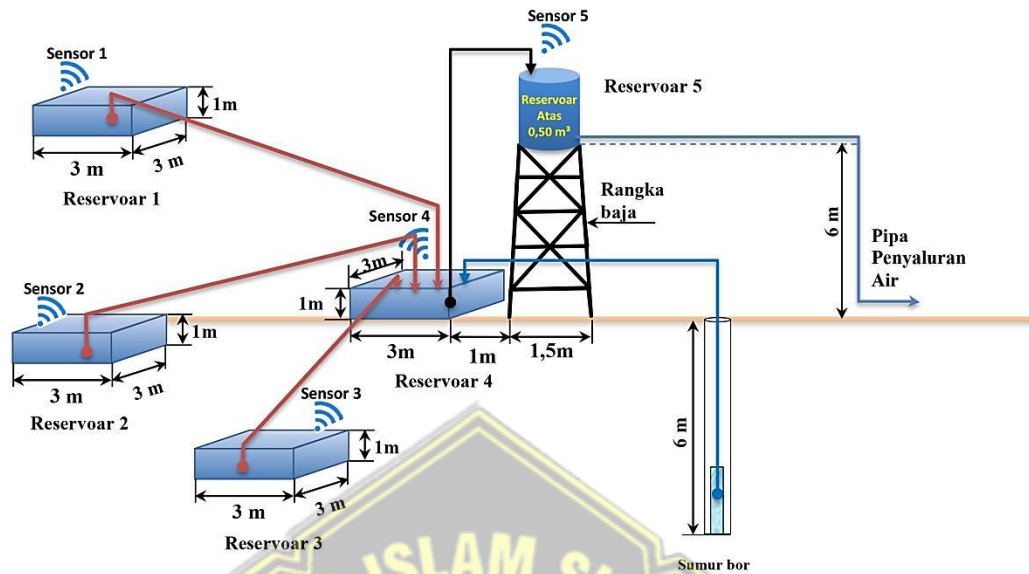
Pada bagian ini akan diuraikan metode pengumpulan data dalam penelitian yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder, sebagai berikut:

- 1) Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung oleh peneliti atau team. Data primer dapat berupa ; reservoir, debit air, tinggi muka air, kecepatan tampilan aplikasi ThingSpeak dan Blynk di HP, dan data lain hasil observasi lapangan.
- 2) Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada seperti; curah hujan, topografi, demografi, kondisi cuaca, literatur, penelitian terdahulu, buku, website dan lain lain.

3.6 Instrumen dan Proses Penelitian

Instrumen penelitian berupa alat/prototype yang menerapkan kecerdasan buatan Fuzzy Tsukamoto pada *Internet of Things (IoT)*, dengan mengukur data secara primer kondisi ketinggian air di sekitar reservoir empat dan lima serta pompa air, distribusi dapat dikontrol secara otomatis dari data ketinggian air pada reservoir yang dialirkan ke unit rumah pengguna secara real time. Tenaga yang digunakan pada sensor dalam penelitian menggunakan tenaga listrik. Prototype ini menghadirkan konsep dengan sistem yang terintegrasi agar setiap sistem dapat saling terhubung satu sama lainnya. Dengan demikian, setiap bagian tidak hanya

dipermudah dengan sharing data, melainkan akan dipermudah untuk pemantauan pemakaian air. Adapun alat atau prototype dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Skematik *Prototype* Penelitian

3.7 Metode Analisis

Hasil penelitian sangat ditentukan oleh jumlah kuantitas dan kualitas data, serta ketepatan metode analisis data yang dipergunakan. Pada penelitian ini, analisis data direncanakan menggunakan beberapa metode, disesuaikan jenis dan tujuan masing-masing tahap kegiatan, diantaranya; analisis kebutuhan air, analisis hidrologi untuk menentukan ketersediaan air permukaan, analisis hidrogeologi untuk menentukan ketersediaan air tanah, analisis hidrolika dan pengaturan sensor untuk pengelolaan air supaya efisien yang akan dijelaskan sebagai berikut:

3.7.1 Analisis Kebutuhan Air

Dalam menentukan debit air yang dibutuhkan, perlu menganalisis pertumbuhan penduduk dengan analisis proyeksi pertumbuhan penduduk 20 tahun ke depan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini. Akan digunakan dua metoda yaitu aritmatika, dan geometri memakai software microsoft excel 2010, sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah penduduk pada tahun t dengan analisis Aritmatika.
2. Menghitung jumlah penduduk pada tahun t dengan analisis Geometri.
3. Kemudian hasil dari kedua analisis dipilih trend regresi terbaik, yaitu dengan nilai koefisien korelasi hampir mendekati 1 dan standar deviasi terkecil.
4. Menghitung kebutuhan air total dan jam puncak dengan cara ditabelkan yang melibatkan kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik, dan kehilangan air.

3.7.2 Analisis Ketersediaan air permukaan (Analisis Hidrologi)

Untuk menentukan besarnya ketersediaan air pada reservoir 1, reservoir 2, dan reservoir 3 serta air permukaan, sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan data curah hujan sebagai masukan, data vegetasi penutup lahan data suhu udara dan data sifat fisik tanah sebagai pemroses air dalam DAS. Dalam hidrologi persamaan neraca air dapat digunakan untuk menghitung besarnya aliran air yang masuk dan keluar dari sebuah sistem. Dalam perhitungan ini digunakan metode alternatif yaitu metode Thornthwaite Matther, dan metode Fj Mock dengan prinsip debit bulanan dan tahunan dihitung dengan menggunakan persamaan neraca air.

Hasil analisis hidrologi ini akan ditentukan pada dua kondisi yaitu ; skenario 1 (pada musim hujan) dan skenario 2 (pada musim kemarau). Secara umum analisis hidrologi dapat dibuat tahapan-tahapannya sebagai berikut :

- a. Menghitung nilai indeks panas bulanan dan tahunan, dari data curah hujan dan suhu udara rata-rata bulanan.
- b. Evapotranspirasi potensial harian baku dihitung berdasar suhu udara bulanan dan indeks panas tahunan
- b. Evapotranspirasi potensial (ETP) dihitung dengan mengalikan ETP harian baku dengan faktor koreksi panjang hari yang sesuai dengan letak lintang setempat.
- c. Menghitung nilai surplus dengan cara curah hujan dikurangi ETP dan perubahan kadar air tanah.
- d. Selanjutnya menghitung juga defisit serta run off-nya.

- e. Menghitung daerah tangkapan air (*catchment area*) dengan menggunakan software google eart, google mapper, dan autoCAD untuk menentukan luasan DAS.
- f. Pada akhirnya dari perhitungan di atas didapatkan debit simulasi air bulanan dan tahunan.
- g. Menghitung debit andalan untuk keperluan penyediaan air baku.

3.7.3 Analisis Ketersediaan Air Tanah

Analisis data menggunakan data primer dan sekunder air tanah untuk menentukan potensi, konsistensi dan optimalisasi dari ketersediaan air tanah di lokasi Perumahan Taman Argo Subur Tangerang. Analisis geologi sangat diperlukan di lokasi tersebut dengan tahapan analisis sebagai berikut :

- a. Data yang didapatkan instansi – instansi yang terkait sebagai data penunjang seperti data topografi areal sekitar
- b. Peta Hidrogeologi Regional tujuan untuk mengetahui pemetaan keterdapatan air tanah (*groundwater occuence*) dan produktifitas aquifernya berkaitan dengan sifat keairan (*hydrolic properties*) unit geologi pada suatu daerah.
- c. Peta kontur geologi tanah yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang struktur tanah pada lokasi, tempat maupun daerah yang kita tinjau.
- d. Survey geolistrik bertujuan agar mendapatkan data litologi tanah sehingga dapat memperoleh sebaran batuan untuk menentukan posisi dan ketebalan aquifer.
- e. Selanjutnya memperoleh kondisi permukaan air tanah, kapasitas jenis sumur, kondisi sumur dan kondisi aquifer.

3.7.4 Analisis Pengaturan Alat (Analisis Hidrolika)

Pada tahap analisis hidrolika dilakukan dengan pada dua kondisi yaitu skenario1 (musim hujan), dan skenario 2 (musim kemarau). Dalam analisis ini akan dikumpulkan data-data seperti data debit air yang tersedia dan data debit air yang dibutuhkan selama masa perencanaan 20 tahun. Selanjutnya akan menganalisis hidrolika yang terjadi pada jaringan dengan menggunakan software aplikasi Epanet 2.0, untuk menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari

pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, katub, reservoir atas dan reservoir bawah. Epanet 2.0 menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap-tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Simulasi yang di jalankan pada analisa ini yaitu :

1) Simulasi Hidrolika pada skenario 1 (musim hujan)

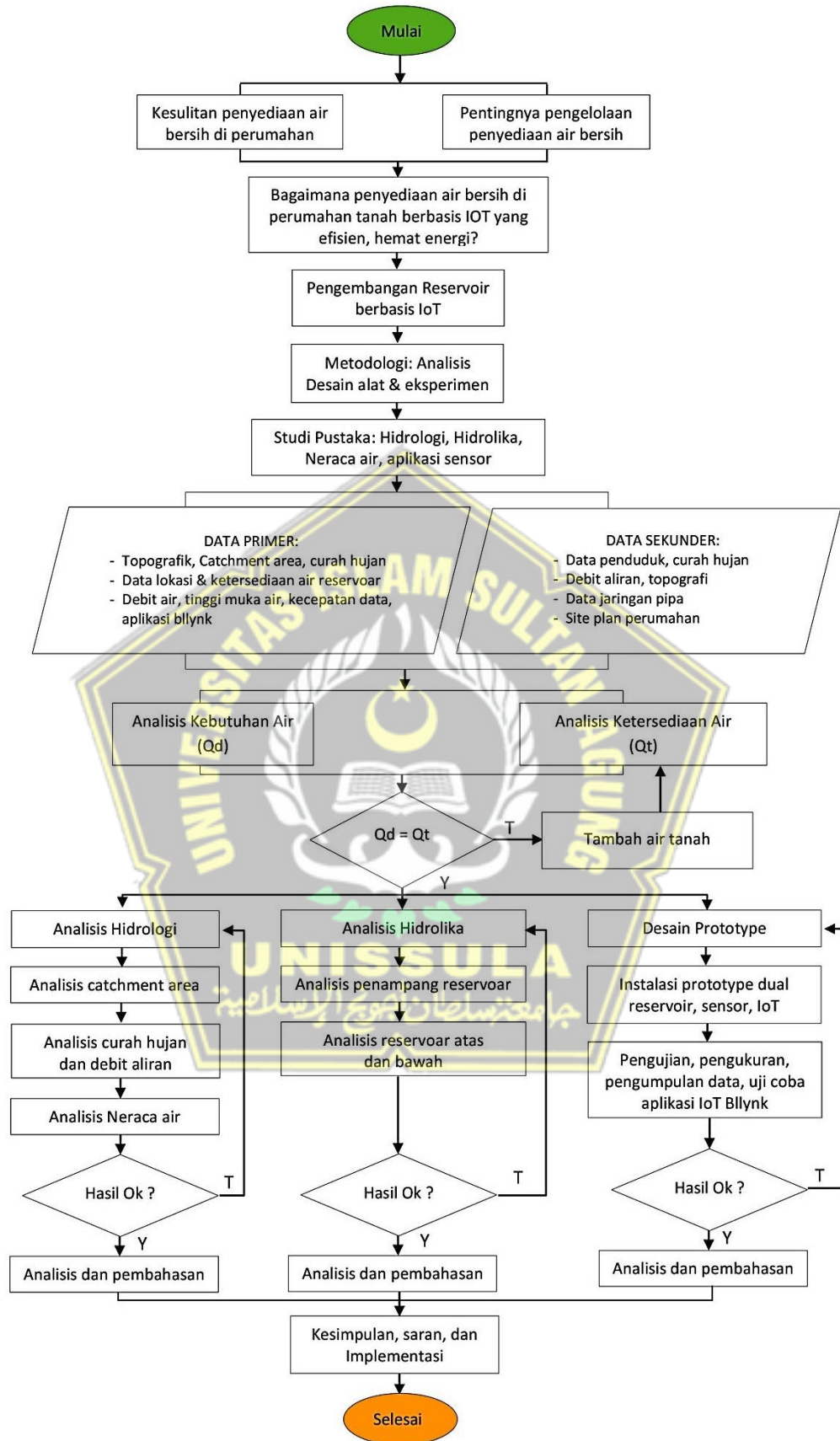
Skenario 1 dilaksanakan pada musim hujan, dimana suplai air bersih ke perumahan dengan menggunakan sumber air permukaan pada reservoir 1, dan reservoir 2 kemudian dipompa ke reservoir empat dan diteruskan ke reservoir lima selanjutnya didistribusi secara gravitasi ke rumah-rumah di perumahan. Pada musim ini juga air dari reservoir 1 dan reservoir 2 dialirkan ke reservoir 3 sampai terisi penuh sebagai cadangan pada musim kemarau.

2) Simulasi Hidrolika pada skenario 2 (musim kemarau)

Skenario 2 dilaksanakan pada musim kemarau, dimana suplai air bersih ke perumahan dengan menggunakan sumber air permukaan pada reservoir 3 (sumber air cadangan) dan air tanah yang dipompa ke reservoir bawah dan diteruskan ke reservoir atas selanjutnya didistribusi secara gravitasi ke rumah-rumah di perumahan.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap, dengan berbagai kegiatan pada masing-masing tahap sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

DATA DAN HASIL ANALISIS

Perancangan sistem multi sumber air dan reservoir dimaksudkan untuk memberikan kemudahan bagi pengelola di perumahan dalam menyediakan air bersih kepada para penghuni. Ada beberapa langkah yang harus dilakukan oleh pengelola untuk dapat merancang sistem yang dapat menyediakan air bersih secara efisien kepada penghuni perumahan. Langkah-langkah yang harus dilakukan diantaranya adalah menghitung kebutuhan air, menghitung ketersediaan air dan merancang sistem distribusi air yang efektif dan efisien.

4.1 Kebutuhan Air

Kebutuhan air dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan pertambahan jumlah penduduk. Kabupaten Tangerang merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi karena banyaknya perumahan yang dibangun di wilayah tersebut. perumahan Taman Argo Subur menjadi salah satu perumahan di Kabupaten Tangerang yang mengalami peningkatan jumlah penghuninya.

4.1.1 Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Air Domestik

Pada Tahun 2013 jumlah penduduk yang berada di Perumahan Taman Argo Subur sebanyak 1.500 jiwa. Kebutuhan air selama satu tahun adalah sebesar 65.700.000 liter dengan memperhitungkan kebutuhan satu orang dalam satu hari adalah sebesar 120 liter. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh pengelola Taman Argo Subur mengenai jumlah penghuni, maka dapat dihitung besarnya pertumbuhan penduduk di perumahan Taman Argo Subur dan membuat perkiraan mengenai besarnya kebutuhan air di masa yang akan datang. Hasil perhitungan kebutuhan air di Perumahan Taman Argo Subur Kabupaten Tangerang Periode 2013 – 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Perhitungan Kebutuhan Air Perumahan Taman Argo Subur

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan	Kebutuhan air (liter/tahun)
1	2013	1500	-	65.700.000
2	2014	1511	0,73%	66.181.800
3	2015	1654	9,46%	72.445.200
4	2016	1756	6,17%	76.912.800
5	2017	1800	2,51%	78.840.000
6	2018	1963	9,06%	85.979.400
7	2019	2044	4,13%	89.527.200
8	2020	2135	4,45%	93.513.000
9	2021	2204	3,23%	96.535.200
10	2022	2223	0,86%	97.367.400
Rata-rata Pertumbuhan			4,06%	

Sumber: Administrasi RW 13 Perum TAS Kec. Solear, 2022 diolah

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat terlihat bahwa pertumbuhan penduduk dan perkembangan suatu wilayah secara signifikan meningkatkan kebutuhan air domestik. Secara rata-rata pertumbuhan penduduk di Perumahan Taman Argo Subur Kecamatan Solear Kabupaten Tangerang adalah sebesar 4%. Dengan mempertimbangkan pertumbuhan penduduk yang terjadi di Kabupaten Tangerang, maka dapat dibuat prediksi kebutuhan air domestik di masa yang akan datang. Prediksi jumlah penduduk di masa yang akan datang dapat dihitung menggunakan deret aritmatik dan geometri kemudian dipilih hasil perhitungan yang paling mendekati. Perhitungan proyeksi penduduk untuk 20 tahun ke depan mulai tahun 2023 sampai tahun 2042 dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Aritmatik dan Geometri

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Pertumbuhan Penduduk	Proyeksi penduduk	
			Aritmatik	Geometri
			$P_n = P_o(1 + rt)$	$P_n = P_o(1 + r)^n$
1	2023	0,045	2.323	2.323
2	2024	0,045	2.423	2.428
3	2025	0,045	2.523	2.537
4	2026	0,045	2.623	2.651
5	2027	0,045	2.723	2.770
6	2028	0,045	2.823	2.895
7	2029	0,045	2.923	3.025
8	2030	0,045	3.023	3.161
9	2031	0,045	3.123	3.304
10	2032	0,045	3.223	3.452
11	2033	0,045	3.323	3.608
12	2034	0,045	3.423	3.770
13	2035	0,045	3.523	3.940
14	2036	0,045	3.623	4.117
15	2037	0,045	3.724	4.302
16	2038	0,045	3.824	4.496
17	2039	0,045	3.924	4.698
18	2040	0,045	4.024	4.909
19	2041	0,045	4.124	5.130
20	2042	0,045	4.224	5.361
SDTDV (Standar Deviasi)			256,85	254,02
CORREL (Korelasi)			0,99	0,99

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.2 dan tabel lampiran L.5 (hal 189) dapat dihitung standar deviasi metode geometri sebesar 254,02 lebih kecil dari standar deviasi metode aritmatik sebesar 256,65 dan korelasi metode geometri sebesar 0,99 dan korelasi metode aritmatik 0,99 sama-sama mendekati angka 1. Sementara dari jumlah penduduk metode geometri menunjukkan angka 5.361 orang dan metode aritmatik menunjukkan angka 4.224 orang sehingga perhitungan proyeksi metode geometri jumlah penduduk lebih besar dari perhitungan metode aritmatik, maka proyeksi metode geometri dapat dipakai untuk menghitung proyeksi penduduk. Dari Tabel 4.2 dapat dibuat prediksi kebutuhan air di wilayah Perumahan Taman Argo Subur Kabupaten Tangerang untuk masa 20 tahun yang akan datang, dengan

menggunakan data Tahun 2022 sebagai tahun dasarnya, dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Perkiraan Kebutuhan Air 20 Tahun yang akan datang

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (liter/det)
1	2023	2323	3,23
2	2024	2428	3,37
3	2025	2537	3,52
4	2026	2651	3,68
5	2027	2770	3,85
6	2028	2895	4,02
7	2029	3025	4,20
8	2030	3161	4,39
9	2031	3304	4,59
10	2032	3452	4,79
11	2033	3608	5,01
12	2034	3770	5,24
13	2035	3940	5,47
14	2036	4117	5,72
15	2037	4302	5,98
16	2038	4496	6,24
17	2039	4698	6,53
18	2040	4909	6,82
19	2041	5130	7,13
20	2042	5361	7,45

Sumber : Hasil Perhitungan

Bila mengacu pada Tabel 4.3, maka di Tahun 2023, jumlah penduduk Perumahan Taman Argo Subur Kabupaten Tangerang berjumlah 2.323 jiwa dengan total kebutuhan air untuk satu hari sebesar 3,23 liter/detik. Dengan menggunakan metode geometri maka dapat diperkirakan jumlah penduduk di Kabupaten Tangerang pada Tahun 2042 adalah sebanyak 5.361 jiwa dengan prediksi kebutuhan air selama untuk satu hari sebesar 7,45 liter/detik.

4.1.2 Sarana, Prasarana dan Kebutuhan Air Non Domestik

Selain kebutuhan air domestik, maka dalam menentukan kebutuhan air perlu memperhitungkan kebutuhan air non domestik. Berdasarkan perencanaan di wilayah Perumahan Taman Argo Subur akan dibangun beberapa sarana dan prasarana umum. Sarana dan prasarana umum yang akan dibangun di perumahan Taman Argo Subur berupa pendirian sekolah menengah kejuruan, masjid, mushola, perkantoran dan puskesmas. Pendirian sarana dan prasarana tersebut tidak dilaksanakan seluruhnya dalam satu waktu, tetapi dilaksanakan secara bertahap. Berikut adalah sarana dan prasarana umum yang akan di bangun di Perumahan Taman Argo Subur, dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini

Tabel 4.4 Perencanaan Pembangunan Sarana dan Prasarana

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Masjid Blok S & R Tahun 2017 (25 l/jiwa)	Sekolah (SMKN) Tahun 2018 (10 l/jiwa)	Musholla Blok S & O Tahun 2019 (25 l/jiwa)	Masjid Blok N Tahun 2030 (25 l/jiwa)	Perkantoran Blok P Tahun 2031 (30 l/jiwa)	Musholla Blok U T Tahun 2035 (25 l/jiwa)	Puskesmas Blok R Tahun 2036 (25 l/jiwa)	Kebutuhan Air liter/det
1	2023	200	500	100	-	-	-	-	0,145
2	2024	200	500	100	-	-	-	-	0,145
3	2025	200	500	100	-	-	-	-	0,145
4	2026	200	500	100	-	-	-	-	0,145
5	2027	200	500	100	-	-	-	-	0,145
6	2028	200	500	100	-	-	-	-	0,145
7	2029	200	500	100	-	-	-	-	0,145
8	2030	200	500	100	100	-	-	-	0,174
9	2031	200	500	100	100	50	-	-	0,191
10	2032	200	500	100	100	50	-	-	0,191
11	2033	200	500	100	100	50	-	-	0,191
12	2034	200	500	100	100	50	-	-	0,191
13	2035	200	500	100	100	50	100	-	0,220
14	2036	200	500	100	100	50	100	50	0,234
15	2037	200	500	100	100	50	100	50	0,234
16	2038	200	500	100	100	50	100	50	0,234
17	2039	200	500	100	100	50	100	50	0,234
18	2040	200	500	100	100	50	100	50	0,234
19	2041	200	500	100	100	50	100	50	0,234
20	2042	200	500	100	100	50	100	50	0,234

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.4 maka dapat terlihat bahwa jumlah kebutuhan air akan semakin meningkat di masa yang akan datang sejalan dengan perencanaan pembangunan sarana dan prasarana umum yang telah ditetapkan. Dengan memperhitungkan kebutuhan air untuk; masjid 25 l/jiwa/hari, musholla 25 l/jiwa/hari, sekolah 10 l/jiwa/hari, perkantoran 30 l/jiwa/hari, dan puskesmas 25 l/jiwa/hari. Pada Tabel 4.5 menunjukkan besarnya kebutuhan air non domestik sejalan dengan pembangunan fasilitas yang telah direncanakan.

Tabel 4.5 Kebutuhan Air Non Domestik

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Kebutuhan Air	
		Liter/hari	liter/det
1	2023	12500	0,145
2	2024	12500	0,145
3	2025	12500	0,145
4	2026	12500	0,145
5	2027	12500	0,145
6	2028	12500	0,145
7	2029	12500	0,145
8	2030	15000	0,174
9	2031	16500	0,191
10	2032	16500	0,191
11	2033	16500	0,191
12	2034	16500	0,191
13	2035	19000	0,220
14	2036	20250	0,234
15	2037	20250	0,234
16	2038	20250	0,234
17	2039	20250	0,234
18	2040	20250	0,234
19	2041	20250	0,234
20	2042	20250	0,234

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.5 maka dapat terlihat bahwa pada Tahun 2030 akan terjadi peningkatan kebutuhan air sebesar 15000 liter/hari yang terjadi akibat adanya pembangunan sekolah, masjid dan mushola. Peningkatan itu menunjukkan adanya tambahan kebutuhan air sebanyak 15000 liter/hari dari kebutuhan air non domestik sampai dengan Tahun 2030. Pada akhir Tahun 2042 dengan lengkapnya pembangunan sarana dan prasarana umum, maka total kebutuhan air non domestik adalah sebesar 20250 liter/hari atau 0,234 liter/det.

4.1.3 Kebutuhan Air Total

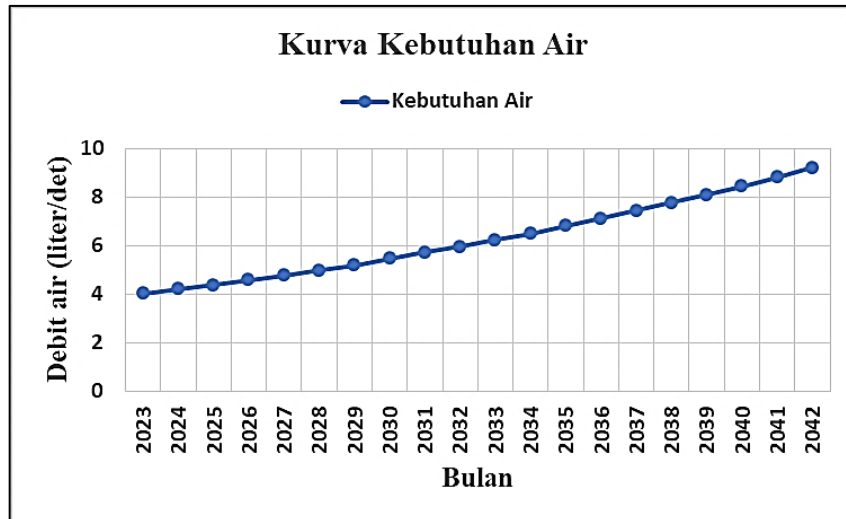
Dalam memperhitungkan kebutuhan air bersih, selain kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik, diperhitungkan juga kehilangan air. Kehilangan air pada umumnya disebabkan kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam membaca meter. Kehilangan air dipergunakan $20\% \times (\text{domestik} + \text{non domestik})$. Kebutuhan air total adalah penjumlahan dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik dan kehilangan air. Data kebutuhan air dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Perhitungan Kebutuhan Air Total (liter/detik)

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Kebutuhan Air Domestik	Kebutuhan Air Non Domestik	Kehilangan Air	Kebutuhan Air Total
1	2023	3,23	0,14	0,67	4,05
2	2024	3,37	0,14	0,70	4,22
3	2025	3,52	0,14	0,73	4,40
4	2026	3,68	0,14	0,77	4,59
5	2027	3,85	0,14	0,80	4,79
6	2028	4,02	0,14	0,83	5,00
7	2029	4,20	0,14	0,87	5,22
8	2030	4,39	0,17	0,91	5,48
9	2031	4,59	0,19	0,96	5,74
10	2032	4,79	0,19	1,00	5,98
11	2033	5,01	0,19	1,04	6,24
12	2034	5,24	0,19	1,09	6,51
13	2035	5,47	0,22	1,14	6,83
14	2036	5,72	0,23	1,19	7,14
15	2037	5,98	0,23	1,24	7,45
16	2038	6,24	0,23	1,30	7,77
17	2039	6,53	0,23	1,35	8,11
18	2040	6,82	0,23	1,41	8,46
19	2041	7,13	0,23	1,47	8,83
20	2042	7,45	0,23	1,54	9,22

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk menggambarkan data kuantitatif dan menerangkan perkembangan kebutuhan air dari tahun ke tahun selama masa perencanaan dibuat gambar 4.1 seperti di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik kebutuhan air

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kebutuhan air bersih semakin meningkat mulai tahun 2023 sebesar 4,05 liter/det sampai 9,22 liter/det pada tahun 2042.

Sebagai perbandingan telah dilakukan penelitian oleh Gazza (2020), dapat diketahui bahwa kebutuhan air pada Perumahan Mutiara Garden mencapai 6,523 l/s. Sedangkan untuk kebutuhan air Platinum Regency mencapai 14,04 l/s. Maka didapat kebutuhan air total mencapai 20,57 l/s.

4.2 Ketersediaan Air

4.2.1 Ketersediaan Air Permukaan

1) Neraca Air

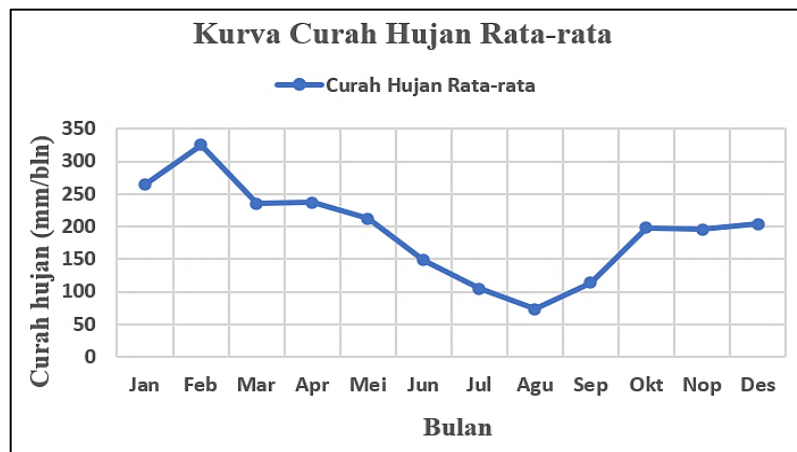
Pembangunan wilayah pemukiman di Kabupaten Tangerang perlu memperhatikan ketersediaan air di wilayah tersebut, karena air menjadi kebutuhan pokok di dalam kehidupan. Guna mengetahui ketersediaan air di suatu wilayah dapat menggunakan perhitungan neraca air. Perhitungan neraca air membutuhkan data klimatologi suatu wilayah, oleh sebab itu untuk dapat menghitung neraca air di Kabupaten Tangerang tepatnya dibutuhkan data curah hujan, temperature udara, data kelembapan, data sifat fisik tanah dan data vegetasi penutup. Perhitungan neraca air memanfaatkan data klimatologi suatu wilayah, dimana data-data yang dipergunakan diantaranya adalah data curah hujan, kelembapan,

suhu dan lain-lain. Perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode Thiessen dari tiga stasiun yaitu stasiun Soetta, Serang, dan Curug. Langkah-langkah perhitungan curah hujan rata-rata metode Thiessen dapat dilihat pada Lampiran L.10 halaman 194 – 195. Hasil perhitungan curah hujan rata-rata Kabupaten Tangerang selama periode 2002-2021, dapat disajikan pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Curah hujan rata-rata (mm/bln) Kabupaten Tangerang Tahun 2002-2021

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
2002	482,90	292,10	255,60	374,60	274,20	72,10	180,70	21,60	40,90	122,20	220,90	245,90
2003	259,70	298,20	278,70	335,00	295,00	322,60	282,80	78,10	244,00	380,20	159,00	149,10
2004	134,40	257,10	256,40	312,50	176,20	156,00	3,00	7,00	53,60	99,60	269,90	286,80
2005	279,90	279,30	129,20	127,90	337,90	105,20	20,20	37,00	3,20	45,10	108,90	195,70
2006	243,30	555,70	470,10	269,20	274,30	97,90	70,50	112,20	220,60	503,00	241,90	190,30
2007	259,70	298,20	278,70	335,00	295,00	322,60	282,80	78,10	244,00	380,20	159,00	149,10
2008	322,00	195,00	166,00	72,00	113,00	167,00	208,00	123,00	328,00	186,00	148,00	109,00
2009	243,00	91,00	204,00	107,00	85,00	38,00	79,00	8,50	32,00	71,00	79,00	112,00
2010	302,00	191,00	91,00	184,00	98,00	36,00	16,00	9,30	7,00	126,00	51,00	95,00
2011	424,00	212,00	224,00	104,00	261,00	60,00	244,00	122,00	35,00	84,00	211,00	384,00
2012	207,00	486,00	220,00	301,00	152,00	79,00	33,00	106,00	8,00	118,00	125,00	416,00
2013	209,00	664,00	133,00	198,00	95,00	141,00	1,00	73,00	33,00	81,00	245,00	144,00
2014	339,00	306,00	211,00	305,00	197,00	129,00	21,00	15,00	18,00	34,00	279,00	188,00
2015	145,50	178,20	222,20	153,70	70,40	196,60	3,00	0,00	29,90	87,60	116,50	167,90
2016	183,60	283,10	321,30	318,70	152,90	129,70	178,10	200,00	201,60	335,00	607,90	103,20
2017	259,70	298,20	278,70	335,00	295,00	322,60	282,80	78,10	244,00	380,20	159,00	149,10
2018	134,40	257,10	256,40	312,50	176,20	156,00	3,00	7,00	53,60	99,60	269,90	286,80
2019	279,90	279,30	129,20	127,90	337,90	105,20	20,20	37,00	3,20	45,10	108,90	195,70
2020	243,30	555,70	470,10	269,20	274,30	97,90	70,50	112,20	220,60	503,00	241,90	190,30
2021	326,40	533,50	104,40	203,30	279,10	236,80	98,10	254,40	259,80	278,10	116,90	328,50
Rata-rata	263,94	325,54	235,00	237,28	211,97	148,56	104,89	73,98	114,00	197,95	195,93	204,32

Sumber: Hasil Perhitungan Metoda Thiessen



Gambar 4.2 Grafik Curah hujan rata-rata periode 2002 -2021

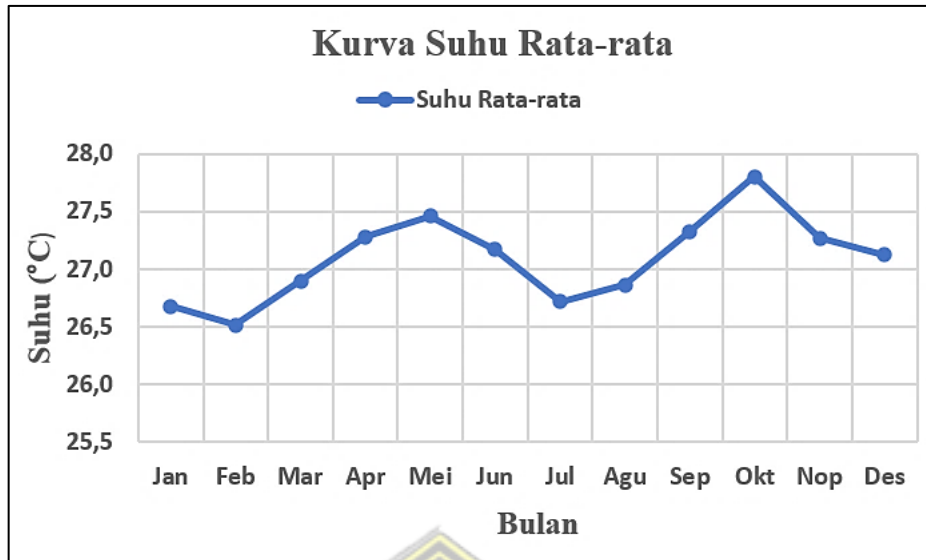
Dengan memperhatikan Tabel 4.7 dan Gambar 4.2 mengenai data curah hujan yang terjadi di wilayah Kabupaten Tangerang selama periode 2002-2021 dapat terlihat bahwa secara rata-rata curah hujan mencapai titik terendahnya pada Bulan Agustus mencapai 73,98 mm/bln. Kondisi ini perlu menjadi perhatian bagi para pemangku kepentingan seperti pemerintah, pengelola perumahan dan masyarakat yang tinggal di wilayah Kabupaten Tangerang. Rendahnya curah hujan pada periode tersebut harus dapat diantisipasi agar tidak terjadi masalah kekeringan atau kekurangan air bersih di masyarakat.

Data suhu rata-rata bulanan Kabupaten Tangerang selama Periode Tahun 2002 – 2021 dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Suhu rata-rata (°C) Kabupaten Tangerang Tahun 2002-2021

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
2002	26,70	26,40	27,40	27,50	27,90	27,60	27,10	26,90	27,90	28,80	28,40	27,80
2003	27,80	26,70	27,00	27,90	28,00	27,50	27,20	27,50	27,80	27,90	27,80	27,90
2004	27,10	26,60	27,30	27,90	27,50	27,10	27,00	27,30	28,00	28,60	27,90	27,20
2005	26,50	27,00	27,60	28,00	28,10	27,40	27,00	27,00	28,00	29,70	27,60	27,00
2006	26,40	27,10	27,10	27,50	27,60	26,90	27,40	27,00	27,40	28,70	24,90	27,90
2007	27,90	26,50	27,10	27,40	27,60	27,40	27,40	27,30	27,70	27,90	27,90	26,90
2008	27,20	25,90	26,60	27,20	27,60	27,30	27,10	27,30	28,10	28,30	27,80	27,30
2009	26,70	26,60	27,50	27,90	27,80	27,90	27,30	27,70	28,50	28,40	27,90	27,80
2010	23,80	23,50	23,70	23,90	24,20	24,00	23,00	23,20	23,60	24,10	24,10	23,90
2011	26,00	26,20	26,20	26,60	26,70	26,90	26,30	26,50	26,60	26,90	26,70	27,00
2012	27,20	27,50	27,60	27,60	28,00	28,10	27,70	27,70	28,00	28,50	27,90	27,90
2013	26,60	27,50	28,40	28,20	28,10	28,10	26,90	27,80	28,10	28,60	28,20	27,20
2014	24,30	24,40	24,60	25,20	25,00	25,00	23,40	23,80	24,00	24,70	24,80	24,90
2015	26,60	28,50	27,30	27,70	28,30	27,90	27,90	28,00	28,20	29,00	29,00	28,20
2016	28,20	27,50	28,10	28,10	28,70	28,20	27,60	27,80	27,80	27,70	27,80	27,50
2017	27,50	26,20	27,30	27,80	28,10	28,00	27,70	27,90	28,40	28,50	27,90	27,80
2018	26,32	26,16	26,63	26,95	27,29	26,99	26,34	26,54	26,97	27,62	26,99	26,86
2019	26,70	26,80	26,40	27,40	27,40	27,10	26,50	26,30	27,10	27,80	27,70	27,20
2020	27,98	26,73	27,18	27,61	27,51	27,44	26,89	27,04	27,21	27,01	27,05	26,54
2021	26,07	26,49	26,91	27,27	27,77	26,52	26,66	26,70	27,13	27,25	27,03	27,64
Suhu (°C) rata-rata	26,68	26,51	26,90	27,28	27,46	27,17	26,72	26,86	27,33	27,80	27,27	27,12

Sumber: Data BMKG 2022 diolah



Gambar 4.3 Grafik Suhu Rata-rata Bulanan Periode 2002-2021

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa suhu rata-rata bulanan yang terdapat di Kabupaten Tangerang cukup bervariasi. Suhu rata-rata terendah terdapat pada bulan Februari yaitu sebesar 26,5⁰C sedangkan suhu tertinggi terdapat pada bulan Oktober sebesar 27,8⁰C. Data rata-rata suhu di Kabupaten Tangerang yang berada pada rentang 26,5⁰C sampai dengan 27,8⁰C mengindikasikan bahwa wilayah Kabupaten Tangerang memiliki cuaca yang cukup sejuk. Hal ini pula yang mendasari banyaknya perusahaan pengembang yang mengembangkan perumahan di wilayah Kabupaten Tangerang. Dengan memanfaatkan data curah hujan, suhu, intensitas penyinaran maka dapat dibuat neraca air untuk Kabupaten Tangerang. Langkah-langkah perhitungan neraca air secara lengkap disajikan pada Lampiran L.22 sampai Lampiran L.29 (halaman 210 – 217). Hasil perhitungan neraca air menggunakan metode Thornwaite Matter dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Neraca Air Kabupaten Tangerang (Thornwaite Matter)

Bulan	P	Ep	P - EP	APWL	ST	Δ ST	AE	D	S
Jan	263,94	125,58	138,4		172,5	0	138,36	0	138,36
Feb	325,54	115,47	210,1		172,5	0	210,06	0	210,06
Mar	235,00	143,40	91,6		172,5	0	91,60	0	91,60
Apr	237,28	113,32	124,0		172,5	0	123,95	0	123,95
Mei	211,97	115,57	96,4		172,5	0,0	96,40	0	96,40
Jun	148,56	111,13	37,4		172,5	0,0	37,43	0	37,43
Jul	104,89	135,24	-30,4	-30,36	142,1	30,36	129,88	30,36	0,00
Agu	73,98	155,67	-81,7	-112,05	30,1	102,98	183,69	81,69	0,00
Sep	114,00	172,17	-58,2	-170,22	-140,2	161,15	290,50	58,17	0,00
Okt	197,95	172,82	25,1		-140,2	0	25,12	0	25,12
Nop	195,93	114,66	81,3		172,5	0	81,27	0	81,27
Des	204,32	94,45	109,9		172,5	0	109,87	0	109,87

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas dapat dilihat besaran neraca air yang terdapat di Kabupaten Tangerang. Hasil perhitungan neraca air metode Thornwaite Mather menunjukkan bahwa Kabupaten Tangerang memiliki surplus air tanah bulan Oktober sampai dengan bulan Juni, sedangkan pada bulan Juli sampai dengan September terjadi defisit air.

2) Debit Andalan

Dalam pembangunan reservoir, selain kapasitas perlu memperhatikan besarnya debit air andalan yang bisa dicapai. Dengan memanfaatkan data curah hujan, suhu dan data klimatologi lainnya maka dapat dihitung besarnya debit air yang bisa dihasilkan reservoir. Perhitungan debit andalan menggunakan metode FJ Mock untuk memperkirakan besarnya water surplus. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan bulanan selama 20 tahun yaitu tahun 2002 – 2021.

Langkah awal untuk water surplus perlu dihitung besarnya evapotranspirasi pada periode yang sama, maka data lainnya yang diperlukan adalah data kelembapan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin.

Perhitungan evapotranspirasi potensial dilakukan dengan menggunakan data klimatologi untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi potensial harian pada bulan tersebut. Adapun contoh tahapan perhitungan evapotranspirasi potensial dilakukan pada stasiun meteorologi Curug bulan Januari. Tahapan-tahapan perhitungan evapotranspirasi potensial bulan Januari tahun 2002 adalah sebagai berikut:

- 1) Suhu (t) = 26,70 °C (dari tabel 4.8)
- 2) Kecepatan angin (U) = 3,54 Km/hr (dari tabel lampiran L.14)
- 3) Fungsi angin f(U) = $0,27 \left(1 + \frac{U}{100} \right)$
 $= 0,27 \left(1 + \frac{3,54}{100} \right) = 0,28$
- 4) Penyinaran matahari (n/N) = 44,00 % (dari tabel Lampiran L.13)
- 5) Kelembapan relatif (Rh) = 87,00 % (dari tabel Lampiran L.15)
- 6) Tekanan uap jenuh (ea) = 33,67 m bar (dari Tabel Lampiran L.16)
- 7) Tekanan uap aktual (ed) = $ea \times \frac{Rh}{100}$
 $= 33,67 \times \frac{87}{100} = 29,29 \text{ m bar}$
- 8) Menghitung (ea – ed) = $33,67 - 29,29$
 $= 4,38 \text{ m bar}$
- 9) Faktor W = 0,75 (dari Tabel Lampiran L.16)
- 10) Menghitung (1-W) = $1 - 0,75$
 $= 0,25$
- 11) Radiasi ekstra matahari (Ra) = 15,80 mm/hr (dari Tabel Lampiran L.20)
- 12) Interpolasi ekstra matahari (Ra') = $15,8 + (6,3/(8-6)) \times (16,1 - 15,8)$
 $= 15,84 \text{ mm/hr}$
- 13) Menghitung n = Ra' x penyinaran matahari

$$n = \frac{15,84 \times 44,00}{100} = 6,97$$
- 14) Rasio keawanan (n/N) = $\left(\frac{6,97}{15,84} \right) = 0,44$
- 15) Radiasi diterima matahari (Rs) = $(0,25 + 0,5 \times n/N) \times Ra$
 $= (0,25 + 0,5 \times 0,44) \times 15,84 = 7,45$
- 16) Menghitung Rns, (a = 0,25) = $(1 - a) Rs$
 $= (1 - 0,25) \times 7,45 = 5,58$

- 17) Efek temperatur $f(T) = 15,90$ (Tabel Lampiran L.16)
- 18) Menghitung $F(e_d) = 0,34 - 0,044 (e_d)^{0,5}$
 $= 0,34 - 0,044 (29,29)^{0,5} = 0,10$
- 19) Menghitung $f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N$
 $= 0,1 + 0,9 \cdot 0,44$
 $= 0,50$
- 20) Menghitung $R_{n1} = f(T) \cdot f(sd) \cdot f(n/N)$
 $= 15,90 \cdot 0,10 \cdot 0,50$
 $= 0,80 \text{ mm/hr}$
- 21) Menghitung $R_n = R_{ns} - R_{n1}$
 $= 5,58 - 0,80$
 $= 4,78 \text{ mm/hr}$
- 22) Menghitung u (konversi) $= \text{kec angin} \times 1000 / (60 \times 60 \times 24)$
 $= (3,54 \times 1000) / (3600 \times 24)$
 $= 0,04$
- 23) Menghitung $U_{\text{siang}} / U_{\text{malam}} = 1$
- 24) Faktor koreksi $C = 1,1$ (konstanta dari Tabel Lampiran L.18)
- 25) Menghitung $E_{to} = C \cdot (W \cdot R_n + (1-W)(e_a - e_d) \cdot f(U))$
 $= 1,1(0,75 \times 4,78 + (1-0,75) \times 4,38 \times 0,28) = 4,04 \text{ mm/hr}$

Dengan cara yang sama selanjutnya dilakukan langkah yang sama pada bulan Februari, Maret, dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.10. Sedangkan untuk perhitungan yang lengkap dari bulan Januari sampai Desember 2002 dapat dilihat pada Tabel Lampiran L.30.

Tabel 4.10 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Januari – Juni Tahun 2002

No	Uraian	Ket	Bulan		
			Jan	Peb	Mar
1	Temperatur Udara (°C)	data	26,70	26,40	27,40
2	Kecepatan angin (U) Km/hr	data	3,54	4,17	3,38
3	$f(u) = 0,27 (1+U/100)$	hitung	0,28	0,28	0,28
4	Penyinaran Matahari (%)	data	44,00	36,00	61,00
5	Kelembapan relatif ,RH (%)	data	87,00	86,00	83,00
6	Tekanan uap jenuh ,ea (m bar)	tabel L.16	33,67	34,83	37,60
7	Tekanan uap aktual ,ed = ea x Rh/100	hitung	29,29	29,95	31,21
8	ea - ed	hitung	4,38	4,88	6,39
9	Faktor W	tabel L.16	0,75	0,75	0,76
10	(1 - W)	hitung	0,25	0,25	0,24
11	Radiasi ekstra matahari, Ra (mm/hr)	tabel L.17	15,00	15,50	15,70
12	Maksimum Penyinaran matahari, N	tabel L.17	15,70	15,70	15,70
13	$n=N \times \text{penyinaran Matahari}$	hitung	6,91	5,65	9,58
14	Rasio Keawanan, n/N	hitung	0,44	0,36	0,61
15	Radiasi diterima matahari $R_s=(0,25 + 0,5n/N)R_a$	hitung	7,05	6,67	8,71
16	$R_{ns}= (1-a) R_s, a=0,25$	hitung	5,29	5,00	6,54
17	efek Temperatur, f(T)	tabel L.16	15,90	16,02	16,28
18	$F(ed) = 0,34-0,044 (ed)^{0,5}$	hitung	0,10	0,10	0,09
19	$f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N$	hitung	0,50	0,42	0,65
20	$R_{n1} = f(T). f(ed). f(n/N)$	hitung	0,80	0,67	1,00
21	Energi sisa, $R_n = R_{ns} - R_{n1}$	hitung	4,48	4,33	5,54
22	U (m/det)	konversi	0,04	0,05	0,04
23	U siang / U malam		1,00	1,00	1,00
24	Faktor Koreksi ,C	Tabel L.18	1,10	1,10	1,00
25	$E_{To} = C .(W.R_n + (1-W).f(u).(ed - ea))$, mm/hr	hitung	4,04	3,95	4,64

Sumber: Hasil perhitungan

Secara lengkap data hasil perhitungan evapotranspirasi tahun 2002 - 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.11, sebagai berikut :

Tabel 4.11 Evapotranspirasi potensial (mm/hari) Periode 2002 – 2021

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2002	4,04	3,95	4,64	3,80	4,20	4,01	4,02	5,10	5,64	5,78	2,82	4,36
2003	4,90	4,23	4,27	3,77	4,27	4,25	4,52	4,85	5,43	4,99	2,85	3,68
2004	4,26	3,52	4,51	3,87	3,47	4,01	4,15	5,03	5,83	5,94	2,67	3,96
2005	4,00	4,40	4,36	3,95	4,11	3,51	4,07	4,63	5,42	4,83	2,58	3,83
2006	3,64	4,54	6,05	5,73	4,03	3,98	4,25	4,82	6,24	6,15	2,52	4,21
2007	4,78	4,11	4,15	3,30	2,29	3,56	4,19	5,04	5,79	5,17	2,69	3,99
2008	4,74	2,95	4,24	3,37	4,05	3,74	4,25	4,37	4,95	4,85	2,87	3,92
2009	3,65	3,48	4,70	3,28	3,48	3,71	3,99	5,06	5,63	5,40	2,83	4,17
2010	3,64	3,47	4,69	3,27	3,48	3,71	3,99	5,05	5,62	5,40	2,82	4,16
2011	3,49	3,76	4,20	3,46	3,72	3,61	4,05	5,10	5,62	5,24	2,69	3,92
2012	3,94	4,52	4,36	3,51	3,91	3,79	4,12	5,21	5,77	5,30	2,97	3,99
2013	3,38	4,08	5,14	3,65	3,62	3,45	3,24	5,24	5,52	5,50	2,79	4,35
2014	3,64	3,77	4,14	3,80	3,73	3,45	3,79	5,06	6,24	5,92	2,67	4,22
2015	3,98	4,26	4,06	3,59	4,22	3,92	4,34	5,10	5,44	6,09	2,65	4,43
2016	4,31	4,17	4,39	3,89	3,60	3,58	3,90	4,63	4,95	3,93	2,85	3,04
2017	3,98	4,02	4,41	3,53	3,81	3,52	3,42	4,91	5,49	5,14	2,77	3,98
2018	3,59	4,27	4,28	3,07	3,39	3,20	3,59	4,43	5,14	4,79	2,84	4,11
2019	3,81	4,60	3,73	3,56	3,60	3,56	4,01	4,94	5,24	5,40	2,62	3,95
2020	3,58	3,66	3,89	3,22	3,19	3,26	3,52	4,41	5,26	4,79	2,74	3,64
2021	3,64	4,43	7,74	5,94	6,74	5,80	7,07	7,79	9,53	9,10	1,98	6,87
Rata-rata	3,95	4,01	4,60	3,78	3,84	3,78	4,12	5,04	5,74	5,49	2,71	4,14

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan evapotranspirasi potensial yang tercantum dalam Tabel 4.11, dapat diketahui nilai evapotranspirasi potensial yang tertinggi yaitu pada bulan September dengan nilai $E_{To} = 9,53$ mm/hari dan yang terendah pada bulan November dengan nilai $E_{To} = 1,98$ mm/hari.

Besarnya evapotranspirasi mempengaruhi jumlah water surplus di suatu wilayah. Dengan menggunakan data pada Tabel 4.8 dan catchment area dapat dibuat besarnya debit andalan untuk dua reservoir yang disiapkan oleh Pengelola Air Perumahan Taman Argo Subur. Perhitungan catchment area reservoir 1 dan reservoir 2 disusun pada Lampiran L.19 halaman 203 – 207. Reservoir 1 memiliki luas 0,63 ha dengan daerah tangkapan air hujan 13,7 ha serta volume tampungan air sebesar 97.900 m³. Reservoir 2 memiliki luas 0,89 ha dengan daerah tangkapan air hujan 15,0 ha dan volume tampungan air sebesar 97.900 m³. Reservoir 3 memiliki luas 2 ha dengan volume tampungan air 245.400 m³. Untuk menghitung besarnya debit yang dihasilkan oleh kedua reservoir maka dibutuhkan nilai *run off*.

Untuk menghitung debit air simulasi pada reservoir 1 dan reservoir 2 dapat dilakukan langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode FJ Mock sebagai contoh, akan diuraikan langkah-langkah perhitungan bulan Januari tahun 2002 sebagai berikut:

- 1) Data hujan bulanan rata-rata (P) = 482,90 mm (dari Tabel 4.7)
- 2) Data hari hujan rata-rata (N) = 26,00 hari (dari Tabel Lampiran L.11)
- 3) Evapotranspirasi Potensial (ET) = $4,04 \times 31$
= 125,12 mm/bulan (dari Tabel 4.11)
- 4) Expose Surface (M) = 20% , (M= 10% – 40 %)
- 5) Menghitung $\frac{E}{ET} = \left(\frac{M}{20}\right) \times (18-N)$
= $\left(\frac{20}{20}\right) \times (18-26,00) = 0,000$ %
(hasilnya -8,00 karena hasilnya negatif ditulis 0,000)
- 6) Menghitung E = $ET \times \left(\frac{M}{20}\right) \times (18-N)$
= $125,12 \times (0,000) = 0,000$ mm
- 7) Menghitung EL = $ET - E = 125,12 - 0,000 = 125,12$ mm
- 8) Water Surplus (P - EL) = $482,90 - 125,12 = 357,78$ mm

- 9) Infiltrasi (I) = 40% x Water Surplus
= 40% x 357,78 = 143,11 mm
- 10) Menghitung V_n = 0,5 (1+K) x I, K = 0,6
= 0,5 x (1+0,6) x 143,11 = 114,49 mm
- 11) Menghitung $K * (V_n - 1)$ = 0,6 x (0,000)
= 0,000 mm (karena V_n-1 bulan Desember 2001 sama dngan 0,000)
- 12) Menghitung V_n = 114,49 mm
- 13) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-1 = 0,6 x (56,97) = 34,18 mm
($V(n-1)$ = 56,97 , diambil dari bulan desember)
- 14) Menghitung V_n Lanjutan ke-1 = 114,49 + 34,18 = 148,68 mm
- 15) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-2 = 0,6 x 81,93 = 49,16 mm
- 16) Menghitung V_n Lanjutan ke-2 = 114,49 + 49,16 = 163,65 mm
- 17) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-3 = 0,6 x 81,98 = 49,19 mm
- 18) Menghitung V_n Lanjutan ke-3 = 114,49 + 49,19 = 163,68 mm
- 19) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-4 = 0,6 x 81,98 = 49,19 mm
- 20) Menghitung V_n Lanjutan ke-4 = 114,49 + 49,19 = 163,68 mm
- 21) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-5 = 0,6 x 81,98 = 49,19 mm
- 22) Menghitung V_n Lanjutan ke-5 = 114,49 + 49,19 = 163,68 mm
- 23) Menghitung $K * (V(n - 1))$ lanjutan ke-6 = 0,6 x 81,98 = 49,19 mm
- 24) Menghitung V_n Lanjutan ke-6 = 114,49 + 49,19 = 163,68 mm
(nilai V_n sudah sama, perhitungan V_n dihentikan)
- 25) Menghitung $V_n' = V_n - (V_n-1) = 114,49 - 114,49 = 0,000$ mm
- 26) Base flow = I - $V_n' = 143,11 - 0,000 = 143,11$ mm
- 27) Direct Runoff (DRO) = (P-EL) - I = 357,78 - 143,11 = 214,67 mm
- 28) Run Off = (I- V_n')+K(R-EL)
= 143,11 + 0,6 x(482,90 - 125,12) = 357,78 mm
- 29) Debit bulanan rata-rata Reservoir 1 (CA Reservoir -1 = 13,8 ha)
= $(\frac{357,78}{1000}) \times (\frac{0,138}{1000000}) / (31 \times 24 \times 60 \times 60) = 18,37$ liter/det
- 30) Debit bulanan rata-rata Reservoir 2 (CA Reservoir -2 = 15,0 ha)
= $(\frac{357,78}{1000}) \times (\frac{0,150}{1000000}) / (31 \times 24 \times 60 \times 60) = 20,04$ liter/det

Untuk menghitung bulan-bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dengan menggunakan tabel, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.12 Sedangkan untuk Perhitungan yang lengkap dari bulan Januari sampai Desember 2002 dapat dilihat pada lampiran L.31 (halaman 219).

Tabel 4.12 Perhitungan Debit Simulasi Metode FJ Mock
Januari - Maret Tahun 2002

No	Uraian	Unit	Bulan		
			Jan	Peb	Mar
1	Hujan Bulanan Rata-rata (P)	mm	482,90	292,10	255,60
2	Har hujan rata-rata (N)	hari	26,00	24,00	12,00
3	EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ET)	mm/bulan	125,12	110,47	143,79
	LIMIT EVAPOTRANSPIRASI				
4	Expose Surface (M)	%	0,20	0,20	0,20
5	$E/ET = (M/20) \times (18-N)$	%	-	-	0,06
6	$E = ET \times (M/20) \times (18-N)$	mm	-	-	8,63
7	$EL = ET - E$	mm	125,12	110,47	135,17
	WATER BALANCE				
8	Water Surplus (R - EL)	mm	357,78	181,63	120,43
	RUN OFF/GROUND WATER STORAGE				
9	Infiltrasi (I) = 40% x Water Surplus	mm	143,11	72,65	48,17
10	$V_n = 0,5 (1+K) \times I, K = 0,6$	mm	114,49	58,12	38,54
11	$K * (V_n - 1)$	mm	-	68,69	76,09
12	V_n	mm	114,49	126,82	114,63
13	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	34,18	89,21	129,61
14	V_n Lanjutan	mm	148,68	216,02	244,24
15	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	49,16	98,19	135,00
16	V_n Lanjutan	mm	163,65	225,01	249,63
17	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	49,19	98,21	135,02
18	V_n Lanjutan	mm	163,68	225,03	249,64
19	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	49,19	98,21	135,02
20	V_n Lanjutan	mm	163,68	225,03	249,64
21	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	49,19	98,21	135,02
22	V_n Lanjutan	mm	163,68	225,03	249,64
23	$K * (V_n - 1)$ lanjutan	mm	49,19	98,21	135,02
24	V_n Lanjutan	mm	163,68	225,03	249,64
25	$V_n' = V_n - (V_n - 1)$	mm	-	61,34	24,62
26	Base flow = I - V_n'	mm	143,11	11,31	23,55
27	Direct Runoff (DRO)	mm	214,67	108,98	72,26
28	Run Off = (I - V_n') + K(R-EL)	mm	357,78	120,29	95,82
29	Debit bulanan rata-rata (Tandon 1)	liter/det	18,37	6,18	4,92
30	Debit bulanan rata-rata (Tandon 2)	liter/det	20,04	7,46	5,37

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan debit simulasi selama 20 tahun (2002 – 2022) hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini :

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Debit Simulasi Reservoir 1 (liter/det)

Metode FJ Mock Periode 2002 – 2021

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2002	18,37	6,18	4,92	11,26	8,48	- 1,32	3,76	- 5,06	- 5,19	- 1,27	6,19	4,04
2003	13,08	16,56	12,45	14,62	12,76	14,81	14,83	3,82	12,69	17,35	9,20	9,39
2004	6,68	13,41	10,45	12,65	7,68	8,11	- 0,02	0,17	2,58	4,86	11,50	10,81
2005	14,17	12,09	7,24	6,46	13,95	5,41	0,89	1,69	- 0,09	2,08	5,78	7,92
2006	12,31	27,11	18,48	12,19	13,61	5,03	3,57	5,57	11,43	20,62	10,69	9,86
2007	13,09	16,58	12,45	14,63	12,83	16,96	14,83	3,81	12,69	17,36	9,21	9,39
2008	4,69	11,33	1,13	3,87	- 0,80	1,86	- 0,76	- 1,87	1,47	- 0,43	4,17	0,78
2009	12,29	4,31	8,13	4,73	4,42	1,83	4,02	0,24	1,45	3,39	3,83	4,64
2010	15,32	7,84	6,90	8,27	4,93	1,72	0,65	0,22	0,07	6,19	2,49	4,06
2011	21,59	11,23	10,37	5,34	12,24	3,02	12,77	6,07	1,60	4,06	10,33	15,16
2012	10,43	21,94	11,83	13,09	7,85	3,99	1,58	5,24	0,16	5,81	6,45	16,00
2013	10,56	28,00	6,76	9,77	4,69	7,31	- 0,12	3,52	1,47	3,90	10,64	5,84
2014	17,22	13,78	8,69	13,13	9,92	6,67	0,93	0,56	0,67	1,48	12,12	7,16
2015	7,27	8,61	8,63	6,36	3,43	10,26	- 0,02	- 0,22	1,34	4,22	5,41	6,65
2016	9,21	15,86	14,63	14,07	7,92	6,71	9,25	10,36	10,43	14,67	24,56	5,14
2017	13,13	16,57	12,44	14,63	12,77	16,94	14,84	3,81	12,68	17,34	9,20	9,38
2018	6,72	13,38	10,45	12,68	7,68	8,13	0,02	0,17	2,59	4,89	11,49	10,80
2019	14,18	12,08	7,26	6,46	13,96	5,43	0,90	1,71	- 0,06	2,08	5,79	7,92
2020	12,31	27,15	18,56	12,26	13,63	5,05	3,59	5,58	11,48	20,67	10,68	9,89
2021	16,57	25,39	7,95	11,11	13,28	11,85	4,89	12,73	13,31	13,85	7,51	15,19

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Debit Simulasi Reservoir 2 (liter/det)

Metode FJ Mock Periode 2002 - 2021

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2002	20,04	7,46	5,37	12,29	9,25	- 1,44	4,11	- 5,52	- 5,67	- 1,38	6,75	4,40
2003	14,27	18,07	13,58	15,95	13,92	16,16	16,18	4,16	13,85	18,93	10,04	10,25
2004	7,29	14,63	11,40	13,81	8,38	8,84	- 0,02	0,19	2,82	5,30	12,55	11,79
2005	15,46	13,19	7,90	7,04	15,22	5,90	0,98	1,85	- 0,10	2,27	6,31	8,64
2006	13,43	29,57	20,16	13,30	14,85	5,49	3,89	6,08	12,47	22,49	11,66	10,75
2007	14,28	18,09	13,58	15,96	13,99	18,50	16,18	4,15	13,85	18,94	10,05	10,24
2008	5,12	12,36	1,24	4,22	- 0,87	2,03	- 0,83	- 2,04	1,60	- 0,46	4,54	0,85
2009	13,41	4,71	8,87	5,16	4,82	2,00	4,39	0,26	1,58	3,70	4,18	5,06
2010	16,71	8,55	7,53	9,02	5,38	1,87	0,71	0,24	0,08	6,76	2,72	4,43
2011	23,56	12,25	11,32	5,82	13,35	3,29	13,93	6,62	1,74	4,43	11,27	16,54
2012	11,38	23,93	12,91	14,29	8,56	4,35	1,73	5,71	0,18	6,34	7,03	17,45
2013	11,52	30,55	7,37	10,65	5,12	7,97	- 0,13	3,84	1,61	4,26	11,61	6,37
2014	18,79	15,04	9,48	14,32	10,83	7,27	1,01	0,61	0,73	1,62	13,22	7,81
2015	7,93	9,39	9,41	6,93	3,74	11,19	- 0,02	- 0,24	1,47	4,60	5,90	7,26
2016	10,04	17,30	15,97	15,35	8,64	7,32	10,09	11,30	11,38	16,00	26,80	5,61
2017	14,33	18,08	13,57	15,96	13,94	18,48	16,19	4,15	13,83	18,92	10,03	10,24
2018	7,33	14,60	11,40	13,83	8,38	8,87	0,02	0,18	2,83	5,33	12,54	11,79
2019	15,47	13,18	7,93	7,05	15,23	5,92	0,99	1,86	- 0,07	2,27	6,32	8,64
2020	13,43	29,62	20,25	13,38	14,87	5,51	3,92	6,09	12,52	22,55	11,65	10,79
2021	18,08	27,70	8,67	12,13	14,49	12,93	5,34	13,89	14,52	15,11	8,19	16,57

Sumber: Hasil Perhitungan

Probabilitas debit andalan yang digunakan untuk air baku adalah debit dengan peluang terjadinya 90% dengan kegagalan 10% (Sulistyarso et al, 2015). Untuk menentukan debit andalan data diurutkan dari data debit terbesar sampai terkecil lalu dihitung persentasi keandalannya dengan persamaan Weibul. Sebelum penentuan debit andalan, terlebih dahulu mencari nilai probabilitas (%) menggunakan rumus 2.24 pada bab II, contoh perhitungan tahun ke-1 dapat dilihat seperti dibawah ini.

$$P_m\% = \frac{m}{n + 1} \times 100\%$$

$$P_1\% = \frac{1}{20 + 1} \times 100\%$$

$$P_1\% = 4,76\% \text{ (bentuknya seperti atas)}$$

Untuk perhitungan P2, P3, P4,, P20 baik pada reservoir 1 maupun pada reservoir 2 selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Perhitungan Debit Andalan (/liter/det) Reservoir 1
Metode Weibull Periode 2002 -2021

No	Probabilitas	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	4,76%	25,91	33,88	22,27	17,56	17,83	20,35	17,81	15,28	20,60	24,80	29,48	19,95
2	9,52%	22,05	32,59	22,18	17,55	17,82	20,33	17,80	12,43	15,97	24,74	14,55	18,37
3	14,29%	20,67	32,53	17,56	17,55	16,36	17,77	17,80	7,36	15,23	20,83	13,80	18,19
4	19,05%	19,89	30,55	14,94	16,88	16,34	14,87	15,33	7,28	15,23	20,82	13,79	12,97
5	23,81%	19,55	26,73	14,93	15,76	16,30	12,31	13,04	6,70	15,21	20,81	13,55	12,96
6	28,57%	18,39	19,89	14,92	15,21	15,39	10,42	11,10	6,69	13,77	17,60	12,82	11,87
7	33,33%	17,01	19,89	14,20	15,19	15,33	9,75	5,87	6,28	13,72	16,62	12,82	11,83
8	38,10%	17,00	19,87	12,54	14,72	15,32	9,73	4,83	4,58	12,51	11,18	12,39	11,27
9	42,86%	15,76	19,03	12,53	14,63	14,69	8,77	4,52	4,57	3,11	7,43	11,06	11,26
10	47,62%	15,71	16,54	12,45	13,51	11,91	8,44	4,31	4,57	3,10	6,97	11,04	11,26
11	52,38%	15,70	16,10	10,43	12,77	11,28	8,05	4,28	4,23	1,92	5,87	11,04	9,94
12	57,14%	14,77	16,06	10,35	12,77	10,17	8,00	1,90	2,05	1,77	5,83	9,53	9,94
13	61,90%	14,77	14,73	9,78	9,66	9,50	6,51	1,11	2,03	1,74	5,06	9,23	8,60
14	66,67%	14,75	14,72	9,75	7,63	9,22	6,06	1,08	0,67	1,61	4,88	8,86	8,12
15	71,43%	12,67	13,48	9,54	7,23	9,22	6,04	1,07	0,29	0,80	4,68	7,60	7,98
16	76,19%	12,51	13,08	8,72	6,41	7,63	4,79	0,78	0,26	0,20	4,07	7,59	7,54
17	80,95%	11,05	10,56	8,69	6,05	6,73	3,62	0,02	0,20	0,09	2,50	7,43	6,17
18	85,71%	8,72	10,33	8,28	6,04	5,63	2,20	-0,02	0,20	-0,07	2,50	6,49	5,57
19	90,48%	8,06	9,77	8,11	6,04	5,30	2,06	-0,03	-0,26	-0,11	1,78	4,60	5,56
20	95,24%	8,02	7,41	5,90	5,68	4,11	-1,58	-0,14	-6,07	-6,23	-1,52	4,02	4,84
	Q-80	11,34	10,88	8,69	6,12	6,91	3,85	0,17	0,22	0,11	2,81	7,46	6,45
	Q-90	8,13	9,82	8,13	6,04	5,34	2,07	0,00	0,00	0,00	1,85	4,79	5,56

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Perhitungan Debit Andalan (liter/det) Reservoar 2
Metode Weibull Periode 2002 -2021

No	Probabilitas	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	4,76%	28,27	36,97	24,30	19,16	19,46	22,20	19,43	16,67	22,48	27,06	32,16	21,76
2	9,52%	24,05	35,55	20,16	19,15	19,44	22,18	19,42	13,56	17,42	22,73	15,87	20,05
3	14,29%	22,54	33,32	19,16	19,14	17,84	19,39	19,42	8,03	16,62	22,71	15,05	19,85
4	19,05%	21,70	29,57	16,30	18,42	17,78	16,22	16,72	7,95	16,61	22,70	15,04	14,15
5	23,81%	21,33	29,16	16,29	17,19	16,79	13,43	14,22	7,31	16,60	22,49	14,78	14,14
6	28,57%	20,06	21,70	16,28	16,60	16,72	11,37	12,11	6,85	15,02	19,20	13,98	12,95
7	33,33%	18,56	21,70	15,49	16,57	16,71	10,64	6,40	6,08	13,65	18,13	13,52	12,30
8	38,10%	18,55	21,68	13,68	16,06	16,02	10,61	5,27	5,00	12,47	12,20	12,06	12,29
9	42,86%	17,19	20,76	13,67	14,74	14,85	9,57	4,93	4,98	3,39	8,11	12,04	12,28
10	47,62%	17,14	18,04	13,58	13,93	12,99	9,21	4,70	4,98	3,38	7,60	12,04	10,84
11	52,38%	17,13	17,56	11,38	13,93	12,31	8,78	3,89	4,61	2,09	6,40	11,66	10,84
12	57,14%	16,12	17,52	11,29	13,30	11,10	8,73	2,07	2,24	1,93	6,36	10,40	10,75
13	61,90%	16,09	16,08	10,67	10,54	10,37	7,10	1,22	2,22	1,89	5,52	10,07	9,38
14	66,67%	13,82	16,06	10,64	8,32	10,06	6,62	1,18	0,73	1,76	5,32	9,66	8,85
15	71,43%	13,65	14,70	10,41	7,89	10,06	5,49	1,17	0,31	0,88	5,11	8,29	8,71
16	76,19%	13,43	14,27	9,51	6,99	8,32	5,22	0,85	0,29	0,22	4,44	8,28	8,22
17	80,95%	12,05	11,52	9,48	6,60	7,34	3,95	0,02	0,22	0,10	2,73	8,11	6,73
18	85,71%	9,51	11,27	9,04	6,59	6,14	2,40	-0,02	0,22	-0,08	2,73	7,09	6,08
19	90,48%	8,79	10,66	8,85	6,59	5,78	2,25	-0,03	-0,29	-0,12	1,94	5,02	6,06
20	95,24%	8,75	8,95	6,44	6,19	4,48	-1,73	-0,16	-6,62	-6,80	-1,66	4,38	5,28
	Q-80	12,33	12,07	9,48	6,68	7,54	4,20	0,19	0,24	0,12	3,07	8,14	7,03
	Q-90	8,87	10,72	8,87	6,59	5,82	2,26	0,00	0,00	0,00	2,02	5,23	6,06

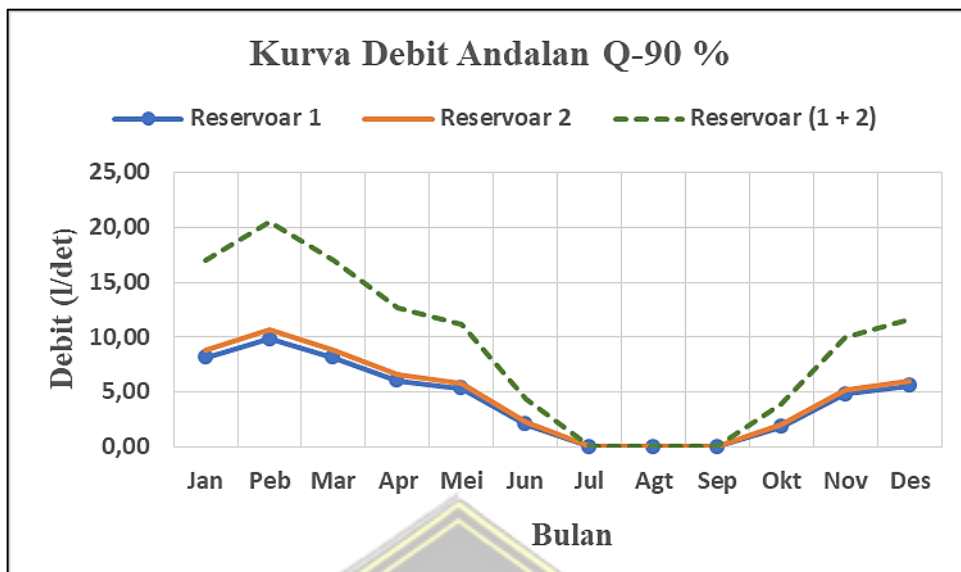
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.15 dan 4.16 dapat kita lihat debit andalan 90%, untuk lebih jelasnya dapat ditampilkan pada Tabel 4.17 Berikut:

Tabel 4.17 Debit andalan (liter/detik) Q90%

Bulan	Reservoar 1	Reservoar 2	Reservoar (1 + 2)
Januari	8,13	8,87	16,99
Februari	9,82	10,72	20,54
Maret	8,13	8,87	16,99
April	6,04	6,59	12,63
Mei	5,34	5,82	11,16
Juni	2,07	2,26	4,34
Juli	0,00	0,00	0,00
Agustus	0,00	0,00	0,00
September	0,00	0,00	0,00
Oktober	1,85	2,02	3,88
Nopember	4,79	5,23	10,02
Desember	5,56	6,06	11,62

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4 Grafik debit andalan

Debit andalan pada Gambar 4.4 peluang keandalan 90% berarti terjadi pada probabilitas 10%, yaitu pada reservoir 1 antara debit 0.0 liter/det dan 9,82 liter/det, serta pada reservoir 2 antara debit 0,0 liter/det dan 10,72 liter/det. Maka debit andalan untuk periode I besarnya di bawah 9,22 liter/det yaitu bulan Maret – Januari adalah 0,0 liter/det – 8,13 liter/det pada reservoir 1, dan 0,0 liter/det – 8,87 liter/det pada reservoir 2, sedangkan periode II besarnya di atas 9,22 liter/det bulan Februari sebesar 9,82 liter/det pada reservoir 1, dan 10,72 liter/det pada reservoir 2.

Untuk mengantisipasi kekurangan debit air pada musim kemarau disiapkan reservoir 3, sebagai tampungan air musim hujan dari limpasan reservoir 1 dan reservoir 2. Dalam memenuhi validasi debit andalan, telah dilaksanakan pengukuran lapangan mulai bulan Januari 2022 sampai akhir Desember 2022 yaitu mengenai ketinggian muka air pada reservoir 1, reservoir 2 dan reservoir 3 berdasarkan ketinggian permukaan air laut (DPL) yang berada di Perumahan Taman Argo Subur Tangerang. Hasil pengukuran ketinggian permukaan air dapat dilihat pada Tabel 4.18 dibawah ini :

Tabel 4.18 Volume Air dan debit Cadangan Reservoir 3

Bulan	Volume (m ³)	Debit	
		(liter/bulan)	(liter/det)
Januari	245.400	49.080.000	7,77
Februari	245.400	49.080.000	19,93
Maret	245.400	49.080.000	18,32
April	245.400	49.080.000	18,32
Mei	245.400	49.080.000	18,94
Juni	245.400	49.080.000	18,32
Juli	245.400	49.080.000	18,94
Agustus	245.400	49.080.000	18,32
September	245.400	49.080.000	18,94
Oktober	245.400	49.080.000	18,32
Nopember	245.400	49.080.000	15,51
Desember	245.400	49.080.000	8,19

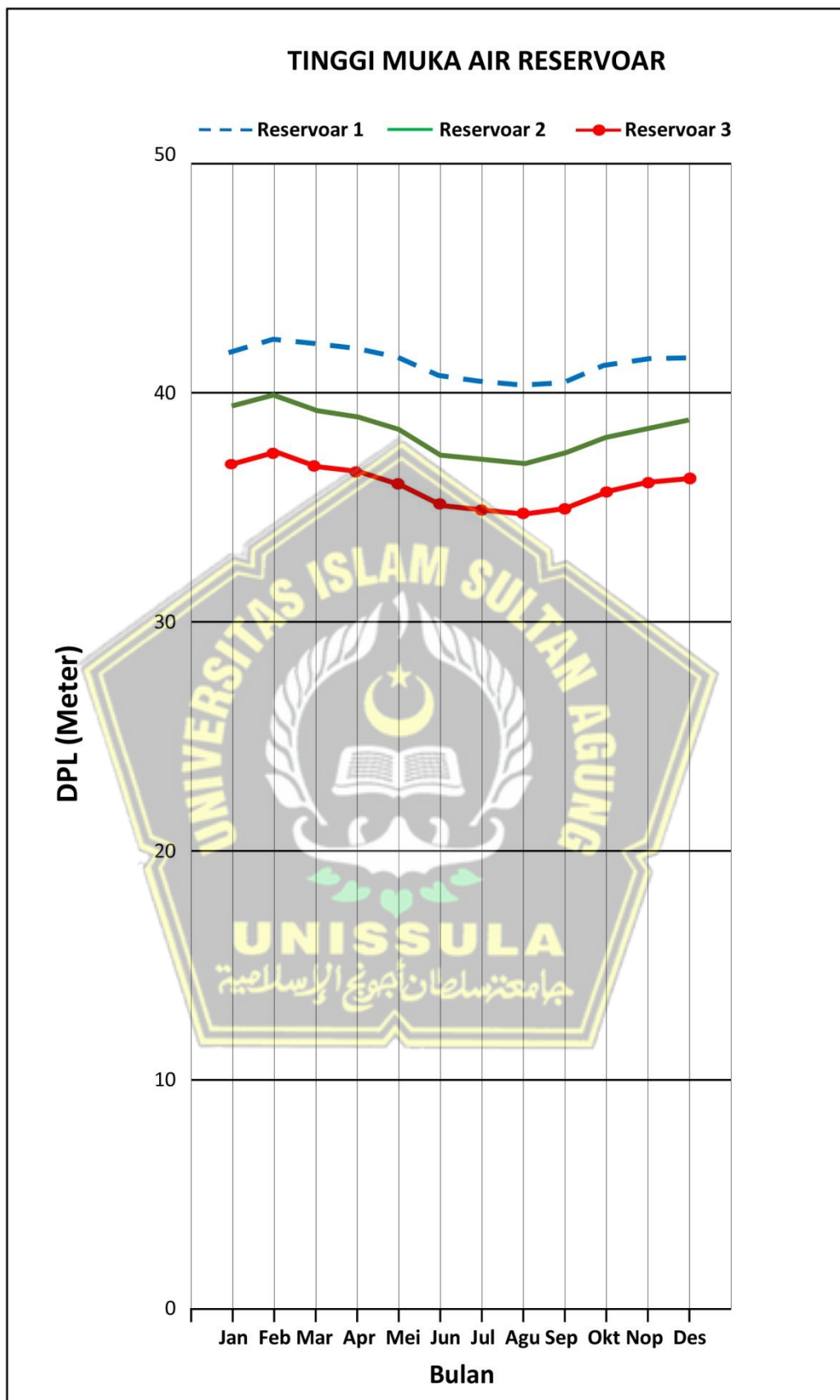
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Pencatatan Tinggi Muka Air Reservoir 1, 2 dan 3 Tahun 2022

No	Pengukuran	Tinggi Muka Air					
		Reservoir 1		Reservoir 2		Reservoir 3	
		DPL (m)	Lokal (cm)	DPL (m)	Lokal (cm)	DPL (m)	Lokal (cm)
1	Januari	40,38	38,00	39,46	46,40	38,42	42,20
2	Februari	40,47	47,00	39,53	53,20	38,50	50,10
3	Maret	40,38	37,90	39,43	42,90	38,40	40,40
4	April	40,34	34,00	39,39	39,00	38,37	36,50
5	Mei	40,26	26,00	39,31	31,00	38,29	28,50
6	Juni	40,14	14,20	39,16	16,00	38,15	15,10
7	Juli	40,10	10,40	39,13	13,00	38,12	11,70
8	Agustus	40,06	6,20	39,11	11,00	38,09	8,60
9	September	40,09	8,80	39,17	17,00	38,12	11,90
10	Oktober	40,20	20,00	39,27	27,00	38,24	23,50
11	November	40,27	27,00	39,32	32,00	38,30	29,50
12	Desember	40,30	30,00	39,37	37,00	38,33	33,30

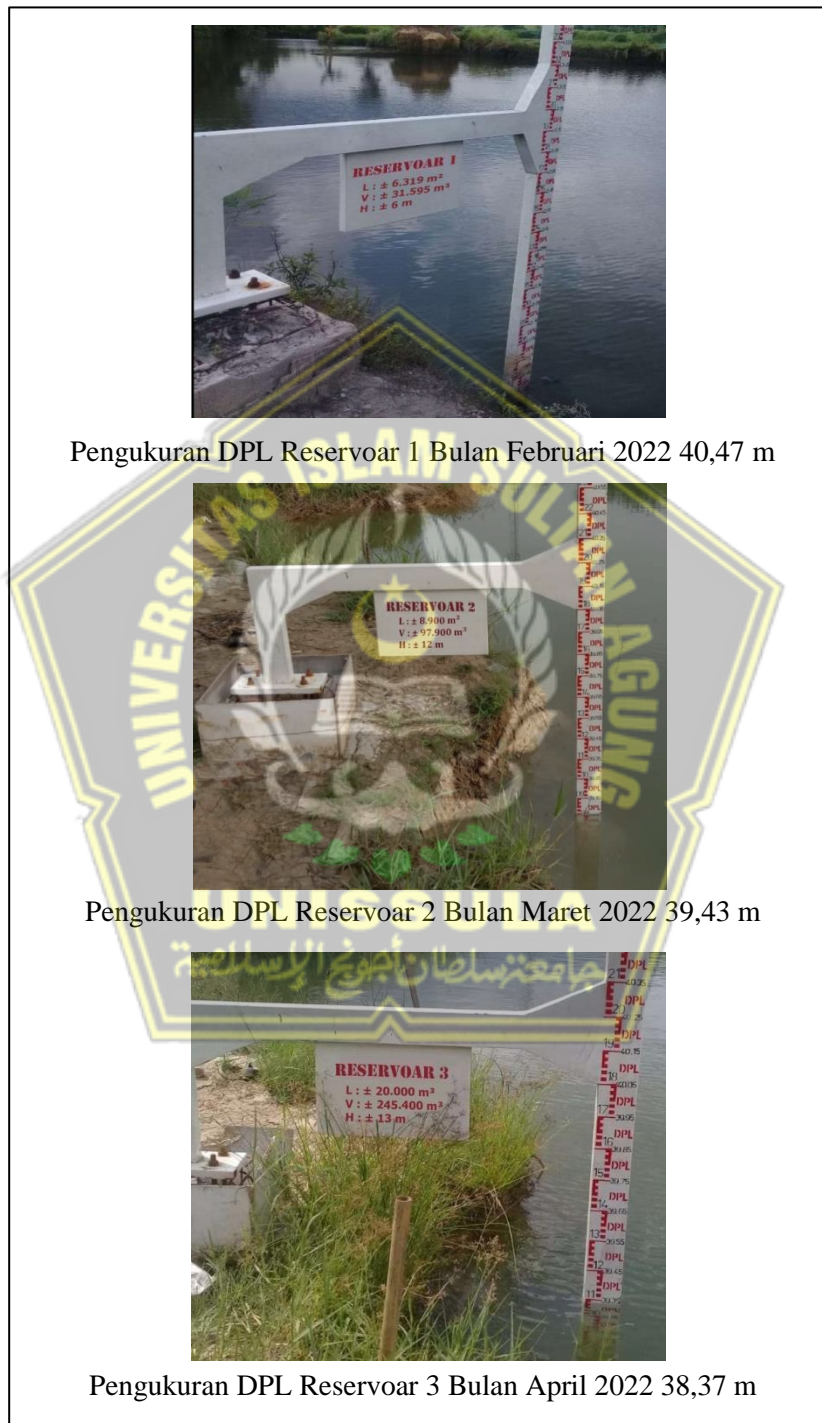
Sumber: Data primer

Dari Tabel 4.19 debit air bulanan dapat digambarkan dengan grafik sehingga pola debit bulanan hasil pengukuran bisa dibandingkan dengan debit andalan hasil perhitungan. Gambar grafik debit bulanan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini :



Gambar 4.5 Grafik Ketinggian muka air reservoir 1, 2 dan 3

Gambar 4.5 Grafik bila dibandingkan dengan debit andalan Gambar 4.4 Grafik maka pola kedua grafik gambar tersebut ada kemiripan, hal ini menggambarkan bahwa debit andalan hasil perhitungan bisa dipakai untuk keperluan perhitungan ketersediaan air permukaan.



Gambar 4.6 Pengukuran ketinggian muka air Reservoir 1, 2 dan 3 tahun 2022

Penelitian ini sejalan dengan Chandrasasi et al (2019) menggunakan metode FJ Mock untuk menghitung neraca air di wilayah bagian atas DAS Kanto. Hasil perhitungan neraca air menggunakan metode FJ Mock menunjukkan bahwa terdapat potensi ketersediaan air untuk kebutuhan air multi sektor selama 25 Tahun (periode 2017-2042).

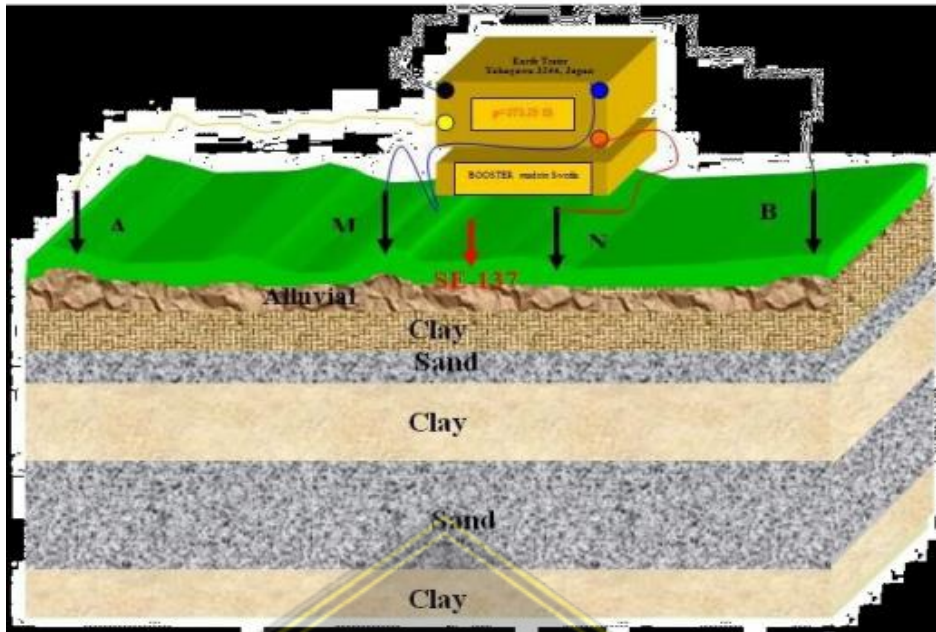
Hasil ini sejalan dengan penelitian Setiadi et al (2022) yang menggunakan metode FJ Mock untuk menghitung ketersediaan air di perumahan Jatiluhur Estate Kabupaten Purwakarta. Hasil perhitungan FJ Mock menunjukkan bahwa ketersediaan air di wilayah tersebut mencukupi hingga 30 tahun kedepan. Akan tetapi terdapat fluktuasi debit air yang sangat besar antara musim kemarau dengan musim hujan, sehingga perlu mendapatkan perhatian bagi manajemen air untuk 20 tahun ke depan.

4.2.2 Ketersediaan Air Tanah

Ketersediaan air di suatu wilayah dapat juga diketahui dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik digunakan untuk mengetahui sumber daya air bawah tanah di suatu wilayah. Peralatan yang digunakan terdiri dari 1 buah peralatan geolistrik digital Saz-300 Indonesia, 1 buah penguat tegangan 300 volt (*high voltage regulator*), 4 buah elektroda arus yang terbuat dari logam atau stainless steel dan elektroda potensial, 2 kali 400 meter kabel arus, 2 kali 50 meter kabel potensial, 2 buah roll meter @ 50 meter, 4 buah alat komunikasi (*Handy Talky*), 1 buah GPS (*Global Position System*), 4 buah palu atau martil dan alat penunjang lainnya, 2 buah accu 12 volt dan alat tulis.

1). Pengukuran Geolistrik

Pelaksanaan pengukuran geolistrik dilakukan dengan cara dengan menginjeksikan arus listrik kebawah permukaan tanah melalui 2 elektroda sumber arus (A dan B) dan mengukur besarnya tegangan melalui 2 elektroda potensial (M dan N). Hasil pengukuran ini akan menghasilkan nilai tahanan jenis batuan di bawah titik pengukuran. Pengukuran tahanan jenis di daerah penyelidikan menggunakan metode pengukuran Vertical electrical sounding konfigurasi schlumberger. Metode ini dipilih karena mampu memberikan informasi bawah permukaan secara vertikal, dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Deteksi Lapisan Bawah Tanah dengan Geolistrik



Pengukuran titik GL-01

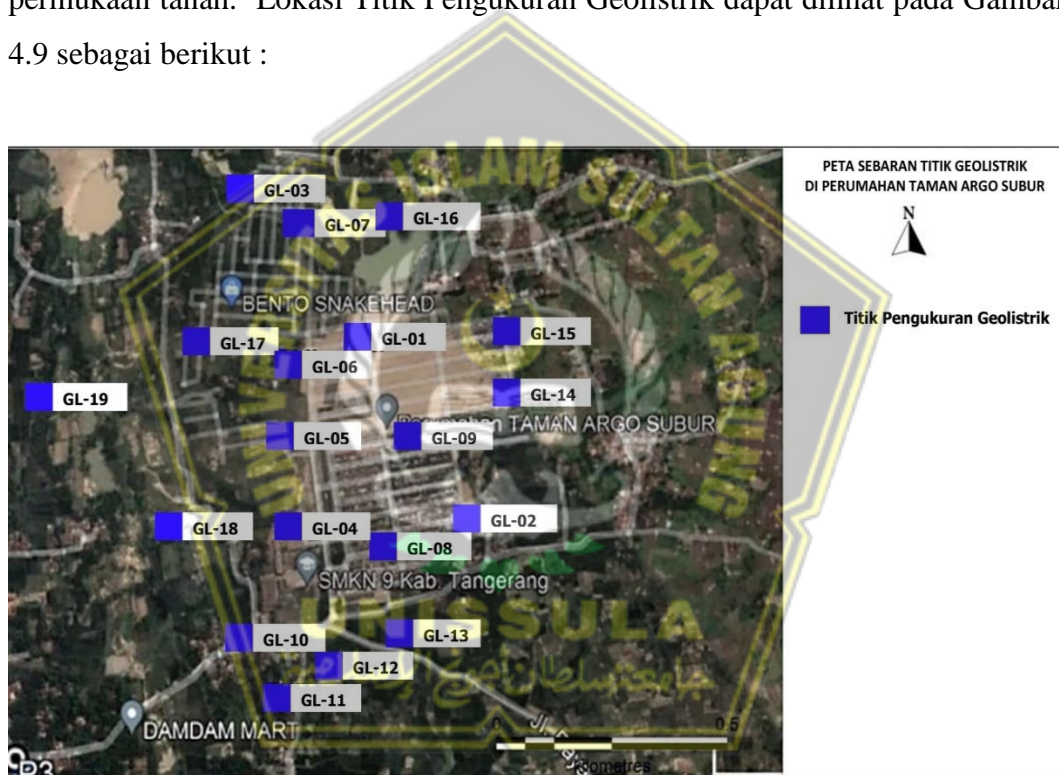
Pengukuran titik GL-02

Pengukuran titik GL-03

Gambar 4.8 Pengukuran *Vertical Electrical Sounding*

2). Hasil Pengukuran

Pengukuran *Vertical Electrical Sounding* konfigurasi schlumberger ini secara umum dilakukan dengan mengubah-ubah jarak elektroda arus, sedangkan elektroda potensial jarang (lebih sedikit) diubah. Jarak elektroda arus harus jauh lebih besar dibanding jarak elektroda potensial selama melakukan perubahan jarak spasi elektroda. Jarak optimum $AB/2$ harus lebih besar dari atau sama dengan $5 MN/2$. Pengukuran dilakukan pada sebanyak 19 titik duga. Panjang bentangan AB maksimal 350 meter. Dengan panjang bentangan $AB/2 = 175$ meter ini diharapkan dapat memprediksi penyebaran batuan sampai kedalaman 100 meter dibawah permukaan tanah. Lokasi Titik Pengukuran Geolistrik dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut :



Gambar 4.9 Lokasi titik pengukuran geolistrik

Pemilihan lokasi penyebaran titik ini diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan baik. Koordinat titik pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut :

Tabel 4.20 Lokasi Titik Pengukuran Geolistrik

No Titik	Bujur (DD)	Lintang (DD)	Elevasi Tanah (DPL)
GL-01	106.431.208	-628.317	33
GL-02	106.433.617	-628.611	30
GL-03	106.429.017	-628.061	32
GL-04	106.430.067	-628.625	37
GL-05	106.429.928	-628.468	34
GL-06	106.429.919	-628.333	33
GL-07	106.429.967	-628.095	32
GL-08	106.432.061	-628.662	33
GL-09	106.432.314	-628.474	28
GL-10	106.429.267	-628.821	37
GL-11	106.430.083	-628.903	35
GL-12	106.431.211	-628.854	37
GL-13	106.432.450	-628.808	38
GL-14	106.434.206	-628.391	30
GL-15	106.434.164	-628.291	35
GL-16	106.431.728	-628.092	37
GL-17	106.428.267	-628.306	32
GL-18	106.427.822	-628.625	32
GL-19	106.425.089	-628.398	30

Sumber : Data Primer

Hasil Pengukuran ketiga titik pengukuran *Vertical Electrical Sounding* (VES) dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Interpretasi Data Pengukuran

Titik	rho ohm.m	Tebal (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi Litologi
GL-1	142,93	1,4	0 - 1,4	Tanah lapisan atas
	18,27	5,32	1,37 - 6,7	Lempung
	42,41	10,64	6,69 - 17	Pasir Tufaan
	2,76	7,19	17,33 - 25	Lempung
	22,99	11,16	24,52 - 36	Pasir Tufaan
	8,78	47,11	35,68 - 83	Lempung
	0,57	37,21	82,79 - 120	Lempung
GL-2	20,64	2,38	0 - 2,4	Tanah lapisan atas
	19,41	1,07	2,38 - 3,5	Pasir Tufaan
	10,76	8,04	3,45 - 11	Lempung
	4,77	13,62	11,49 - 25	Lempung
	22,89	11,85	25,11 - 37	Pasir Tufaan
	13,06	24,41	36,96 - 61	Pasir Tufaan
	1,06	58,63	61,37 - 120	Lempung
GL-3	14,31	0,69	0 - 0,7	Tanah lapisan atas
	6,94	3,32	0,69 - 4	Lempung
	15,42	5,09	4,01 - 9,1	Pasir Tufaan
	3,31	15,65	9,1 - 25	Lempung

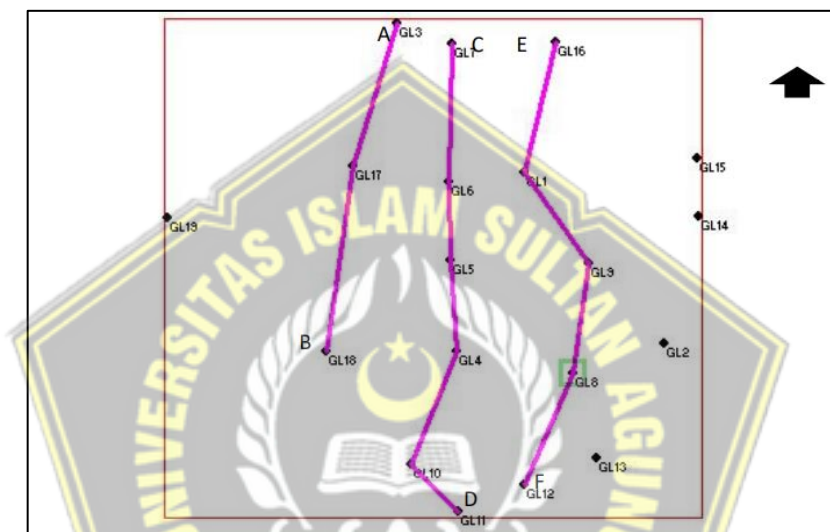
Titik	rho	Tebal	Kedalaman	Interpretasi Litologi
	ohm.m	(m)	(m)	
	18,58	33,39	24,75 - 58	Pasir Tufaan
	8,61	41,86	58,14 - 100	Lempung
GL-4	13,62	0,95	0 - 1	Tanah lapisan atas
	6,38	2,2	0,95 - 3,2	Lempung
	7,68	12,51	3,15 - 16	Lempung
	19,03	12,59	15,66 - 28	Pasir Tufaan
	8,34	30,25	28,25 - 59	Lempung
	2,22	41,5	58,5 - 100	Lempung
GL-5	50,94	0,59	0 - 0,6	Tanah lapisan atas
	8,49	1,69	0,59 - 2,3	Lempung
	8,49	2,89	2,28 - 5,2	Lempung
	2,64	4,41	5,17 - 9,6	Lempung
	12,12	36,62	9,58 - 46	Pasir Tufaan
	5,55	53,8	46,2 - 100	Lempung
GL-6	14,96	1,05	0 - 1,1	Tanah lapisan atas
	8,34	2,59	1,05 - 3,6	Lempung
	5,96	30,38	3,64 - 34	Lempung
	21,12	25	34,02 - 59	Pasir Tufaan
	4,71	40,98	59,02 - 100	Lempung
GL-7	72,5	1,74	0 - 1,7	Tanah lapisan atas
	5,26	1,4	1,74 - 3,1	Lempung
	9,46	12,77	3,14 - 16	Lempung
	14,08	34,88	15,91 - 51	Pasir Tufaan
	19,83	3,96	50,79 - 55	Pasir Tufaan
	2,66	45,25	54,75 - 100	Lempung
GL-8	9,92	1,01	0 - 1	Tanah lapisan atas
	18,14	1,94	1,01 - 3	Pasir Tufaan
	16,73	37,09	2,95 - 40	Pasir Tufaan
	8,76	18,84	40,04 - 59	Lempung
	1,78	41,12	58,88 - 100	Lempung
GL-9	19,59	0,88	0 - 0,9	Tanah lapisan atas
	12,58	1,69	0,88 - 2,6	Lempung
	18,95	2,6	2,57 - 5,2	Pasir Tufaan
	6,82	10,09	5,17 - 15	Lempung
	16,58	-10,09	15,26 - 5,2	Pasir Tufaan
	3,39	-13,09	28,35 - 15	Lempung
GL-10	4,61	46,45	53,55 - 100	Lempung
	20,96	1,45	0 - 1,5	Tanah lapisan atas
	9,9	0,89	1,45 - 2,3	Lempung
	4,72	2,17	2,34 - 4,5	Lempung
	18	60,81	4,51 - 65	Pasir Tufaan
GL-11	7	34,68	65,32 - 100	Lempung
	47,82	1,35	0 - 1,3	Tanah lapisan atas
	18,48	1,67	1,26 - 2,9	Pasir Tufaan
	12,43	4,5	2,93 - 7,4	Pasir Tufaan
	21,93	56,11	7,43 - 64	Pasir Tufaan
GL-12	7,35	36,46	63,54 - 100	Lempung
	71,71	0,96	0 - 1	Tanah lapisan atas
	22,91	3,41	0,96 - 4,4	Pasir Tufaan
	14,66	9,23	4,37 - 14	Pasir Tufaan

Titik	rho	Tebal	Kedalaman	Interpretasi Litologi
	ohm.m	(m)	(m)	
	5,57	40,99	13,6 - 55	Lempung
	3,12	45,41	54,59 - 100	Lempung
GL-13	25,81	1,08	0 - 1,1	Tanah lapisan atas
	8,73	1,36	1,08 - 2,4	Lempung
	17,03	2,31	2,44 - 4,8	Pasir Tufaan
	13,19	16,63	4,75 - 21	Pasir Tufaan
	25,15	28,66	21,38 - 50	Pasir Tufaan
	3,75	49,96	50,04 - 100	Lempung
GL-14	18,52	0,78	0 - 0,8	Tanah lapisan atas
	35,74	0,72	0,78 - 1,5	Lempung
	79,24	2,61	1,5 - 4,1	Pasir Tufaan
	9,3	16,16	4,11 - 20	Lempung
	2,48	12,96	20,27 - 33	Lempung
	5,64	21,32	33,23 - 55	Lempung
	2,67	45,45	54,55 - 100	Lempung
GL-15	99,43	1,2	0 - 1,2	Tanah lapisan atas
	40,72	0,8	1,2 - 2	Lempung
	7,46	3,41	2 - 5,4	Lempung
	19,92	12,29	5,41 - 18	Pasir Tufaan
	9,21	23,61	17,7 - 41	Lempung
	2,85	58,69	41,31 - 100	Lempung
GL-16	32,33	3,32	0 - 3,3	Tanah lapisan atas
	5,73	12,33	3,32 - 16	Lempung
	2,3	0,87	15,65 - 17	Lempung
	23,82	28,84	16,52 - 45	Pasir Tufaan
	2,96	10,86	45,36 - 56	Lempung
	0,92	43,78	56,22 - 100	Lempung
GL-17	15,65	5,61	0 - 5,6	Tanah lapisan atas
	8,07	3,9	5,61 - 9,5	Lempung
	4,8	5,36	9,51 - 15	Lempung
	14,16	28,74	14,87 - 44	Pasir Tufaan
	9,65	25,41	43,61 - 69	Lempung
	1,73	30,98	69,02 - 100	Lempung
GL-18	27,92	1,11	0 - 1,1	Tanah lapisan atas
	15,5	3,05	1,11 - 4,2	Lempung
	10,42	23,09	4,16 - 27	Lempung
	12,88	25,65	27,25 - 53	Pasir Tufaan
	13,21	17,1	52,9 - 70	Pasir Tufaan
GL-19	23,57	1,3	0 - 1,3	Tanah lapisan atas
	5,28	0	1,3 - 4,7	Lempung
	28,26	16,93	4,74 - 22	Pasir Tufaan
	7,48	10,91	21,67 - 33	Lempung
	6,5	27,42	32,58 - 60	Lempung

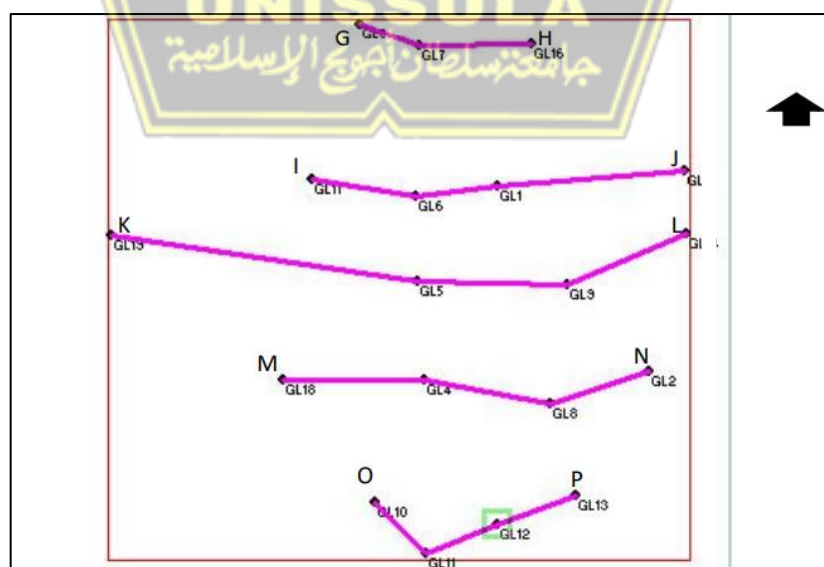
Sumber: Data primer

Tabel 4.20 memperlihatkan hasil interpretasi data pengukuran geolistrik titik GL-01, GL-02, GL-03, sampai GL-19 lapisan dibawah permukaan tanah.

Pada setiap titik pengukuran geolistrik mempunyai susunan pelapisan batuan di bawahnya. Untuk memperjelas penyajian hasil interpretasi data geolistrik dibuat sebaran lapisan batuan di bawah tanah menjadi penampang lintasan (menjelaskan arah sebaran batuan), dan diagram pagar lintasan (memberikan penjelasan yang lebih baik). Lintasan tersebut dibagi dua yaitu Lintasan Utara-Selatan dan Lintasan Barat-Timur. Gambar Lintasan Utara-Selatan dan Lintasan Barat-Timur dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar Lintasan Barat-Timur dapat dilihat pada Gambar 4.11.

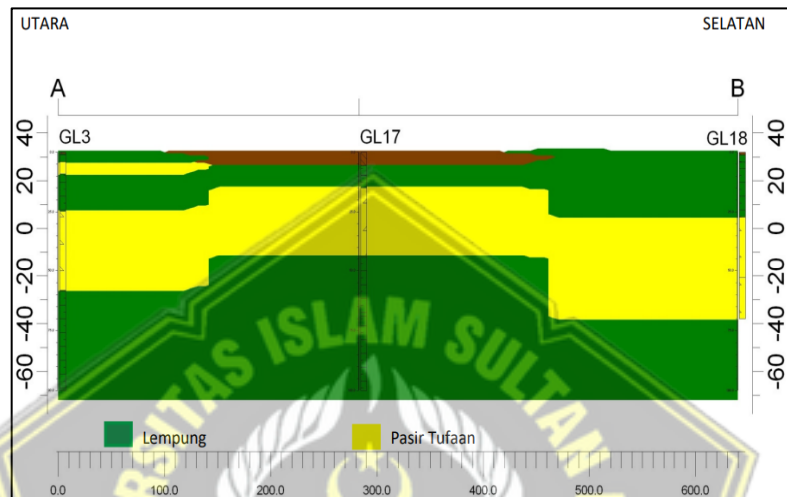


Gambar 4.10 Lintasan Utara-Selatan



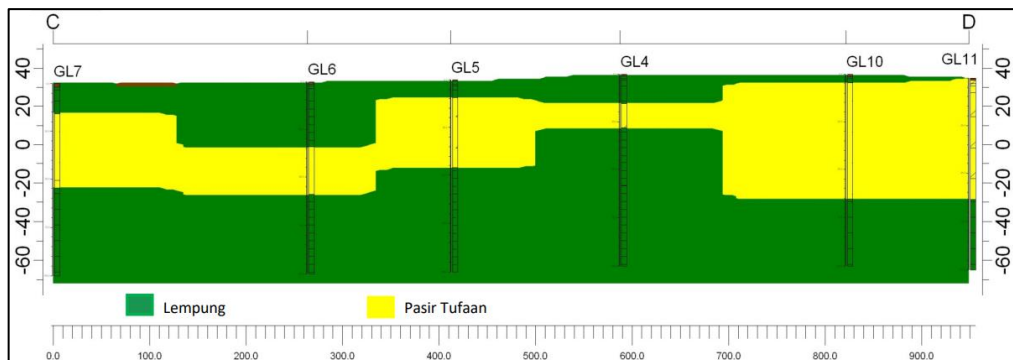
Gambar 4.11 Lintasan Barat-Timur

Pada Gambar 4.8 terdiri dari penampang AB, penampang CD dan penampang EF Lintasan Utara-Selatan. Pada Gambar 4.9 terdiri dari penampang GH, penampang IJ, penampang MN dan penampang OP Lintasan Barat-Timur. Dalam pembuatan penampang dan diagram blok digunakan Software Rock Work 2022 version 2022.1.31. Uraian masing-masing penampang dapat dijelaskan pada Gambar Penampang sebagai berikut :



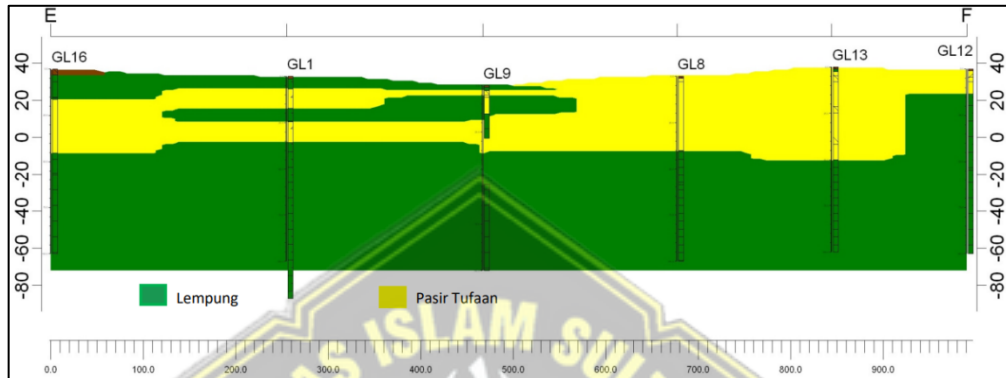
Gambar 4.12 Penampang AB

Gambar 4.12 Penampang AB menjelaskan pelamparan sebaran batuan pada arah Utara ke Selatan dari titik GL-3 (utara) sampai titik GL-18 (selatan). Lapisan batuan berbentuk bukit pasir yang pasirnya menebal ke arah Utara dan ke Selatan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 20 m - 65 m terdapat pada titik GL-3 dan bagian selatan di Titik GL-18 pada kedalaman 27 m - 70 m dari permukaan tanah.



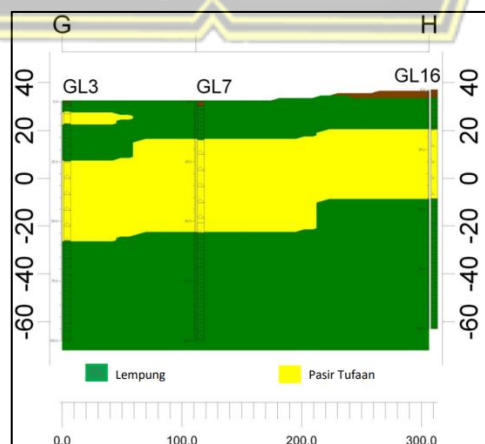
Gambar 4.13 Penampang CD

Gambar 4.13 Penampang CD menjelaskan sebaran batuan pada arah Utara ke Selatan dari titik GL-3 (utara) sampai titik GL-12 (selatan). Lapisan akuifer sebagai Pasir tufaan berukuran butir halus-sedang, pasir tufaan lebih dominan. Lapisan batuan berbentuk kanal pasir yang pasirnya menebal ke Selatan. Lapisan prospek air tanah pada titik GL-10 dan GL-11 (bagian selatan) pada kedalaman 5 m - 70 m dari permukaan tanah.



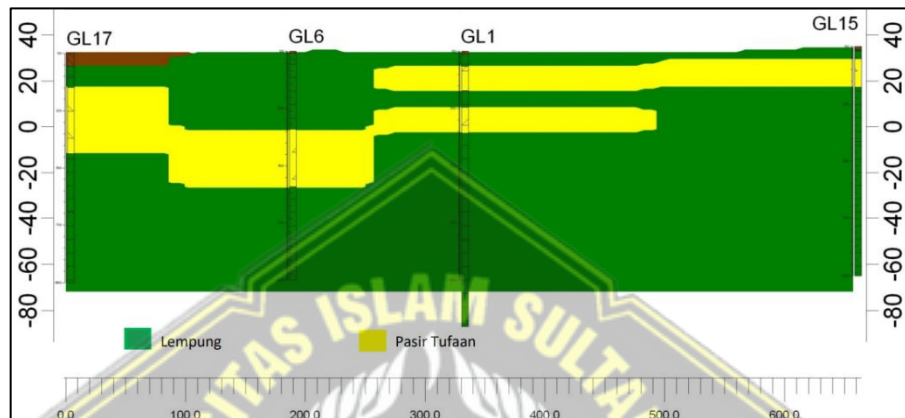
Gambar 4.14 Penampang EF

Gambar 4.14 Penampang EF menjelaskan sebaran batuan pada arah Utara ke Selatan dari titik GL-3 (utara) sampai titik GL-12 (selatan). Lapisan akuifer sebagai pasir tufaan berukuran butir halus sampai sedang, pasir tufaan halus lebih dominan. Lapisan batuan berbentuk kanal pasir yang pasirnya menebal ke Selatan. Lapisan prospek air tanah pada titik GL-8 dan GL-13 (bagian selatan) pada kedalaman 5 m - 70 m dari permukaan tanah.



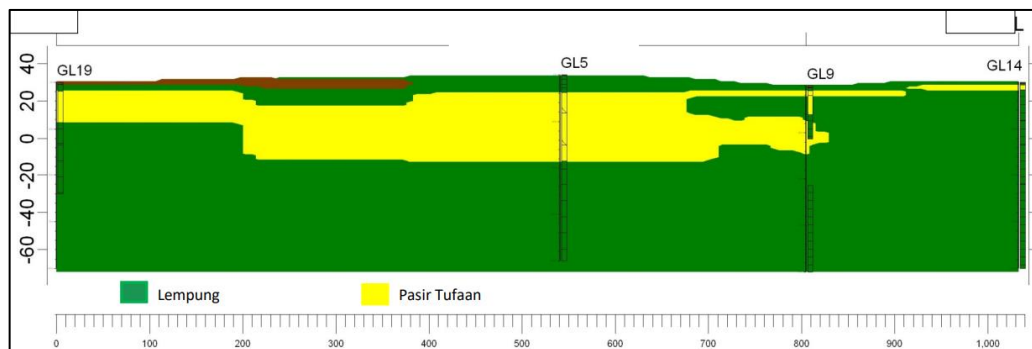
Gambar 4.15 Penampang GH

Gambar 4.15 Penampang GH menjelaskan pelampiran sebaran batuan pada arah G (barat) ke H (timur) dari titik GL-3 (barat) sampai titik GL-16 (timur). Lapisan akuifer sebagai pasir tufaan berukuran butir sampai sedang, namun yang berbutir halus lebih dominan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 30 m - 65 m terdapat pada titik GL-3 pada kedalaman 20 m – 65 m dari permukaan tanah.



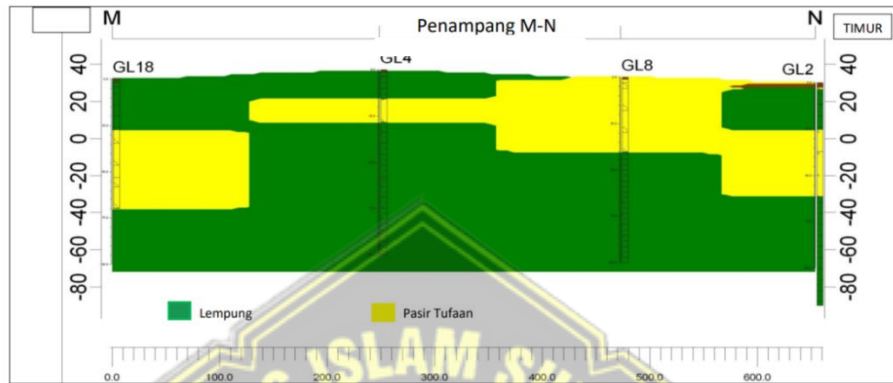
Gambar 4.16 Penampang IJ

Gambar 4.16 Penampang IJ menjelaskan sebaran batuan pada arah titik I (barat) ke Timur J. Dari titik GL-17 (barat) sampai titik GL-15 (timur). Lapisan akuifer sebagai pasir tufaan berukuran butir halus-sedang, namun yang berbutir halus lebih dominan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 22 m-40 m terdapat pada titik GL-17 (di bagian barat) pada kedalaman 40 m – 60 m dan pada titik GL-6 (di bagian barat) dari permukaan tanah.



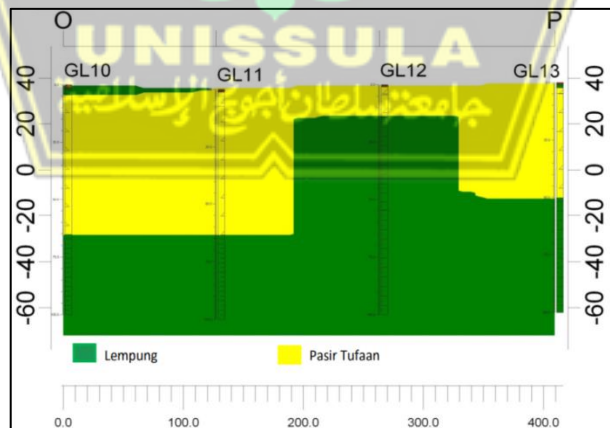
Gambar 4.17 Penampang KL

Gambar 4.17 Penampang KL menjelaskan sebaran batuan pada arah Barat ke Timur, dari titik GL-19 (barat) sampai titik GL-14 (timur). Lapisan akuifer sebagai Pasir tufaan berukuran butir halus sampai sedang. Pasir berbutir halus lebih dominan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 10 m - 50 m terdapat pada titik GL-5 (di bagian tengah lintasan) dari permukaan tanah.



Gambar 4.18 Penampang MN

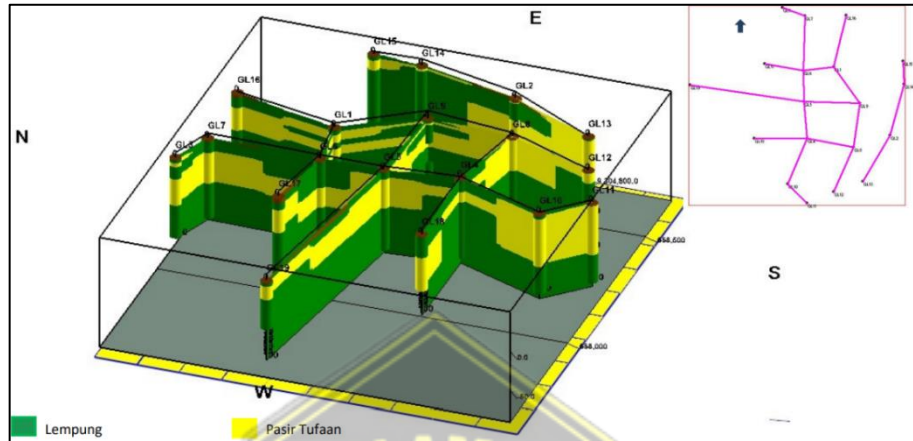
Gambar 4.18 Penampang MN menjelaskan sebaran batuan pada arah Barat ke Timur, dari titik GL-18 (barat) sampai titik GL-2 (timur). Lapisan akuifer sebagai Pasir tufaan berukuran butir halus lebih dominan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 25 m - 60 m terdapat pada titik GL-2 (timur) dari permukaan tanah.



Gambar 4.19 Penampang OP

Gambar 4.19 Penampang OP menjelaskan sebaran batuan pada arah Barat ke Timur, dari titik GL-3 (barat) sampai titik GL-12 (timur). Lapisan akuifer sebagai Pasir tufaan berukuran butir halus sampai sedang, namun yang berbutir

halus lebih dominan. Lapisan prospek air tanah pada kedalaman 8 m - 60 m terdapat pada titik GL-10 (di bagian barat) pada kedalaman 4 m – 60 m dan pada titik GL-11 (di bagian barat) dari permukaan tanah.



Gambar 4.20 Diagram pagar pelapisan batuan

Gambar 4.20 Diagram Pagar untuk memperjelas secara keseluruhan penyajian hasil interpretasi data geolistrik yaitu arah sebaran batuan, lintasan ke Utara-Selatan dan lintasan penyebarab batuan ke arah Barat-Timur.

3). Lokasi Titik Sumur Bor

Dari hasil interpretasi litologi tanah pada tabel 4.21 ada beberapa titik duga yang memiliki lapisan pasir yang memiliki ketebalan lebih dari 30 m. Lokasi titik ini yang memenuhi syarat untuk dikembangkan menjadi sumur bor, yaitu berada di sekitar titik-titik GL-2, GL-3, GL-5, GL-7, GL-8, GL10, GL-11, GL-13, dan GL-18 dapat dilihat pada Tabel 4.22, dengan potensi dapat dibuat sumur bor dengan ketebalan lapisan pasir lebih dari 30 meter antara lain:

Tabel 4.22 Titik yang berpotensi untuk lokasi sumur bor

No.	Titik	Ketebalan (m)	Kedalaman (m) dari permukaan tanah
1	GL-2	36,26	25,11 – 61,37
2	GL-3	38,48	4,01 – 9,10 24,75 – 58,14
3	GL-5	36,62	9,50 – 46,20
4	GL-7	38,84	15,91 – 54,75
5	GL-8	39,03	1,01 – 40,04
6	GL-10	60,81	4,51 – 65,32
7	GL-11	62,28	1,26 – 63,54
8	GL-13	47,60	2,44 – 50,04
9	GL-18	42,75	27,25 – 70,00

Sumber: Hasil Perhitungan

4). Analisa Potensi Air Tanah

Untuk menghitung potensi air tanah dalam satu kawasan, perlu data hidrogeologi berupa tinggi level air (static water level) dari tinggi piezometri titik amat hidrogeologi untuk mengetahui asal kawasan imbuhan (recharge) dan kawasan luah (discharge) air tanah. Jumlah dari titik amat hidrogeologi ini harus cukup banyak untuk bisa dibuat aliran air tanah dari daerah imbuhan (recharge area) ke arah daerah luahan (discharge area) dan data material yang dilewati (media alir) air tanah sepanjang air tanah mengalir..

Penelitian di Perum Taman Agro Subur telah mendapatkan data litologi akuifer berupa litologi akuifer dan data sekunder konduktivitas hidrolis lapisan akuifer tersebut. Konduktivitas hidrolis (k) atau sering disebut juga dengan permeabilitas merupakan unit kecepatan dari kemampuan lapisan batuan untuk meloloskan air (Todd, D.K., 1980). Konduktivitas hidrolis dipengaruhi oleh sifat fisik yaitu porositas, ukuran butir, susunan butir, bentuk butir, dan distribusinya. Nilai konduktivitas hidrolis dari beberapa macam batuan dapat dilihat dalam Tabel 4.23

Tabel 4.23 Nilai konduktivitas hidrolika (k) batuan

Nama Batuan	Nilai konduktivitas (m/hari)	Nama Batuan	Nilai konduktivitas (m/hari)
Kerikil kasar	150	Lempung	0,0002
Kerikil menengah	270	Batu gamping	0,94
Kerikil	450	Dolomit	0,001
Pasir kasar	45	Sekis	0,2
Pasir menengah	12	Batusabak	0,00008
Pasir halus	2,5	Tuff	0,2
Batu pasir menengah	3,1	Basalt	0,01
Batu pasir halus	0,2	Gabrolapuk	0,2
Lanau	0,08	Granit lapuk	1,4

Sumber : Todd, DK,1980

Nilai konduktivitas hidrolik akuifer digunakan untuk menghitung debit sumur yang akan diproduksi. Data sekunder digunakan untuk menghitung debit sumur rencana dengan menggunakan titik GL-2 sebagai contoh perhitungan :

- Lapisan akuifer adalah pasir halus dengan nilai $k = 2,5 \text{ (m/hari)} = 2,89 \times 10^{-5} \text{ (m/detik)}$.
- Akuifer menerus dengan penyebaran luas.
- Akuifer dalam kondisi jenuh air.
- Diameter lubang bor 8 inchi = 0,2 m.
- Diameter pipa dan saringan sumur 6 inchi = 0,15 m.
- Ketebalan akuifer yang akan disadap 30 m.

Persamaan yang digunakan:

$$Q = 2 \times \phi \times r_w \times b \times (k^{0,5})/15$$

$$Q = 6,28 \times 0,0762 \times 36,26 \times 0,000359 = 0,0062 \text{ m}^3/\text{detik} = 6,23 \text{ liter/detik}$$

Debit sumur yang mungkin bisa dimanfaatkan adalah 42% dari debit maksimal = $0,42 \times 6,23 \text{ liter/detik} = 2,61 \text{ liter/detik}$

Dimana :

$$k = 2,5 \text{ m/hari} = 2.9\text{E}-0,5 \text{ m/detik}$$

$$r_w = 7,62 \text{ cm (diameter sumur (m)+ diameter lubang bor (m)) /2}$$

$$b = 36,26 \text{ (ketebalan akuifer yang disadap dalam m)}$$

$$\phi = 3,14$$

Hasil perhitungan titik penelitian yang berpotensi untuk sumur secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.24 sebagai berikut :

Tabel 4.24 Perhitungan potensi debit air tanah

No	Titik	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Q		42% Q
				m ³ /det	l/det	l/det
1	GL-2	36,26	25,11 - 61,37	0,0062	6,23	2,61
2	GL-3	38,48	24,75 - 58,14	0,0066	6,61	2,77
3	GL-5	36,62	9,50 - 46,2	0,0063	6,29	2,64
4	GL-7	38,84	15,91 - 54,75	0,0067	6,67	2,80
5	GL-8	39,03	1,01 - 40,04	0,0067	6,70	2,81
6	GL-10	60,81	4,51 - 65,32	0,0104	10,44	4,39
7	GL-11	62,28	1,26 - 63,54	0,0107	10,69	4,49
8	GL-13	47,60	2,44 - 50,04	0,0082	8,17	3,43
9	GL-18	42,75	27,25 - 70,00	0,0073	7,34	3,08

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Merancang Sistem Penyediaan Air Bersih Secara Otomatis Berbasis IoT

4.3.1 Multi Reservoir

Perumahan Taman Argo Subur merupakan perumahan bersubsidi yang terletak di Cisoka Kabupaten Tangerang dan memiliki luas lahan +/- 35 Ha. Perumahan ini masih berkembang karena lahan yang dimiliki belum seluruhnya dipergunakan, bahkan pihak pengembang telah menargetkan perluasan wilayah sampai dengan 100 ha.

Saat ini Taman Argo Subur telah telah menjual 619 rumah bersubsidi dan 2 unit rumah komersil. Selain itu, masih terdapat 349 unit rumah bersubsidi dan 4 unit rumah komersil (<https://kiranasuryagroup.com/taman-argo-subur/>,2022). Perumahan Taman Argo Subur masih akan mengembangkan proyeknya di masa yang akan datang, sehingga jumlah penghuni yang akan menempati wilayah tersebut akan semakin meningkat. Salah satu kebutuhan primer dalam suatu wilayah adalah kebutuhan air bersih. Air bersih dapat diperoleh melalui air tanah maupun dengan memanfaatkan pelayanan air minum dari PAM (Perusahaan Air Minum). Dengan menggunakan jumlah perumahan yang tersedia di Taman Argo Subur, maka dapat diperhitungkan kebutuhan air yang dibutuhkan saat ini.

Dengan memperhatikan pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah Kabupaten Tangerang dan pertumbuhan jumlah penghuni di Taman Argo Subur, maka pihak pengelola perumahan perlu mempertimbangkan pembuatan multi reservoir untuk memenuhi kebutuhan air bersih penghuni. Ketersediaan air permukaan dan air tanah menjadi tolok ukur bagi pengelola untuk mempersiapkan reservoir yang mampu memenuhi kebutuhan seluruh penghuni.

Perhitungan kebutuhan air individu maupun rumah tangga mengacu pada standar kebutuhan air yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Kebutuhan individu adalah sebesar 120 liter / orang / hari. Adapun standar kebutuhan air untuk satu keluarga minimal terdiri dari kegiatan mandi, cuci, kakus (MCK). Standar kebutuhan air untuk keluarga disajikan pada Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4.25 Standar Kebutuhan Air

No	Keperluan	Konsumsi (L)
1	Mandi, cuci, kakus	12
2	Minum	2
3	Cuci Pakaian	10,7
4	Kebersihan rumah	31,4
5	Taman	11,8
6	Cuci kendaraan	21,1
7	Wudhu	16,2
8	Lain-lain	21,7
9	Jumlah	126,9

Sumber: Dep. PU, 1994

Volume reservoir diukur berdasarkan kriteria perencanaan yang diatur oleh Ditjen Cipta Karya PU yaitu antara 15-25% dari permintaan harian maksimal. Dengan memperhitungkan kebutuhan air di Perumahan Taman Argo Subur, Kecamatan Solear Kabupaten Tangerang selama Tahun 2022 sebesar 97.367.400 liter/tahun artinya kebutuhan air dalam 1 hari adalah sebesar 24.030 liter/hari. Dengan demikian reservoir yang dibangun minimal memiliki volume berkisar antara 3.605 liter sampai dengan 6.008 liter.

Kepadatan penduduk dalam suatu wilayah menjadi salah satu faktor penentu besarnya permintaan akan air bersih. Perhitungan neraca air memberikan gambaran mengenai kemampuan lingkungan menyediakan air bersih kepada masyarakat. Ketersediaan air yang lebih besar dari jumlah permintaan akan menyebabkan suatu wilayah mengalami surplus air, sedangkan di sisi lain bila jumlah permintaan yang lebih besar dari jumlah ketersediaan air menjadikan suatu wilayah mengalami defisit air. Oleh sebab itu lokasi pemukiman yang dekat dengan sumber air akan menjadi salah satu alternatif selain dengan menyediakan reservoir.

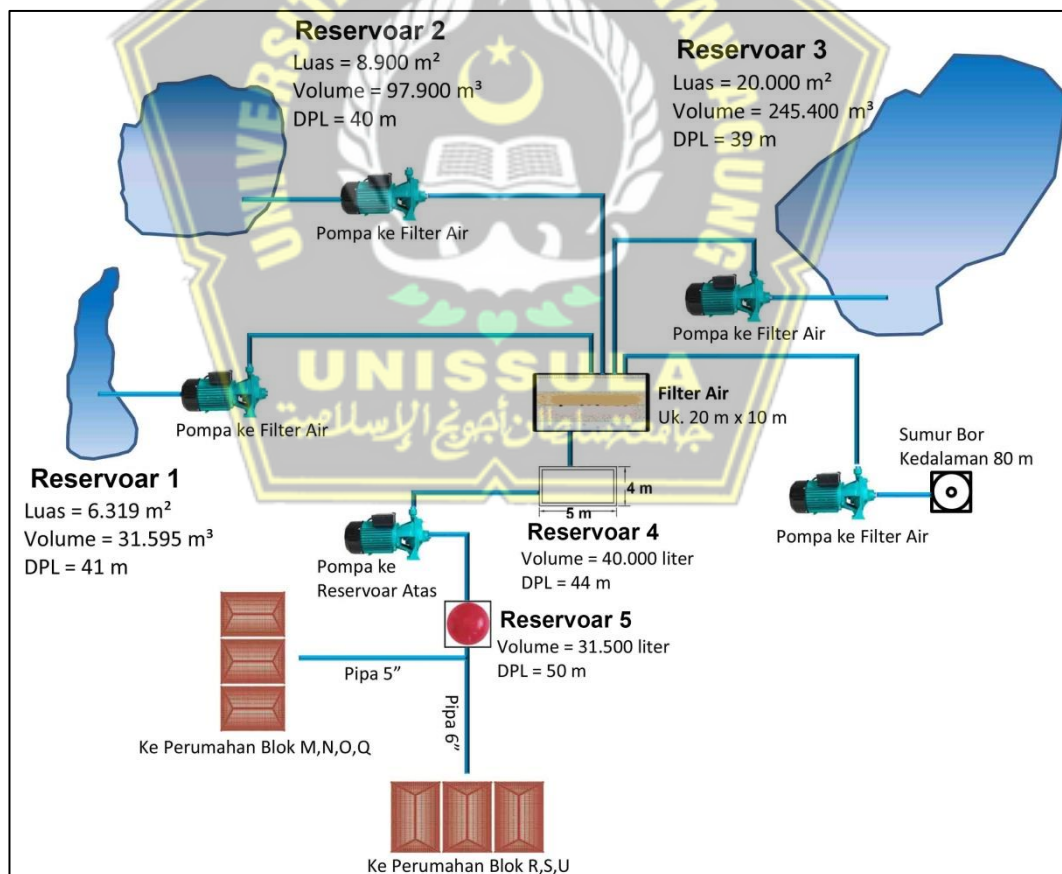
Reservoir yang digunakan adalah reservoir empat (bawah) dan reservoir lima (atas) yang selanjutnya akan dialirkan ke rumah-rumah penghuni dengan menggunakan jaringan pipa. Pemenuhan kebutuhan reservoir diperoleh dari pompa air tanah dan reservoir air yang disediakan oleh pengelola Perumahan Taman Argo Subur. Tiga reservoir direncanakan disediakan sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan air dimana ketiga reservoir tersebut diharapkan dapat menampung air hujan yang cukup sehingga dapat membantu memenuhi kebutuhan air di Perumahan Taman Argo Subur.



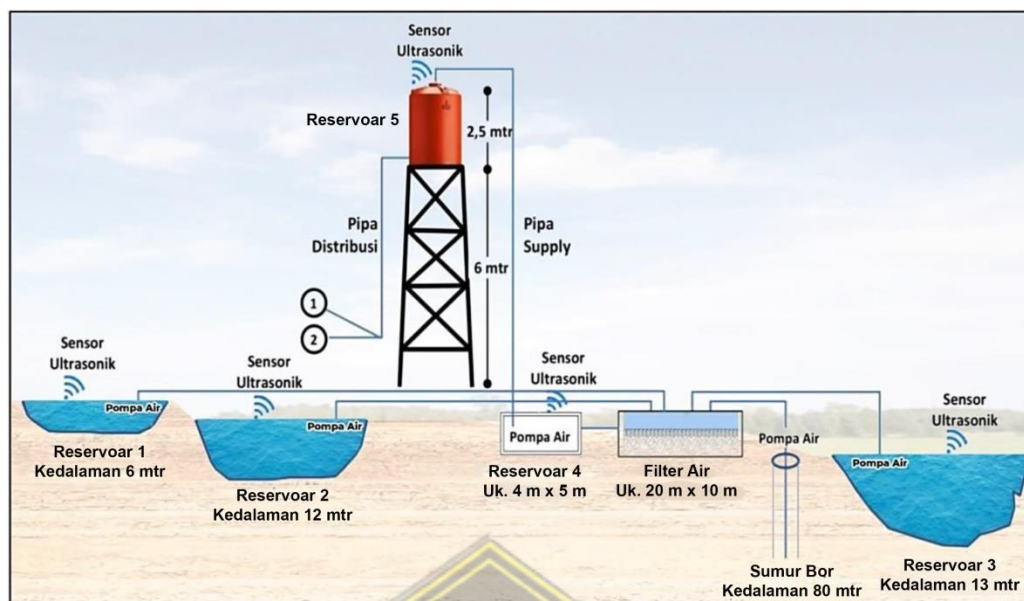
Gambar 4.21 Posisi Reservoir 1, Reservoir 2 dan Reservoir 3

Gambar 4.21 di atas memperlihatkan lokasi reservoir 1 dan reservoir 2 beserta posisi letaknya berada di lingkungan perumahan. Ketiga reservoir akan menjadi sumber air bersih bagi penghuni perumahan Taman Argo Subur, dimana air dapat dialirkan menuju rumah-rumah penghuni perumahan melalui jaringan pipa. Air yang berada di reservoir dialirkan dengan memanfaatkan pompa untuk selanjutnya dialirkan menuju filter, reservoir empat, reservoir lima baru kemudian menuju jaringan induk dan selanjutnya menuju ke saluran rumah.

Pengisian reservoir lima dijalankan dengan menggunakan sensor yang dapat membaca ketinggian air pada setiap reservoir, sehingga pengisian reservoir dapat diatur sumber airnya baik berasal dari air tanah maupun dari air permukaan. Sedangkan pengontrolan ketinggian air pada reservoir untuk air permukaan dilengkapi sensor untuk menginformasikan tinggi permukaan air pada reservoir 1, reservoir 2, maupun reservoir 3.

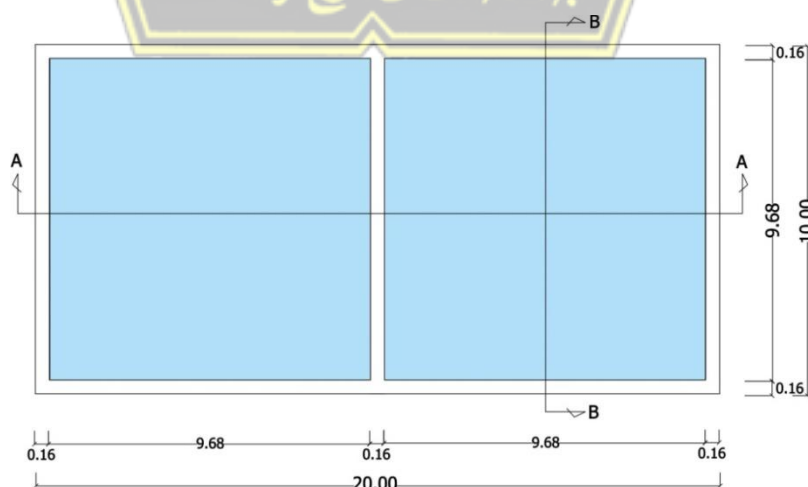


Gambar 4.22 Tampak atas sketsa jaringan reservoir

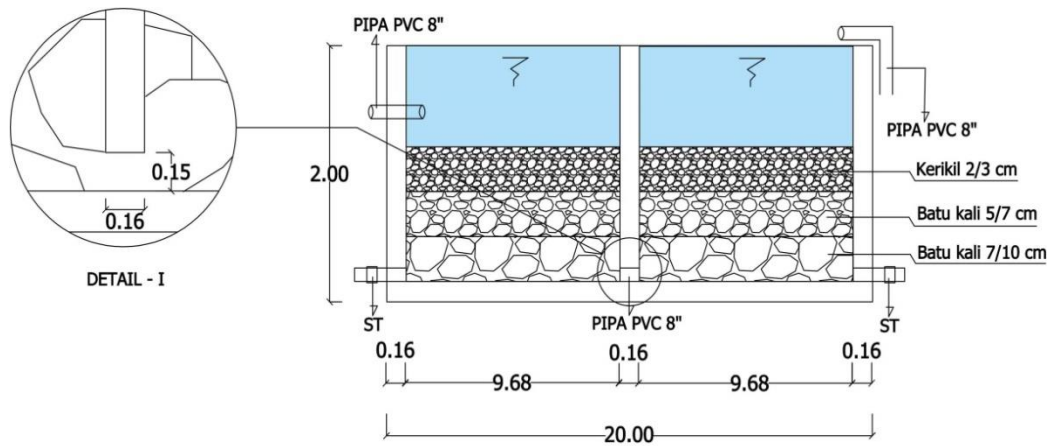


Gambar 4.23 Tampak depan sketsa jaringan reservoir

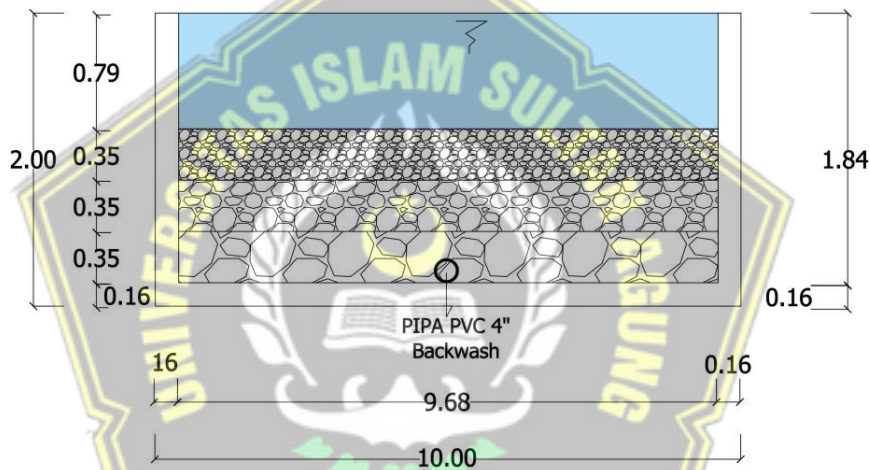
Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 secara umum memperlihatkan tiga buah reservoir dan sumur bor yang disediakan oleh pengelola perumahan sebagai sumber persediaan air bersih. Sistem yang dirancang dalam pengelolaan air di pemukiman digunakan tiga reservoir untuk menampung air permukaan, dan sumur bor untuk cadangan dalam memenuhi kebutuhan air bersih, sehingga ketersediaan air bersih dapat dijaga. Air yang akan disalurkan sebelumnya di filter agar lebih bersih dan layak untuk dikonsumsi. Filter air yang dibangun oleh pengelola Perumahan Taman Argo Subur terdiri dari lapisan batu dan kerikil yang dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.24 Tampak Atas Filter Air



Gambar 4.25 Potongan A-A Filter Air



Gambar 4.26 Potongan B-B Filter Air

4.3.2 Perhitungan EPANET

Penelitian ini dilakukan pada Perumahan Argo Subur Cisoka yang terletak di Kabupaten Tangerang. Jumlah penduduk di Perumahan Argo Subur Cisoka pada Tahun 2022 sebanyak 2223 jiwa dimana data tersebut diperoleh dari pihak RW 13 Kecamatan Solear Kabupaten Tangerang. Untuk keperluan penelitian dilakukan simulasi jaringan epanet pada 3 kondisi yaitu pertama pada 1908 SR atau 5361 jiwa, kedua pada 854 SR atau 2223 jiwa dan ketiga pada 65 SR atau 260 jiwa. Untuk simulasi 1908 SR analisisnya diuraikan pada Lampiran L.34 halaman 222 dan untuk sambungan 65 SR analisisnya pada Lampiran L.35 halaman 227.

Berdasarkan data kebutuhan air domestik dan non domestik maka dapat dihitung besarnya kebutuhan air total (debit total atau Q_{total}). Perhitungan Q_{total} memperhitungkan kebutuhan sampai dengan 20 tahun kedepan, tujuannya adalah untuk menentukan apakah ketersediaan air dapat mencukupi kebutuhan air. Hasil perhitungan Q_{total} dapat dilihat pada Tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Q_{Total} (liter/dtk)

Tahun Proyeksi	Jumlah Kebutuhan Air Domestik liter/det	Jumlah Kebutuhan Air Non Domestik liter/det	Kehilangan Air liter/det	Jumlah Kebutuhan Air Total liter/det
2023	3,23	0,14	0,67	4,05
2024	3,37	0,14	0,70	4,22
2025	3,52	0,14	0,73	4,40
2030	4,39	0,17	0,91	5,48
2035	5,47	0,22	1,14	6,83
2040	6,82	0,23	1,41	8,46
2041	7,13	0,23	1,47	8,83
2042	7,45	0,23	1,54	9,22

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.26 menunjukkan besarnya proyeksi kebutuhan debit air per detik untuk Tahun 2023 dan seterusnya. Proyeksi ini dilakukan untuk masa 20 tahun ke depan. Perhitungan kebutuhan air untuk masing-masing rumah akan mempengaruhi diameter pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air bersih. Selain kebutuhan air harian, diperlukan pengukuran diameter pipa supaya dapat mengalirkan debit maksimum dan debit puncak agar pipa yang digunakan dalam sambungan rumah mampu mengalirkan air secara lancar meskipun terjadi lonjakan kebutuhan air. Berdasarkan Tabel 4.26 di atas maka dapat dibuat perhitungan kebutuhan air harian kebutuhan air maksimum dan kebutuhan air puncak. Kebutuhan air harian dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikali dengan faktor kebocoran pipa.

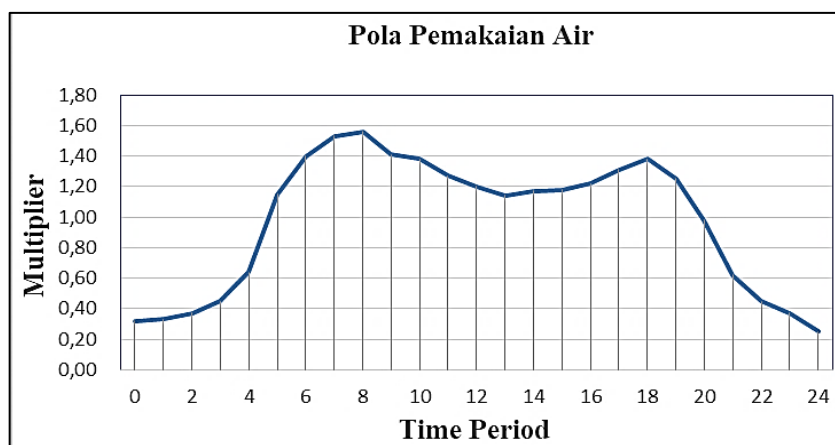
Setelah menentukan besarnya Q_{total} untuk masing-masing blok perumahan, maka dibuat perhitungan kebutuhan air untuk masing-masing blok. Kebutuhan air total dalam satu hari memperhitungkan terjadinya kebocoran dalam jaringan distribusi pipa. Kebocoran pipa diperkirakan sebesar 20% dari total

kebutuhan harian sesuai dengan ketentuan Ditjen Cipta Kaya tahun 2000 (20% - 30%). Dengan demikian dapat dihitung kebutuhan air maksimum dan kebutuhan air puncak setelah menjumlahkan kebutuhan total ditambah dengan kebocoran pipa, dengan memanfaatkan aplikasi EPANET dapat dibuat asumsi pemakaian air selama 24 jam pada perumahan Taman Argo Subur Kabupaten Tangerang. Pola pemakaian air dalam 24 jam dapat dilihat pada tabel 4.27 di bawah ini.

Tabel 4.27 Pola Pemakaian Air selama 24 jam

Time Period	Multiplier	Presentasi Penggunaan (%)
00.00-01.00	0,32	1
01.00-02.00	0,37	2
02.00-03.00	0,45	2
03.00-04.00	0,64	3
04.00-05.00	1,15	5
05.00-06.00	1,40	6
06.00-07.00	1,53	6
07.00-08.00	1,56	7
08.00-09.00	1,41	6
09.00-10.00	1,38	6
10.00-11.00	1,27	5
11.00-12.00	1,20	5
12.00-13.00	1,14	5
13.00-14.00	1,17	5
14.00-15.00	1,18	5
15.00-16.00	1,22	5
16.00-17.00	1,31	5
17.00-18.00	1,38	6
18.00-19.00	1,25	5
19.00-20.00	0,98	4
20.00-21.00	0,62	3
21.00-22.00	0,45	2
22.00-23.00	0,37	2
23.00-24.00	0,25	1

Sumber: Whidi, M. 2021.



Gambar 4.27 Pola Pemakaian Air dalam 24 jam

Berdasarkan Gambar 4.27 terlihat pola pemakaian air selama 24 jam saat berada pada waktu puncak. Pola pemakaian air tersebut merupakan asumsi pemakaian air di Perumahan Taman Argo Subur dengan memanfaatkan aplikasi EPANET 2.0 yang berguna untuk memprediksi besarnya kebutuhan air ketika berada pada waktu pemakaian puncak.

Tabel 4.28 Kebutuhan Air Maksimum dan Puncak (liter/detik)

Tahun Proyeksi	Kebutuhan Air Total	Kebutuhan Air Harian Maksimum	Kebutuhan Air Jam Puncak
2023	4.05	4.45	6.07
2024	4.22	4.64	6.33
2025	4.40	4.84	6.60
2026	4.59	5.05	6.89
2027	4.79	5.27	7.19
2028	5.00	5.50	7.50
2029	5.22	5.74	7.82
2030	5.48	6.02	8.22
2031	5.74	6.31	8.60
2032	5.98	6.58	8.97
2033	6.24	6.87	9.36
2034	6.51	7.16	9.77
2035	6.83	7.51	10.24
2036	7.14	7.86	10.71
2037	7.45	8.20	11.18
2038	7.77	8.55	11.66
2039	8.11	8.92	12.17
2040	8.46	9.31	12.70
2041	8.83	9.72	13.25
2042	9.22	10.14	13.82

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan kebutuhan air pada 854 sambungan rumah (SR) yang terdapat pada Tabel 4.28 dinyatakan dalam satuan liter per detik (lps). Pada perhitungan ini mengacu pada data pada penduduk tahun 2022 sebanyak 2223 jiwa, perhitungan kebutuhan harian maksimum dan kebutuhan jam puncak, maka dapat dihitung besarnya kebutuhan jam puncak pada 854 SR. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.29 di bawah ini.

Tabel 4.29 Kebutuhan Harian Puncak pada SR 854 unit (liter/detik)

No	Blok	Jumlah unit	Jumlah Penghuni	Jumlah	Kebutuhan Air (liter/det)
1	R13	13	3	39	0,05
2	R11	10	3	30	0,04
3	R9	12	3	36	0,05
4	R8	14	3	42	0,06
5	R7	20	3	60	0,08
6	R5	10	5	50	0,07
7	R3	12	2	24	0,03
8	R1	8	2	16	0,02
9	R12	59	3	177	0,25
10	R10	48	3	144	0,20
11	R8	41	2	82	0,11
12	R6	41	2	82	0,11
13	R4	48	3	144	0,20
14	R2	48	2	96	0,13
15	U9	24	3	72	0,10
16	U7	53	2	106	0,15
17	U5	58	2	116	0,16
18	U3	48	2	96	0,13
19	U1	24	4	96	0,13
20	S1&2	13	3	39	0,05
21	S3	14	3	42	0,06
22	S4	8	4	32	0,04
23	S5	8	3	24	0,03
24	S6	12	2	24	0,03
25	S7	8	3	24	0,03
26	S8	10	2	20	0,03
27	S9	6	4	24	0,03
28	S10	8	2	16	0,02
29	S11	10	3	30	0,04
30	S12	8	4	32	0,04
31	S13	8	2	16	0,02
32	S14	8	3	24	0,03
33	S15	8	2	16	0,02
34	S16	8	2	16	0,02
35	S17	8	3	24	0,03
36	S18	6	4	24	0,03
37	S19	6	3	18	0,02
38	S20	6	2	12	0,02
39	S21	6	4	24	0,03
40	S22	9	3	27	0,04
41	N7	9	3	27	0,04
42	N6	8	3	24	0,03

No	Blok	Jumlah unit	Jumlah Penghuni	Jumlah	Kebutuhan Air (liter/det)
43	N5	12	2	24	0,03
44	Q13	10	2	20	0,03
45	O01	8	2	16	0,02
46	O02	8	2	16	0,02
47	O03	10	3	30	0,04
48	Q10	10	2	20	0,03
49	Q11	10	3	30	0,04
Jumlah Unit		854		2223	3,09

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan pada Tabel 4.27 menunjukkan bahwa pada kondisi kebutuhan air puncak, maka besarnya kebutuhan air puncak pada Sambungan Rumah (SR) untuk Blok R12 adalah yang tertinggi yaitu sebesar 0.25 liter per detik, sedangkan untuk sambungan rumah dengan debit terendah terdapat pada Blok R01, dan S10, S13, S16, S19, dan S20 sebesar 0,02 liter per detik, dengan mengacu pada hasil Tabel 4.28 maka dapat dihitung:

Kebutuhan air dalam 1 hari secara keseluruhan maupun untuk setiap blok.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ hari} &= 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \\
 &= 86400 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok NQ} &= (0,29 \times 86400)/1000 \\
 &= 25,06 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok RSU} &= (2,80 \times 86400)/1000 \\
 &= 27,65 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air harian maksimum dinyatakan dalam m³/hari

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok NQ} &= (0,44 \times 86400)/1000 \\
 &= 38,02 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok RSU} &= (4,20 \times 86400)/1000 \\
 &= 362,88 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air harian puncak dinyatakan dalam m³/hari

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok NQ} &= (1,83 \times 86400)/1000 \\
 &= 158,11 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air Blok RSU} &= (17,81 \times 86400)/1000 \\
 &= 1.538,78 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian total kebutuhan air penduduk Blok NQ dan Blok RSU Perumahan Taman Argo Subur Cisoka Tangerang adalah sebesar 52,71 m³/hari. Secara keseluruhan debit harian maksimum adalah sebesar 400,09 m³/hari dan debit harian puncak adalah sebesar 1.696.89 m³/hari. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Immanuel (2014) memuat kesimpulan diantaranya adalah Kapasitas total kebutuhan air bersih di Perumahan Griya Prima Tebing Tinggi adalah 330 m³ /hari. Kebutuhan air pada jam puncak (*peak hour*) adalah 1.120 m³ /hari.

Perhitungan debit jam puncak dan debit harian maksimum digunakan untuk menghitung diameter maksimum pipa yang akan digunakan untuk jaringan air bersih. Hasil simulasi epanet antara lain diameter pipa untuk masing-masing blok, pipa primer, spek/kapasitas pompa, dan volume tampungan air pada reservoir atas. Jenis pipa dan ukuran pipa primer dapat dilihat pada Tabel 4.30 di bawah ini.

Tabel 4.30 Diameter Pipa Primer

No	Jenis Pipa	Diameter Pipa	
		Inc	mm
1	Pipa induk PVC Type AW	4"	102
2	Pipa induk PVC Type AW	2"	50,8

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa pada Blok RSU diameter pipa adalah 4 inch atau 102 milimeter, sedangkan pada Blok NQ adalah sebesar 2 inch atau 50,8 milimeter. Ukuran pipa maksimal umumnya terdapat pada jaringan pipa yang berasal dari reservoir. Ukuran pipa untuk masing-masing sambungan rumah terlihat pada hasil EPANET.

Selain diameter pipa induk dapat diketahui juga mengenai jenis dan kapasitas pompa yang dipakai dalam distribusi air bersih, yaitu pompa pada Reservoir 1, Reservoir 1, Reservoir 1, Sumur bor, dan Reservoir 4. Hasil simulasi epanet dapat dilihat pada Tabel 4.31 sebagai berikut :

Tabel 4.31 Spek dan Kapasitas Pompa yang dipergunakan

Tempat Pompa	Spek Pompa	Kapasitas Pompa (liter/detik)	Head Max (m)
Reservoir 1	Pompa Tekan (Tipe PBMH)	20	75
Reservoir 2	Pompa Tekan (Tipe PBMH)	20	75
Reservoir 3	Pompa Tekan	20	75
Sumur bor	Pompa Celup (Submersible 2 inch)	10	100
Reservoir 4	Pompa Tekan (Tipe BR)	20	50

Sumber : Hasil Perhitungan

Sedangkan untuk daya tampung reservoir 5 sebesar 16.000 liter yang dipasang pada ketinggian 6 m diatas permukaan tanah atau 47 mDPL. Bahan dari Plastik PE tinggi 3,04 m dengan diameter tangki 2,7 m diameter tutup 0,60 m dan tebal tangki 16 mm.

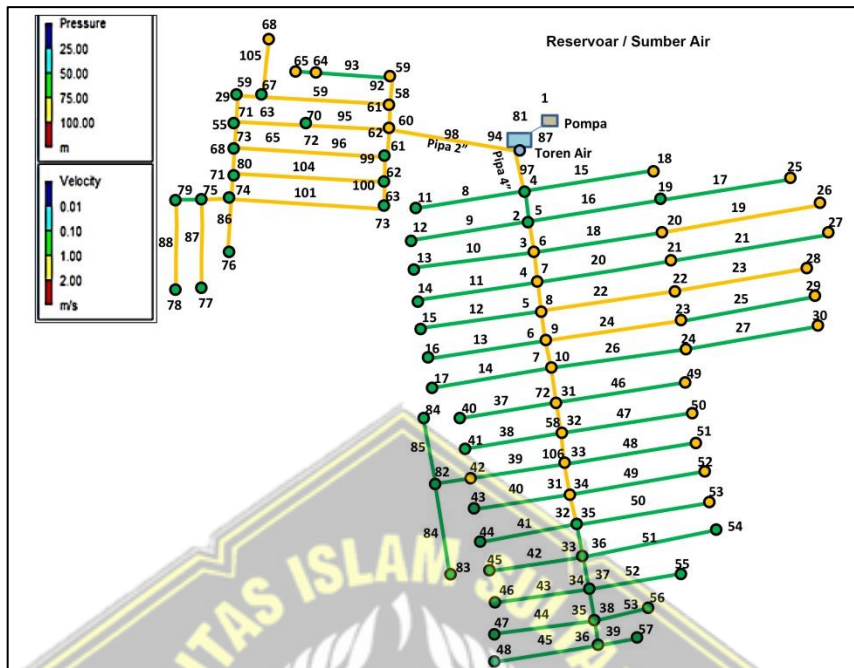
4.3.3 Perancangan Jaringan EPANET

Jaringan transmisi pipa yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan air warga Taman Argo Subur Cisoka terutama Blok NQ dan Blok RSU, dihitung berdasarkan kebutuhan air harian dan debit puncak yang dengan memanfaatkan aplikasi EPANET 2.0.



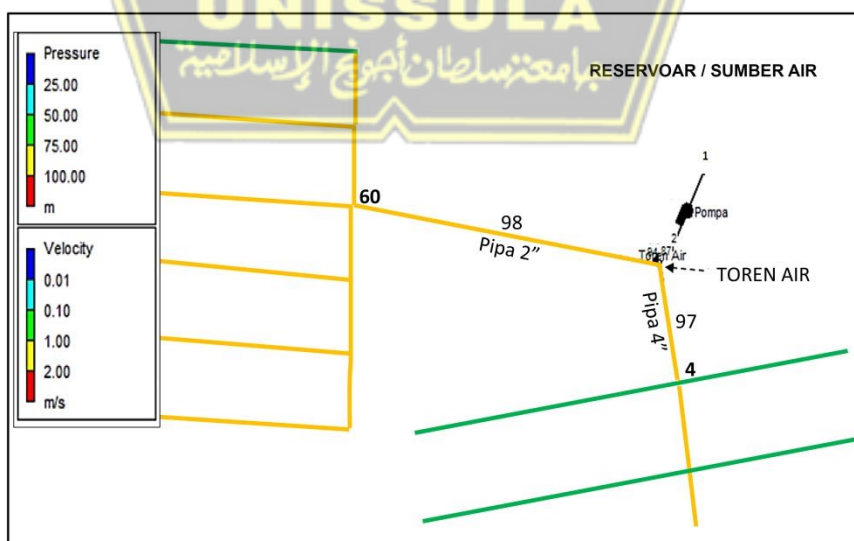
Gambar 4.28 Peta penentuan jaringan distribusi pipa

Penggambaran pipa pada aplikasi EPANET 2.0 dapat dilihat pada Gambar 4.29 di bawah ini.



Gambar 4.29 Pola Jaringan Distribusi menggunakan sistem grafitasi

Hasil simulasi Epanet pada blok NQ dan blok RSU pada pipa 2” dan pipa 4” berupa gambar jaringan, tabel dan grafik seperti kecepatan air dan tekanan air, pada jam puncak. Gambar jaringan, tabel dan grafik kecepatan air dan tekanan air dapat ditampilkan pada Gambar 4.28 di bawah ini :



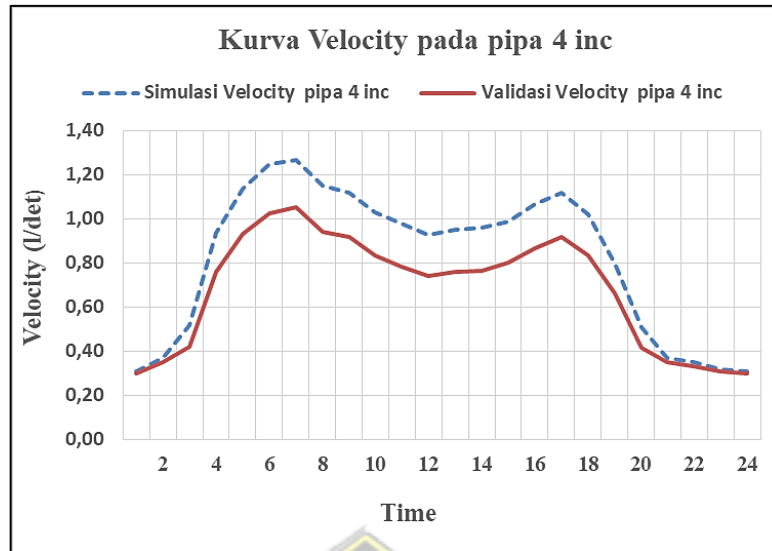
Gambar 4.30 Pola Jaringan Jaringan air bersih menggunakan sistem grafitasi pada induk pipa 2 inc dan 4 inc

Selanjutnya hasil simulasi dan pengukuran lapangan kecepatan aliran air pada pipa 4 inc dapat dilihat pada Tabel 4.32 dan Gambar 4.31 sebagai berikut :

Tabel 4.32 Simulasi dan Pengukuran lapangan Kecepatan Air pada pipa 4 inc

Time	Simulasi Epanet		Pengukuran Lapangan	
	Velocity (m/s) Pipa 4" / Link 97	Persentase (%)	Velocity (m/s) Pipa 4"	Persentase (%)
00.00 - 01.00	0,31	1,57	0,30	1,83
01.00 - 02.00	0,37	1,87	0,35	2,14
02.00 - 03.00	0,52	2,63	0,42	2,57
03.00 - 04.00	0,94	4,75	0,76	4,64
04.00 - 05.00	1,14	5,76	0,93	5,70
05.00 - 06.00	1,25	6,32	1,03	6,25
06.00 - 07.00	1,27	6,42	1,05	6,43
07.00 - 08.00	1,15	5,81	0,94	5,75
08.00 - 09.00	1,12	5,66	0,92	5,60
09.00 - 10.00	1,03	5,21	0,83	5,09
10.00 - 11.00	0,98	4,95	0,79	4,79
11.00 - 12.00	0,93	4,70	0,74	4,54
12.00 - 13.00	0,95	4,80	0,76	4,63
13.00 - 14.00	0,96	4,85	0,77	4,68
14.00 - 15.00	0,99	5,01	0,80	4,89
15.00 - 16.00	1,07	5,41	0,87	5,28
16.00 - 17.00	1,12	5,66	0,92	5,60
17.00 - 18.00	1,02	5,16	0,84	5,10
18.00 - 19.00	0,80	4,04	0,66	4,05
19.00 - 20.00	0,51	2,58	0,42	2,55
20.00 - 21.00	0,37	1,87	0,35	2,14
21.00 - 22.00	0,35	1,77	0,33	2,03
22.00 - 23.00	0,32	1,62	0,31	1,89
23.00 - 24.00	0,31	1,57	0,30	1,84

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.31 Simulasi Epanet dan Validasi Kecepatan aliran air pada pipa 4 inc

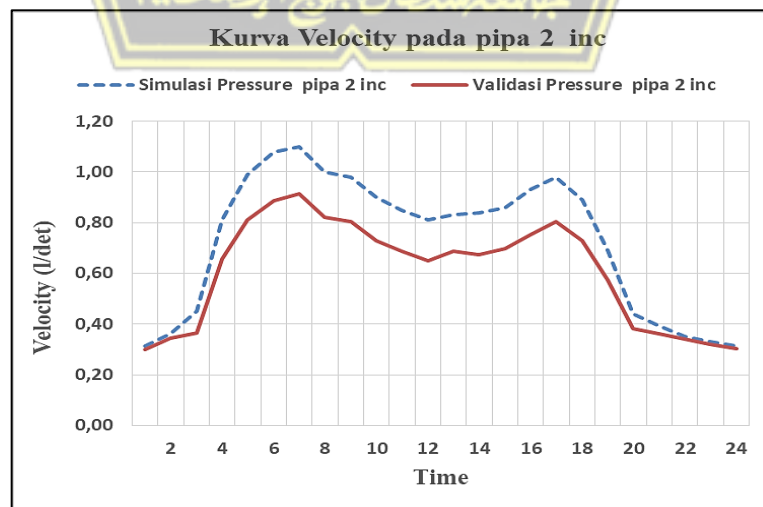
Hasil simulasi dan validasi pada Tabel 4.32, dan Gambar 4.31 dapat diketahui simulasi kecepatan aliran air pipa 4 inc yang terbesar terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,27m/det dan terkecil pada jam 00.00 – 01.00 sebesar 0,31 m/det.. Pada hasil pengukuran lapangan (validasi) kecepatan aliran yang terbesar terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,05 m/det dan terkecil pada jam 00.00 – 01.00 sebesar 0,30 m/det. Pola kecepatan aliran air pada simulasi epanet dan validasi menunjukkan pola yang sama, hal ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan pipa dapat dipakai dalam distribusi air bersih.

Selanjutnya simulasi dan pengukuran lapangan kecepatan aliran air pada pipa primer 2 inci dapat dilihat pada Tabel 4.33 dan Gambar 4.32 sebagai berikut :

Tabel 4.33 Simulasi dan Pengukuran lapangan Kecepatan Air pada pipa 2 inc

Time	Simulasi Epanet		Pengukuran Lapangan	
	Velocity (m/s) Pipa 2" / Link 98	Persentase (%)	Velocity (m/s) Pipa 2"	Persentase (%)
00.00 - 01.00	0,31	1,79	0,30	2,06
01.00 - 02.00	0,36	2,07	0,34	2,35
02.00 - 03.00	0,45	2,57	0,36	2,50
03.00 - 04.00	0,81	4,63	0,66	4,50
04.00 - 05.00	0,99	5,66	0,81	5,56
05.00 - 06.00	1,08	6,17	0,89	6,07
06.00 - 07.00	1,10	6,29	0,91	6,26
07.00 - 08.00	1,00	5,72	0,82	5,62
08.00 - 09.00	0,98	5,60	0,80	5,51
09.00 - 10.00	0,90	5,14	0,73	5,00
10.00 - 11.00	0,85	4,86	0,69	4,72
11.00 - 12.00	0,81	4,63	0,65	4,44
12.00 - 13.00	0,83	4,74	0,69	4,72
13.00 - 14.00	0,84	4,80	0,67	4,61
14.00 - 15.00	0,86	4,92	0,70	4,77
15.00 - 16.00	0,93	5,32	0,75	5,16
16.00 - 17.00	0,98	5,60	0,80	5,51
17.00 - 18.00	0,89	5,09	0,73	5,00
18.00 - 19.00	0,69	3,94	0,57	3,93
19.00 - 20.00	0,44	2,52	0,38	2,62
20.00 - 21.00	0,39	2,24	0,36	2,48
21.00 - 22.00	0,35	2,02	0,34	2,34
22.00 - 23.00	0,33	1,90	0,32	2,20
23.00 - 24.00	0,31	1,79	0,30	2,07

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.32 Simulasi Epanet dan Validasi Kecepatan aliran air pada pipa 2 inc

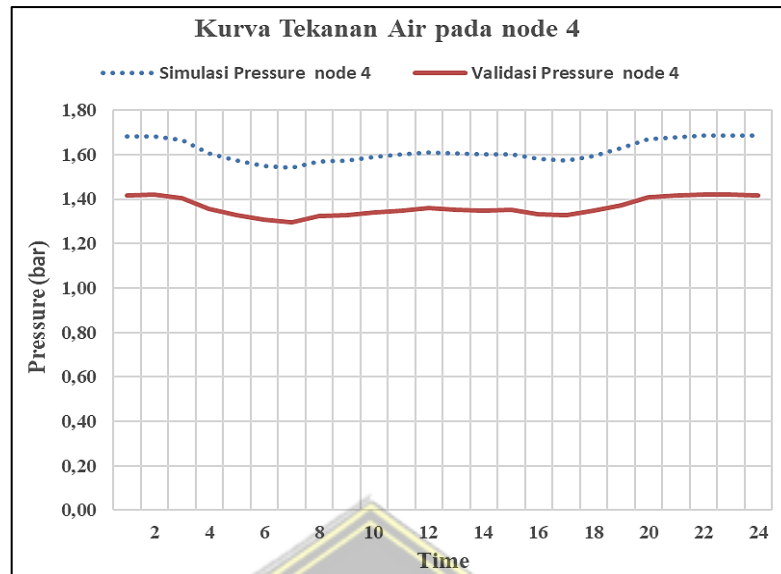
Hasil simulasi dan validasi pada Tabel 4.33, dan Gambar 4.32 dapat diketahui simulasi kecepatan aliran air pipa 2 inc yang terbesar terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1.10 m/det dan terkecil pada jam 00.00 – 01.00 sebesar 0,31 m/det. Pada hasil pengukuran lapangan (validasi) kecepatan aliran yang terbesar terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 0.91 m/det dan terkecil pada jam 00.00 – 01.00 sebesar 0,30 m/det. Kecepatan aliran air pada pipa jam puncak masih berada pada syarat yang diijinkan yaitu 0,3 m/det sampai 2,5 m/det sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007. Pola kecepatan aliran air pada simulasi epanet dan validasi menunjukkan pola yang sama, hal ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan pipa dapat dipakai dalam distribusi air bersih.

Kemudian simulasi dan pengukuran lapangan mengenai tekanan air pada pipa primer 4 inci dapat dilihat pada Tabel 4.34 dan Gambar 4.34 sebagai berikut :

Tabel 4.34 Simulasi dan Pengukuran Lapangan Tekanan Air pada node 4

Time	Simulasi Epanet		Pengukuran Lapangan	
	Pressure (bar) Node 4 / Titik 4	Persentase (%)	Pressure (bar) Node 4 / Titik 4	Persentase (%)
00.00 - 01.00	1,682	4,33	1,417	4,33
01.00 - 02.00	1,681	4,33	1,419	5,14
02.00 - 03.00	1,665	4,29	1,404	5,09
03.00 - 04.00	1,607	4,14	1,355	4,91
04.00 - 05.00	1,572	4,05	1,327	4,80
05.00 - 06.00	1,550	3,99	1,308	4,73
06.00 - 07.00	1,541	3,97	1,297	4,71
07.00 - 08.00	1,570	4,04	1,325	4,79
08.00 - 09.00	1,573	4,05	1,326	4,80
09.00 - 10.00	1,590	4,09	1,341	4,86
10.00 - 11.00	1,600	4,12	1,349	4,89
11.00 - 12.00	1,611	4,15	1,360	4,92
12.00 - 13.00	1,605	4,13	1,353	4,90
13.00 - 14.00	1,601	4,12	1,348	4,89
14.00 - 15.00	1,600	4,12	1,351	4,89
15.00 - 16.00	1,582	4,07	1,332	4,83
16.00 - 17.00	1,575	4,06	1,329	4,81
17.00 - 18.00	1,595	4,11	1,346	4,87
18.00 - 19.00	1,628	4,19	1,371	4,97
19.00 - 20.00	1,669	4,30	1,409	5,10
20.00 - 21.00	1,679	4,32	1,416	5,13
21.00 - 22.00	1,684	4,34	1,420	5,14
22.00 - 23.00	1,687	4,34	1,421	5,15
23.00 - 24.00	1,684	4,34	1,418	5,14

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.33 Simulasi Epanet dan Validasi tekanan air pada node 4

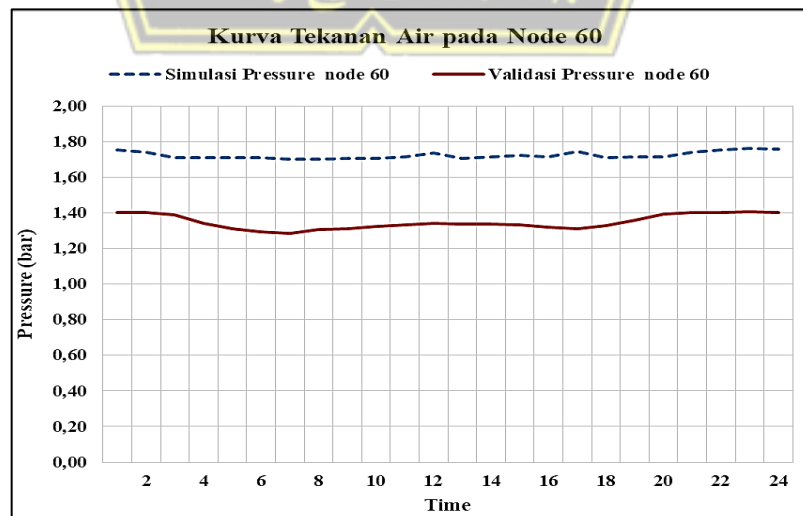
Hasil simulasi dan validasi pada Tabel 4.34, dan Gambar 4.34 dapat diketahui simulasi tekanan aliran air node 4 yang terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,541 bar dan tertinggi pada jam 22.00 – 23.00 sebesar 1,687 bar. Pada hasil pengukuran lapangan (validasi) tekanan aliran air yang terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,297 bar dan tertinggi pada jam 22.00 – 23.00 sebesar 1,421 bar. Pola tekanan aliran air pada simulasi epanet dan validasi menunjukkan pola yang sama, hal ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan pipa dapat dipakai dalam distribusi air bersih.

Selanjutnya simulasi dan pengukuran lapangan tekanan aliran air pada pipa primer 2 inci dapat dilihat pada Tabel 4.35 dan Gambar 4.35 sebagai berikut :

Tabel 4.35 Simulasi dan Pengukuran Lapangan Tekanan Air pada node 60

Time	Simulasi Epanet		Pengukuran Lapangan	
	Pressure (bar) Node 60 / Titik 60	Persentase (%)	Pressure (bar) Node 60 / Titik 60	Persentase (%)
00.00 - 01.00	1,751	4,23	1,402	4,33
01.00 - 02.00	1,741	4,21	1,401	4,33
02.00 - 03.00	1,709	4,13	1,388	4,29
03.00 - 04.00	1,711	4,14	1,340	4,14
04.00 - 05.00	1,708	4,13	1,310	4,05
05.00 - 06.00	1,709	4,13	1,291	3,99
06.00 - 07.00	1,700	4,11	1,284	3,97
07.00 - 08.00	1,703	4,12	1,308	4,04
08.00 - 09.00	1,705	4,12	1,311	4,05
09.00 - 10.00	1,707	4,13	1,325	4,09
10.00 - 11.00	1,714	4,15	1,334	4,12
11.00 - 12.00	1,735	4,20	1,343	4,15
12.00 - 13.00	1,705	4,12	1,338	4,13
13.00 - 14.00	1,716	4,15	1,335	4,12
14.00 - 15.00	1,723	4,17	1,334	4,12
15.00 - 16.00	1,715	4,15	1,319	4,07
16.00 - 17.00	1,745	4,22	1,312	4,06
17.00 - 18.00	1,711	4,14	1,329	4,11
18.00 - 19.00	1,715	4,15	1,356	4,19
19.00 - 20.00	1,713	4,14	1,391	4,30
20.00 - 21.00	1,741	4,21	1,399	4,32
21.00 - 22.00	1,751	4,23	1,404	4,34
22.00 - 23.00	1,763	4,26	1,406	4,34
23.00 - 24.00	1,757	4,25	1,404	4,34

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.35 Simulasi Epanet dan Validasi tekanan air pada node 60

Hasil simulasi dan validasi pada Tabel 4.35, dan Gambar 4.35 dapat diketahui simulasi tekanan aliran air node 60 yang terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,700 bar dan tertinggi pada jam 22.00 – 23.00 sebesar 1,763 bar. Pada hasil pengukuran lapangan (validasi) tekanan aliran air yang terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 1,284 bar dan tertinggi pada jam 22.00 – 23.00 sebesar 1,406 bar. Tekanan aliran air pada pipa jam puncak masih berada pada syarat yang diijinkan yaitu minimum 0,56 bar sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007. Pola tekanan aliran air pada simulasi epanet dan validasi menunjukkan pola yang sama, hal ini menunjukkan bahwa perancangan jaringan pipa dapat dipakai dalam distribusi air bersih.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Zuhair (2022) pada evaluasi jaringan pipa di Perumahan Karang Sari Permai Kecamatan Siantar Kota Pematangsiantar bahwa perbandingan hasil pengukuran lapangan dengan simulasi epanet sebesar 70%. Begitu pula dengan hasil penelitian Riduan et al (2017) pada evaluasi tekanan jaringan distribusi zona air minum prima (ZAMP) PDAM Intan Banjar Kota Banjarmasin, perbandingan hasil pengukuran lapangan dengan simulasi epanet sebesar 98,4%. Pola tekanan aliran air pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 baik hasil simulasi epanet maupun hasil pengukuran lapangan mempunyai pola yang mirip, hal ini menunjukkan bahwa dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan jaringan distribusi air.

4.3.4 Eksperimen Alat

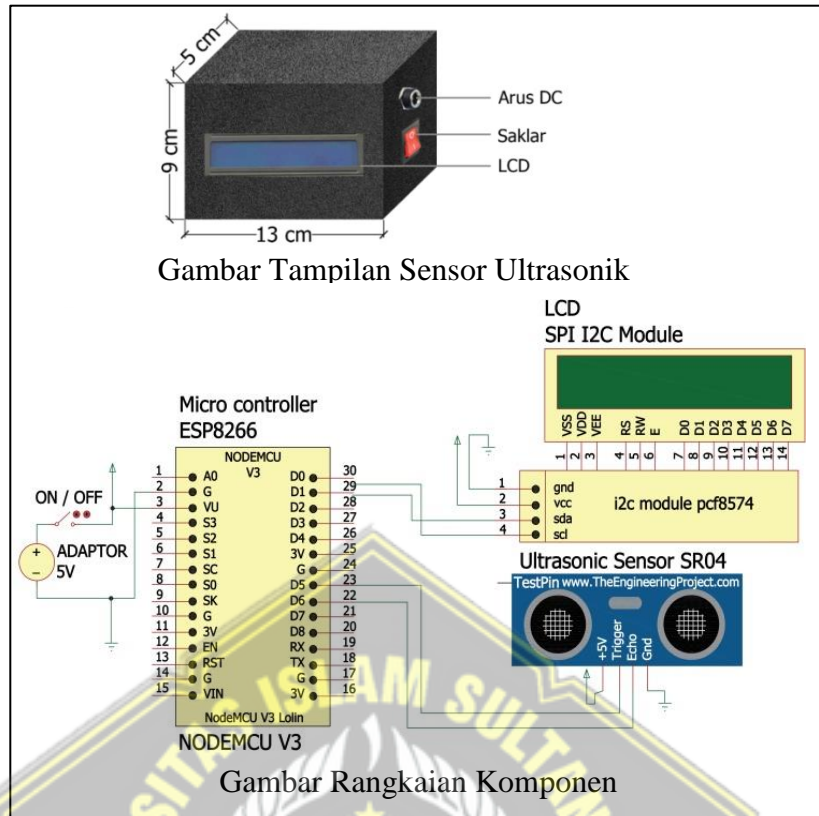
Kemajuan teknologi komputerisasi mendorong manusia membuat peralatan tepat guna yang dapat diaplikasikan dalam berbagai aspek kehidupan, misalnya kemudahan dalam mengontrol ketinggian permukaan air pada reservoir yang dipakai penampungan air. Sistem yang dapat mematikan aliran air bila kondisi air pada reservoir sudah terisi penuh dan menghidupkan kembali aliran air bila air dalam reservoir dalam keadaan kosong secara otomatis.

Pada penelitian ini akan dibuat suatu alat monitoring water level control berbasis arduino uno yang yang terdiri dari 5 sensor dimana satu sensor untuk melakukan monitoring ketinggian permukaan air secara otomatis sehingga dapat menghidup dan mematikan pompa pada reservoir bawah. Sedangkan empat sensor yang lainnya hanya untuk mengontrol ketinggian muka air pada reservoir 1, reservoir 2, reservoir 3 dan reservoir 4.

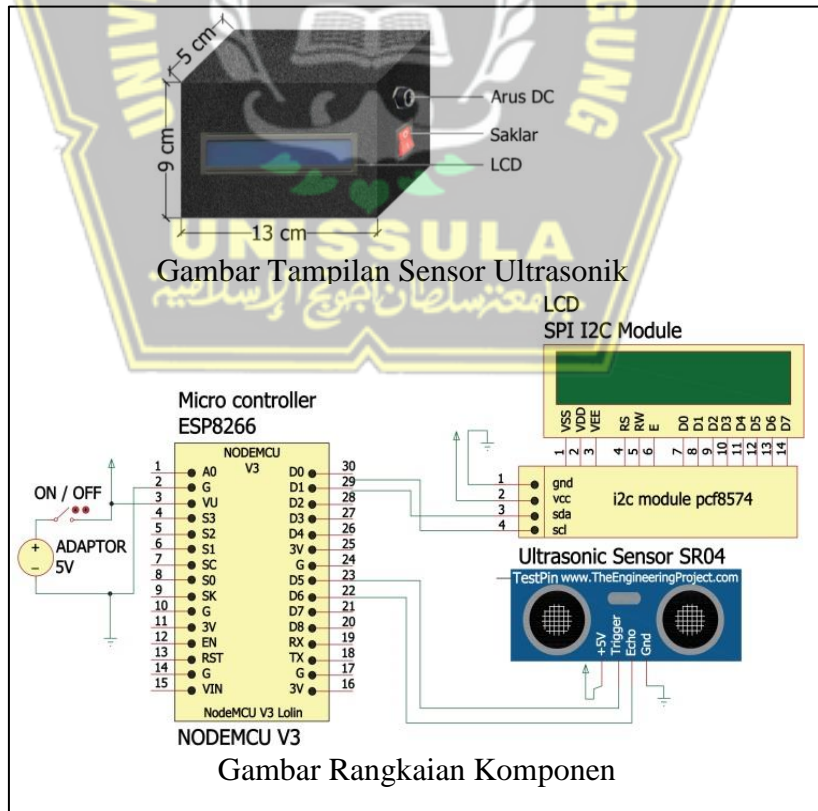
Kegiatan monitoring persediaan air pada reservoir menjadi hal yang sangat penting mengingat ketersediaan air yang terbatas. Pada penelitian ini telah dibuat suatu alat yang dapat melakukan monitoring ketinggian permukaan air secara otomatis. Alat monitoring water level control berbasis arduino uno menggunakan LCD SPI 12C Module secara garis besar terdiri atas sensor ultrasonic SRO4, mikrokontroler arduino uno, LCD SPI 12C Module, relay, pompa air, Hp dan PC. Perangkat ini diaplikasikan untuk monitoring level ketinggian permukaan air pada reservoir secara otomatis. Alat pada penelitian ini dibagi dua bagian; **pertama** sensor yang ditempatkan pada reservoir atas untuk mendeteksi ketinggian permukaan air dan sekaligus secara otomatis dapat mematikan dan menghidupkan pompa pada reservoir 4 sesuai dengan yang diinginkan, **kedua** sensor yang ditempatkan pada reservoir 4, reservoir 1, reservoir 2 dan reservoir 3 hanya untuk mengukur ketinggian permukaan air pada masing-masing tempat. Prinsip kerja sensor pertama adalah apabila air pada reservoir 5 dalam kondisi kosong atau mencapai level LOW, maka sensor ultrasonic SRO4 akan mendeteksi ketinggian air dan memberikan sinyal ke arduino uno untuk menghidupkan pompa pengisi reservoir 5 dan mengirimkan data ketinggian air pada LCD dan Hp. Apabila reservoir 5 dalam keadaan penuh atau mencapai level HIGH, maka sensor ultrasonic SRO4 akan mendeteksi ketinggian air dan memberikan sinyal ke arduino uno untuk mematikan pompa pengisi reservoir 5 secara otomatis dan mengirimkan data ketinggian air pada LCD dan Hp. Prinsip kerja sensor kedua yang jumlahnya ada 4 sensor, sensor ultrasonic SRO4 akan mendeteksi setiap saat ketinggian permukaan air dan memberikan sinyal ke arduino uno untuk diteruskan ke LCD dan Hp, sehingga memudahkan dalam pengontrolan persediaan air untuk suatu keputusan.

Proses pengisian air pada reservoir selama ini masih banyak yang menggunakan cara manual, cara tersebut dianggap masih belum efektif, untuk mempermudah proses menunggu dalam pengisian air didalam reservoir dan mengetahui volume air pada reservoir sebagai ketersediaan air yang digunakan, maka diperlukan alat otomatis yang berfungsi menghidupkan dan mematikan pompa, selain itu juga sebagai alat untuk mengukur ketinggian air pada kedua reservoir penampungan air. Maka dalam penelitian ini dibuatlah aplikasi menggunakan sensor ultrasonik SR04, blynk, thingspeak, relay, pompa air, LCD dan hp. Sensor ultrasonik SR04 berguna mengukur ketinggian air reservoir. Blynk untuk menampilkan jarak level air dalam reservoir. Thingspeak untuk menyimpan data loger pada google drive yang bisa didownload, serta digunakan untuk menghubungkan alat dengan blynk yang di install di handphone. Pompa air di pergunakan mengisi air ke reservoir. Relay digunakan untuk mengontrol pompa air hidup atau mati secara otomatis sedangkan LCD dan hp sebagai alat monitoring distribusi air.

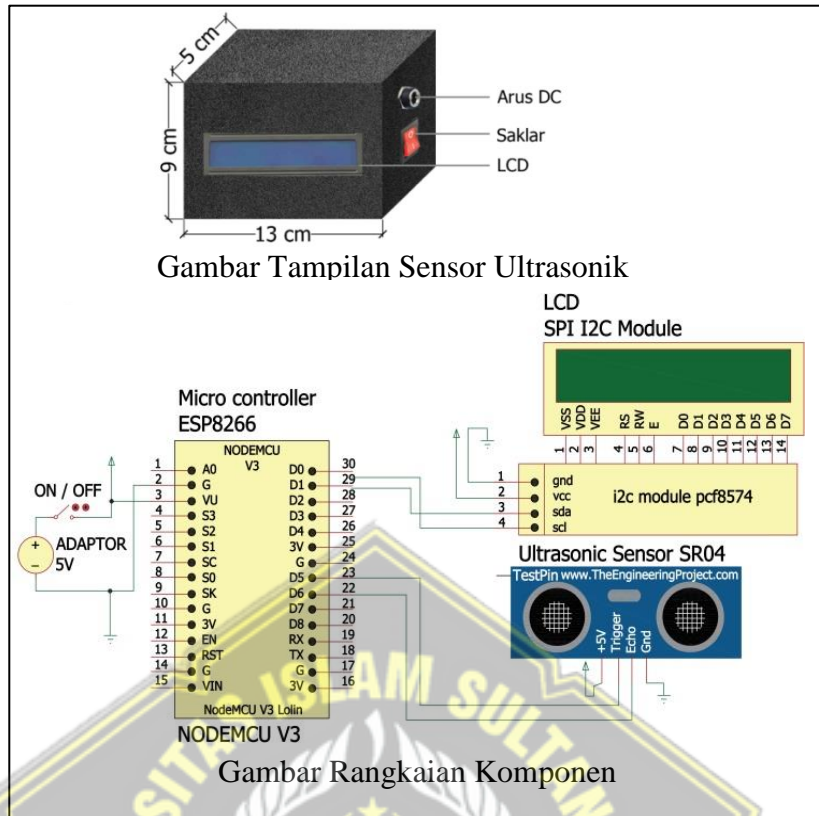
Penelitian mengenai pemanfaatan microcontroller untuk mengontrol water level didalam reservoir pernah dilakukan salah satunya oleh Mulyadi, et.al (2021). Penelitian tersebut merancang otomatisasi reservoir menggunakan arduino sebagai alat software yang digunakan untuk memprogram pembacaan level air dalam reservoir, sehingga secara otomatis dapat menginstruksikan untuk mengisinya bila ketinggiannya sudah mencapai batas yang ditentukan. Rancangan alat untuk monitoring pengelolaan air berupa sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 4.35, Gambar 4.36, Gambar 4.37, Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 sebagai berikut:



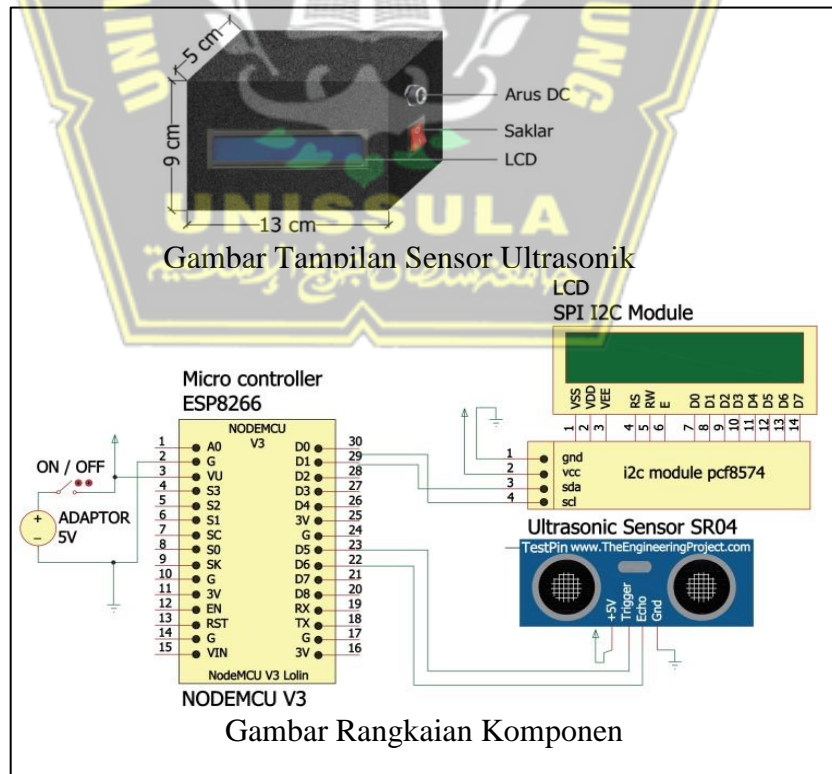
Gambar 4.35 Sensor Ultrasonik reservoir 1



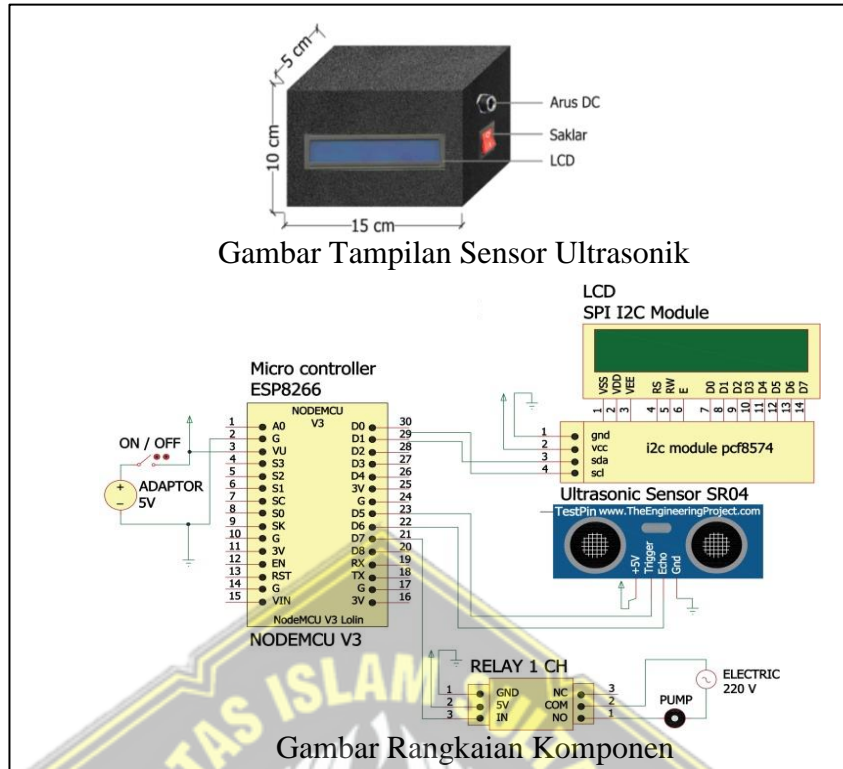
Gambar 4.36 Sensor ultrasonik reservoir 2



Gambar 4.37 Sensor ultrasonik reservoir 3



Gambar 4.38 Sensor ultrasonik reservoir 4



Gambar 4.39 Sensor ultrasonik reservoir 5

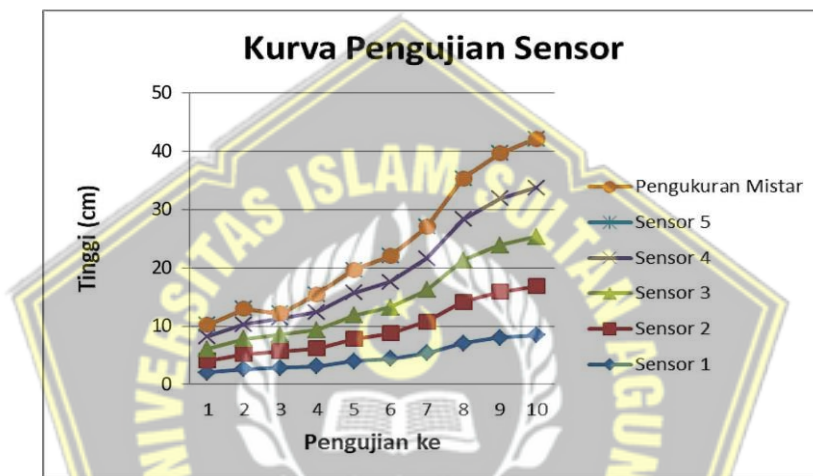
Sensor yang digunakan dalam penelitian ini diuji di laboratorium terbuka (lokasi Catfish Point) untuk menentukan apakah sensor berfungsi atau tidak. Pada penelitian ini terdapat empat sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur ketinggian air di dalam tangki air dan reservoir. Hasil pengujian sensor ultrasonic dapat dilihat pada Tabel 4.36 di bawah ini.

Tabel 4.36 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ke	Sensor 1 (cm)	Sensor 2 (cm)	Sensor 3 (cm)	Sensor 4 (cm)	Sensor 5 (cm)	Pengukuran Mistar (cm)
1	10,30	10,20	10,10	10,20	10,30	10.00
2	13,00	13,00	12,80	12,90	13,00	13.00
3	14,20	14,20	14,20	14,20	4,20	14.00
4	15,50	15,50	16,50	15,40	15,30	15.50
5	20,00	19,00	23,00	19,70	19,80	20.00
6	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22.00
7	27,00	27,00	27,00	27,20	27,00	27.00
8	35,50	35,30	35,50	36,10	35,00	35.00
9	40,00	39,50	40,00	39,80	39,00	40.00
10	42,20	42,10	42,20	43,10	42,20	42.00

Sumber: Hasil Pengujian Lab

Berdasarkan Tabel 4.36 terlihat bahwa sensor-sensor yang digunakan pada penelitian ini dapat berfungsi dengan baik walaupun terdapat beberapa pengukuran yang berbeda. Hasil pengujian dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan mistar/meteran sehingga dapat diketahui kesalahan alat untuk masing-masing sensor. Perbedaan pengukuran antara sensor dengan pengukuran menggunakan mistar bisa memberikan acuan bagi peneliti untuk memperbaiki hasil pengukuran sensor, karena pengujian ini dilakukan menggunakan prototype alat. Perbedaan hasil pengujian sensor ultrasonik dapat digambarkan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.42 sebagai berikut :



Gambar 4.40 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Laboratorium



Gambar 4.41 Pengujian Sensor Ultrasonik di Laboratorium

Berdasarkan Gambar 4.40 dapat dilihat bahwa hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan hasil pengukuran antar sensor dan pada hasil pengujian secara manual. Perlu memperhatikan batas kesalahan alat ukur, klasifikasi alat ukur listrik menurut standar IEC menspesifikasikan bahwa

besarnya kesalahan dari alat ukur maksimum 5 % dari relatif harga maksimum (Taufiqullah, 2023). Perbedaan ini tidak terlalu besar, sehingga hasil pengujian akan tetap digunakan. Pada sensor 1 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,001%. Bila menggunakan ketentuan kesalahan 5% maka nilai kesalahan sebesar 0,001% masih dapat diterima. Pada sensor 2 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,002%, nilai kesalahan sensor 3 sebesar 0,005% , sensor 4 sebesar 0,004%, dan untuk sensor 5 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,012%. Diantara kelima sensor yang diuji, sensor kelima memiliki nilai nilai kesalahan tertinggi, namun demikian besarnya nilai kesalahan kurang dari nilai kesalahan 5%. Oleh sebab itu, hasil pengujian masih dapat diterima.

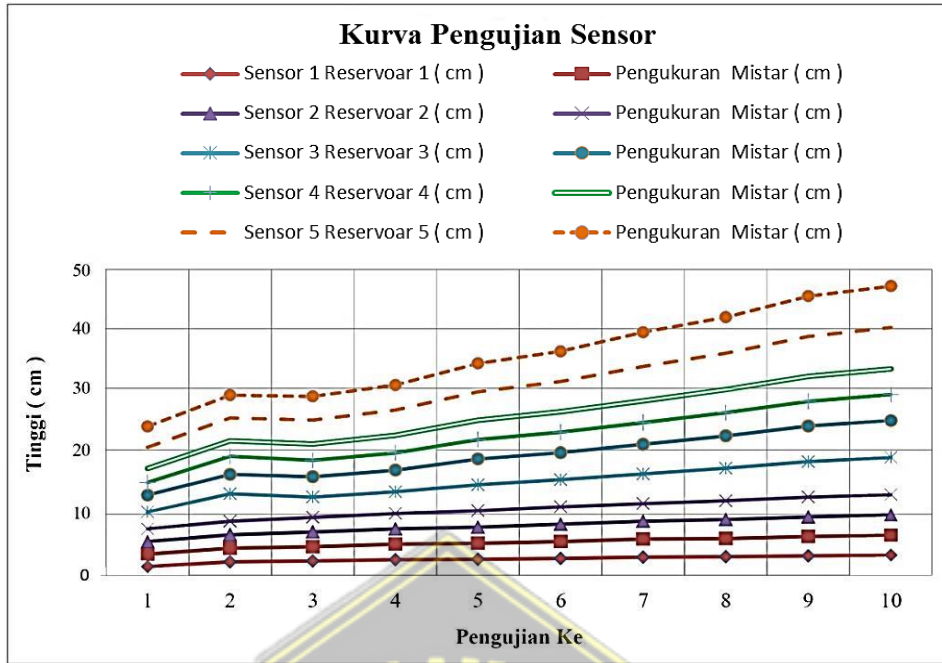
Sensor ultrasonik ini juga diuji di Perumahan Taman Argo Subur Tangerang sebagai validasi pengujian prototype yang dilaksanakan di laboratorium. Pada pengujian ini terdapat lima sensor ultrasonik yang ditempatkan pada reservoir 1, reservoir 2, reservoir 3, reservoir 4, dan reservoir 5. Hasil pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.37 di bawah ini.

Tabel 4.37 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik di lapangan

Pengujian ke	Sensor 1 Reservoir 1 (cm)	Pengukuran Mistar (cm)	Sensor 2 Reservoir 2 (cm)	Pengukuran Mistar (cm)	Sensor 3 Reservoir 3 (cm)	Pengukuran Mistar (cm)	Sensor 4 Reservoir 4 (Bawah) (cm)	Pengukuran Mistar (cm)	Sensor 5 Reservoir 5 (Atas) (cm)	Pengukuran Mistar (cm)
1	10.15	15.00	15.00	14.80	20.00	19.70	15.10	16.50	25.00	24.70
2	16.00	16.00	16.00	16.00	32.50	22.80	21.50	18.30	27.00	27.00
3	17.00	16.80	17.50	17.30	24.00	23.90	19.50	19.30	28.20	28.00
4	18.50	18.50	18.00	18.20	25.50	25.50	20.70	20.70	29.70	29.70
5	19.00	19.00	19.00	19.50	30.50	30.60	22.80	23.00	33.50	33.70
6	20.00	20.00	20.50	20.50	32.00	32.00	24.20	24.20	35.70	35.70
7	21.50	21.50	21.00	20.80	35.00	35.00	25.80	25.80	40.50	40.50
8	22.00	21.50	22.50	22.20	38.50	38.00	27.70	27.20	43.00	42.50
9	23.00	23.00	23.00	23.50	42.00	42.00	29.30	29.50	47.20	47.50
10	24.00	23.50	24.00	23.80	44.00	43.70	30.70	30.30	49.00	48.80

Sumber : Hasil Pengujian Lapangan

Pada Tabel 4.37 terlihat bahwa sensor-sensor yang digunakan pada penelitian ini dapat berfungsi dengan baik walaupun terdapat beberapa pengukuran yang berbeda. Perbedaan hasil pengujian sensor untrasonik dapat digambarkan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.42 sebagai berikut :



Gambar 4.42 Hasil Pengujian Sensor di Lapangan



Gambar 4.43 Pengujian Sensor reservoir 1, 2 dan 3 di lapangan



Gambar 4.44 Pengujian Sensor reservoir 4 dan reservoir 5 di lapangan

Pada Gambar 4.44 dapat dilihat bahwa hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan hasil pengukuran antar sensor dan pada hasil pengujian secara manual. Perbedaan ini tidak terlalu besar, sehingga hasil pengujian akan tetap digunakan. Pada sensor 1 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,006%. Bila menggunakan ketentuan kesalahan 5% maka nilai kesalahan sebesar 0,006% masih dapat diterima. Pada sensor 2 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,002%, nilai kesalahan sensor 3 sebesar 0,011%, sensor 4 sebesar 0,006%, dan untuk sensor 5 memiliki nilai kesalahan sebesar 0,002%. Diantara kelima sensor yang diuji, sensor ketiga memiliki nilai nilai kesalahan tertinggi, namun demikian besarnya nilai kesalahan kurang dari nilai kesalahan 5%. Oleh sebab itu, hasil pengujian masih dapat diterima.

Dari hasil pengujian lapangan sensor dapat diterima dengan kesalahan dibawah 5 %, hal ini menunjukkan bahwa alat dapat digunakan sebagai perancangan untuk monitoring atau dapat digunakan untuk pengelolaan kebutuhan air bersih di Perumahan. Atau dengan kata lain bahwa alat mampu sebagai alat pengendali sistem distribusi air bersih.

Pemakaian aplikasi Thingspeak sebagai alat untuk menerima hasil pembacaan sensor dan menyimpannya telah banyak dilakukan pada penelitian lain. Pemanfaatan Thingspeak untuk menerima data dari *water level sensor* dilakukan dalam penelitian Saputra, et al (2019). Penelitian tersebut memanfaatkan Thingspeak untuk menyajikan data secara realtime serta memberikan informasi mengenai pembacaan sensor ultrasonic. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pembacaan sensor ultrasonic juga dikirimkan ke web Thingspeak dan hasilnya dapat dilihat pada web tersebut.

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Kebutuhan air di Perumahan Taman Argo Subur akan terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk yang menghuni lokasi perumahan. Perancangan sistem multi sumber air dan reservoir membutuhkan data mengenai jumlah penduduk dan pertumbuhan penduduk untuk memperkirakan besarnya kebutuhan air bersih.

Hasil perhitungan jumlah penduduk Perumahan Taman Argo Subur sampai dengan Tahun 2042 menggunakan metode Geometri menjadi acuan untuk perhitungan kebutuhan penduduk hingga 20 tahun ke depan. Selain kebutuhan air untuk penduduk (domestik) pengelola Air Perumahan Taman Argo Subur juga perlu memperhitungkan kebutuhan air nondomestik yang digunakan pada sarana dan prasarana umum yang dibangun di Perumahan Taman Argo Subur. Secara total kebutuhan air bersih di perumahan Taman Argo Subur semakin meningkat, ketika memasuki Tahun 2023 kebutuhan air mencapai 4,05 l/det hingga pada Tahun 2042 kebutuhan air diperkirakan mencapai 9,22 l/det.

Ketersediaan air permukaan di wilayah Solear, Kabupaten Tangerang dapat diperkirakan dengan memanfaatkan data klimatologi seperti curah hujan, suhu, paparan sinar matahari dan kelembapan. Kabupaten Tangerang memiliki tingkat curah hujan yang cukup baik dengan rata-rata curah hujan mulai 73,98 mm sampai 325,54 mm per tahun. Selama periode tahun 2002-2021 secara rata-rata curah hujan terendah terjadi di bulan Juli sampai September, dengan debit andalan antara 0,00 liter/detik, dan debit andalan tertinggi pada bulan Februari mencapai 10,72 liter/det.

Guna memenuhi kebutuhan air di masa yang akan datang, pengelola Air Perumahan Taman Argo Subur memanfaatkan reservoir yang tersedia yang

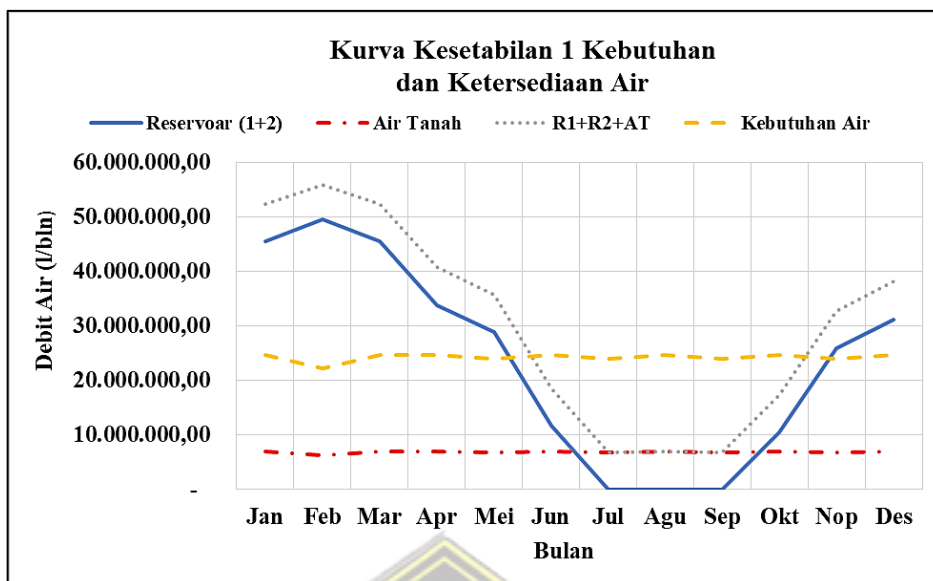
dapat menampung air hujan. Pengelola merancang multi sumber air dan reservoir yang dapat secara otomatis mengalirkan air ke penghuni perumahan. Perancangan sistem multi sumber air dan reservoir memanfaatkan sensor ultrasonik yang akan mengukur tingkat level air dan dengan memanfaatkan internet of things sehingga sistem ini akan berjalan secara otomatis.

Selain air permukaan sumber air yang lain diperoleh melalui air tanah, maka untuk mengetahui lokasi akuifer yang berpotensi menyimpan air tanah dilakukan pengujian geolistrik. Pada penelitian ini dilakukan pengujian geolistrik di 19 lokasi. Hasil pengujian mengindikasikan sembilan lokasi yang berpotensi untuk lokasi sumur bor. Kesembilan lokasi tersebut memiliki ketebalan antara 36,36 m – 60,81 m. Dengan menggunakan data skunder yaitu nilai konduktifitas hidrolik akuifer dan peta hidrogeologi regional Jakarta dapat dilakukan perhitungan debit sumur yang akan diproduksi. Hasil perhitungan menunjukkan potensi air tanah di wilayah Perumahan Taman Argo Subur, Solear Kabupaten Tangerang adalah sebesar 6,23 liter/det – 10,69 liter/det tapi disesuaikan dengan produksi aquifer rendah dari peta Hidrogeologi Regional Jakarta potensi dan untuk keamanan maka air tanah yang bisa dimanfaatkan diambil 42 % dari yang paling rendah yaitu 2,61 liter/detik. Untuk lebih jelasnya dibuat Tabel 5.1 untuk menampilkan data kebutuhan dan ketersediaan air pada proyeksi tahun 2042, sebagai berikut :

Tabel 5.1 Kestabilan 1 Ketersediaan dan Kebutuhan Air Tahun 2042

Bulan		Ketersediaan Air			Kebutuhan Air
		Reservoir (1+2)	Air Tanah	R1+R2+AT	
Nama	Jml hari	(l/bln)	(l/bln)	(l/bln)	(l/bln)
Jan	31	45.512.418,68	6.990.624,00	52.503.042,68	24.694.848,00
Peb	28	49.696.613,79	6.314.112,00	56.010.725,79	22.305.024,00
Mar	31	45.516.214,12	6.990.624,00	52.506.838,12	24.694.848,00
Apr	31	33.825.765,75	6.990.624,00	40.816.389,75	24.694.848,00
Mei	30	28.917.085,32	6.765.120,00	35.682.205,32	23.898.240,00
Jun	31	11.615.458,71	6.990.624,00	18.606.082,71	24.694.848,00
Jul	30	0,00	6.765.120,00	6.765.120,00	23.898.240,00
Agt	31	0,00	6.990.624,00	6.990.624,00	24.694.848,00
Sep	30	0,00	6.765.120,00	6.765.120,00	23.898.240,00
Okt	31	10.379.228,93	6.990.624,00	17.369.852,93	24.694.848,00
Nov	30	25.960.629,26	6.765.120,00	32.725.749,26	23.898.240,00
Des	31	31.133.830,31	6.990.624,00	38.124.454,31	24.694.848,00
Pertahun		282.557.244,87	82.308.960,00	364.866.204,87	290.761.920,00

Sumber : Hasil Perhitungan



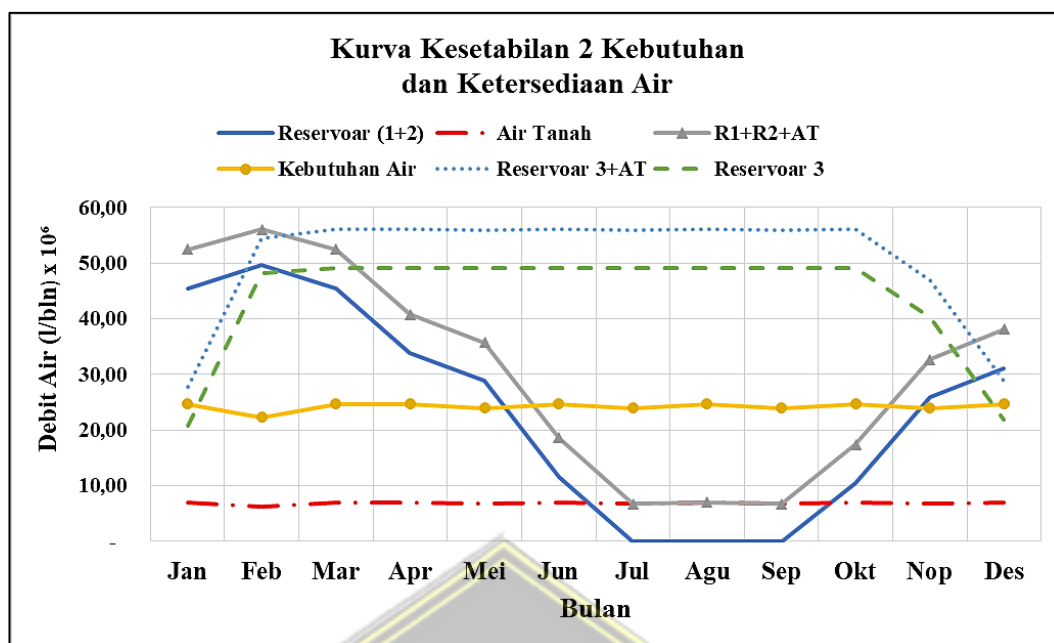
Gambar 5.1 Grafik Kestabilan 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa ketersediaan air dalam setahun tersedia sebesar 364.866.204 liter, sedangkan kebutuhan air dalam setahun dibutuhkan 290.761.920 liter. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan air jauh lebih besar dari kebutuhan air, namun kalau dilihat perbulannya ada bulan surplus dan ada bulan defisit. Kondisi ini perlu pengelolaan sumber air agar dapat memenuhi kebutuhan air sepanjang tahun. Salah satu pengelolaan yang bisa dilakukan dengan cara menampung air hujan pada bulan surplus ke reservoir 3 sebagai cadangan pada bulan-bulan defisit. Agar lebih terdata akan digambarkan pada Kestabilan 2 pada Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Kestabilan 2 Ketersediaan dan Kebutuhan Air Tahun 2042

Bulan	Ketersediaan Air			Kebutuhan Air (l/bln)	Cadangan Air	
	Reservoir (1+2) (l/bln)	Air Tanah (l/bln)	R1+R2+AT (l/bln)		Reservoir 3+AT (l/bln)	Reservoir 3 (l/bln)
Jan	45.512.418,68	6.990.624,00	52.503.042,68	24.694.848,00	27.808.194,68	20.817.570,68
Feb	49.696.613,79	6.314.112,00	56.010.725,79	22.305.024,00	54.523.272,47	48.209.160,47
Mar	45.516.214,12	6.990.624,00	52.506.838,12	24.694.848,00	56.070.624,00	49.080.000,00
Apr	33.825.769,75	6.990.624,00	40.816.393,75	24.694.848,00	56.070.624,00	49.080.000,00
Mei	28.917.085,32	6.765.120,00	35.682.205,32	23.898.240,00	55.845.120,00	49.080.000,00
Jun	11.615.458,71	6.990.624,00	18.606.082,71	24.694.848,00	56.070.624,00	49.080.000,00
Jul	0,00	6.765.120,00	6.765.120,00	23.898.240,00	55.845.120,00	49.080.000,00
Agu	0,00	6.990.624,00	6.990.624,00	24.694.848,00	56.070.624,00	49.080.000,00
Sep	0,00	6.765.120,00	6.765.120,00	23.898.240,00	55.845.120,00	49.080.000,00
Okt	10.379.228,93	6.990.624,00	17.369.852,93	24.694.848,00	56.070.624,00	49.080.000,00
Nop	25.960.629,26	6.765.120,00	32.725.749,26	23.898.240,00	46.968.498,19	40.203.378,19
Des	31.133.830,31	6.990.624,00	38.124.454,31	24.694.848,00	28.938.136,50	21.947.512,50

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5.2 Grafik Kestabilan 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 menggambarkan reservoir 3 sebagai penampungan air hujan dari kelebihan reservoir 1 dan reservoir 2 ditambah dengan air tanah pada bulan defisit. Dengan adanya reservoir 3 terjadi kestabilan antara kebutuhan dan ketersediaan air sepanjang tahun dari bulan Januari sampai bulan Desember pada tahun 2042. Bulan-bulan defisit yaitu bulan Juni sampai bulan oktober, kebutuhan air tiap bulannya dapat terpenuhi oleh cadangan air pada reservoir 3. Pada bulan Juni kebutuhan air 24.694.848 liter/bln pada reservoir 3 tersedia air sebanyak 49.080.000,00 liter/bln. Pada bulan Juli kebutuhan air 23.898.240 liter/bln ketersediaan air 49.080.000,00 liter/bln dan seterusnya hingga pada bulan Oktober ketersediaan air jumlahnya diatas kebutuhan air, secara perhitungan antara kebutuhan air sepanjang tahun dapat dipenuhi dengan ketersediaan air.

Dalam mengatasi kondisi ini, pemanfaatan sensor ultrasonic akan membantu memberikan informasi kepada pengelola mengenai ketinggian air pada sumber air dan reservoir. Sistem ini juga membantu pengelola untuk membuat suatu keputusan dan menjalankan sistem pengelolaan serta pendistribusian air bersih sehingga tidak terjadi pemakaian air yang sia-sia.

5.2 Analisis Sistem Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih dengan melakukan perhitungan debit andalan untuk air permukaan dan survey geolistrik menentukan potensi air tanah. Sedangkan dalam pendistribusian air bersih memanfaatkan program EPANET sebagai alat analisisnya. Agar penyediaan air menjadi optimal, pengelola memanfaatkan reservoir alami yang akan menampung air hujan serta membuat sumur bor untuk pemanfaatan air tanah. Dalam proses pendistribusian air, pengelola perumahan Taman Argo subur mempersiapkan tiga reservoir alami sebagai sumber air permukaan, dan air tanah dari sumur bor sebagai sumber air cadangan. Pengelolaan sumber air bersih didasarkan pada; Neraca air dan Skenario pengelolaan distribusi air.

1) Neraca Air

Agar mendapat gambaran antara kebutuhan air dan ketersediaan air pada lokasi penelitian perlu dibuat neraca air selama tahun proyeksi. Neraca air yang dimaksud adalah ketersediaan air pada reservoir 1, reservoir 2, reservoir 3, dan air tanah, begitu pula kebutuhan air pada tahun proyeksi mulai tahun 2023 sampai tahun 2042. Neraca air dapat ditampilkan pada Tabel 5.3 sebagai berikut :

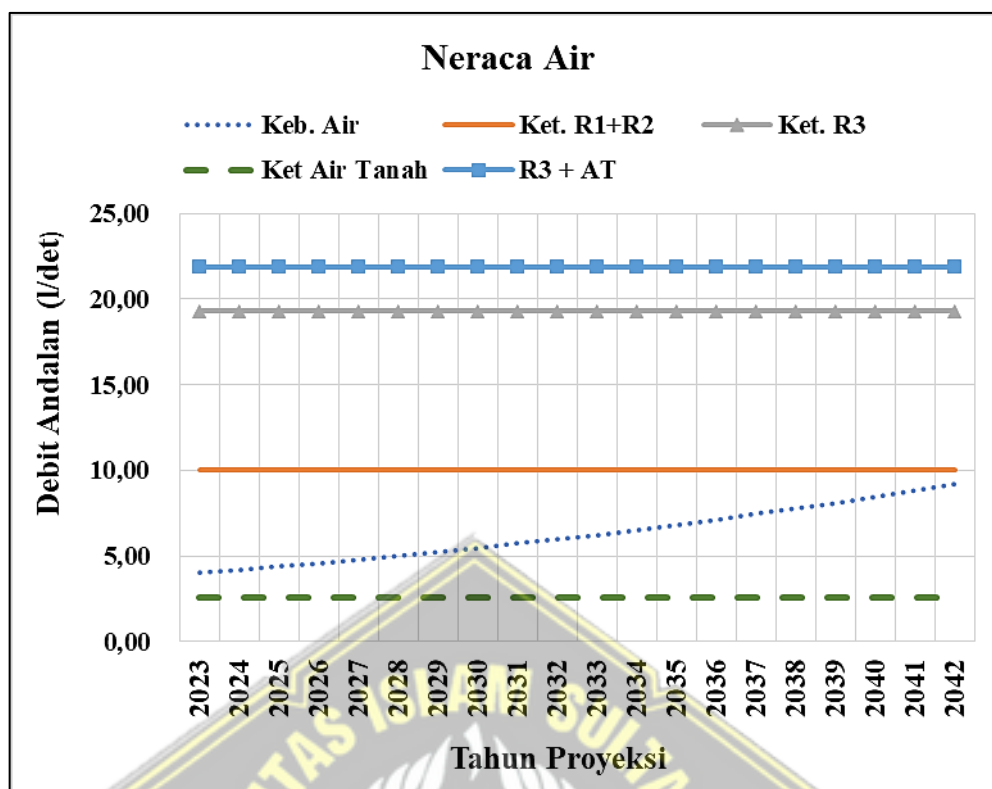
Tabel 5.3 Neraca Air pada Tahun 2042

Kebutuhan Air (l/det)			Ketersediaan Air (l/det)					
No	Bulan	Total	Bulan	Reservoir 1	Reservoir 2	R1 + R2	Air Tanah	Reservoir 3
1	Jan	9,22	Jan	8,13	8,87	17,00	2,61	7,77
2	Feb	9,22	Feb	9,82	10,72	20,54	2,61	19,93
3	Mar	9,22	Mar	8,13	8,87	17,00	2,61	18,32
4	Apr	9,22	Apr	6,04	6,59	12,63	2,61	18,32
5	Mei	9,22	Mei	5,34	5,82	11,16	2,61	18,94
6	Jun	9,22	Jun	2,07	2,26	4,33	2,61	18,32
7	Jul	9,22	Jul	0,00	0,00	0,00	2,61	18,94
8	Agu	9,22	Agu	0,00	0,00	0,00	2,61	18,32
9	Sep	9,22	Sep	0,00	0,00	0,00	2,61	18,94
10	Okt	9,22	Okt	1,85	2,02	3,87	2,61	18,32
11	Nop	9,22	Nop	4,79	5,23	10,02	2,61	15,51
12	Des	9,22	Des	5,56	6,06	11,62	2,61	8,19

Keterangan :

1. Debit andalan minimum Nop-Mei R1+R2 = 10,02 l/det
2. Debit andalan minimum Jun- Okt R3 = 18,32 l/det
3. Musim Hujan Okt-Mart dapat bergeser ke Nop-Mei
4. Musim Kemarau Apr-Sept dapat bergeser ke Jun-Okt
5. Air Tanah sebagai Cadangan 2,61 l/det

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5.3 Grafik Neraca Air Musim Hujan dan Kemarau

Menurut BMKG (Teniwut, 2022) musim di Indonesia dibagi menjadi 2 bagian yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau terjadi pada bulan April sampai September, sementara musim hujan terjadi pada bulan Oktober sampai bulan Maret. Secara ilmiah, musim bisa berganti disebabkan Bumi mengelilingi Matahari dan melakukan rotasi pada porosnya, selain karena ada perubahan cuaca, dipengaruhi juga oleh ekologi dan bantuan cahaya matahari. Dari Tabel 5.4 dapat dianalisa kestabilan air untuk kebutuhan air dan ketersediaan air, dapat ditinjau pada kondisi dua musim (musim hujan dan musim kemarau), serta dari perilaku penggunaan air pada hari libur, sebagai berikut:

- a. Kestabilan pertama, ketersediaan air selama musim hujan pada reservoir 1 dan reservoir 2 sebesar 10,02 l/det sampai 20,54 l/det, sedangkan kebutuhan air tahun 2023 sampai 2042 diperlukan sebanyak 4,05 l/det sampai 9,22 l/det. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketersediaan air reservoir 1 dan reservoir 2 dengan kebutuhan air selama musim hujan menunjukkan kestabilan. Data kestabilan air dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5.4 Kestabilan Air (l/det) Musim Hujan Tahun 2023 – 2042

Bulan	Reservoar 1	Reservoar 2	Reservoar (1 + 2)	Kebutuhan Air
Jan	8,13	8,87	17,00	9,22
Peb	9,82	10,72	20,54	9,22
Mar	8,13	8,87	17,00	9,22
Apr	6,04	6,59	12,63	9,22
Mei	5,34	5,82	11,16	9,22
Jun	2,07	2,26	4,33	9,22
Jul	0,00	0,00	0,00	9,22
Agt	0,00	0,00	0,00	9,22
Sep	0,00	0,00	0,00	9,22
Okt	1,85	2,02	3,87	9,22
Nov	4,79	5,23	10,02	9,22
Des	5,56	6,06	11,62	9,22

Sumber: Hasil Perhitungan

- b. Kestabilan kedua, ketersediaan air selama musim kemarau pada reservoar 3 sebesar 18,32 l/det sampai 19,93 l/det, sedangkan kalau reservoar 3 ditambah air tanah, sebesar 20,93 l/det sampai 22,54 l/det, sedangkan kebutuhan air total sebesar 9,22 l/det. Keadaan ini menunjukkan bahwa ketersediaan air pada reservoar 3 dapat mencukupi selama musim kemarau. Data kesetabilan kedua dapat disajikan pada Tabel 5.5 sebagai berikut :

Tabel 5.5 Kestabilan Air (l/det) Musim Kemarau Tahun 2023 – 2042

Bulan	Ketersediaan Air						Kebutuhan Air (l/det)
	R1 (l/det)	R2 (l/det)	R1 + R2 (l/det)	R3 (l/det)	AT (l/det)	R3 + AT (l/det)	
Jan	8,13	8,87	17,00	7,77	2,61	10,38	9,22
Feb	9,82	10,72	20,54	19,93	2,61	22,54	9,22
Mar	8,13	8,87	17,00	18,32	2,61	20,93	9,22
Apr	6,04	6,59	12,63	18,32	2,61	20,93	9,22
Mei	5,34	5,82	11,16	18,94	2,61	21,55	9,22
Jun	2,07	2,26	4,33	18,32	2,61	20,93	9,22
Jul	0,00	0,00	0,00	18,94	2,61	21,55	9,22
Agu	0,00	0,00	0,00	18,32	2,61	20,93	9,22
Sep	0,00	0,00	0,00	18,94	2,61	21,55	9,22
Okt	1,85	2,02	3,87	18,32	2,61	20,93	9,22
Nop	4,79	5,23	10,02	15,51	2,61	18,12	9,22
Des	5,56	6,06	11,62	8,19	2,61	3,80	9,22

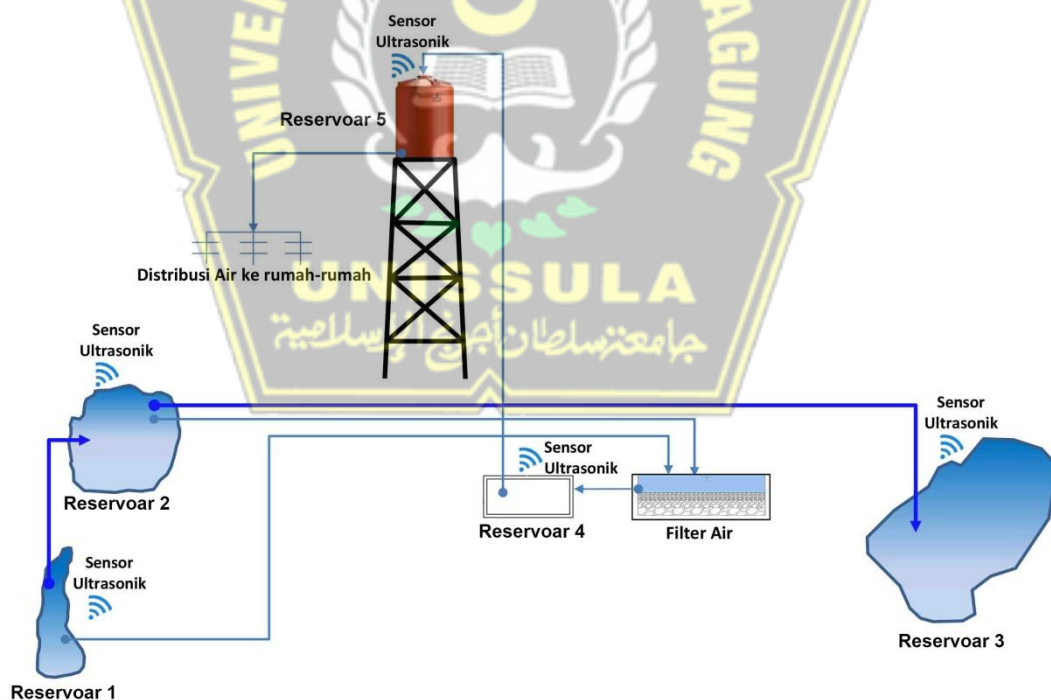
Sumber: Hasil Perhitungan

2) Skenario Pengelolaan Distribusi Air

Menyesuaikan dengan iklim yang ada di Indonesia yaitu musim hujan dan musim kemarau, untuk memenuhi kebutuhan air bersih di komplek perumahan perlu dibuat beberapa skenario supaya kebutuhan air bersih dapat dipenuhi dengan baik. Skenario yang dapat diupayakan antara lain; (1) skenario 1 untuk memenuhi kebutuhan air selama musim hujan, (2) skenario 2 untuk memenuhi kebutuhan air selama musim kemarau. Skenario 1, dan 2 tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

(1) Skenario 1 selama musim hujan

Pada periode tahun 2023 sampai tahun 2042 dari hasil perhitungan diperlukan air bersih sebanyak 4,05 l/det sampai 9,22 l/det. Pada reservoir 1 dan reservoir 2 ketersediaan air pada musim hujan sebanyak 10,02 l/det sampai 20,54 l/det, jadi kebutuhan air selama musim hujan (November-Mei) dapat dipenuhi oleh reservoir 1 dan reservoir 2. Sketsa penggunaan sumber air dapat dilihat pada Gambar 5.4 sebagai berikut :



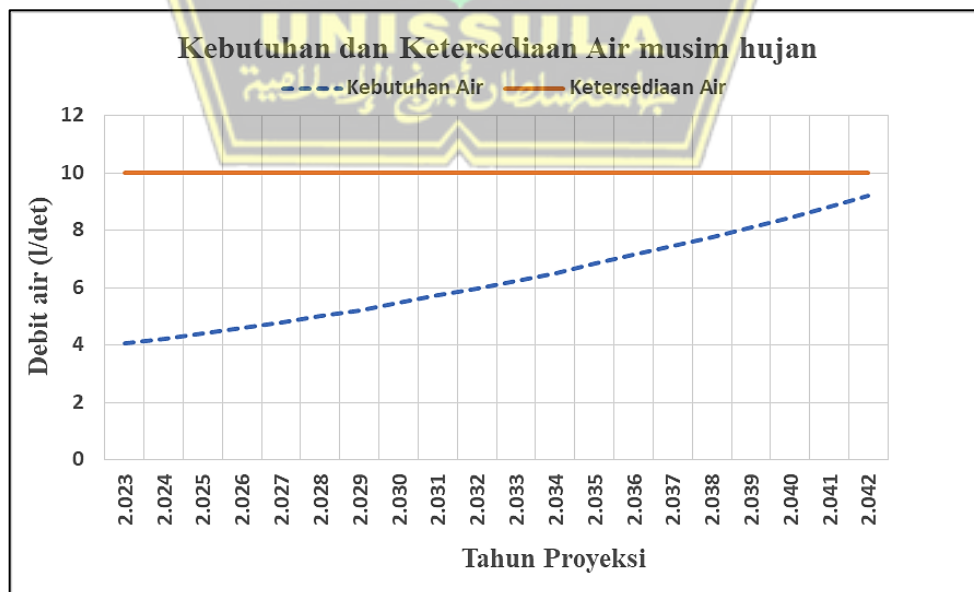
Gambar 5.4 Skenario 1 Musim Hujan

Kestabilan antara kebutuhan air dan ketersediaan air dapat ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan digambarkan dengan grafik dapat dilihat pada Gambar 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Skenario 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air (l/det)

Tahun Ke	Tahun Proyeksi	Kebutuhan Air (liter/det)	Ketersediaan Air Minimum (liter/det)
1	2023	4,05	10,02
2	2024	4,22	10,02
3	2025	4,40	10,02
4	2026	4,59	10,02
5	2027	4,79	10,02
6	2028	5,00	10,02
7	2029	5,22	10,02
8	2030	5,48	10,02
9	2031	5,74	10,02
10	2032	5,98	10,02
11	2033	6,24	10,02
12	2034	6,51	10,02
13	2035	6,83	10,02
14	2036	7,14	10,02
15	2037	7,45	10,02
16	2038	7,77	10,02
17	2039	8,11	10,02
18	2040	8,46	10,02
19	2041	8,83	10,02
20	2042	9,22	10,02

Sumber: Hasil Perhitungan



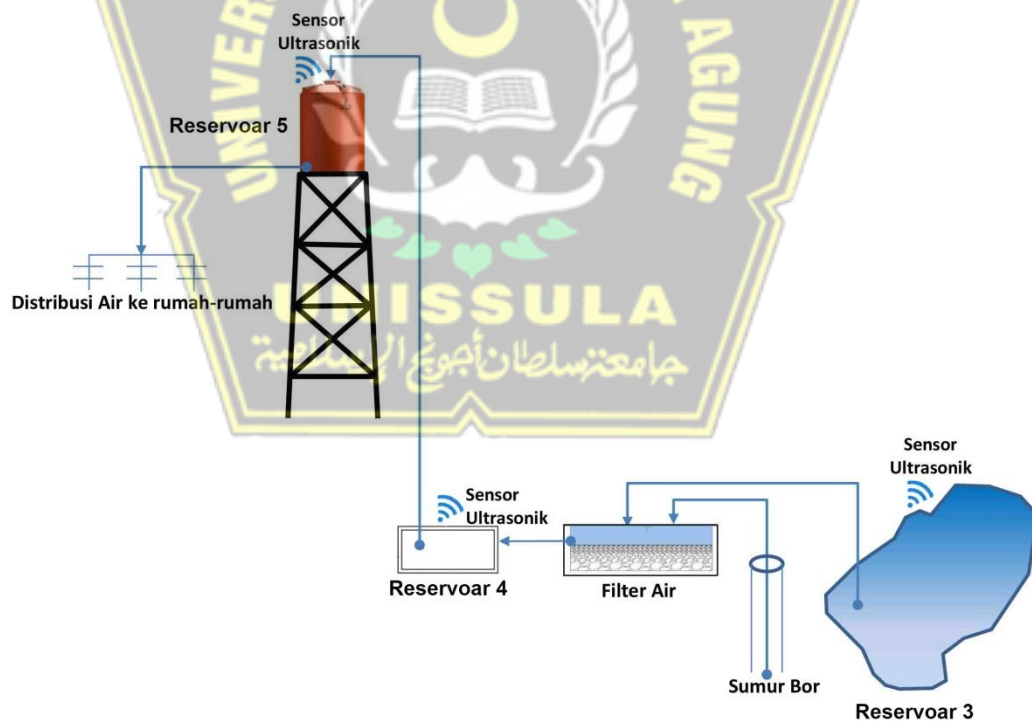
Gambar 5.5 Grafik Skenario 1 Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Dari gambar 5.5 tampak kebutuhan air bersih meningkat mulai tahun 2023 sebesar dipenuhi 4,05 l/det naik menjadi 9,22l/det pada tahun 2042. Sementara ketersediaan air pada reservoir 1 pada musim hujan (debit minimum) tersedia sebesar 10,02 l/det pada bulan November. Dengan kondisi ini kebutuhan air selama musim hujan dapat terpenuhi oleh reservoir 1, dan reservoir 2.

(2) Skenario 2 selama musim kemarau

Pada tahun proyeksi 2033 sampai tahun 2042 dibutuhkan air bersih sebanyak 4,05 l/det sampai 9,22 l/det, ketersediaan air pada reservoir 3 untuk musim kemarau (Juni-Oktober) mulai 18,32 l/det sampai 19,93 l/det kebutuhan air masih bisa tercukupi oleh reservoir 3 dan air tanah.

Ketersediaan debit air reservoir 3 ditambah air tanah selama musim kemarau, kebutuhan air dapat dipenuhi dari dua sumber air. Sketsa penggunaan sumber air (reservoir 3, dan air tanah) dapat dilihat pada Gambar 5.6 sebagai berikut:



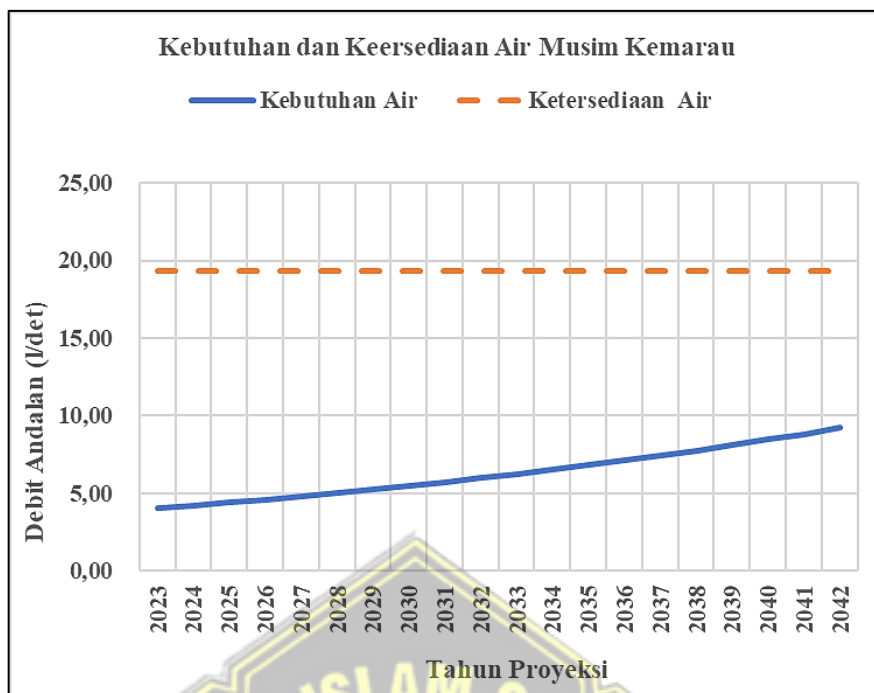
Gambar 5.6 Skenario 2 Musim Kemarau

Keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air dapat ditunjukkan pada Tabel 5.7 dan digambarkan dengan grafik dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut:

Tabel 5.7 Skenario 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air (l/det)

Tahun ke	Tahun Proyeksi	Kebutuhan Air (l/det)	Ketersediaan Air Minimum (l/det)
1	2023	4,05	18,32
2	2024	4,22	18,32
3	2025	4,40	18,32
4	2026	4,59	18,32
5	2027	4,79	18,32
6	2028	5,00	18,32
7	2029	5,22	18,32
8	2030	5,48	18,32
9	2031	5,74	18,32
10	2032	5,98	18,32
11	2033	6,24	18,32
12	2034	6,51	18,32
13	2035	6,83	18,32
14	2036	7,14	18,32
15	2037	7,45	18,32
16	2038	7,77	18,32
17	2039	8,11	18,32
18	2040	8,46	18,32
19	2041	8,83	18,32
20	2042	9,22	18,32

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5.7 Grafik Skenario 2 Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Dari gambar 5.7 tampak kebutuhan air bersih meningkat mulai tahun 2023 sebesar 4,05 l/det naik menjadi 9,22 l/det pada tahun 2042. Sementara ketersediaan air pada reservoir 3 pada bulan Oktober musim kemarau (debit minimum) tersedia sebesar 18,32 l/det. Dengan demikian kebutuhan air pada musim kemarau dapat dipenuhi oleh satu sumber air, yaitu reservoir 3. Adapun Ketersediaan air tanah dapat digunakan sebagai cadangan pada musim kemarau kritis.

Proses pengelolaan jaringan distribusi tersebut memanfaatkan multi reservoir dan gravitasi tank untuk menyalurkan air bersih ke penghuni perumahan. Jaringan pipa yang akan digunakan untuk mendistribusikan air bersih dianalisis menggunakan program EPANET 2.0. Dengan memanfaatkan program EPANET, pengelola dapat merinci keperluan tiap penghuni dan menghitung besarnya debit yang dibutuhkan agar air mengalir tanpa mengalami masalah.

Aplikasi EPANET memberikan gambaran pemakaian air selama 24 jam terutama saat jam puncak dan kebutuhan harian maksimum. Perhitungan ini diperlukan untuk memprediksi besarnya debit air yang dibutuhkan untuk setiap sambungan rumah (SR) guna memenuhi kebutuhan air pengguna.

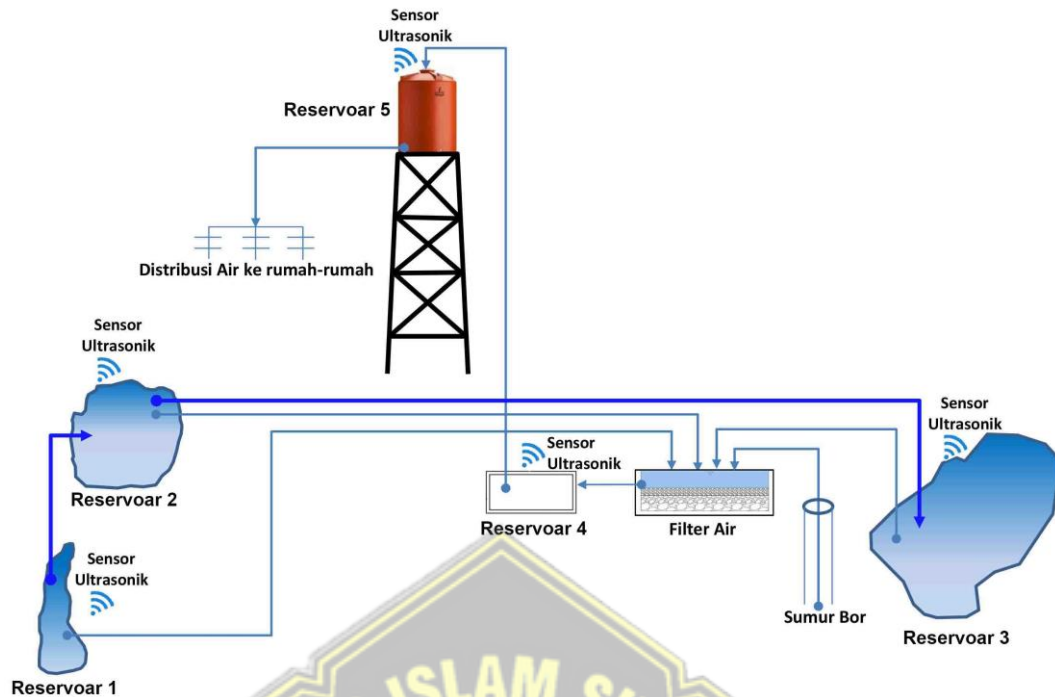
5.3 Membuat Rancangan Sistem Penyediaan Air Bersih Berbasis IoT

Tiga reservoir air yang disiapkan oleh Pengelola Air Perumahan Taman Argo Subur menjadi sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan penghuni perumahan. Ketiga reservoir air tersebut dihubungkan dengan sejumlah jaringan pipa yang dapat menyalurkan air bersih ke rumah-rumah penghuni, dilengkapi dengan pompa dari masing-masing reservoir. Pengelolaan distribusi air bersih ini dalam monitoring keberlangsungannya menggunakan alat bantu yang diberi nama AWLIMR (Automatic Water Level Instrument on Multy Reservoir). Pada prinsipnya alat ini memiliki dua fungsi yaitu mendeteksi ketinggian air pada masing-masing reservoir dan menghidup matikan pompa secara otomatis yang dipasang pada reservoir bawah (reservoir 4), sehingga air pada reservoir atas (reservoir 5) akan selalu terisi dengan baik.

Pada penelitian ini berdasarkan neraca air, suplai air bersih dapat dikelola dengan 2 skenario, yaitu skenario 1 pada musim hujan, dan skenario 2 pada musim kemarau. Musim hujan berlangsung mulai bulan November sampai bulan Mei, sedangkan musim kemarau berlangsung mulai bulan Juli sampai bulan Oktober. Dengan menggunakan dua skenario ini maka kebutuhan air selama tahun proyeksi dapat terpenuhi dengan baik.

1) Perancangan Jaringan EPANET

Jaringan transmisi pipa yang akan dirancang untuk memenuhi kebutuhan air warga Taman Argo Subur Cisoka terutama Blok MN dan Blok RSU, dihitung berdasarkan kebutuhan air harian dan debit puncak yang dengan memanfaatkan aplikasi EPANET 2.0. Perancangan menggunakan prototype dengan skala 1 : 30 dengan sambungan rumah (SR) sebanyak 65 unit, dapat dilihat pada Gambar 5.8 di bawah ini :



Gambar 5.8 Prototype 65 Sambungan Rumah

Hasil perhitungan kebutuhan air yang terdapat pada Tabel 5.7 dinyatakan dalam satuan liter per detik (lps). Dengan mengacu pada perhitungan kebutuhan harian maksimum dan kebutuhan harian puncak, maka dapat dihitung besarnya kebutuhan harian puncak pada sambungan rumah (SR). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Kebutuhan Harian Puncak pada SR 65 unit (liter/detik)

No	Blok	Jumlah Unit	Jumlah Penghuni	Jumlah	Kebutuhan Air (liter/det)
1	R13	11	4	44	0,061
2	R12	10	4	40	0,056
3	R11	12	4	48	0,067
4	N7	10	4	40	0,056
5	N6	12	4	48	0,067
6	N5	10	4	40	0,056
Jumlah unit		65		260	0,361

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan pada Tabel 5.8 menunjukkan bahwa pada kondisi kebutuhan air puncak, maka besarnya kebutuhan air puncak pada Sambungan Rumah (SR) untuk Blok R11 dan N6 adalah yang tertinggi yaitu sebesar 0.067 liter per detik, sedangkan untuk sambungan rumah dengan debit terendah terdapat pada Blok R12, N7 dan N5 sebesar 0,056 liter per detik, dengan mengacu pada hasil Tabel 5.9 maka dapat dihitung :

Kebutuhan air dalam 1 hari secara keseluruhan maupun untuk setiap blok.

$$\begin{aligned} 1 \text{ hari} &= 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \\ &= 86400 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok N} &= (0,178 \times 86400)/1000 \\ &= 15,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok R} &= (0,183 \times 86400)/1000 \\ &= 15,84 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan air harian maksimum dinyatakan dalam m³/hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok N} &= (0,196 \times 86400)/1000 \\ &= 17,42 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok R} &= (0,202 \times 86400)/1000 \\ &= 17,42 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

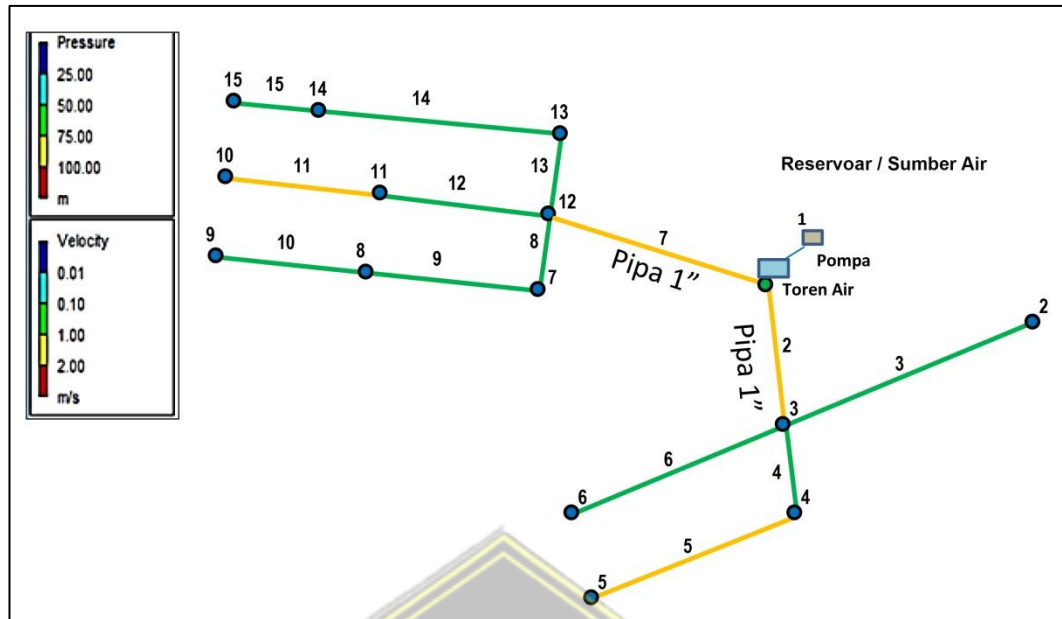
Kebutuhan air harian jam puncak dinyatakan dalam m³/hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok N} &= (0,267 \times 86400)/1000 \\ &= 23,04 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air Blok R} &= (0,275 \times 86400)/1000 \\ &= 23,76 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan demikian total kebutuhan air penduduk Blok N dan Blok R Perumahan Taman Argo Subur Cisoka Tangerang adalah sebesar 31,20 m³/hari. Secara keseluruhan debit harian maksimum adalah sebesar 34,32 m³/hari dan debit harian jam puncak adalah sebesar 46,80 m³/hari.

Penggambaran pipa pada aplikasi EPANET 2.0 dapat dilihat pada Gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5.9 Pola Jaringan Distribusi menggunakan sistem gravitasi

Selanjutnya kecepatan aliran air, dan Tekanan aliran air pada pipa induk pipa 1 inc (Blok N) dan pipa 1 inc (Blok R) dilakukan perhitungan dan pengukuran lapangan. Hasil simulasi epanet dan pengukuran lapangan dapat dilihat pada Lampiran L.35 halaman 227.

Selanjutnya tinggi permukaan air pada reservoir atas, baik hasil perhitungan epanet dapat dilihat pada Tabel 5.9 maupun hasil pengukuran tinggi permukaan air pada reservoir atas disajikan pada Tabel 5.10 sebagai berikut:

Tabel 5.9 Hasil Simulasi Epanet Tinggi Air air pada Reservoar 5

Waktu	Tinggi Air (m)	Persentase (%)
00.00 - 01.00	7,63	4,68
01.00 - 02.00	7,01	4,30
02.00 - 03.00	6,97	4,28
03.00 - 04.00	6,89	4,23
04.00 - 05.00	6,68	4,10
05.00 - 06.00	6,53	4,01
06.00 - 07.00	6,51	4,00
07.00 - 08.00	6,54	4,01
08.00 - 09.00	6,56	4,03
09.00 - 10.00	6,58	4,04
10.00 - 11.00	6,62	4,07
11.00 - 12.00	6,65	4,08
12.00 - 13.00	6,68	4,10
13.00 - 14.00	6,66	4,09
14.00 - 15.00	6,66	4,09
15.00 - 16.00	6,64	4,08
16.00 - 17.00	6,61	4,06
17.00 - 18.00	6,58	4,04
18.00 - 19.00	6,63	4,07
19.00 - 20.00	6,75	4,14
20.00 - 21.00	6,90	4,24
21.00 - 22.00	6,97	4,28
22.00 - 23.00	7,01	4,30
23.00 - 24.00	7,63	4,68

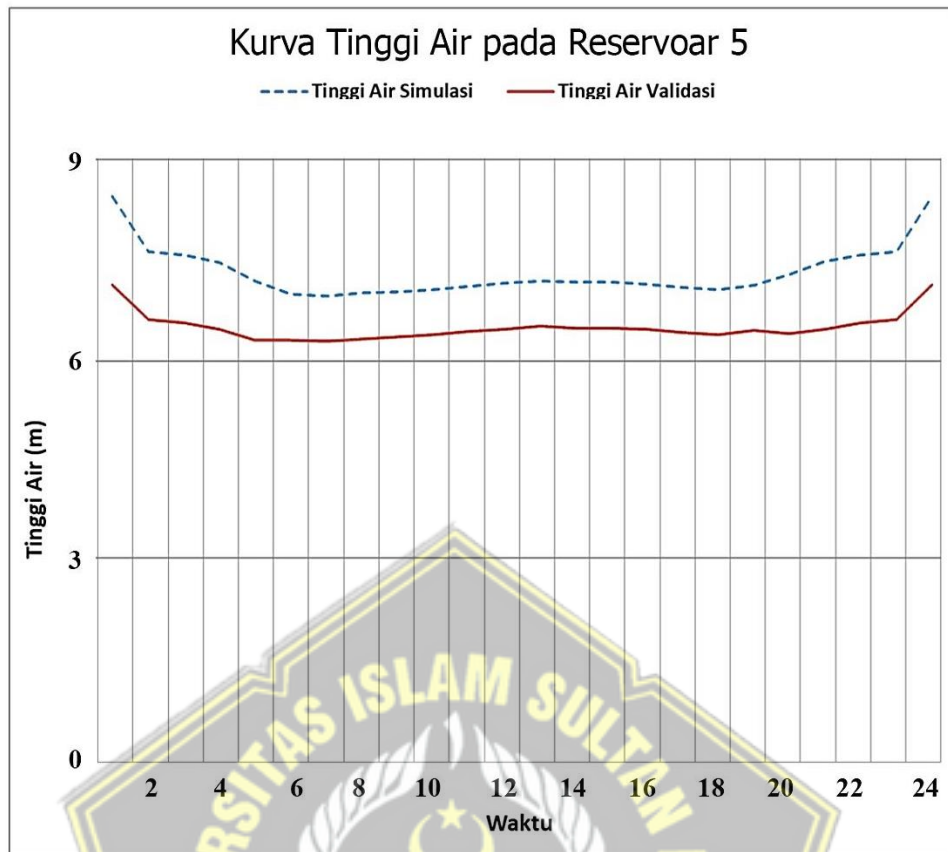
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.10 Hasil Pengukuran Lapangan Tinggi Air air pada Reservoar 5

Waktu	Tinggi Air (m)	Persentase (%)
00.00 - 01.00	7,48	4,64
01.00 - 02.00	6,91	4,29
02.00 - 03.00	6,87	4,26
03.00 - 04.00	6,79	4,22
04.00 - 05.00	6,58	4,08
05.00 - 06.00	6,51	4,04
06.00 - 07.00	6,50	4,04
07.00 - 08.00	6,58	4,08
08.00 - 09.00	6,55	4,07
09.00 - 10.00	6,57	4,08
10.00 - 11.00	6,52	4,05
11.00 - 12.00	6,55	4,07
12.00 - 13.00	6,58	4,08
13.00 - 14.00	6,56	4,07
14.00 - 15.00	6,56	4,07
15.00 - 16.00	6,63	4,12
16.00 - 17.00	6,60	4,10
17.00 - 18.00	6,51	4,04
18.00 - 19.00	6,53	4,05
19.00 - 20.00	6,65	4,13
20.00 - 21.00	6,80	4,22
21.00 - 22.00	6,87	4,26
22.00 - 23.00	6,91	4,29
23.00 - 24.00	7,48	4,64

Sumber : Hasil Pengukuran

Dari Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 ketinggian permukaan air pada pipa reservoir atas baik secara simulasi epanet maupun pengukuran lapangan dapat digambarkan pada grafik Gambar 5.10 sebagai berikut:



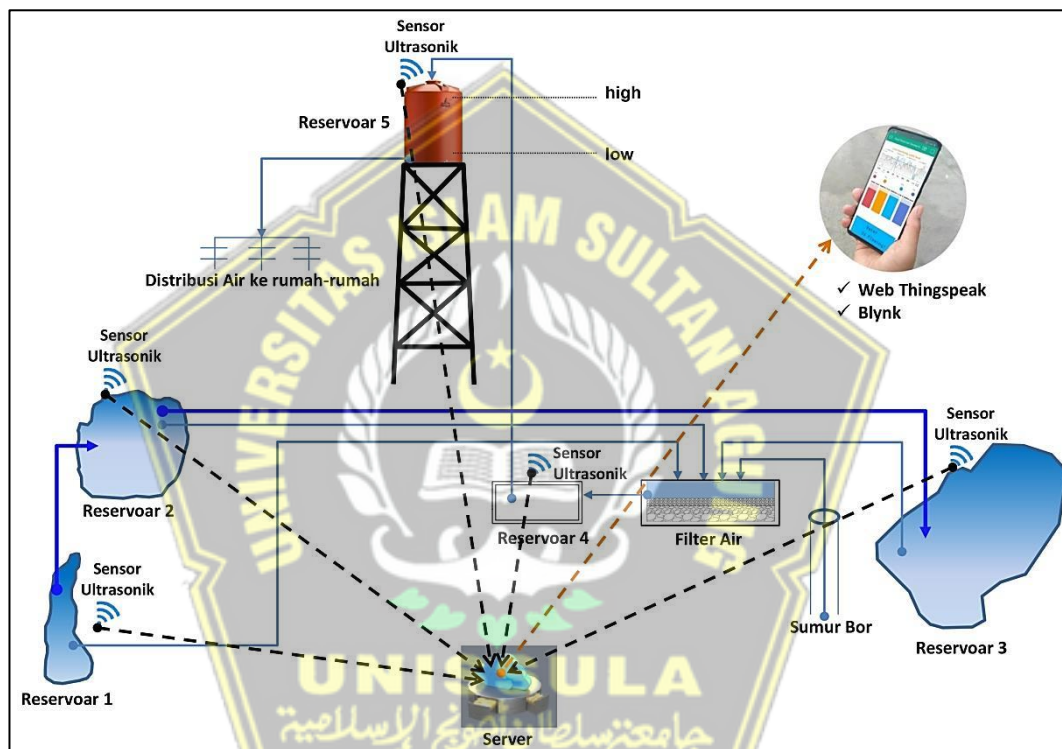
Gambar 5.10 Simulasi Epanet dan Validasi Tinggi Air pada Reservoir 5

Hasil simulasi Tabel 5.9 ketinggian muka air pada Reservoir atas terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 6,51 m dan tertinggi sebesar 7,63 m pada jam 00.00 – 01.00. Pada hasil pengukuran lapangan Tabel 5.10 ketinggian muka air pada Reservoir 5 terendah terdapat pada jam 06.00 – 07.00 sebesar 6,50 m dan tertinggi sebesar 7,48 m pada jam 00.00 – 01.00. Pola ketinggian muka air air pada Gambar 5.10, baik hasil simulasi epanet maupun hasil pengukuran lapangan mempunyai pola yang mirip, hal ini menunjukkan bahwa dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan jaringan distribusi air.

2). Perancangan Monitoring Ketinggian muka air berbasis IoT

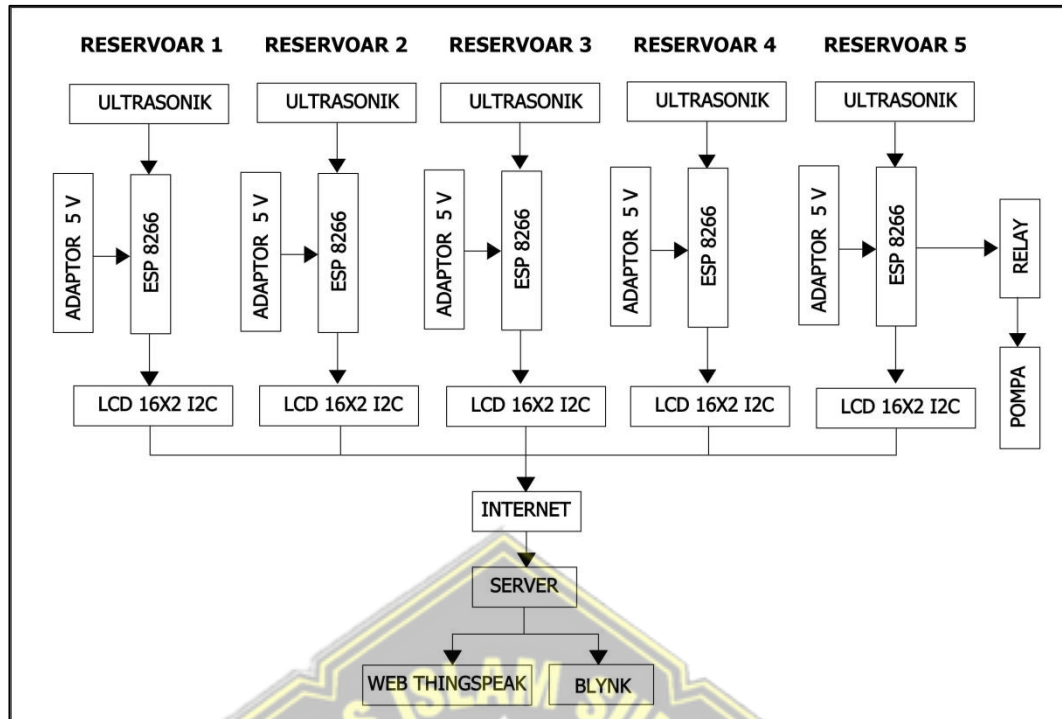
Pengelola merancang sistem penyediaan air bersih dengan memanfaatkan *internet of things* yang dapat membantu pengisian air pada tangki air secara otomatis. Sensor yang ditempatkan pada reservoir 5 berfungsi untuk memberikan informasi secara realtime mengenai kondisi ketinggian air di dalam reservoir 5

dan sekaligus untuk menghidup matikan pompa secara otomatis pada reservoir bawah. Tingkat ketinggian air tertentu dari reservoir 5 akan secara gravitasi otomatis mengalirkan air melalui jaringan pipa yang dibangun untuk menyalurkan air bersih kepada penghuni perumahan. Sedangkan sensor yang ditempatkan pada reservoir 4, reservoir 1, reservoir 2 dan reservoir 3 akan memberikan informasi secara real time pada pengelola melalui hand phone sebagai data dalam menentukan suatu keputusan. Secara keseluruhan sistem pengelolaan penyediaan air dan pendistribusiannya dapat dijelaskan dengan Gambar 5.11 sebagai berikut:



Gambar 5.11 Perancangan Monitoring Ketinggian muka air berbasis IoT

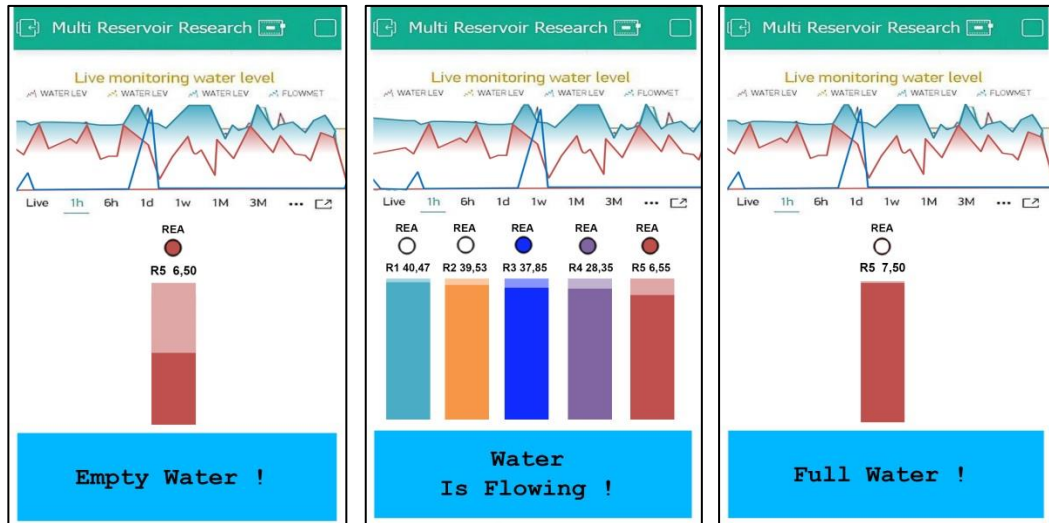
Alat sensor ultrasonik dipasang pada masing-masing reservoir, sensor 1 dipasang pada reservoir 1, sensor 2 dipasang pada reservoir 2, sensor 3 dipasang pada reservoir 3, sensor 4 dipasang pada reservoir 4, dan sensor 5 dipasang pada reservoir 5. Sistem kerja alat dapat dijelaskan pada diagram Gambar 5.12 sebagai berikut:



Gambar 5.12 Diagram Sistem Kerja Sensor Ultrasonik

Blynk ini tersedia pada smartphone dengan operating system (OS) Android dan IOS. Aplikasi Blynk tidak terikat dengan komponen atau chip manapun, namun harus mendukung board dengan memiliki akses *wifi* untuk aplikasi dapat berkomunikasi dengan hardware yang digunakan. Aplikasi Blynk memiliki tiga komponen utama yaitu; Aplikasi, server dan Libraries. Pada penelitian ini Aplikasi Blynk digunakan **pertama** untuk memantau ketinggian air pada setiap reservoir, dan **kedua** untuk mematikan pompa pada reservoir 4 apabila kondisi high pada reservoir 5, serta untuk menghidupkan pompa apabila pada reservoir 5 kondisi low. Pada prototype 65 SR, kondisi low berada pada elevasi 6.50 m (47.50 mDPL) dan kondisi hig berada pada elevasi 7.65 m (48.65 mDPL).

Adapun tampilan Aplikasi Blynk pada smartphone dari hasil percobaan mengenai kondisi ketinggian air, dapat dilihat pada Gambar 5.13 sebagai berikut :



Tampilan 1

Tampilan 2

Tampilan 3

Gambar 5.13 Tampilan aplikasi blynk pada smartphone

Pengujian ke *cloud* ThingSpeak dilakukan untuk memantau data secara jarak jauh agar pengelola penyediaan air bersih dapat terus memonitoring aliran air dan ketersediaan air pada reservoir. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketinggian air pada reservoir 1, reservoir 2, reservoir 3, dan reservoir 4 yang dapat mewakili ketersediaan air. Setelah data tersimpan pada *cloud server* ThingSpeak, maka data akan diambil oleh aplikasi android dan akan sama dengan data yang telah tersimpan pada *cloud server* tersebut. Tampilan ThingSpeak pada penelitian ini berupa data logger pada Gambar 5.14 sebagai berikut:

Data Reservoir 5		
2023-03-06	08:00:00	UTC, 88, 655, 000
2023-03-06	08:00:35	UTC, 89,
2023-03-06	08:01:00	UTC, 90, 655, 033
2023-03-06	08:01:37	UTC, 91,
2023-03-06	08:02:00	UTC, 92, 655, 067
2023-03-06	08:02:34	UTC, 93,
2023-03-06	08:03:00	UTC, 94, 655, 100
2023-03-06	08:03:36	UTC, 95,
2023-03-06	08:04:00	UTC, 96, 655, 133
2023-03-06	08:04:41	UTC, 97,
2023-03-06	08:05:00	UTC, 98, 655, 167
2023-03-06	08:05:39	UTC, 99,
2023-03-06	08:06:00	UTC, 100, 655, 200
2023-03-06	08:06:36	UTC, 101,

Gambar 5.14 Tampilan aplikasi thingspeak pada E-mail

BAB VI

KESIMPULAN, IMPLEMENTASI DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dikemukakan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air saat ini di Perumahan Taman Argo Subur adalah sebesar 4,05 l/detik, sedangkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan air pada 20 tahun yang akan datang adalah sebesar 9,22 liter/detik. Hasil analisis ketersediaan air permukaan menunjukkan bahwa Kabupaten Tangerang memiliki tingkat rata-rata curah hujan mencapai 2.300 mm per tahunnya. Debit andalan terendah musim hujan reservoir 1 dan reservoir 2 sebesar 10,02 liter/detik, dapat mencukupi kebutuhan air. Sedangkan Debit andalan reservoir 1 dan reservoir 2 terendah sebesar 0,00 liter/detik pada musim kemarau, belum memenuhi kebutuhan base demand sebesar 9,22 liter/detik. Supaya kebutuhan musim kemarau dapat dicukupi digunakan reservoir 3 sebagai tampungan air pada musim hujan untuk digunakan pada musim kemarau. Ketersediaan debit andalan terendah pada reservoir 3 sebesar 18,32 liter/detik, dapat memenuhi base demand sebesar 9,22 liter/detik, sedangkan ketersediaan air tanah dipergunakan sebagai cadangan pada kondisi kemarau kritis. Untuk ketersediaan air tanah, dilakukan pengujian geolistrik, dimana hasilnya terdapat sembilan lokasi yang berpotensi untuk menjadi lokasi sumur bor. Hasil penghitungan debit air akuifer menunjukkan bahwa akuifer di Perumahan Taman Argo Subur Kecamatan Solear, Kabupaten Tangerang memiliki debit 2,61 liter per detik.
2. Perancangan sistem distribusi air bersih menggunakan aplikasi EPANET dapat memberikan informasi yang lebih aktual mengenai ukuran pipa sampai dengan besarnya debit air yang dibutuhkan pada jaringan pipa utama sampai dengan saluran rumah. Hasil analisis EPANET menunjukkan saluran rumah

dengan tingkat debit tertinggi terdapat pada blok R12 sebesar 0,25 liter/detik dan tingkat debit terendah pada blok R01. S10, S13, S16, S19 dan S20 membutuhkan debit mencapai 0,02 liter per detik ketika memasuki jam puncak.

Hasil perhitungan neraca air menunjukkan bahwa wilayah perumahan Taman Argo Subur memiliki potensi ketersediaan air yang cukup sampai 20 tahun ke depan. Dari hasil perhitungan neraca air supaya dapat mencukupi kebutuhan air bersih dibuat dua skenario. Skenario 1 untuk mengatasi kebutuhan air di musim hujan, skenario 2 untuk mengatasi kebutuhan air di musim kemarau. Dengan demikian kebutuhan air untuk penghuni perumahan Taman Argo Subur telah mampu dipenuhi oleh ketiga reservoir air yang tersedia dan sumur air sebagai sumber air cadangan.

3. Model rancangan penyediaan air bersih memanfaatkan sensor untuk mengukur tingkat ketinggian air dan mengintegrasikannya dengan internet of things. Hasil pengujian sensor menunjukkan tingkat error kurang dari 5%, sehingga dapat dinyatakan model yang dibuat masih memenuhi kriteria. Pembuatan model penyaluran air bersih memanfaatkan aplikasi thingspeak untuk memberikan laporan secara realtime, dan Aplikasi Blynk untuk melihat ketinggian muka air pada kelima reservoir, sehingga pihak-pihak yang berkepentingan dapat memantau kinerja pompa dan ketinggian air pada reservoir.

Pengujian jaringan distribusi air bersih telah menunjukkan bahwa ketersediaan air di Perumahan Taman Argo Subur dapat dipenuhi dengan air permukaan dari dua reservoir (R1 dan R2) pada musim hujan dan dapat memanfaatkan air reservoir 3 untuk memenuhi kebutuhan air pada musim kemarau. Sistem penyediaan air bersih dapat dibantu dengan alat mikrokontroler bersih berbasis IoT untuk mensuplai air. Air yang ada di reservoir (R1, R2, R3) dialirkan menuju reservoir 4 dan reservoir 5 (tangki), dengan bantuan alat dapat mengukur ketinggian air di dalam tangki maupun reservoir. Hasil pengujian sensor ultrasonik yang dibuat pada prototype menunjukkan bahwa kelima sensor memiliki hasil pengujian yang sedikit berbeda dengan hasil pengujian secara manual. Nilai kesalahan kelima sensor

ultrasonik berada pada rentang 0,9% sampai dengan 1,2%. Nilai standar deviasi ini masih kurang dari nilai error yang diperbolehkan yaitu sebesar 5% sehingga hasil pengujian masih dapat digunakan.

6.2 Implementasi

Penelitian ini dilaksanakan pada lokasi perumahan tetapi dapat diaplikasikan pada tempat lain yang serupa :

1. Implikasi praktis dapat dipergunakan dalam pemenuhan kebutuhan air bersih Masyarakat
2. Aplikasi lapangan dapat dipergunakan pada lahan yang memiliki ketersediaan air permukaan dan air tanah yang cukup, serta memiliki potensi tempat penampungan air baik alami maupun buatan yang dapat menampung air permukaan.

6.3 Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian prototype penyediaan air bersih telah diuji coba di Laboratorium dan di Lapangan, dalam pelaksanaannya dapat diajukan saran-saran seperti berikut :

1. Untuk pengelola penyediaan air bersih berkaitan dengan alat monitoring dan ketersediaan air sebaiknya; (1) Menempatkan alat pada tempat yang cukup aman supaya terjaga dengan baik, (2) Melakukan pemeriksaan dan perawatan alat secara berkala sehingga alat dapat berfungsi dari waktu ke waktu, (3) Melakukan pengetesan kualitas air secara berkala agar air bersih yang disuplai ke penduduk dapat terjamin sesuai dengan batas-batas yang diijinkan.
2. Untuk peneliti selanjutnya disarankan melakukan; penambahkan sensor flow meter pada pipa distribusi untuk mengukur debit per satuan waktu yang dapat disuplai ke penduduk, mengadakan test kualitas air secara lengkap baik kimia, fisik dan biologi untuk memastikan keterjaminan mutu air, menguji kuantitas air pada reservoir 3 mengenai porositas dan penguapan selama musim kemarau, menambahkan validasi debit andalan dengan mengukur curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aathira M. and Elangovan K. (2021). Design and Analysis of Water Distribution Network Using EPANET and GIS for Pattanam Rural Area of Coimbatore District. *ICCAP 2021, December 07-08, Chennai, India Copyright © 2021 EAI DOI 10.4108/eai.7-12-2021.2315102.*
- Abdullah, Iqbal Alan. 2009. *Manajemen Konferensi dan Event*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Adiningrum, Cita. (2015) 'Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock', *Jurnal Teknik Sipil*. Vol.13 No. 2 (158-172).
- Adieotomo, S dan O.B. Samosir. 2010. *Dasar-Dasar Demografi edisi 2*. Salemba Empat, Jakarta.
- Al-Qur'an, Surat Ar-Rum ayat 48. (2022). *Qur'an Kemenag*. Diakses 20 Nopember 2022 dari <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/30?from=1&to=60>.
- Al-Abadi, Alaa M., Al-Temmeme, Amar A. & A. Al-Ghanimy, Maitham. (2016). A GIS-based combining of frequency ratio and index of entropy approaches for mapping groundwater availability zones at Badra–Al Al-Gharbi–Teeb areas, Iraq. *Sustain. Water Resour. Manag.* (2016) 2:265–283 DOI 10.1007/s40899-016-0056-5.
- Asdak, Chay. 2012. *Kajian Lingkungan Hidup Strategis, Jalan Menuju Pembangunan berkelanjutan*. Jakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2022). *Aplikasi layanan data online*. Diakses 14 Desember 2022 dari <https://dataonline.bmkg.go.id/>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2022). *Peta Geologi Provinsi Banten*. Diakses 10 Desember 2022 dari https://cdn.bmkg.go.id/Web/UlasanGuncanganPandeglang_14012021-1.pdf
- Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Banten. (2022). *Curah Hujan Menurut Bulan dan Stasiun Pengamatan di Provinsi Banten (mm3) 2005-2022*. Diakses 2 Desember 2022 dari <https://banten.bps.go.id/indicator/151/372/4/curah-hujan-menurut-bulan-dan-stasiun-pengamatan-di-provinsi-banten.html>
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tangerang. (2022). *Iklim*. Diakses 4 Desember 2022 dari <https://tangerangkab.bps.go.id/subject/151/iklim.html#subjekViewTab3>

- Bambang, Triatmodjo. 1993. *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang, Triatmodjo. 2009. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Banowati, Eva dan Sriyanto, 2013, *Geografi Pertanian*, Yogyakarta. Penerbit Ombak.
- Bappenas (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional), (2006). Identifikasi Masalah Pengelolaan Sumber Daya Air di Pulau Jawa. Prakarsa Strategis Pengelolaan Sumber Daya Air Mengatasi Banjir dan Kekeringan di Pulau Jawa. Buku 2, Laporan Akhir.
- Basak, N. N. 1999. *Irrigation Engineering*. Tata McGraw-Hill. New Delhi.
- Chandra Budiman, 2012, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Jakarta : EGC
- Chandrasasi, Dian., Limantara, L. M., dan Juni, Riska. W. (2019). Analysis using the F. J. Mock Method for calculation of water balance in the Upper Konto Sub-Watershed, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, doi:10.1088/1755-1315/437/1/012019.
- Chang, F. J. and Chang, Y. T. (2006) 'Adaptive neuro-fuzzy inference system for prediction of water level in reservoir', *Advances in Water Resources*, 29(1), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.advwatres.2005.04.015.
- Chiras, Daniel D. 2009. *Environmental Science*. 8th Edition, Sudbury, Massachusetts: Jones and Bartlett Publisher.
- Chow, V.T., D.R., Maidment dan L.W., Mays, 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1994. *Petunjuk Teknis Air Bersih*. Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi Buku 2A*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Dialog Penajaman Pola Konsumsi dan Kebutuhan Pokok Minimal Nasional*. Ditjen Cipta karya, Direktorat Pengembangan Air Minum, Jakarta.
- Dewanti, Valina, Ayu., Haribowo, R. and Ismoyo, M. J. (2018) 'Distribusi Air Bersih Di Perumahan Citra Pesona Buring Raya Kota Malang Dengan Program Watercad'.
- Ditjen Cipta Karya. 2000. *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.
- Dooren, J. 1977. *Guidelines for Predicting Crop Water Requirement*. FAO Irrigation and Drainage Paper.
- Dwi, T. Y. G., Tanudjaja, L. and Hendratta, L. A. (2016) 'Perencanaan Peningkatan Kapasitas Produksi Air', *Jurnal Sipil Statik*, 4(8), pp. 481–491.

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fagan, Susan C., and David C. Hess. 2014. Ed 9e . *Pharmacotherapy: A Pathophysiologic Approach*, New York, NY: McGraw-Hill;
- Faisal, S. M., Ahmed, I. U., Rashid, H., Das, R., Karim, M. M., and Reza, S.T. (2017) 'Design and development of an autonomous floodgate using arduino uno and motor driver controller', *4th International Conference on Advances in Electrical Engineering, ICAEE 2017*, 2018-Janua(September 2017), pp. 276–280. doi: 10.1109/ICAEE.2017.8255366.
- Faisal, M. (2019). Prototype Water Level Tank dengan Display Warna LED dan LCD Berbasis Arduino Uno, *Journal of Informatics and Computer Science* Vol. 5 No. 2 Oktober 2019.
- Gaib, D. T. Y., Tanudjaja, L. and Hendratta, L. A. (2016) 'Perencanaan peningkatan kapasitas produksi air bersih ibukota Kecamatan Nuangan', *Jurnal Sipil Statik*, 4(8), pp. 481–491.
- Gazza, Dienmash Barkah. (2020). *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Di Perumahan Platinum Regency Dan Perumahan Mutiara Garden Kabupaten Mojokerto Menggunakan Progam Epanet 2.0* (Tugas Akhir, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya). http://digilib.uinsa.ac.id/47493/3/Gazza%20Dienmash%20Barkah_H75216059.pdf
- Hadisusanto, Nugroho, (2011), *Aplikasi Hidrologi*, Penerbit Yogya Mediautama, Malang.
- Halim, Ridwan N. F., Jasin, M. I., dan Kawet, L., (2013). Pengembangan Sistim Pelayanan Air Bersih, *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.6, Mei 2013 (444-451)
- Hardyanto, R. H. (2017). Konsep Internet of Things Pada Pembelajaran Berbasis Web. *Jurnal Dinamika Informatika* Vol. 6 No.1, 14 Januari 2017.
- Hartanto, Priyo. (2017). 'Water Balance Calculations Of Cidanau River Basin Area Using the Recognize Thornthwaite Method'. *Riset Geologi dan Pertambangan*, Vol. 27, No.2, Desember 2017 (213-225).
- Herlambang, Arie, dkk. (1996). *Database Air Tanah Jakarta, Studi Opstimisasi Pengelolaan Air Tanah : Jakarta, Dit P.S., Dep. Analisa Sistem, BPPT*. Jakarta.
- Huang, Ligu and Li Yin. (2017). Supply and Demand Analysis of Water Resources based on System Dynamics Model. *J. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 49, No. 6, 2017, 705-720.
- Ibrahim, Novtafani, Muhammad., Widodo, H. A., dan Setiawan, Edy. (2018). Prototipe Sistem Kontrol dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic dan Pemantauan Sumber Air Berbasis IOT (Internet Of Thing) serta Pendeteksi Kebocoran pada Pipa, Vol 3 No 1 (2018): Seminar MASTER 2018.

- Immanuel, Renaldy. (2014). 'Analisa Sistem Distribusi Air Bersih Di Pdam Tirta Bulian Tebing Tinggi Pada Perumahan Grya Prima Menggunakan Metode Hardy Cross Dengan Kajian Pembanding Analisis Epanet 2.0. *Jurnal Teknik Sipil USU*. Vol. 13 No. 1.
- Indarto, I., Widodo, S. and Ismulayati, N. (2010) 'Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Sumber Air Di Desa Sidomulyo', *Agroteknologi*, 4(1), pp. 43–59.
- Indarto. (2012). Hidrologi – Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta : Bumi Aksara.
- Indarto. (2016). Hidrologi, Metode Analisis dan Tool untuk Intepretasi Hidrograf Aliran Sungai. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jagdish, K., Moon P., Jadhav C., Patil V., Jadhav K., and Shinde, R. (2019) 'Distant Monitoring and Controlling of Gated Dams using PLC and SCADA', *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(4), pp. 2900–2903.
- Janet, J., Balakrishnan, S. and Rani, S. S. (2019) 'IoT based lake and reservoir management system', *International Journal of Lakes ...*, (May). Available at: http://www.ripublication.com/ijlr19/ijlr12n1_03.pdf.
- Kawet, Ismail Abdul H.L., Binilang, Alex dan Jasin, M.I. (2014). Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kawasan Perumahan Griya Pemula (Welong Abadi) Kecamatan Paldua Manado. *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.5, Juli 2014 (242-251).
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2022). *Peta Geologi Lembar Jawa Bagian Barat*. Diakses 10 Desember 2022 dari <https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-jawa-bagian-barat>
- Kodoatie, Robert .J. 2005. Tata Ruang Air Tanah. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. dan Sarief Roestam., 2012. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kumalasari, F. dan Satoto, Y. (2011) Teknis Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi air Bersih Hingga Layak Minum. Bekasi: Laskar Askara.
- Laksono, Dio P. (2016). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Air Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Provinsi Banten Periode 2008-2012*. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia). <https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/4054/04%20abstract.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Madubun, Elia L. (2012). 'Pendugaan Status Neraca Air Daerah Aliran Sungai dengan Model Evapoklimatonomi: Suatu Tinjauan', *Jurnal Budidaya Pertanian*. Vol.8 No.2, (61-67) ISSN: 1858-4322.

- Makawimbang, A. Feby, L. Tanudjaja, E. M. W. (2017) ‘Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Soyowan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara’, *Jurnal Sipil Statik*, 5(1), pp. 31–40.
- Mampuk, C. R., Mananoma, T., dan Tanudjaja, L. (2014). Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Poso Kota Sulawesi Tengah. *Jurnal Sipil Statik*. Vol.2 No.5, (233-241) ISSN: 2337-6732.
- Maru, Husen., Hailesslassie, Amare., Zeleke, Tesfaye., & Teferi, Ermias. (2023). Analysis of the impacts of land use land cover change on streamflow and surface water availability in Awash Basin, Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards And Risk*, January 2023, Vol. 14, No. 1, 1–25.
- Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, 2008, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 Tentang Pengelo/aan Sumber Daya Air, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008, Nomor 82. Jakarta.
- Mudumbe, M. J. and Abu-Mahfouz, A. M. (2015) ‘Smart water meter system for user-centric consumption measurement’, *Proceeding - 2015 IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2015*, (July 2015), pp. 993–998. doi: 10.1109/INDIN.2015.7281870.
- Nelwan, Fenny., Wuisan, E. M. and Tanudjaja, L. (2013) ‘Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Kima Bajo Kecamatan Wori’, *Jurnal Sipil Statik*, 1(10), p. 678.
- Permana, Aang Panji. (2019). Analisis Kualitas dan Pemanfaatan Air Tanah Di Kecamatan Kota Barat Gorontalo. *Jurnal Geomine*, Volume 7, Nomor 1.
- Posumah, Giovanni, D., Tanudjaja, L. and Sumarauw, J. S. F. (2015) ‘Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Minahasa Utara’, *Jurnal Sipil Statik*, 3(6), pp. 403–412.
- Prima, E. C., Munifaha, S.S., Salam, R., Aziz, M. H., and Suryani, A.T. (2017a) ‘Automatic Water Tank Filling System Controlled Using ArduinoTM Based Sensor for Home Application’, *Procedia Engineering*. The Author(s), 170(April), pp. 373–377. doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.060.
- Prima, E. C., Munifaha, S.S., Salam, R., Aziz, M. H., and Suryani, A.T. (2017b) ‘Automatic Water Tank Filling System Controlled Using ArduinoTM Based Sensor for Home Application’, *Procedia Engineering*. The Author(s), 170, pp. 373–377. doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.060.
- Punch, Keith F., 1988, Introduction to Social Research – Quantitative & Qualitative Approaches.
- Putra, Wahyu Buana., Komala Dewi, N. I., dan Busono, Tjahyani. (2020). Penyediaan Air Bersih Sistem Kolektif: Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik pada Perumahan Klaster. *Jurnal Arsitektur TERRACOTTA*, No. 2 Vol. 1. Hal. 115-123.

- Purnama, I. S. (2010). Hidrologi Airtanah. Yogyakarta: Kanisius.
- Reza, S. M. K., Tariq, S. A. and Reza, S. M. M. (2010) 'Microcontroller Based Automated Water Level Sensing and Controlling: Design and Implementation Issue', *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2186(1), pp. 220–224.
- Riduan, Rony., Firmansyah, Muhammad., dan Fadhilah, Shelda. (2017). Evaluasi Tekanan Jaringan Distribusi Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Intan Banjar Menggunakan Epanet 2.0. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3 (1): 12-20, 2017.
- Risky, Yohanes Rottie Tiny Mananoma, H. T. (2015) 'Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih', *Sipil Statik*, 5(4), pp. 225–235.
- Rossmann, Lewis A. (2000). *EPANET 2: Users Manual*, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory.
- Saha, Gareeyasee., Parua, Anjana., Sushmitha R., Bhat, Shilpa. (2015). Automatic Floodgates Control Using PLC with Added Focus on Human Safety. *2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCCCT)*. 978-1-4673-9825-1/15/\$31.00 ©20 15 IEEE
- Saputra, Andrial., Ibnu Hajar, M.H., Bahrain, Ahmad R. (2019). Sistem Kontrol Pada Hydroponics Grow Room Dengan Menggunakan Module Esp8266-01. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086-9479*. Vol. 10. No.1 Januari 2019.
- Saputra, Rian., Ariyani, Pipin F. dan Juliasari, Noni. (2018). Sistem Monitoring Stok Tangki Air Memanfaatkan Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroler Arduino Mega Pada Depot Air Minum, *Jurnal BIT* Vol 15, No 1 (2018).
- Septiana, Yosep. (2018) 'Design of prototype decision support system for flood detection based on ultrasonic sensor', *MATEC Web of Conferences*, 197(September), pp. 1–5. doi: 10.1051/mateconf/201819703017.
- Setiadi, Panji A., Wijayanti, Yureana., Cahyono, Christian., Juliastuti. (2022). FJ.Mock Method for Hydrological model in Water Reliability Study at Jatiluhur Estate, Purwakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 998 (2022) 012003.
- Setiawan, Eka Wahyu., Sutan Haji, A. T., dan Suharto, B. (2014). Identifikasi Potensi Sumber Air Permukaan Dengan Menggunakan Dem (*Digital Elevation Model*) di Kabupaten Lembata Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol 1 No. 2.
- Shiddiqy, M.H. (2014). Pemetaan Keberadaan Akuifer menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Daerah Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi. Yogyakarta: UGM.

- Sheng, J. (2019) 'Real Time DC Water Tank Level Control using Arduino Mega 2560', *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. IEEE, 2019-June, pp. 635–640. doi: 10.1109/ISIE.2019.8781174.
- Shrenika, R. M., Chikmath, S., and Kumar, A. V. (2017) 'Non-contact Water Level Monitoring System Implemented Using LabVIEW and Arduino', *Proceedings - 2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology, ICRAECT 2017*, pp. 306–309. doi: 10.1109/ICRAECT.2017.51.
- Skema Lapisan Air Tanah. 2020. Diakses pada 15 Desember 2021 dari <https://rimbakita.com/air-tanah/>
- Standar Nasional Indonesia [SNI]. (2002). Penyusunan neraca sumber daya Bagian 1: Sumber daya air spasial. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta (ID): SNI 19-6728.1-2002.
- Sudinda, Teddy W. (2019). Determination Of Mainstay Discharge With Fj Mock Method In Cisadane River Basin. *Jurnal Air Indonesia*. Vol. 11, No 1, April 2019, 15 – 24.
- Sulistyarso, Gembong Ari., Marsuadi dan Nurhayati. (2015). Optimasi Ketersediaan Air Baku untuk Air Bersih di Kabupaten Sambas. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 15 No. 2, Edisi Desember 2015, 334-350.
- Supranto. (2012). *Metode Riset, Cetakan Kedua*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suprayogi, S., Purnama, S., Fauzan Agniy, R., and Cahyadi, A. (2016) 'Potensi Airtanah Statis Di Daerah Tangkapan Air Goa Pindul Kabupaten Gunungkidul', in *Seminar Nasional Geografi Lingkungan I*, pp. 86–91. doi: 10.31227/osf.io/gtb24.
- Suresh Kumar, N., Mallikharjuna Rao, K., Kothuru, M., and Narasimha Rao, Y. (2019) 'Multi-dimensional parametric assessment with IoT in acquaintance of digital pipeline', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(6), pp. 4649–4656. doi: 10.11591/ijece.v9i6.pp4649-4656.
- Suwittoku. (2013). Artikel "Persyaratan Kualitas Air Minum Berdasarkan WHO"(online) pada bulan Januari 2022.
- Taufiqullah. (2023). *Akurasi dan Kalibrasi Alat Ukur*. Diakses 3 Maret 2023 dari <https://www.tneutron.net/elektro/akurasi-dan-kalibrasi-alat-ukur/>
- Tchakerian, V. P. (2015). Hydrology, Floods and Droughts| Deserts and Desertification. In *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (pp. 185–192). Elsevier.
- Teniwut, Meilani. (2022). *Pengertian Musim dan Pembagian Musim di Indonesia*. Diakses 10 Januari 2023 dari <https://mediaindonesia.com/humaniora/508111/pengertian-musim-dan-pembagian-musim-di-indonesia>.

- Todd, D.K. (1980). *Groundwater Hydrology*. 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, USA
- Triatmodjo, B., 2010. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2016. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Whidi, Made. (2021). *Menentukan Pola Konsumsi Air Minum dan Faktor Pengali Jam Puncak*. Diakses 26 Desember 2022 dari <https://www.madewhidi.com/2021/04/menentukan-pola-konsumsi-air-minum-dan.html>.
- Widyaningsih, Karunia W., Harisuseno, Donny., Soetopo, Widandi. (2021). Perbandingan Metode FJ. Mock dan NRECA untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* Vol. 1 No. 1 (2021) p. 52-61.
- Xie, Hongjie. (2009). 'Using remote sensing and GIS technology for an improved decision support: A case study of residential water use in El Paso, Texas', *Civil Engineering and Environmental Systems*, 26(1), pp. 53–63. doi: 10.1080/10286600802003666.
- Yuliandoko, H., Subono., Wardhany V.A., Pramono, S.H., and Siwindarto, P.. (2018) 'Design of flood detection system based on velocity and water level sensor in Arduino with SWOD application on Kalimati-Kretek Gantung DAM Banyuwangi', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 403(1). doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012066.
- Yunanda, Mega. dan Kurniawan, Ferry. (2018) 'Simulasi Tekanan Menggunakan Program Watercad Pada Sistem Pendistribusian Air Bersih Di Pdam Tirta Musi Palembang', *Jurnal Ilmiah Bering's*, 5(1), pp. 27–34.
- Zuhair, Faris. (2022). Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Dengan Program Epanet 2.0 di Perumahan Karang Sari Permai Kecamatan Siantar Martoba Kota Pematangsiantar. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, Vol.1, No.5, April 2022.