

Bidang ilmu : Teknik Industri

## LAPORAN PENELITIAN DASAR

### OTOMASI SISTEM PENGOLAHAN AIR DALAM UPAYA OPTIMALISASI SPAM TEMUIRENG GIRISUKO, PANGGANG, GUNUNGGKIDUL, DIY



Disusun Oleh :

Eko Nursubiyantoro, ST., MT	NIDN/SINTA ID : 0021096807/6022570
Ismianti, ST., M.Sc	NIDN/SINTA ID : 0029108903/6723430
Astrid Wahyu Adventri W., ST., M.Sc	NIDN/SINTA ID : 0018129102/6724441

Dibiayai oleh UPN "Veteran" Yogyakarta  
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian  
Nomor: B/286/UN.62/PT/X/2019  
Tanggal 21 Oktober 2019

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI / JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA  
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Otomasi Sistem Pengolahan Air dalam upaya optimalisasi SPAM Temu Ireng, Girisuko, Panggang, Gunungkidul, DIY

Cakupan Bidang Ilmu : Teknik Industri

Arah Riset : Pembaharuan sistem

Ketua Peneliti :

a. Nama : Eko Nursubiyantoro, S.T., M.T.

b. Jenis Kelamin : Laki-laki

c. Jabatan Fungsional : Lektor

d. Fakultas/Jurusan : Teknik Industri/Teknik Industri

Jumlah Anggota Peneliti : 2 Orang

a. Nama Anggota 1 : Astrid Wahyu Adventri Wibowo, S.T., M.Sc.

b. Jenis Kelamin : Perempuan

c. Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar

d. Fakultas/Jurusan : Teknik Industri/Teknik Industri

a. Nama Anggota 2 : Ismianti, S.T., M.Sc.

b. Jenis Kelamin : Perempuan

c. Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar

d. Fakultas/Jurusan : Teknik Industri/Teknik Industri

Lokasi Penelitian : DI Yogyakarta

Lama Penelitian : 6 Bulan

Biaya Penelitian :

a. Sumber UPN : Rp 30.000.000,00

b. Sumber Lain :

Mengetahui,  
A.n Dekan FTI  
Wakil Dekan Bidang Akademik



Dr. Apriani Soepardi, S.TP., M.T.  
NIK 273119701411

Yogyakarta, 27 Februari 2020

Ketua Peneliti

Eko Nursubiyantoro, S.T., M.T.  
NIP 196809211991031001

Menyetujui,  
Kepala LPPM

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto., M.T.  
NIP 195812021992031001

## ABSTRAKSI

Daerah Gunungkidul merupakan daerah dengan topografi karst yang terbentuk dari proses pelarutan batu gamping. Air hujan yang jatuh di permukaan akan langsung meresap ke dalam tanah dan membentuk sungai-sungai bawah tanah, sehingga menyebabkan sulitnya mendapatkan air bersih di permukaan terutama pada musim kemarau. Karakteristik batuan karst yang unik, ketersediaan air bawah tanah sangat berlimpah dengan kualitas air yang baik di musim kemarau dan berangsur menurun di musim penghujan. Penelitian dan pengembangan otomasi sistem proses pengolahan air minum secara terintegrasi untuk diimplementasikan pada SPAM Temu Ireng agar dapat terotomasi, beban operator lebih ringan dan terstruktur dengan baik serta memperoleh kualitas air minum yang lebih baik.

Kualitas sumber air yang belum memenuhi standar baku merupakan alasan utama adanya sistem pengolahan air. Sistem pengolahan air bisa dilakukan dengan berbagai metode sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sumber air. Salah satu sistem pengolahan air yang dikembangkan di Gunung Kidul untuk mengurangi bakteri E-coli, bahan organik (parameter coliform) serta bahan anorganik (parameter TDS) adalah dengan proses pengendapan, saringan pasir lambat, dan distilasi percik tenaga surya. Penelitian ini dimulai dengan langkah mendesain konsep produk, kemudian desain produk dan desain otomasi SPAM Temu Ireng. Karakteristik sistem untuk mengenali sistem yang diteliti, merancang dan mengaplikasikan otomasi prototipe, menguji dan menanalisis sistem otomasi merupakan langkah penelitian ini.

Berdasarkan hasil pengujian sistem maka diperoleh data untuk kandungan rata-rata dari residu tersuspensi (*TSS*)= 8,7 mg/l, residu terlarut (*TDS*)= 160,5 mg/l, kesadahan 64 mg/l, oksigen terlarut (*DO*) = 7,5 mg/l, kekeruhan= 0,4 NTU dan total koliform nihil. Dari perolehan data tersebut menunjukkan adanya perbaikan kualitas air olahan dibandingkan sistem sebelumnya. Perbaikan sistem dengan prototipe otomasi SPAM Temuireng, diperoleh dengan hasil yang lebih baik, biaya operasi dapat dikurangi, jumlah operator dan pekerjaan rutin SPAM dapat diminimalkan, kualitas dan kuantitas air produk dapat ditingkatkan.

**Kata kunci:** kebutuhan air, sistem pengolahan air minum, otomasi, kualitas

## **PRAKATA**

Laporan Penelitian Dasar yang berjudul "Otomasi Sistem Pengolahan Air dalam Upaya Optimalisasi SPAM Temuireng Girisuko, Panggang, Gunungkidul, DIY" ini disusun berdasarkan pada hasil kajian akademik pada pelaksanaan kegiatan Penelitian Dosen Jurusan Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta yang dibiayai dengan dana hibah internal Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) UPN "Veteran" Yogyakarta. Laporan Penelitian ini sebagai tindak lanjut pertanggungjawaban peneliti atas Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian nomor: B/286/UN.62/PT/X/2019 tanggal 21 Oktober 2019.

Rancangan prototype otomasi SPAM dirancang berdasarkan sistem SPAM Temuireng yang pada saat penelitian ini dilakukan dengan rancangan skala uji laboratorium. Rancangan prototype otomasi SPAM ini telah berhasil dipergunakan untuk mempelajari karakterisasi sistem pengolahan air di SPAM Temuireng, khususnya pengaruh otomasi peralatan SPAM terhadap hasil pengolahan SPAM sebelum dan setelah di otomasi.

Semoga apa yang sudah peneliti laporkan dalam laporan penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak yang tertarik pada dunia teknologi otomasi, dan mampu memberikan inspirasi serta motivasi. Peneliti terbuka terhadap kritik maupun saran yang diberikan demi perbaikan dan penyempurnaan Laporan ini. Akhir kata kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian di SPAM Pedukuhan Temuireng, Kalurahan Girisuko, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Yogyakarta, 27 Februari 2020

Peneliti

Eko Nursubiyantoro

Ismianti

Astrid Wahyu Adventri Wibowo

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LAPORAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAKSI .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Sitematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Sistem Pengolahan Air Minum .....	6
2.2 Otomasi .....	6
2.3 Sistem Pengolahan Air Minum dengan Otomasi .....	8
2.4 Kebutuhan Air .....	10
2.5 Sistem Pengolahan Air Minum di Eropa .....	14
2.6 Sistem Pengolahan Air Minum di Asia .....	18
BAB III KONTRIBUSI PENELITIAN .....	22
3.1 Kontribusi Hasil Penelitian .....	22
3.2 Peta Kontribusi .....	22
BAB IV METODE PENELITIAN .....	24
4.1 Obyek Penelitian .....	24
4.2 Pengumpulan Data .....	24
4.3 Kerangka Penelitian .....	25
4.4 Rancangan Sistem Prototipe .....	25

4.5	Pengolahan Data .....	27
4.6	Analisis .....	28
4.5	Kesimpulan dan Saran .....	28
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
5.1	Gambaran Umum Kebutuhan Masyarakat .....	29
5.2	Desain Konsep Produk Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temu Ireng .....	31
5.3	Desain Produk .....	32
5.4	Karakteristik Sistem SPAM Temu Ireng .....	34
5.5	Perancangan Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temu Ireng .....	37
5.6	Aplikasi Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temu Ireng	40
5.7	Prototipe Otomasi Sistem Pengolahan Air (SPAM) Temu Ireng	50
5.8	Analisis Desain .....	51
5.9	Hasil dan Analisis Uji Rancangan Prototipe .....	52
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	58
6.1	Kesimpulan .....	58
6.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	.....	60
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penggunaan Air di Berbagai Benua .....	14
Tabel 2.2	Jenis Pengolahan Air Minum Rumahan dan Fungsinya .....	18
Tabel 3.1	Kontribusi Hasil Penelitian .....	23
Tabel 5.1	Identifikasi Kebutuhan Masyarakat Desa Temuireng .....	31
Tabel 5.2	Hasil uji kualitas air SPAM Temuireng .....	54
Tabel 5.3	Hasil uji kualitas air olahan Prototipe SPAM Temuireng .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Penelitian .....	2
Gambar 2.1	Sistem Pengolahan Air .....	9
Gambar 2.2	Siklus Hidrologi .....	12
Gambar 2.3	Proporsi Air Minum yang Berasal dari Air Tanah, Air Permukaan, dan Desalinasi di Negara-Negara Eropa .....	15
Gambar 2.4	Metode Desinfeksi yang Digunakan Dalam Produksi Air Minum .....	16
Gambar 2.5	Instalasi Pengolahan Air .....	17
Gambar 4.1	Kerangka Penelitian .....	26
Gambar 5.1	Pemanenan Air Hujan di Desa Temuireng, Gunung Kidul ...	29
Gambar 5.2	Desain Konsep Produk Otomasi SPAM .....	32
Gambar 5.3	Desain Konsep Produk dari Sugiarto et al. (2017) .....	32
Gambar 5.4	Konsep Proses Desain Otomasi SPAM .....	33
Gambar 5.5	Diagram sistem pengolahan air minum SPAM Temu Ireng .	36
Gambar 5.6	Sistem pengolahan air minum SPAM Temu Ireng .....	36
Gambar 5.7	Rancangan teknik bak koagulan/tawas .....	37
Gambar 5.8	Rancangan teknik bak pencampur/mixer .....	38
Gambar 5.9	Rancangan teknik bak pengendapan/sedimentasi .....	38
Gambar 5.10	Rancangan teknik bak penyaringan/filtrasi I .....	39
Gambar 5.11	Rancangan teknik bak penyaringan/filtrasi II .....	39
Gambar 5.12	Rancangan teknik bak penampung produk .....	40
Gambar 5.13	Bak penampung koagulan (tawas) .....	41
Gambar 5.14	Bak mixer (pencampur) .....	43
Gambar 5.15	Bak pengendapan/sedimentasi .....	44
Gambar 5.16	Bak penyaringan (Filtrasi I) .....	45
Gambar 5.17	Bak penyaringan (Filtrasi II) .....	45
Gambar 5.18	Bak Produk .....	46
Gambar 5.19	Pompa air mini .....	47
Gambar 5.20	Solenoid valve .....	47



Gambar 5.21	Panel kontrol prototipe otomasi SPAM .....	49
Gambar 5.22	Prototipe otomasi SPAM Temuireng .....	50
Gambar 5.23	Prototipe Otomasi SPAM .....	52
Gambar 5.24	Pengurangan TDS di Setiap Proses .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: B/286/UN.62 /PT/X/2019 tanggal 21 Oktober 2019
- Lampiran 2 Artikel ilmiah/publikasi
1. Pemakalah pada seminar internasional: *the 2020 International Conference on Urban Sustainability, Environment, and Engineering (CUSME 2020, in Bali, Indonesia on January 20-21, 2020.*
  2. Publikasi jurnal internasional bereputasi: *Journal of Geographia Technica indexed in SCOPUS, Q3.*
- Lampiran 3 HKI dan Buku Ber-ISBN
1. Sertifikat HKI
  2. Buku ber-ISBN

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Obyek Penelitian**

Obyek dalam penelitian ini adalah Sistem Pengolahan Air Minum (SPAM) yang berlokasi di Pedukuhan Temu Ireng, Kalurahan Girisuko, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sistem Pengolahan Air Minum ini digunakan untuk memenuhi permintaan air bagi sekitar 269 keluarga dengan rata-rata 4 jiwa, maka kurang lebih sekitar 1076 jiwa yang harus dipenuhi kebutuhan airnya di daerah itu.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa cara, meliputi:

1. Data Primer, data ini diperoleh dengan cara survey dan observasi langsung di lokasi penelitian untuk mengambil data.
2. Data sekunder, data ini diperoleh dari data-data hasil penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya, data-data SPAM Temu Ireng yang telah tercatat dilapangan.

Data-data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah:

1. Gambaran umum proses pengolahan air minum di SPAM Temu Ireng.
2. Data spesifikasi peralatan SPAM Temu Ireng.
3. Data kualitas air sumber
4. Data kualitas air olahan
5. Data kualitas air olahan Otomasi SPAM

Metode yang dilaksanakan dalam pengumpulan data penelitian yang dibutuhkan adalah :

#### 1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh data sekunder berupa referensi dan data teoritis tentang masalah Sistem Pengolahan Air Minum, tujuannya adalah memperoleh landasan teori yang kuat sebagai pendukung data primer.

#### 2. Studi Lapangan

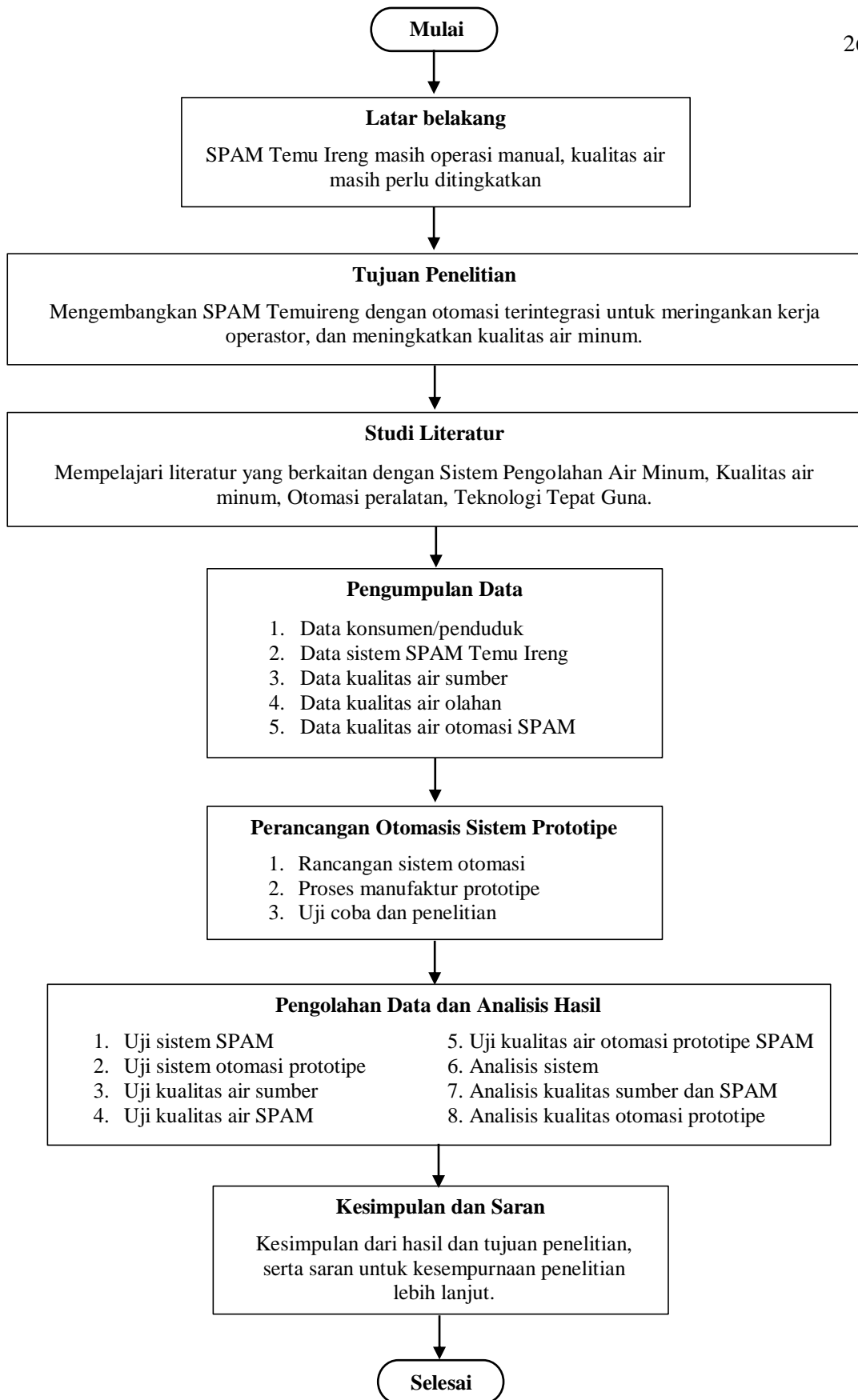
Metode ini dilakukan untuk memperoleh data primer dengan cara mengambil data langsung dilapangan terhadap objek yang diteliti. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran/data langsung dilapangan secara aktual sehingga peneliti dapat memperoleh informasi primer mengenai fenomena-fenomena di lapangan yang dapat dilihat secara langsung data-data yang dibutuhkan di lokasi penelitian.

### **4.3 Kerangka Penelitian**

Kerangka acuan dalam penelitian ini berisi urutan proses penyelesaian permasalahan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

### **4.4 Rancangan Sistem Prototipe**

Rancangan otomasi sistem prototipe SPAM Temu Ireng dilakukan berdasarkan hasil kajian faktor-faktor penting yang harus di otomasi dari hasil studi yang telah dilakukan berdasarkan kajian analisis prospektif serta dilakukan berdasarkan hubungan sebab akibat yang terjadi dari faktor-faktor yang terpilih. Perancangan dilaksanakan dengan hasil akhir adalah satu set dokumen gambar teknik berupa gambar susunan dan gambar bagian, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan (manufaktur) berdasarkan dokumen gambar tersebut. Proses ini merupakan proses pewujudan produk dari yang awalnya ide yang tertuang dalam bentuk gambar menjadi produk jadi yang memiliki bentuk fisik nyata.



Gambar 4.1 Kerangka Penelitian

## 4.5 Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kebutuhan masyarakat  
Identifikasi kebutuhan masyarakat Desa Temuireng dilakukan untuk dapat mengembangkan otomasi sistem proses pengolahan air minum secara terintegrasi.
2. Mendesain rancangan konsep produk dan prototipe  
Merancang konsep produk berdasarkan kebutuhan, dan mendesain konsep produk dari sistem pengolahan air minum.
3. Menentukan karakteristik sistem SPAM Temu Ireng  
Menentukan komponen-komponen sistem, batas sistem, lingkungan sistem, penghubung, masukan, keluaran, proses dan sasaran yang terlibat dalam penelitian ini.
4. Merancang otomasi sistem SPAM Temu Ireng  
Konsep rancangan teknik peralatan otomasi yang dituangkan dalam gambar teknik.
5. Aplikasi otomasi sistem pengolahan air minum  
Mengaplikasikan hasil rancangan teknik otomasi sistem pengolahan air minum menjadi peralatan prototipe otomasi.
6. Uji coba dan analisis desain  
Uji coba peralatan untuk menemukan optimasi peralatan prototipe, kemudian menganalisis desain yang telah diujicoba untuk menemukan kelebihan dan kelemahan dari peralatan.
7. Menguji kualitas air hasil proses pengolahan air  
Kualitas air yang diuji adalah kualitas air pada proses pengolahan air di SPAM Temu Ireng yang meliputi: Residu tersuspensi (TSS), Residu terlarut (TDS), Kesadahan, Oksigen terlarut (DO), Kekeruhan dan Total koliform.

#### 8. Menguji kualitas air hasil Otomasi Prototipe SPAM

Kualitas air yang diuji adalah kualitas air pada proses pengolahan air yang dihasilkan dari olahan alat otomasi prototipe SPAM, yang meliputi: Residu tersuspensi (TSS), Residu terlarut (TDS), Kesadahan, Oksigen terlarut (DO), Kekeruhan dan Total koliform.

#### **4.6 Analisis**

Analisis dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengolahan data, interpretasi data untuk memperoleh hasil, menganalisis keunggulan dan kelemahan dari masing-masing metode dan dampak penggunaan masing-masing metode.

#### **4.7 Kesimpulan dan Saran**

Tahap akhir dalam penelitian ini, adalah menyimpulkan hasil dari penelitian ini untuk rekomendasi usulan untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian lebih lanjut, serta perhatian bagi pemangku kepentingan.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

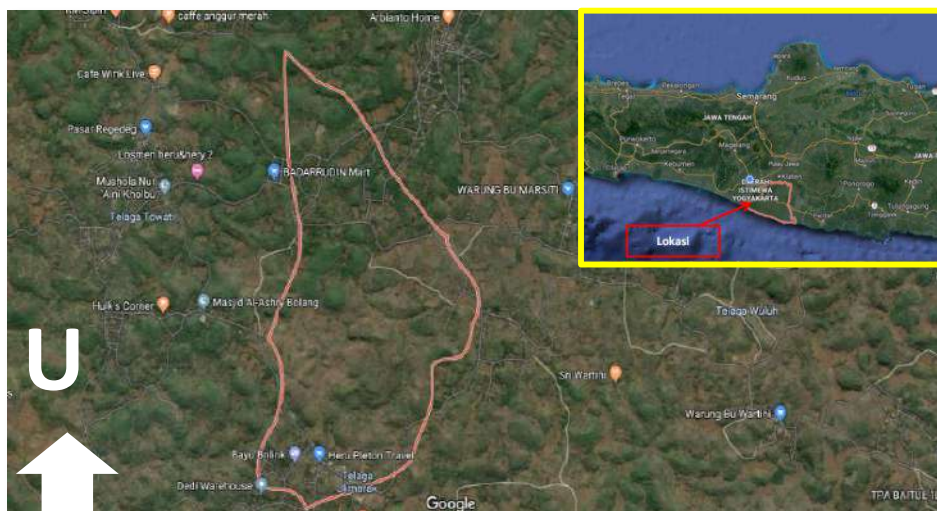
Air merupakan kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup untuk melangsungkan hidupnya dan berkembang. Air bersih mudah diperoleh dan selalu berlimpah mengalir disetiap sudut tanah negeri ini beberapa puluh tahun yang lalu, karena pada waktu itu belum banyak terjadi polusi air dan udara. Berkembangnya jumlah penduduk yang semakin tumbuh pesat di bumi, maka kebutuhan air bersih juga semakin meningkat, sementara air bersih yang disediakan oleh alam semakin berkurang. Kelangkaan air dapat menyebabkan terganggunya kehidupan makhluk hidup itu sendiri (USGS, 2010). Di beberapa daerah di dunia terdapat daerah daerah yang mengalami kelangkaan air bersih, khususnya di Negara berkembang (IWRM, 2009). Gunungkidul adalah salah satu daerah di Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia yang mengalami kesulitan memperoleh air (Evani, 2004).

Daerah Gunungkidul sebagai daerah dengan topografi karst yang terbentuk dari proses pelarutan batu gamping. Daerah tersebut sebagai bagian dari Pegunungan Sewu dimana Formasi Karst terdiri dari batuan karbonat dengan kelarutan dan laju infiltrasi yang tinggi. Air hujan yang jatuh di permukaan akan langsung meresap kedalam tanah dan membentuk sungai-sungai bawah tanah. Hal ini menyebabkan sulitnya mendapatkan air bersih di permukaan terutama pada musim kemarau. Namun demikian karakteristik batuan karst yang unik, ketersediaan air bawah tanah sangat berlimpah dengan kualitas air yang baik di musim kemarau dan berangsur menurun di musim penghujan, bisa dinaikkan ke permukaan dengan menggunakan teknologi tepat guna (Nestmann dkk, 2011). Secara umum pengolahan air untuk meningkatkan kualitas adalah proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Permasalahan tersebut telah dicoba dan diatasi dengan beberapa teknologi pengolahan air minum dari sumber air sungai atau sumber baku lainnya.



Sugiarto dan Suharwanto (2017) telah mengembangkan teknologi pengolahan air minum di Dusun Temuireng, Desa Girisuko, Panggang, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Di desa ini terdapat sekitar 269 kepala keluarga dengan rata-rata 4 jiwa setiap kepala keluarga, sehingga kurang lebih 1076 jiwa kebutuhan airnya harus dipenuhi. Penelitian yang dikembangkan oleh Sugiarto dan Suharwanto telah berhasil memenuhi kebutuhan air tersebut dengan pembangunan SPAM Temu Ireng yang telah di resmikan oleh Kemristek Dikti. Mekanisme SPAM tersebut saat ini khususnya pada proses pengolahan air masih menggunakan kerja semi manual, sehingga peran tenaga kerja masih dominan diperlukan untuk menjalankannya.

Gunungkidul merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Kecamatan Wonosari sebagai pusat pemerintahannya. Kabupaten ini berbatasan dengan Kabupaten Klaten dan Kabupaten Sukoharjo disebelah utara, Kabupaten Wonogiri di sebelah Timur, Samudra Hindia di sebelah selatan, dan Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman di sebelah barat. Dengan luas area 1.485,36 km<sup>2</sup> dan dengan jumlah penduduk sebanyak 729.364 jiwa, Kabupaten Gunungkidul terbagi menjadi 18 kecamatan (Badan Pusat Statistik Propinsi D.I. Yogyakarta, 2018). Penelitian lapangan ini dilakukan di salah satu kecamatan yang ada di Gunungkidul, yaitu Temuireng Desa Girisuko, Kecamatan Panggang.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten yang terletak di sebelah tenggara kota Yogyakarta ini didominasi oleh pegunungan yang merupakan bagian barat dari Pegunungan Sewu atau Pegunungan Kapur Selatan. Sebagian besar wilayah kabupaten ini berupa perbukitan dan pegunungan kapur, yakni bagian dari Pegunungan Sewu, yang menandakan bahwa pada masa lalu merupakan dasar laut. Gunungkidul juga dikenal sebagai daerah tandus dan sering mengalami kekeringan di musim kemarau.

Berdasarkan kondisi topografinya Kabupaten Gunungkidul terbagi menjadi 3 zona pengembangan, yaitu zona utara, zona tengah, dan zona selatan. Zona utara meliputi kecamatan Patuk, Gedangsari, Nglipar, Ngawen, Semin, dan Kecamatan Ponjong bagian utara. Zona utara disebut wilayah Batur Agung dengan ketinggian 200 m – 700 m di atas permukaan laut. Keadaannya berbukit-bukit, terdapat sumber-sumber air tanah kedalaman 6 m-12 m dari permukaan tanah. Jenis tanah didominasi latosol dengan batuan induk vulkanik dan sedimen taufan. Zona tengah meliputi Kecamatan Playen, Wonosari, Karangmojo, Ponjong bagian tengah dan Kecamatan Semanu bagian utara. Zona Tengah disebut wilayah pengembangan Ledok Wonosari, dengan ketinggian 150 m - 200 mdpl. Jenis tanah didominasi oleh asosiasi mediteran merah dan grumosol hitam dengan bahan induk batu kapur. Sehingga meskipun musim kemarau panjang, partikel-partikel air masih mampu bertahan. Terdapat sungai di atas tanah, tetapi dimusim kemarau kering. Kedalaman air tanah berkisar antara 60 m - 120 m di bawah permukaan tanah. Zona selatan meliputi Kecamatan Saptosari, Paliyan, Girisubo, Tanjungsari, Tepus, Rongkop, Purwosari, Panggang, Ponjong bagian selatan, dan Kecamatan Semanu bagian selatan. Zona Selatan disebut wilayah pengembangan Gunung Seribu (Duizon Gebergton atau Zuider Gebergton), dengan ketinggian 0 m - 300 mdpl. Batuan dasar pembentuknya adalah batu kapur dengan ciri khas bukit-bukit kerucut (Conical limestone) dan merupakan kawasan karst. Pada wilayah ini banyak dijumpai sungai bawah tanah.

Wilayah Kabupaten Gunungkidul termasuk daerah beriklim tropis, dengan topografi wilayah yang didominasi dengan daerah kawasan perbukitan karst. Wilayah bagian selatan didominasi oleh kawasan perbukitan karst yang banyak terdapat goa-goa alam dan juga sungai bawah tanah yang mengalir. Dengan kondisi

tersebut menyebabkan kondisi lahan di kawasan selatan kurang subur yang berakibat budidaya pertanian di kawasan ini kurang baik.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dan pengembangan otomasi sistem proses pengolahan air minum secara terintegrasi dengan harapan hasil dari penelitian ini dapat diimplementasikan pada SPAM Temu Ireng. Sehingga sistem pengolahan air dapat terotomasi, pekerjaan yang dilakukan oleh operator lebih ringan dan terstruktur dengan baik serta memperoleh kualitas air minum yang lebih baik.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto & Suharwanto (2017) dengan proses pengolahan air minum. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem SPAM Temuireng yang sudah ada dengan sistem otomasi pada proses pengolahan air minum secara terintegrasi. Sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini sistem pengolahan air dapat terotomasi dan pekerjaan yang dilakukan oleh operator lebih ringan, terstruktur dengan baik serta memperoleh kualitas air minum yang lebih baik.

## **1.3 Sistematika Penulisan Laporan**

Seperti yang telah diuraikan sebagaimana sebelumnya maka penelitian ini bertujuan untuk mengotomasi sistem proses pengolahan air minum yang dilaksanakan pada sistem SPAM Temuireng secara terintegrasi.

Sistematika penulisan Laporan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memuat latar belakang secara singkat yang mengulas alasan mengapa penelitian dilakukan, tujuan. Alasan kuat untuk melakukan penelitian dengan tema ini, rumusan masalah yang jelas, serta metode yang digunakan, dan manfaat hasil penelitian.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang memuat tinjauan, ulasan singkat dan jelas atas pustaka yang menimbulkan gagasan serta mendasari penelitian

**BAB III KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN**

Bab ini memuat kontribusi penelitian pada pengembangan ilmu pengetahuan, yang menunjukkan kemutakhiran *state-of-the-art* pada peta ilmu pengetahuan

**BAB IV METODE PENELITIAN**

Bab ini memuat kerangka pendekatan studi berupa analisis teori yang berkaitan dengan Sistem Pengolahan Air Minum, metode percobaan atau kombinasi keduanya. Uraian terperinci dari metode yang dipakai berupa prosedur, model yang digunakan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan dan analisis data serta cara penafsirannya.

**BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat data hasil penelitian, pengolahan data dan analisis, rancangan dan uji coba penelitian, serta interpretasi data dan pembahasan hasil untuk dapat menjawab tujuan penelitian. .

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat kesimpulan dari tujuan penelitian serta saran rekomendasi agar dapat menyempurnakan penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Pengolahan Air Minum**

Kualitas sumber air yang belum memenuhi standar baku merupakan alasan utama adanya sistem pengolahan air. Sistem pengolahan air telah diteliti, dikembangkan dan digunakan di berbagai daerah. Sistem pengolahan air ini bisa dilakukan dengan berbagai metode sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sumber air. Salah satu sistem pengolahan air yang dikembangkan di Gunung Kidul untuk mengurangi bakteri E-coli, bahan organik (parameter coliform) serta bahan anorganik (parameter TDS) adalah dengan proses pengendapan, saringan pasir lambat, dan distalasi percik tenaga surya (Sugiarto & Suharwanto, 2017).

Sistem pengolahan ini mampu menurunkan TDS dari 400 ppm hingga di bawah 160 ppm. Sistem pengolahan air yang lain dilakukan dengan aerasi, filtrasi, adsorpsi, dan desinfeksi (Wiyono, Faturrahman, & Syauqiah, 2017). Namun, pada sistem ini desain alat kurang efektif karena kualitas air yang dihasilkan belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

#### **2.2 Otomasi**

Perkembangan teknologi terutama dibidang elektronika dan teknologi ICT sangat berpengaruh terhadap proses produksi di industri. Tantangan yang dihadapi oleh industri adalah bagaimana cara untuk meningkatkan jumlah produksi namun akurasi produk dan ketelitian sebagai tuntutan kualitas juga harus terpenuhi. Untuk menjawab tantangan tersebut tidak mungkin bila dunia industri mengandalkan kemampuan manual dan menggantungkan produksi dari sumber daya manusia yang memiliki keterbatasan ketahanan bekerja dalam waktu yang lama dan terus-menerus. Maka dari itu pemilihan penggunaan sarana dan peralatan sangat penting dalam kegiatan industri, dari mengolah bahan baku hingga menjadi barang jadi yang mempunyai nilai jual. Penggunaan tenaga mesin, yang secara otomatis melakukan dan mengatur pekerjaan, sebagai ganti tenaga manusia mulai dilakukan

di dunia industri. Sistem otomasi ini bersifat universal dan fleksibel sehingga dapat dimanfaatkan oleh industri kecil sampai dengan industri besar di segala bidang dengan cakupan pemakaiannya sangat luas dan beragam (Putranto et al., 2008).

Otomasi adalah teknologi yang dapat melakukan serangkaian proses secara otomatis tanpa adanya bantuan manusia. Hal ini diimplementasikan dengan menggunakan program instruksi dikombinasikan dengan sistem kontrol. Dalam otomatisasi, daya dibutuhkan untuk mendorong proses dan untuk mengoperasikan program dan sistem kontrol (Groover, 2008). Secara umum, sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai integrasi dari mekanika, sistem kelistrikan, dan sistem komputer yang dapat menggantikan peran manusia dalam suatu proses. Otomasi dapat bekerja untuk kegiatan yang berulang-ulang dan aktivitas yang tidak dapat dilakukan oleh manusia (Fauzan, 2015). Penerapan teknologi otomasi digunakan dalam dunia industri agar dapat meningkatkan akurasi, presisi, dan produktivitas dari suatu proses industri, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah dan kualitas keluaran yang dihasilkan (Ebel et al, 2008). Sehingga ada beberapa pendekatan yang digunakan dalam penerapan sistem otomasi, salah satunya adalah pendekatan The USA Principle:

1. *Understand the Existing Process*

Pada tahap ini, proses eksisting harus dipahami dengan baik dan detail. Dimulai dari input, proses, output yang terjadi di antara input dan output, serta fungsi dari setiap proses.

2. *Simplify the Process*

Setelah proses keadaan awal dipahami dengan baik, langkah selanjutnya adalah menyederhanakan proses. Proses pada keadaan awal dikaji lebih lanjut, apakah dapat dihilangkan atau digabungkan tanpa menghilangkan fungsi dari proses itu sendiri.

3. *Automate the Process*

Langkah terakhir adalah penerapan otomasi pada proses tersebut

Banyak penelitian tentang otomasi di industri telah dilakukan. Mandala et al., (2015) mengamati bahwa pada proses eksisting penggilingan teh hitam orthodox masih banyak memerlukan operator dalam pengoperasiannya sehingga dapat menyebabkan terjadinya faktor *human error*. Pencapaian produksi pun belum mampu memenuhi rencana kerja dan anggaran produksi (RKAP) berdasarkan permintaan pasar. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk membuat sistem pengendali otomatis pada stasiun kerja penggilingan menggunakan *Programmable Logic Controlles* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) sebagai tampilan antarmuka (sistem pemantauan secara *online* dan *real time*). Program PLC yang telah dirancang akan diintegrasikan ke dalam sebuah *mini plant* untuk membuat sistem otomasi yang bekerja secara terintegrasi dan berbasis kabel (*wireline*). PLC langsung dihubungkan dengan HMI, sehingga dapat langsung melakukan proses monitoring terhadap jalannya sistem untuk mengetahui data yang dihasilkan.

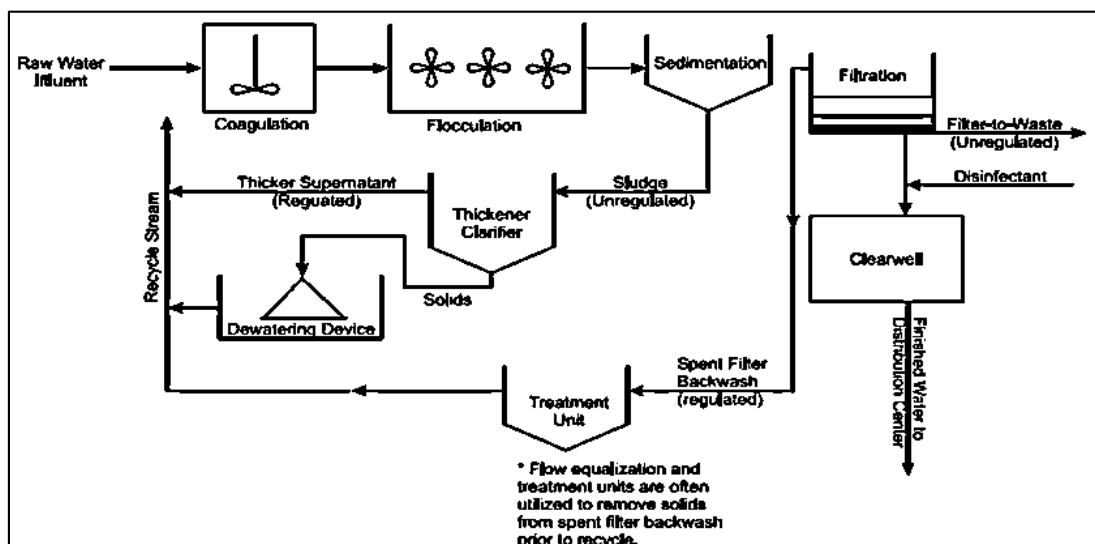
Afrino, Triwiyatno, dan Sumardi (2017) melakukan penelitian untuk merancang sistem otomatisasi berbasis PLC Omron CPM1A pada *prototype* alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem otomatisasi pada *prototype* alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa berhasil dirancang dengan menggunakan PLC Omron CPM1A. Pada sistem ini masih terdapat beberapa kekurangan, seperti belum terdapat sistem yang dapat melakukan pembersihan alat pengolah susu secara otomatis setelah digunakan, sehingga dapat dikembangkan lebih luas.

### **2.3 Sistem Pengolahan Air Minum dengan Otomasi**

Industri pengolahan air minum merupakan salah satu contoh dari otomasi tipe tetap. Beberapa penelitian mengenai otomasi industri pengolahan air minum yang telah dilakukan yaitu penelitian tentang sistem kontrol kran solenoid berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) pada sistem layanan air minum desa (Nurhayata & Santiyadnya, 2016). Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk memperbaiki sistem pembayaran layanan air minum desa dengan menerapkan sistem prabayar

melalui identifikasi pelanggan berbasis RFID. Hasil penelitian menunjukkan sistem kontrol mampu secara otomatis mengidentifikasi nomor kartu RFID pelanggan dan mengaktifkan kran solenoid hanya jika nomor kartu pelanggan telah terdaftar pada sistem dan pulsa airnya masih mencukupi. Disamping itu, sistem kontrol secara otomatis mampu mengatur volume air yang keluar sesuai dengan tarif air yang telah ditentukan (Nurhayata & Santiyadnya, 2016).

Beberapa kajian mengenai otomasi pada sistem pengolahan air minum telah dilakukan di berbagai negara. Namun, penerapan dari otomasi dalam sistem pengolahan air masih terbatas. Padahal otomasi dalam sistem pengolahan air dapat meningkatkan produktivitas, menjaga kualitas air, mengurangi *downtime*, serta menurunkan *operating cost* (Dubey, Agarwal, Gupta, Dohare, & Upadhyaya, 2017). Otomasi dalam sistem pengolahan air dapat dilakukan pada beberapa titik. Proses pengolahan air minum secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Pengolahan Air (Xia, Liu, Yang, & Wang, 2012)

Gowtham, Varunkumar, dan Tulsiram (2014) melakukan penelitian di India terkait otomasi distribusi air minum menggunakan PLC dan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Setelah otomasi diterapkan, sistem distribusi air semakin efektif dan efisien terlihat dari kecepatan pendistribusian air dan berkurangnya



pemborosan air. Penggunaan PLC dan SCADA digunakan untuk memantau dan mengontrol keseluruhan sistem distribusi air dari kantor pusat.

## **2.4 Kebutuhan Air**

Air merupakan unsur penting bagi makhluk hidup yang ada di bumi. Manusia, hewan, tumbuhan hingga mikroorganisme pasti membutuhkan air karena bagian terbesar penyusun tubuh makhluk hidup adalah air. Begitu juga dengan usaha untuk melangsungkan kehidupan dan berkembang, air juga memegang peranan penting. Beberapa manfaat air yaitu sebagai bahan pembersih, bahan pelarut zat, alat pengangkut zat, dan media kerja enzim jika ditinjau dari bidang kesehatan. Untuk bidang industri, pembangkit listrik memanfaatkan aliran air sebagai sumber energi. Di bidang pertanian, air berguna untuk pengairan sawah, ladang, dan perkebunan. Tumbuhan bergantung pada air sebagai bahan fotosintesis dan alat pengangkut zat hara yang diserap dari tanah lewat akar-akarnya. Jika kekurangan air, tumbuhan akan memberikan respon berupa layu pada daun.

Wardhana (1999) telah menjabarkan kebutuhan air per orang per hari sebanyak 150 liter yang digunakan untuk minum sebanyak 2 liter, memasak dan kebersihan dapur sebanyak 14,5, mandi dan kakus sebanyak 20 liter, cuci pakaian sebanyak 13 liter, wudhu sebanyak 15 liter, kebersihan rumah sebanyak 32 liter, menyiram tanaman sebanyak 11 liter, mencuci kendaraan sebanyak 22,5 liter, dan lain-lain sebanyak 20 liter. Untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, air dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti air hujan (*rain water*), air permukaan (*surface water*), air tanah (*ground water*), dan air laut (*seawater*) (Susana, 2003).

Pemanfaatan sumber air yang berasal dari air hujan biasa dilakukan di daerah-daerah yang tidak mendapatkan air tanah, atau walaupun tersedia air tapi tidak dapat digunakan (Susana, 2003). Air hujan biasanya ditampung dari atap rumah, kemudian disalurkan ke tempat penyimpanan seperti tong, bak, atau kolam. Sumber air tersebut mengandung banyak bahan-bahan yang berasal dari udara seperti gas-gas (oksigen, nitrogen, karbon dioksida), asam-asam kuat yang berasal dari gas buangan industri tertentu dan partikel-partikel radioaktif (Schroeder, 1977).

Sumber air yang berasal dari air hujan harus direbus terlebih dahulu apabila ingin digunakan sebagai air minum, karena atap penampungan dapat dicemari oleh partikel-partikel debu, kotoran burung, dan berbagai kotoran lainnya.

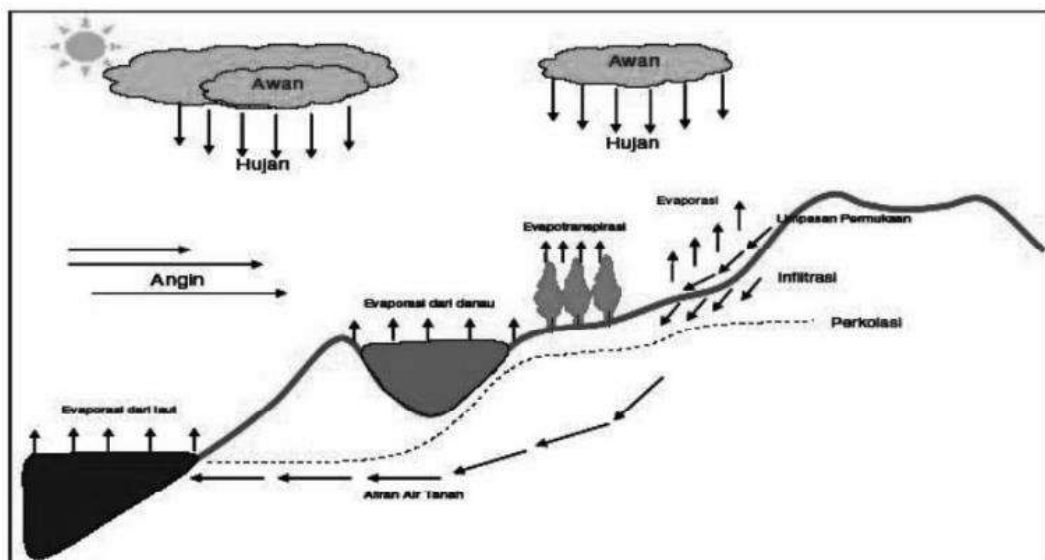
Air permukaan (*surface water*) adalah semua air yang terdapat di permukaan bumi seperti parit, selokan, sungai, danau, dan lain sebagainya. Pada umumnya air permukaan mengandung kotoran berupa benda-benda terapung yang berasal dari lingkungan sekitarnya, benda-benda padat tersuspensi, bakteri, buangan bahan, kimia, dan sebagainya. Kumpulan berbagai kotoran tersebut menimbulkan berbagai bau dan rasa, sehingga bila air tersebut akan digunakan untuk kepentingan hidup manusia perlu perlakuan/tindakan pembersihan lengkap secara bertahap, teknik pembersihannya tergantung dari macam dan jumlah kotoran yang dikandungnya (Schroeder, 1977). Namun air permukaan yang ada di pegunungan pada umumnya relatif tidak begitu kotor jika dibandingkan dengan air sungai sehingga melalui penyimpanan yang lama serta proses klorinasi saja air sudah dapat dimanfaatkan.

Sumber air yang berada di dalam tanah disebut dengan air tanah (*ground water*). Pada umumnya air tanah mengandung bahan mineral larut yang terdiri dari kation (Ca, Mg, Mn, dan Fe) dan anion ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$  dan Cl) (Susana, 2003). Kadar ion-ion tersebut bervariasi, tergantung kepada sifat dan kondisi tanah setempat, semakin dalam air tanah yang diambil semakin tinggi kadar ion-ion tersebut (Bolt, 1967). Sumber air inilah yang banyak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari karena tidak banyak terkontaminasi oleh lingkungan sekitarnya.

Jumlah air yang terdapat di bumi ini cukup banyak, persentasenya mencapai 71 % dari luas permukaan bumi. Dari sejumlah itu permukaan bumi sebagian besar ditutupi oleh air laut, yaitu sekitar dua-per-tiga (70 %) permukaan bumi. Luas keseluruhan wilayah laut yang menutupi bumi adalah  $3,61 \times 10^8 \text{ km}^2$ , dengan kedalaman rata-rata 3800 m. Jadi air laut merupakan 97 % dari jumlah air yang ada di bumi dan bagian terbesarnya terdapat di belahan bumi Selatan (Ross, 1970). Pada umumnya air laut relatif murni, sehingga dapat berfungsi sebagai pelarut bagi zat kimia, baik yang berwujud padat, cair maupun gas (Susana, 2003).

Air laut juga dapat digunakan sebagai sumber air tawar bila sumber-sumber air tawar tidak dapat diperoleh lagi. Namun air laut harus melewati proses desalinasi terlebih dahulu, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu destilasi, elektro dialisa, osmosis/hiperfiltrasi dan sebagainya.

Semua air yang ada di bumi baik itu air hujan, air permukaan, air tanah, dan air laut mengalami proses daur ulang yang disebut dengan siklus hidrologi. Selama berlangsungnya Siklus hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah habis, air akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk lain (Asdak, 1995).



Gambar 2.2 Siklus Hidrologi (Kusumadewi, Djakfar, & Bisri, 2012)

Jumlah air yang terdapat di muka bumi ini relatif konstan, meskipun air mengalami pergerakan arus, tersirkulasi karena pengaruh cuaca dan juga mengalami perubahan bentuk. Sirkulasi dan perubahan bentuk tersebut antara lain melalui air permukaan yang berubah menjadi uap (evaporasi), air yang mengikuti sirkulasi dalam tubuh tanaman (transpirasi) dan air yang mengikuti sirkulasi dalam tubuh manusia dan hewan (respirasi). Air yang menguap akan terkumpul menjadi awan kemudian jatuh sebagai air hujan. Air hujan ada yang langsung bergabung di permukaan, ada pula

yang meresap masuk ke dalam celah batuan dalam tanah, sehingga menjadi air tanah. Air tanah dangkal akan diambil oleh tanaman, sedangkan air tanah dalam akan keluar sebagai mata air. Sirkulasi dan perubahan fisis akan berlangsung terus sampai akhir zaman (Ross, 1970).

Limbah manusia atau hewan, industri bahan kimia, obat-obatan, dan jenis polutan lainnya terkadang mencemari air sungai, danau, air bawah tanah, dan sumber lainnya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, insinyur dan ilmuwan telah mengembangkan solusi inovatif untuk membuat air minum yang aman dikonsumsi. Instalasi pengolahan air permukaan secara konvensional paling banyak digunakan di negara berkembang, dengan urutan proses sebagai berikut (The National Academies, 2008):

- a. Koagulasi: setelah menyaring benda-benda besar yang terbawa oleh air, bahan kimia koagulan ditambahkan supaya terjadi pengumpulan partikel-partikel yang tersuspensi.
- b. Sedimentasi : air bergerak ke dalam bak sedimentasi yang tenang di mana terjadi proses pengendapan endapan.
- c. Filtrasi : air dialirkan melalui pasir, membran, atau bahan lainnya.
- d. Disinfeksi : bahan tambahan kimia, ozon, atau sinar ultraviolet digunakan untuk disinfeksi. Bahan kimia atau proses lain mungkin juga digunakan untuk menghilangkan kontaminan tertentu, untuk mencegah korosi sistem distribusi, atau untuk mencegah kerusakan gigi.

Meskipun instalasi pengolahan air secara konvensional sudah menghasilkan air yang memenuhi standar kualitas air, ada beberapa orang yang memilih untuk menggunakan tambahan perangkat pemurnian air di rumah mereka untuk meningkatkan kualitas warna air, rasa, atau untuk menghilangkan konstituen lainnya.

Sumber air diberbagai negara juga ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk jumlah air yang diterima dari presipitasi, aliran air yang ada di sungai (*inflow* dan *outflow*), dan jumlah air yang hilang saat evaporasi dan transpirasi (evaporasi air

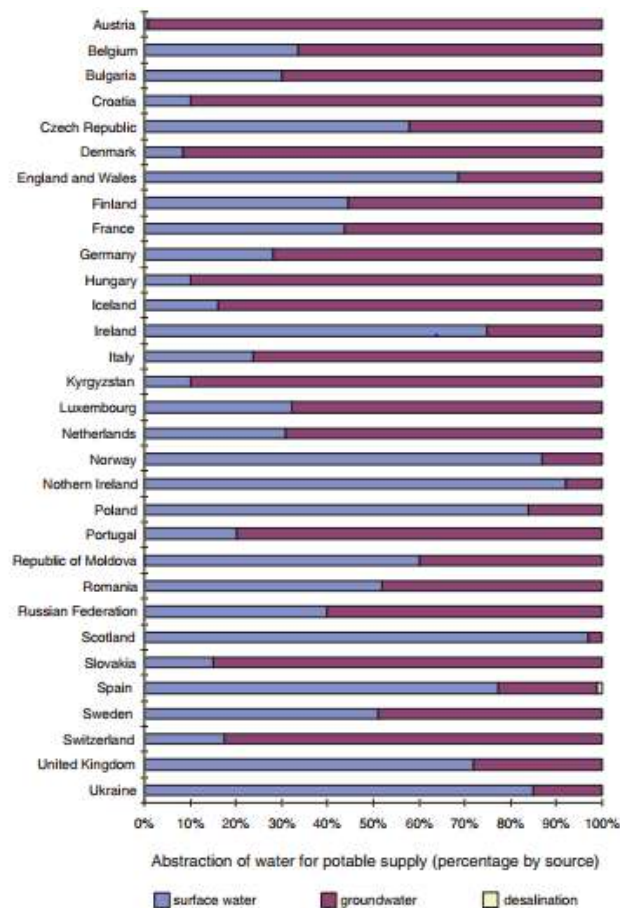
melalui tanaman). Faktor-faktor tersebut bergantung pada letak geografi, geologi, dan iklim. Berdasarkan Tabel 1, benua Asia merupakan pengguna air terbesar, kemudian disusul oleh Amerika Utara, Eropa, Afrika, dan Amerika Latin. Pada bagian ini akan dibahas mengenai sistem pengolahan air minum di berbagai dunia.

Tabel 2.1 Penggunaan Air di Berbagai Benua (Clarke, 1993)

Continent	Kubik kilometer per tahun					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Afrika	56	86	116	168	232	317
Asia	865	1.237	1.543	1.939	2.478	3.187
Amerika Latin	59	63	85	111	150	216
Amerika Utara	286	411	556	663	724	796
Eropa	94	185	294	435	554	673
Total	1.360	1.982	2.594	3.316	4.138	5.189

## 2.5 Sistem Pengolahan Air Minum di Eropa

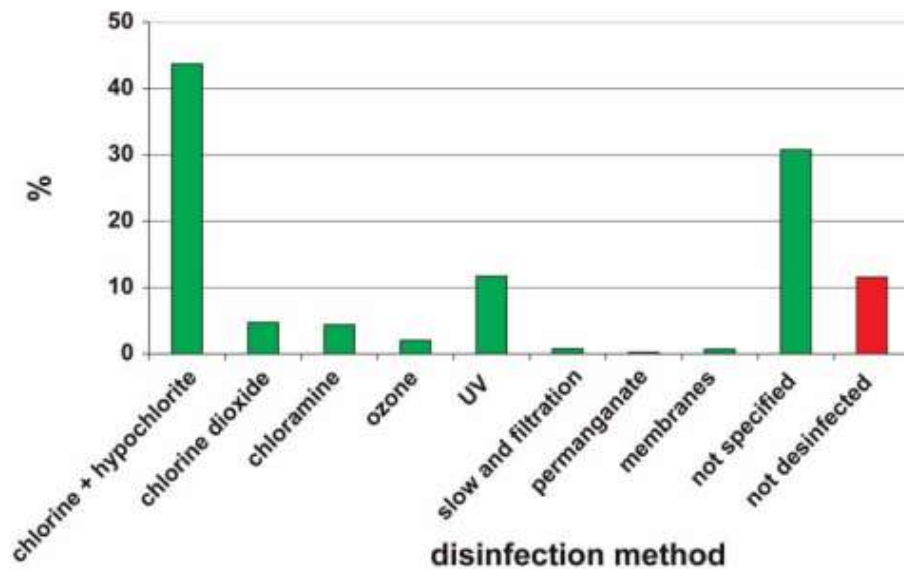
Air tawar didapat dari air tanah dan air permukaan untuk berbagai keperluan. Di beberapa negara, seperti Albania, Denmark, dan Turkmenistan, hampir semua air minum diperoleh dari air tanah, sedangkan di negara lain mayoritas berasal dari air permukaan (World Health Organization Regional Office for Europe, 2002). Di sebagian besar Latvia, lebih dari 50% air minum berasal dari air tanah. Sekitar 50% dari populasi pedesaan di Latvia menggunakan poros atau bingkai sumur dangkal (tidak lebih dari 10-15 m). Sebaliknya, di Inggris dan Norwegia sebagian besar air minum berasal dari air permukaan, masing-masing 72% dan 87%. Di Swedia, kota terbesar yang menggunakan air permukaan, tetapi secara nasional 50% dari populasi yang terhubung ke wilayah kota menggunakan air permukaan, 25% menggunakan air permukaan yang telah melewati kerikil, dan 25% menggunakan air tanah sebagai air minum. Di Estonia 60% air minum diperoleh dari air permukaan atau sumur dangkal dan 40% berasal dari sumber air tanah dalam (Roukas, 1996). Proporsi air minum yang berasal dari air tanah, air permukaan, dan desalinasi di negara-negara Eropa dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Proporsi Air Minum yang Berasal dari Air Tanah, Air Permukaan, dan Desalinasi di Negara-Negara Eropa.  
(*World Health Organization Regional Office for Europe, 2002*)

Sebagian besar pasokan air publik di Eropa dan negara lain di bagian barat ingin mempertahankan pasokan air secara berkelanjutan. Sejumlah negara di Eropa bagian tengah dan timur, termasuk beberapa negara bagian yang baru merdeka, juga menyediakan pasokan air publik yang berkelanjutan. Namun demikian, beberapa daerah di sejumlah negara Eropa tidak menerima pasokan air secara lancar atau terus-menerus (musiman). Pasokan air yang tidak lancar dapat berimplikasi terhadap kesehatan manusia yang sebanding dengan yang tidak ada airnya. Hal ini diperburuk jika gangguan tidak dapat diprediksi atau tidak diumumkan. Ketidklancaran pasokan air sering disebabkan oleh desain yang buruk, kondisi saluran air, dan tidak memadainya operasi, pemeliharaan, pengelolaan. Faktor keuangan dan pasokan listrik mungkin juga dapat menjadi penyebab terganggunya

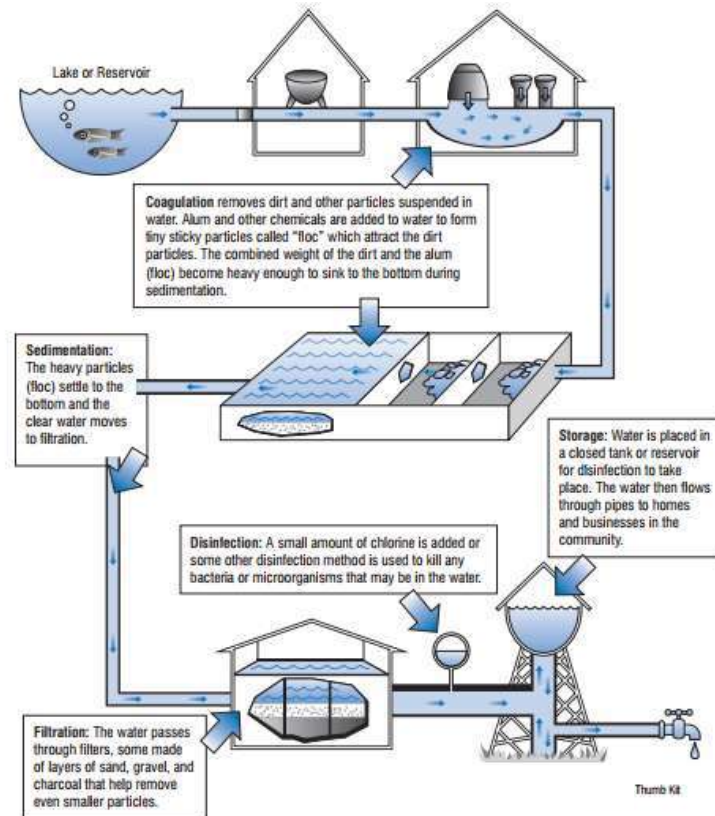
pasokan air karena dapat menghambat pemompaan dan pengolahan air yang terus-menerus. Beberapa negara di Eropa yang melaporkan bahwa pasokan air minumnya tidak lancar adalah Albania, Islandia, Italia, Malta, Republik Moldova, Rumania, Slovenia, Turki, dan Turkmenistan.



Gambar 2.4. Metode Desinfeksi yang Digunakan Dalam Produksi Air Minum  
(Hoek et al., 2014)

Proses koagulasi terdapat 2 tahap yaitu flokulasi dan sedimentasi. Pada tahap flokulasi akan dihilangkan kotoran dan partikel lain yang tersuspensi dalam air. Alum dan garam besi atau polimer organik sintetik ditambahkan ke dalam air membentuk partikel kecil dan lengket, disebut *floc*, yang akan menarik kotoran. Kemudian partikel yang mengalami flokulasi kemudian mengendap dan keluar dari air secara alami, yang kemudian disebut dengan proses sedimentasi. Proses selanjutnya adalah penyaringan, banyak fasilitas pengolahan air menggunakan filtrasi untuk semua partikel dan air. Partikel-partikel itu termasuk tanah liat, bahan organik alami, endapan dari proses pengolahan lain, besi dan mangan, dan mikroorganisme. Desinfeksi air minum dianggap salah satu kemajuan kesehatan masyarakat di abad 20. Air sering didesinfeksi sebelum memasuki sistem distribusi untuk memastikan bahwa kontaminan mikroba yang berbahaya terbunuh. Klorin,

klorinat, atau klorin dioksida paling sering digunakan karena dinilai sangat efektif, dan konsentrasi residu dapat dipertahankan dalam sistem air.



Gambar 2.5. Instalasi Pengolahan Air  
(United States Environment Protection Agency, 2009)

Kebanyakan orang di AS tidak perlu mengolah air minum rumah mereka agar aman. Namun, pengolahan air minum rumah dapat meningkatkan rasa air, atau menyediakan faktor keamanan bagi orang-orang yang lebih rentan untuk penyakit yang ditularkan melalui air. Ada beberapa pilihan untuk sistem perawatan di rumah yaitu *point-of-use* (POU) dan *point-of-entry* (POE) (United States Environment Protection Agency, 2009). POU adalah pengolahan air keran, yang diinstal di berbagai tempat dirumah termasuk di keran itu sendiri atau dibawah wastafel.



Tabel 2.2 Jenis Pengolahan Air Minum Rumahan dan Fungsinya  
(United States Environment Protection Agency, 2009)

Perangkat Pengolahan	Fungsi	Limitasi Perawatan
Filter karbon aktif (termasuk media campuran yang dapat menghilangkan logam berat)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyerap kontaminan organik yang menyebabkan masalah rasa dan bau.</li> <li>2. Menghilangkan klorinasi produk sampingan.</li> <li>3. Menghilangkan pelarut pembersih dan pestisida.</li> </ol>	<p>Efisien dalam menghilangkan logam seperti timah dan tembaga.</p> <p>Tidak menghilangkan nitrat, bakteri, atau mineral larut.</p>
Unit pertukaran ion (dengan alumina aktif)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghilangkan mineral, khususnya kalsium dan magnesium yang membuat air “keras”.</li> <li>2. Menghilangkan radium dan barium.</li> <li>3. Menghilangkan <i>fluoride</i>.</li> </ol>	<p>Jika air telah teroksidasi besi atau besi bakteri, resin penukaran ion akan tersumbat dan hilang kemampuannya pelunakannya.</p>
Unit <i>reverse osmosis</i> (dengan karbon)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghilangkan nitrates, sodium, dan senyawa organik dan anorganik terlarut.</li> <li>2. Menghilangkan rasa, bau busuk, dan warna.</li> <li>3. Mengurangi peptisida, dioksin, <i>chloroform</i>, dan petrokimia.</li> </ol>	<p>Tidak menghilangkan semua kontaminan organik dan anorganik.</p>
Unit destilasi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghapus nitrat, bakteri, sodium, padatan terlarut, sebagian besar senyawa organik, logam berat, dan <i>radionucleides</i></li> <li>2. Membunuh bakteri</li> </ol>	<p>Tidak menghapus beberapa kontaminan organik, pestisida tertentu, dan pelarut yang mudah menguap.</p> <p>Bakteri dapat mengklorinasi kembali pada suhu dingin.</p>

Sedangkan POE adalah pengolahan air yang digunakan di seluruh rumah yang dipasang di saluran air yang masuk ke rumah. Penyaringan, pertukaran iom, *reverse osmosis*, dan distilasi adalah beberapa metode pengolahan yang digunakan. Harga instalasi bisa mencapai ratusan bahkan kandang ribuan dolar, dan tergantung pada metode, lokasi pemasangan, dan pipa ledeng.

## 2.6 Sistem Pengolahan Air Minum di Asia

Air dalam jumlah yang memadai dan kualitas yang aman sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia. Pertumbuhan penduduk yang cepat dan

perkembangan ekonomi memberikan tekanan yang luar biasa pada sumber daya air tawar yang terbatas. Selain itu, ketersediaan sumber daya air terancam oleh perubahan iklim.

Kualitas air minum adalah masalah kesehatan universal karena air adalah media untuk penularan penyakit di semua negara. Terdapat beberapa masalah yang signifikan terkait kualitas air di negara-negara Asia Tenggara. Dari jumlah tersebut, kontaminasi sumber air minum oleh mikroorganisme patogen tetap yang paling penting. Beberapa negara di Asia Tenggara dihadapkan dengan kontaminan kimia seperti arsenik dan *fluoride* dalam air tanah, serta kontaminasi dari industri, dan pertanian. Resiko kesehatan paling umum dan luas terkait dengan air minum adalah kontaminasi, baik secara langsung maupun tidak langsung, oleh kotoran manusia atau hewan dan mikroorganisme yang terkandung dalam tinja. Kontaminasi sumber air minum oleh mikroorganisme patogen dan air yang disimpan di dalam rumah merupakan masalah yang penting. Air yang terkontaminasi dapat menyebabkan wabah penyakit termasuk kolera, disentri, hepatitis (misalnya di Sri Lanka pada tahun 2009) dan *cryptosporidiosis*. Karena itu, pengendalian terkait penularan wabah penyakit melalui air adalah salah satu masalah kesehatan masyarakat yang paling signifikan.

Sumber utama kontaminasi mikrobiologis berasal dari kotoran manusia dan hewan melalui berbagai titik seperti buang air besar di sumber air, kontaminasi silang dari saluran pembuangan, pembuangan limbah tanpa perawatan, rembesan dari tangki septik dan lubang jamban, serta penanganan dan penyimpanan air yang tidak tepat. Lebih dari 300 juta orang di wilayah Asia Tenggara masih buang air besar di tempat terbuka (World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2010). Kotoran tersebut akhirnya mencemari permukaan air dan air tanah. Wabah diare Jajarkot 2009 di Nepal adalah kasus kontaminasi karena melakukan kegiatan buang air besar di tempat terbuka sehingga dapat menyebar melalui sumber air (World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2010).

Pencemaran air di wilayah Asia Tenggara juga terjadi karena banyak pabrik pengolahan limbah yang terlalu tua dan tidak memadai untuk mengolah limbah dalam jumlah yang besar. Dalam kasus ini, limbah dikumpulkan dari kota dan dibuang langsung ke sungai, kolam, dan danau. Pasokan air yang disebarkan melalui pipa mungkin dapat terkontaminasi jika berbagai operasi dan perawatan tidak dilakukan. Selain itu, jika rumah tangga tidak memiliki akses ke pasokan air secara langsung maka rumah tangga harus memiliki tempat penyimpanan air di rumah. Jika tidak ditangani dengan benar, air yang disimpan akan terkontaminasi ulang ditingkat rumah tangga selama pengumpulan, penyimpanan, dan penggunaan.

Penilaian kualitas air telah dilakukan di beberapa kota besar di India tahun 2004. Hasil menunjukkan bahwa terdapat kontaminasi mikrobiologis di berbagai titik air (World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2010). Di Benggala Barat, air tanah di 8 dari 17 distrik terkena kontaminasi arsenik dan juga di Bihar, Gangga, dan Dataran Brahmaputra (World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2010). Akibatnya, diperkirakan lebih dari lima juta orang terpapar arsenik dalam air minum dan sekitar 300.000 orang menderita berbagai tahap arsenikosis.

Banyak orang yang tinggal di kota besar dan kecil ingin memiliki pasokan air yang lancar. Sayangnya, di banyak kota, termasuk yang di Asia Tenggara, hanya sekitar 50% dari total populasi perkotaan memiliki akses pasokan air yang lancar (Mcintosh, 2014). Di Asia Tenggara, Singapura sudah menunjukkan bagaimana mengelola sumber daya air yang ada. Kekuatan eksternal seperti ketergantungan pada Malaysia untuk pasokan air dan kekuatan internal seperti tanah yang sangat terbatas untuk penyimpanan air memaksa Singapura untuk mengelola sumber daya air sebaik mungkin dalam beberapa tahun terakhir sebagai desalinasi utama, tangkapan pasokan air dari jalan-jalan kota, membuat NEWater (air minum daur ulang) sebagai hasil dari daur ulang air limbah, dan menggabungkan tanggung jawab institusional atas air dan sanitasi.

Lain halnya dengan Singapura, Indonesia memiliki kebijakan nasional yang membantu pemerintah daerah dalam melaksanakan rencana pengembangan air dan sanitasi yang lebih efektif dalam desentralisasi sistem pemerintahan. Kebijakan tersebut dirancang untuk semua tingkatan pemerintahan, organisasi non pemerintahan, penerima manfaat, dan penyedia. Sedangkan Filipina memiliki Undang-Undang Air Bersih 2004 dimana harus menyediakan manajemen kualitas air yang komprehensif (Mcintosh, 2014). Di Thailand, kebijakan di sektor air dirumuskan oleh tiga lembaga yang bertanggung jawab atas berbagai bidang di sistem air (Mcintosh, 2014). Departemen Sumber Daya Air bertanggung jawab atas kebijakan air nasional, Departemen Sumber Daya Air Tanah bertanggung jawab atas kebijakan air tanah, dan Departemen Irigasi bertanggung jawab atas kebijakan air pertanian. Thailand juga memiliki agen independen untuk mengatur sektor air, yaitu Komisi Pengaturan Air. Dan kebijakan pemerintah di Vietnam direpresentasikan melalui kombinasi hukum, keputusan, dan surat edaran. UU baru tentang sumber daya air telah disetujui oleh Majelis Nasional pada tahun 2012 (Mcintosh, 2014).

## **BAB III**

### **KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN**

#### **3.1 Kontribusi Hasil Penelitian**

Kontribusi adalah sesuatu hal yang dilakukan untuk membantu dan menghasilkan sesuatu yang memiliki nilai bagi bidang keilmuan yang dapat dimanfaatkan bersama. Kontribusi dalam penelitian ini mengarah kepada perbaikan metode/sistem yang telah dilakukan. Perbaikan metode/sistem yang diterapkan kemudian diukur, dan dibuktikan bahwa perbaikan yang telah dilakukan membuat metode/sistem menjadi lebih baik.

Kontribusi dari hasil penelitian ini adalah perbaikan atau pengembangan metode/sistem yang dilakukan, terhadap metode/sistem yang telah ada dan berhasil menemukan kontribusi kebaruan atau orisinalitas dari penelitian ini.

#### **3.2 Peta kontribusi**

Penelitian yang menyangkut sistem pengolahan air minum dan otomasi suatu sistem telah banyak dilakukan oleh para peneliti dan praktisi, dengan kelebihan dan kekurangannya yang direkomendasikan kepada peneliti selanjutnya. Penelitian-penelitian tersebut masih ada celah kekurangan yang dapat dilanjutkan untuk pengembangan dan perbaikan dari sistem. Berdasarkan hal-hal tersebut yang menjadi dasar dari penelitian ini. Kebaruan dari penelitian ini adalah penerapan otomasi pada sistem pengolahan air. Otomasi sistem pengolahan air (SPAM) ini dapat meningkatkan produktifitas, menjaga kualitas air, mengurangi *down time*, serta mengurangi *operating cost*.

Sistem pengolahan air yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah hasil penelitian yang telah digagas dan dilaksanakan oleh Sugiarto dan Suharwanto (2017), yaitu SPAM Temu Ireng, Girisuko, Panggang, Kabupaten Gunung Kidul. Penelitian tersebut meliputi pengendapan, saringan pasir lambat, dan distalasi percik tenaga surya. Sistem pengolahan air tersebut terbukti dapat menurunkan

TDS dari 400 ppm hingga dibawah 160 ppm. Tabel 3.1 berikut ini menunjukkan peta kontribusi dari hasil penelitian ini.

Tabel 3.1 Kontribusi Hasil Penelitian

	Penelitian Terdahulu		Penelitian Ini
<b>SPAM</b>	Sistem pengolahan air dengan proses pengendapan, saringan pasir lambat, dan distalasi percik ternaga surya (Sugiarto dan Suharwanto, 2017).	Kajian mengenai otomasi pada sistem pengolahan air (Dubey, Agarwal, Gupta, Dohare, & Upadhyaya, 2017).	<b>1. Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum (SPAM)</b> pada sistem pengolahan air dengan proses pengendapan, saringan pasir lambat. <b>2. Publikasi internasional</b> Pada Jurnal <i>Geographia Technica, Vol. 15, Special Issue, 2020</i> , pp 113 to 122 ISSN: 20654421, 18425135 <b>3. Buku ber-ISBN</b> Judul buku Otomasi Sistem Pengolahan Air ISBN:978-623-7840-15-2 <b>4. HAKI</b> Terdaftar pada Kemenkumham hak ciptaan buku nomor: 000183788 Tgl. 23-3-2020
	Sistem pengolahan air dengan aerasi, filtasi, adsorpsi, dan desinfeksi (Wiyono et al., 2017).		
<b>Otomasi</b>	Sistem pengendali otomatis menggunakan PLC dan HMI (Mandala et al., 2015).		
	Sistem otomatisasi berbasis PLC Omron CPM1A (Afrino et al., 2017).		
	sistem prabayar layanan air minum desa melalui identifikasi pelanggan berbasis RFID (Nurhayata & Santiyadnya, 2016).		
	Otomasi distribusi air minum menggunakan PLC dan SCADA (Gowtham, Varunkumar, & Tulsiram, 2014).		

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Obyek Penelitian**

Obyek dalam penelitian ini adalah Sistem Pengolahan Air Minum (SPAM) yang berlokasi di Pedukuhan Temu Ireng, Kalurahan Girisuko, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sistem Pengolahan Air Minum ini digunakan untuk memenuhi permintaan air bagi sekitar 269 keluarga dengan rata-rata 4 jiwa, maka kurang lebih sekitar 1076 jiwa yang harus dipenuhi kebutuhan airnya di daerah itu.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa cara, meliputi:

1. Data Primer, data ini diperoleh dengan cara survey dan observasi langsung di lokasi penelitian untuk mengambil data.
2. Data sekunder, data ini diperoleh dari data-data hasil penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya, data-data SPAM Temu Ireng yang telah tercatat dilapangan.

Data-data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah:

1. Gambaran umum proses pengolahan air minum di SPAM Temu Ireng.
2. Data spesifikasi peralatan SPAM Temu Ireng.
3. Data kualitas air sumber
4. Data kualitas air olahan
5. Data kualitas air olahan Otomasi SPAM

Metode yang dilaksanakan dalam pengumpulan data penelitian yang dibutuhkan adalah :

#### 1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh data sekunder berupa referensi dan data teoritis tentang masalah Sistem Pengolahan Air Minum, tujuannya adalah memperoleh landasan teori yang kuat sebagai pendukung data primer.

#### 2. Studi Lapangan

Metode ini dilakukan untuk memperoleh data primer dengan cara mengambil data langsung dilapangan terhadap objek yang diteliti. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran/data langsung dilapangan secara aktual sehingga peneliti dapat memperoleh informasi primer mengenai fenomena-fenomena di lapangan yang dapat dilihat secara langsung data-data yang dibutuhkan di lokasi penelitian.

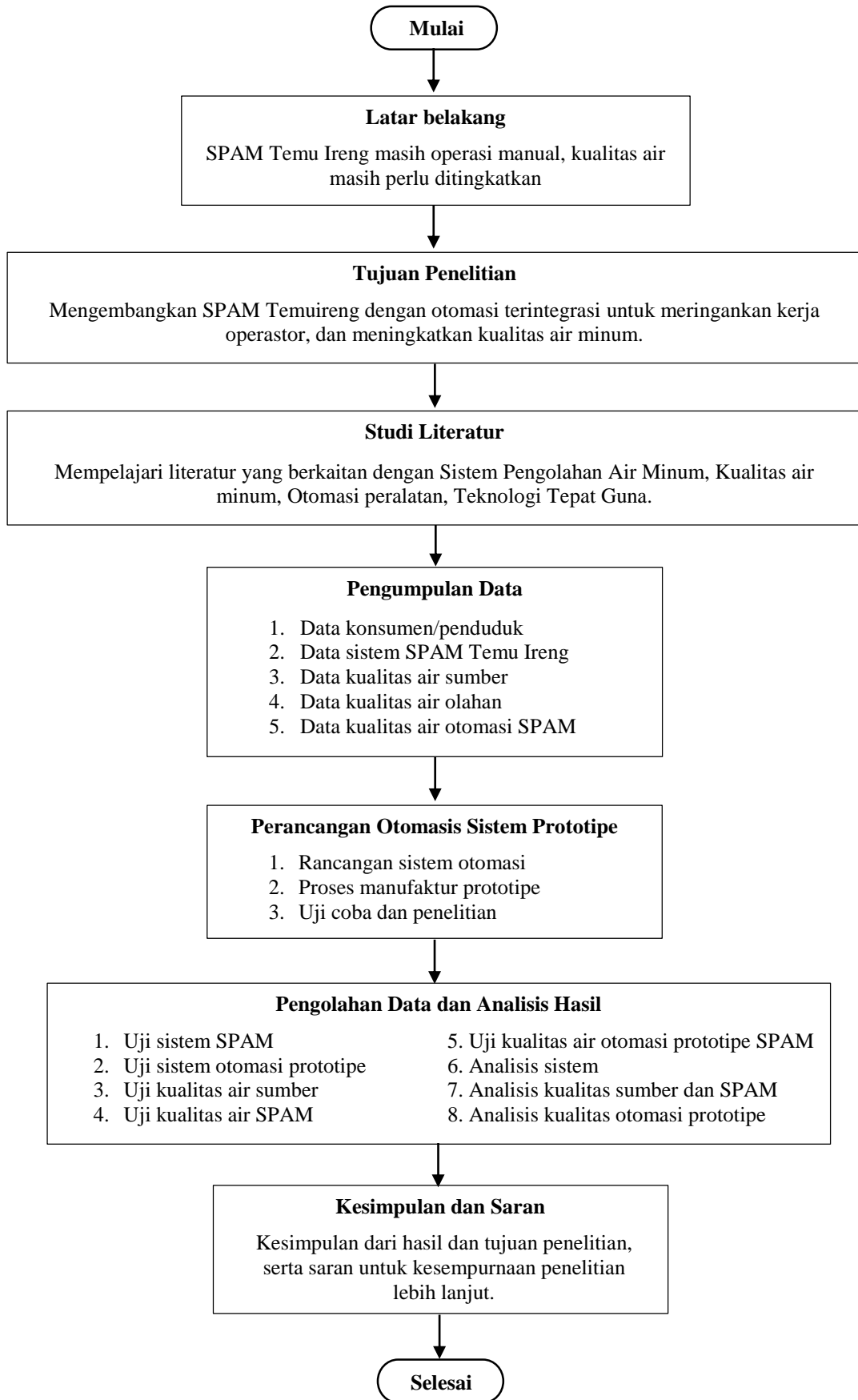
### **4.3 Kerangka Penelitian**

Kerangka acuan dalam penelitian ini berisi urutan proses penyelesaian permasalahan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

### **4.4 Rancangan Sistem Prototipe**

Rancangan otomasi sistem prototipe SPAM Temu Ireng dilakukan berdasarkan hasil kajian faktor-faktor penting yang harus di otomasi dari hasil studi yang telah dilakukan berdasarkan kajian analisis prospektif serta dilakukan berdasarkan hubungan sebab akibat yang terjadi dari faktor-faktor yang terpilih. Perancangan dilaksanakan dengan hasil akhir adalah satu set dokumen gambar teknik berupa gambar susunan dan gambar bagian, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan (manufaktur) berdasarkan dokumen gambar tersebut. Proses ini merupakan proses pewujudan produk dari yang awalnya ide yang tertuang dalam bentuk gambar menjadi produk jadi yang memiliki bentuk fisik nyata.





Gambar 4.1 Kerangka Penelitian

## 4.5 Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kebutuhan masyarakat  
Identifikasi kebutuhan masyarakat Desa Temuireng dilakukan untuk dapat mengembangkan otomasi sistem proses pengolahan air minum secara terintegrasi.
2. Mendesain rancangan konsep produk dan prototipe  
Merancang konsep produk berdasarkan kebutuhan, dan mendesain konsep produk dari sistem pengolahan air minum.
3. Menentukan karakteristik sistem SPAM Temu Ireng  
Menentukan komponen-komponen sistem, batas sistem, lingkungan sistem, penghubung, masukan, keluaran, proses dan sasaran yang terlibat dalam penelitian ini.
4. Merancang otomasi sistem SPAM Temu Ireng  
Konsep rancangan teknik peralatan otomasi yang dituangkan dalam gambar teknik.
5. Aplikasi otomasi sistem pengolahan air minum  
Mengaplikasikan hasil rancangan teknik otomasi sistem pengolahan air minum menjadi peralatan prototipe otomasi.
6. Uji coba dan analisis desain  
Uji coba peralatan untuk menemukan optimasi peralatan prototipe, kemudian menganalisis desain yang telah diujicoba untuk menemukan kelebihan dan kelemahan dari peralatan.
7. Menguji kualitas air hasil proses pengolahan air  
Kualitas air yang diuji adalah kualitas air pada proses pengolahan air di SPAM Temu Ireng yang meliputi: Residu tersuspensi (TSS), Residu terlarut (TDS), Kesadahan, Oksigen terlarut (DO), Kekeruhan dan Total koliform.

#### 8. Menguji kualitas air hasil Otomasi Prototipe SPAM

Kualitas air yang diuji adalah kualitas air pada proses pengolahan air yang dihasilkan dari olahan alat otomasi prototipe SPAM, yang meliputi: Residu tersuspensi (TSS), Residu terlarut (TDS), Kesadahan, Oksigen terlarut (DO), Kekeruhan dan Total koliform.

#### **4.6 Analisis**

Analisis dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengolahan data, interpretasi data untuk memperoleh hasil, menganalisis keunggulan dan kelemahan dari masing-masing metode dan dampak penggunaan masing-masing metode.

#### **4.7 Kesimpulan dan Saran**

Tahap akhir dalam penelitian ini, adalah menyimpulkan hasil dari penelitian ini untuk rekomendasi usulan untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian lebih lanjut, serta perhatian bagi pemangku kepentingan.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Gambaran umum kebutuhan masyarakat**

Gunung Kidul dikenal sebagai daerah kering di musim kemarau. Di Desa Temuireng, terdapat sekitar 269 kepala keluarga dengan lebih dari 100 orang yang membutuhkan pasokan air bersih. Untuk memenuhi kebutuhannya, penduduk Desa Temuireng membeli air bersih yang dijual dengan kisaran harga Rp 150.000,00 per 5 m<sup>3</sup> saat musim kemarau serta memanfaatkan air hujan yang jatuh pada atap rumah untuk keperluan sehari-hari dengan terlebih dahulu ditampung dalam Pemanenan Air Hujan (PAH). Menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009, pemanfaatan air hujan adalah serangkaian kegiatan mengumpulkan, menggunakan, dan/atau meresapkan air hujan ke dalam tanah. Sedangkan pada pasal 3 disebutkan, kolam pengumpulan air hujan adalah kolam atau wadah yang dipergunakan untuk menampung air hujan yang jatuh di atap bangunan (rumah, gedung perkantoran atau industri yang disalurkan melalui talang. Sebuah sistem pemanenan air hujan terdiri dari tiga elemen dasar yaitu area koleksi, sistem alat angkut, dan fasilitas penyimpanan (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2009).



Gambar 5.1. Pemanenan Air Hujan di Desa Temuireng, Gunung Kidul

Kualitas air dimusim curah hujan tinggi yang berasal dari Baron maupun Gua Ngobaran masih mengandung bakteri E-Coli 9000 per 100 ml sedang total bakteri Coliform 28000 per 100 ml (Sugiarto & Suharwanto, 2017). Dari analisa air dimusim curah hujan sedang total coliform 4000 per 100 ml, dan analisa air dimusim curah hujan rendah (kemarau) total coliform berkisar 400 per 100 ml. Dari persyaratan maksimum 50 per 100 ml. Jadi dapat disimpulkan bahwa daerah tersebut belum mendapatkan pasokan air bersih yang layak.

Pada tahun 2017 Desa Temuireng akhirnya mendapatkan bantuan dari Program Pengembangan Teknologi Industri Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang bekerja sama dengan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), Pemerintah Gunung Kidul, serta Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) untuk Sistem Pengolahan Air Minum (SPAM) dalam upaya pemenuhan kebutuhan air di Gunung Kidul.

Pemenuhan kebutuhan air warga Desa Temuireng, ditargetkan pemompaan air sekitar 70 meter kubik/hari menggunakan 6,4 kWp sistem pembangkit tenaga surya yang dirangkaikan secara langsung (*direct coupling*) dengan pompa *submersible* untuk menjangkau bak penampung (*reservoir*) yang berjarak 741 meter dengan ketinggian 80 meter dari lokasi pemasangan *prototipe*. Desain dan rancang bangun subsistem ini dilakukan oleh B2TKE-BPPT. Sementara pihak UPN melakukan subsistem pengolahan air, sehingga kualitas air yang dialirkan ke Desa Temuireng menjadi layak konsumsi dan higienis. Subsistem pengolahan air oleh UPN ini menggunakan tawas maupun biji kelor, serta proses olahan dengan destilasi percik. Seiring dengan berjalannya waktu sistem tersebut tidak dapat dioperasikan oleh masyarakat sekitar karena sumber daya manusia yang tidak memadai untuk melakukan perawatan. Maka dari itu dilakukan survei dan identifikasi kebutuhan masyarakat terkait kebutuhan air bersih. Kemudian berdasarkan identifikasi kebutuhan masyarakat Desa Temuireng tersebut, maka dilakukan dan pengembangan otomatisasi sistem proses pengolahan air minum secara terintegrasi.

Tabel 5.1 Identifikasi Kebutuhan Masyarakat Desa Temuireng

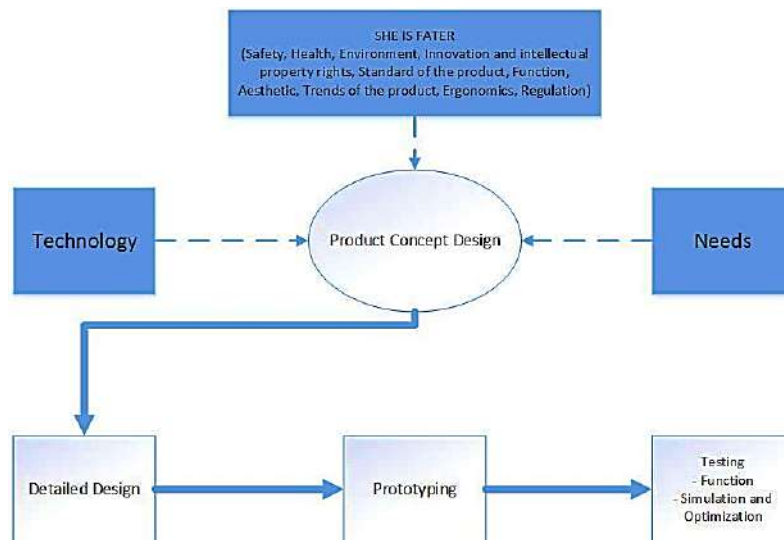
	Kebutuhan Masyarakat	
Air bersih	Pengolahan air secara otomatis	Air yang cukup
Air yang sehat	Ketersediaan air secara terus menerus	Air yang mudah dijangkau
Air yang mudah di dapatkan	Perawatan yang mudah	Mudah dalam pengoperasian sistem

Sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat diimplementasikan pada SPAM Temuireng, agar sistem pengolahan air dapat terotomasi dan pekerjaan yang dilakukan oleh operator lebih ringan dan tersruktur dengan baik.

## 5.2 Desain Konsep Produk Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temuireng

Desain konsep produk otomasi SPAM Temuireng adalah tahap terpenting dalam pengembangan produk. Dalam penelitian ini perancangan konsep produk mempertimbangkan kebutuhan, teknologi dan *SHE IS FATER*. Desain konsep produk pada penelitian ini dijelaskan dengan Gambar 5.2.

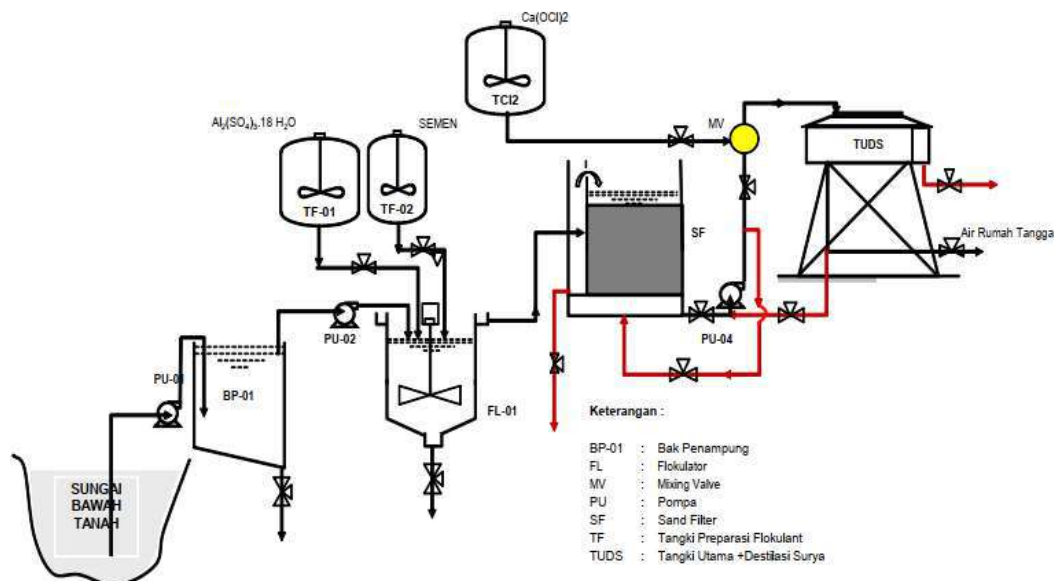
Kebutuhan masyarakat di desa Temuireng dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dari kebutuhan yang telah diperoleh tersebut, langkah selanjutnya adalah merancang sistem pengolahan air minum otomatis. Kebutuhan orang-orang ini kemudian dikombinasikan dengan teknologi (sistem otomatis) dan elemen-elemen lain seperti *SHE IS FATER*. Saat ini, otomisasi adalah teknologi yang dapat diterapkan di hampir semua hal. Otomisasi dapat membantu orang untuk mengelola produktivitas, meningkatkan kualitas, mengurangi waktu henti, dan juga mengurangi biaya pengoperasian. Teknologi ini dapat diterapkan dalam sistem pengolahan air. Desain produk mempertimbangkan aspek *SHE IS FATER* selain teknologi dua faktor dan kebutuhan. Setelah konsep desain tercapai, langkah selanjutnya adalah membuat desain yang detail.



Gambar 5.2 Desain Konsep Produk Otomasi SPAM

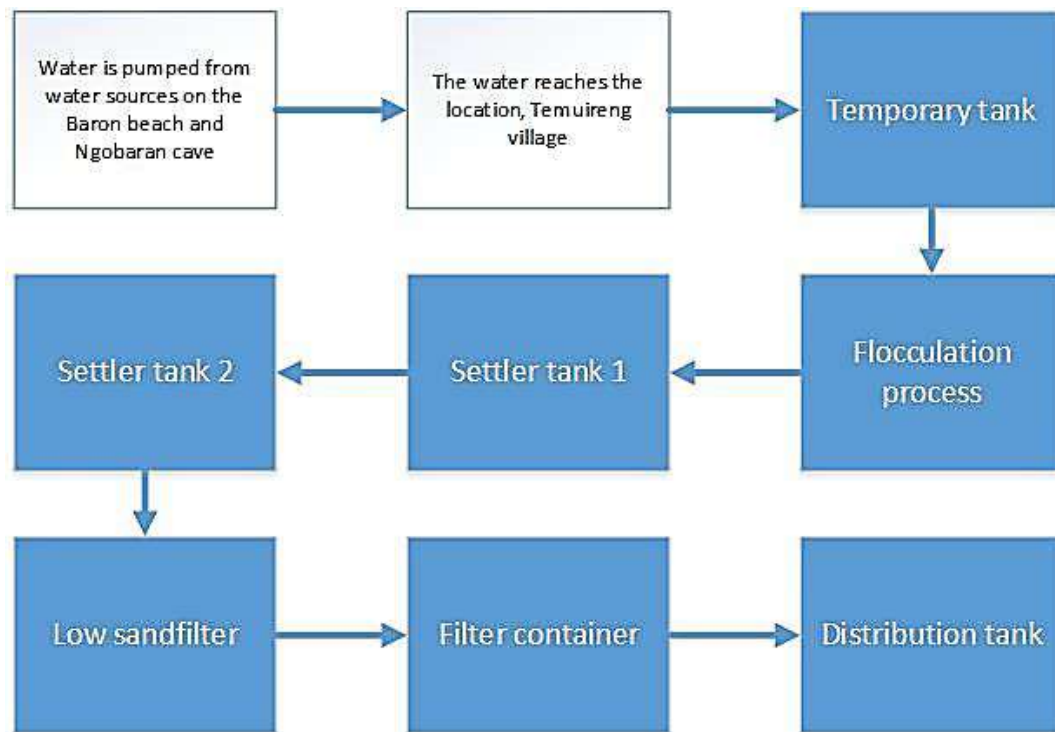
### 5.3 Desain Produk

Desain produk dalam penelitian ini merupakan pengembangan desain dari Sugiarto et al. (2017). Gambar 2.3 menjelaskan desain konsep produk dari sistem pengolahan air minum ini.



Gambar 5.3 Desain Konsep Produk dari Sugiarto et al. (2017)

Dalam sistem pengolahan air minum otomasi ini, kontrol otomasi akan dipasang di tiga area. Otomasi akan dipasang terutama sebelum tangki karena fungsi utama otomasi ini adalah untuk mengontrol volume air di setiap tangki. Gambar 5.4 menunjukkan konsep desain proses untuk sistem pengolahan air ini.



Gambar 5.4 Konsep Proses Desain Otomasi SPAM

Pertama, air dipompa dari sumber air di area pantai Baron dan gua Ngobaran. Kemudian setelah air mencapai desa Temuireng, Girisuko, Panggang, Gunung Kidul, air dipompa untuk mencapai tangki sementara yang terletak di daerah yang lebih tinggi. Air dalam tangki sementara kemudian dialirkan ke proses flokulasi untuk mengurangi E-coli dan total coliform. Proses ini menggunakan bekuan alami seperti kelor.

Pada proses selanjutnya, air yang telah diproses secara flokulasi kemudian dialirkan ke tangki settler 1 dan settler tank 2. Tangki settler dirancang dua kali untuk mengoptimalkan proses sedimentasi. Hasil dari proses sedimentasi ini kemudian



dialirkan ke proses filter pasir rendah. Proses ini menggunakan zeolit dan arang. Kemudian proses selanjutnya adalah menguji kualitas air dalam wadah saringan, jika air masih mengandung e-coli dan coliform tinggi maka klorinasi harus dilakukan. Jika kualitas air telah tercapai maka air proses selanjutnya dialirkan ke tangki distribusi dan air siap didistribusikan.

#### **5.4 Karakteristik Sistem SPAM Temu Ireng**

Karakteristik sistem dari SPAM Temu Ireng adalah komponen-komponen, batas sistem, lingkungan sistem, penghubung, masukan, keluaran, proses dan sasaran yang terlibat dalam penelitian ini. Karakteristik sistem dari SPAM Temu Ireng yang menjadi obyek penelitian ini adalah:

##### **5.4.1 Komponen**

Komponen sistem adalah elemen-elemen *sub sistem* yang menjadi bagian dari Sistem SPAM Temu Ireng, yaitu: Air PDAM, Tawas ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ), Bak mixer, Bak pengendapan, Bak Penyaringan, Bak penampungan produk, Pompa hasil produk, mixer.

##### **5.4.2 Batas Sistem (*Boundary system*)**

Batas sistem merupakan daerah yang membatasi antara suatu sistem dengan lingkungan luarnya, dan sistem dipandang sebagai suatu kesatuan. Batas sistem SPAM Temu Ireng ini adalah Sistem Pengolahan Air Minum di Pedukuhan Temu Ireng, Kalurahan Girisuko, Panggang, Gunung Kidul.

##### **5.4.3 Lingkungan Sistem (*Environment System*)**

Lingkungan luar dari sistem SPAM Temu Ireng adalah Badan Usaha Milik Desa Girisuko, Pemerintah Desa Girisuko, Pemerintah Daerah Gunung Kidul.

##### **5.4.4 Penghubung Sistem (*Interface System*)**

Penghubung dalam subsistem dalam Sistem SPAM Temu Ireng adalah menggunakan pipa dan kran yang dioperasikan khusus dan pada kondisi tertentu. Air sumber yang masuk dihubungkan dengan pipa dari PDAM, kemudian diatur

dalam kran pengatur yang kemudian dialirkan menggunakan pipa air yang menjadi bagian dari sistem SPAM Temu Ireng.

#### **5.4.5 Masukan (Input)**

Masukan adalah energi yang dimasukkan ke dalam sistem. Masukan dalam Sistem SPAM Temu Ireng adalah energi listrik yang dibangkitkan dari solar cell untuk penerangan, energy angin sebagai penggerak mixer.

#### **5.4.6 Keluaran (Output)**

Keluaran adalah hasil dari energi yang diolah dan diklasifikasikan menjadi keluaran yang berguna dan sisa pembuangan. Keluaran dalam Sistem SPAM Temu Ireng adalah air minum.

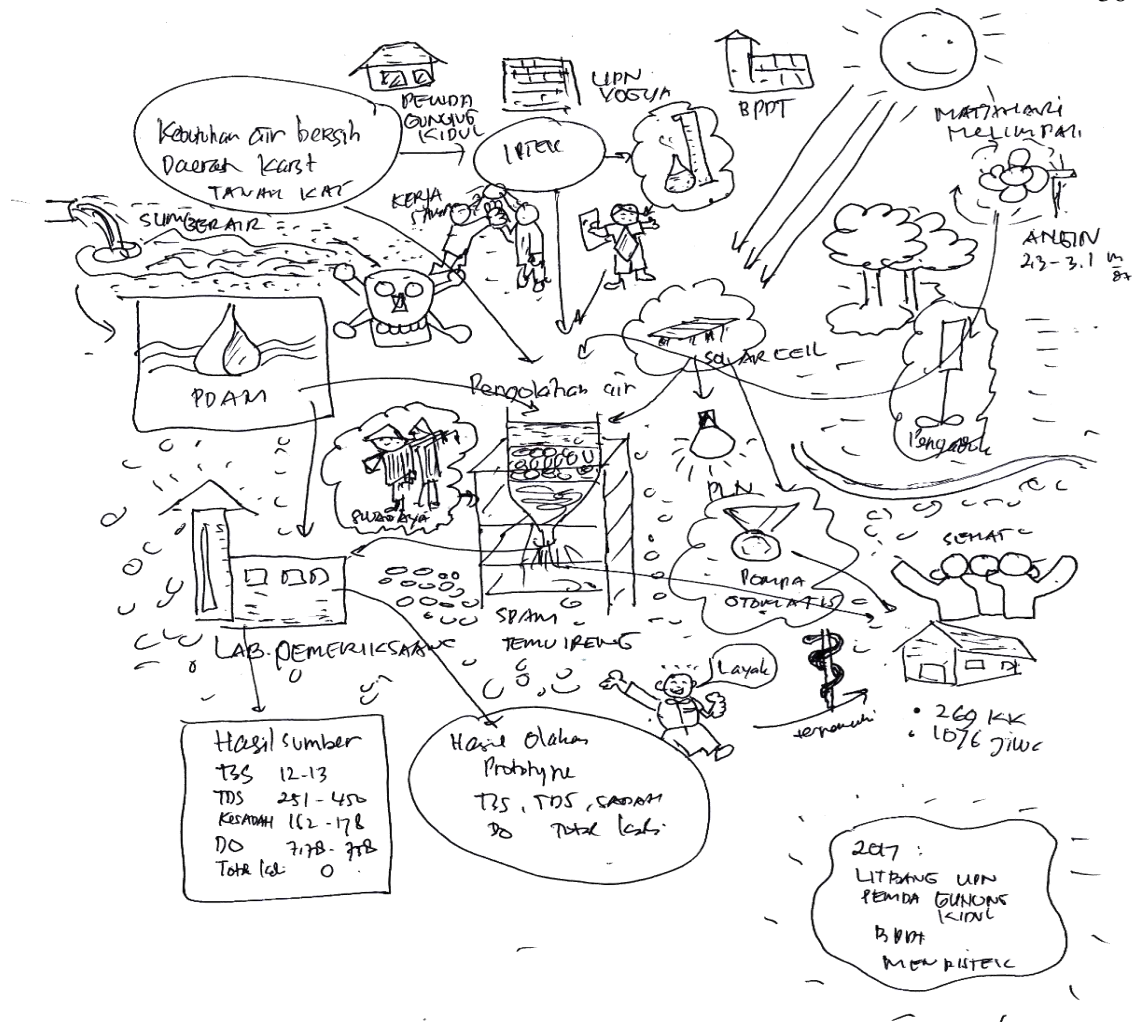
#### **5.4.7 Proses/Pengolahan**

Proses pengolahan yang dilakukan di SPAM Temu Ireng adalah air sumber dari PDAM dialirkan ke bak Mixer dan dicampurkan dengan larutan tawas sambil diaduk, kemudian dialirkan menuju bak pengendapan. Hasil keluaran dari bak pengendapan dialirkan ke bak penyaringan untuk dipisahkan dari partikel-partikel kotoran yang masih terikut, kemudian hasilnya dialirkan ke bak penampung produk menunggu didistribusi.

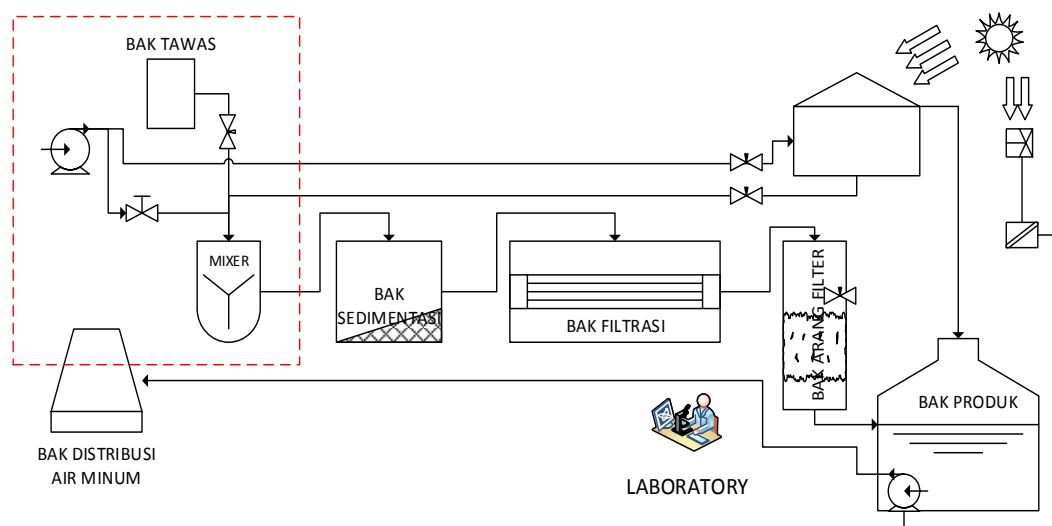
#### **5.4.8 Tujuan dan Sasaran**

Tujuan dari SPAM Temu Ireng adalah menjernihkan air sumber dari PDAM Gunung Kidul untuk diolah menjadi air minum yang lebih berkualitas. Sasaran yang akan dicapai adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih sebanyak 269 Kepala Keluarga atau 1076 jiwa.

Secara umum karakteristik sistem dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.5 dan 5.6 berikut ini:



Gambar 5.5 Diagram sistem pengolahan air minum SPAM Temu Ireng



Gambar 5.6 Sistem pengolahan air minum SPAM Temu Ireng

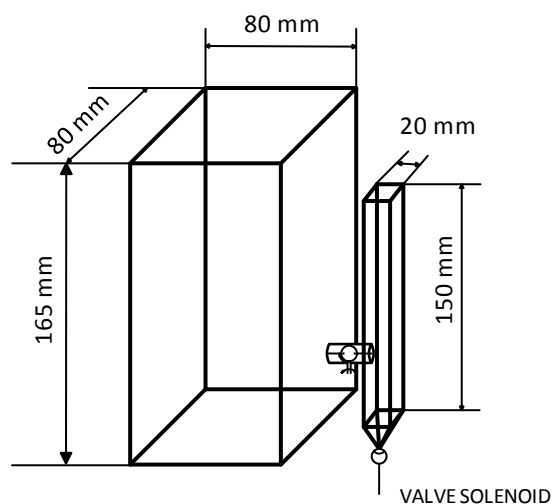
## 5.5 Perancangan Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temu Ireng

Sistem pengolahan air minum dari sumber air, disini dipakai sumber air dari PDAM Kabupaten Gunungkidul. Proses pengolahannya sudah diwujudkan berdasarkan hasil penelitian dengan nama SPAM Temu Ireng, secara umum proses pengolahan air bersih menjadi air minum yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 tersebut adalah melalui tahapan: koagulasi, sedimentasi, filtrasi, distribusi.

*Prototyping* dalam penelitian ini dibuat dalam skala laboratorium. Setelah desain detail diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat prototipe. Sebelum sistem otomasi diterapkan dalam sistem nyata, dilakukan simulasi dan optimasi. Salah satu cara untuk menjalankan simulasi dan optimalisasi adalah membuat prototipe. Prototipe dalam penelitian ini dibuat dalam skala laboratorium, dengan proses, fungsi, dan bahan (air) yang sama dengan sistem nyata.

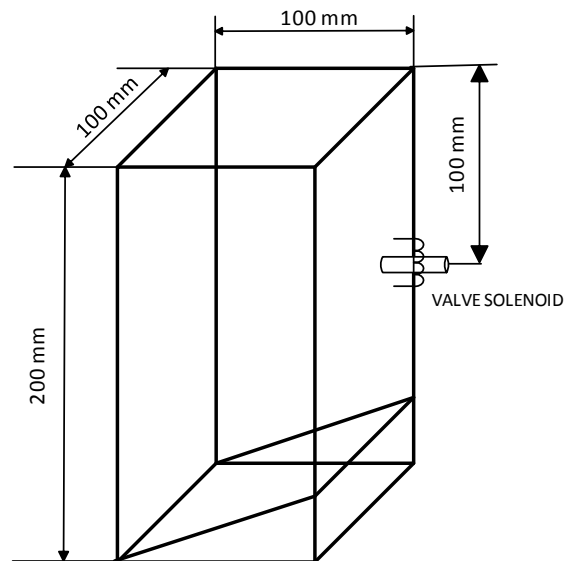
Rancangan teknik untuk prototipe peralatan otomasi Sistem Pengolahan Air minum Temu Ireng adalah sebagai berikut:

### 5.5.1 Bak Koagulan/Tawas



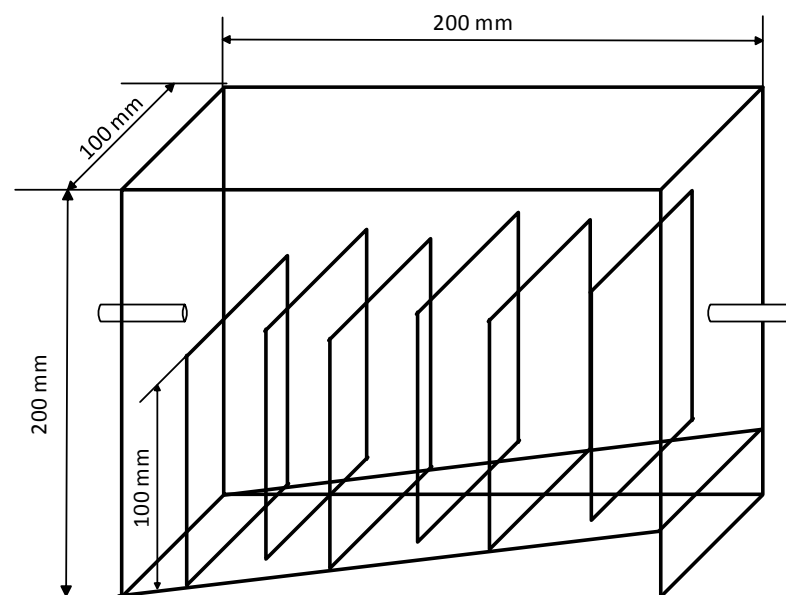
Gambar 5.7 Rancangan teknik bak koagulan/tawas

### 5.5.2 Bak Pencampur/mixer



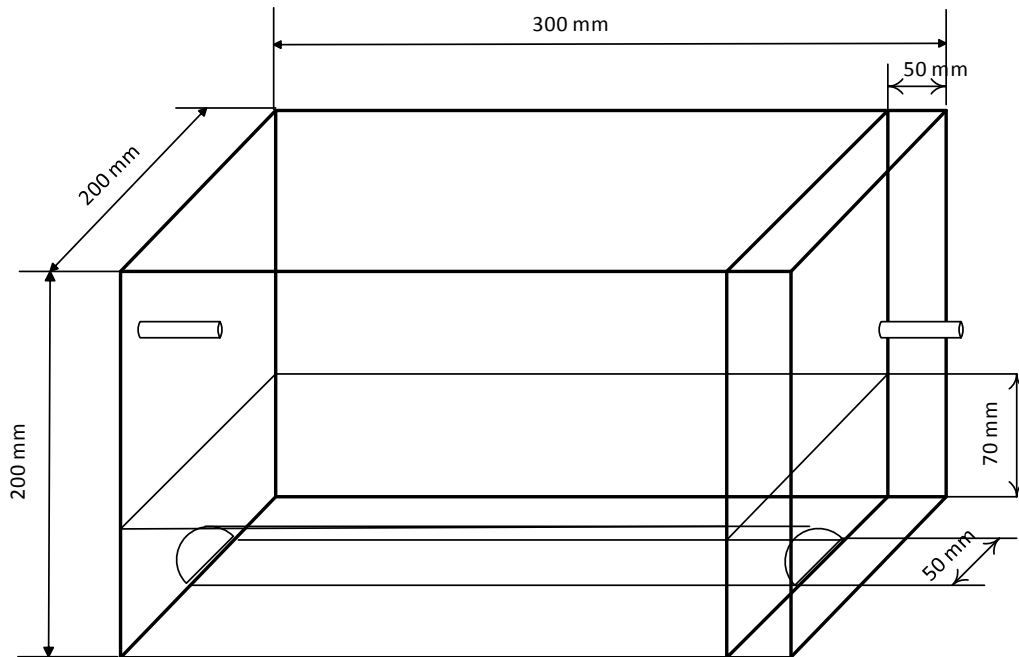
Gambar 5.8 Rancangan teknik bak pencampur/mixer

### 5.5.3 Bak Sedimentasi



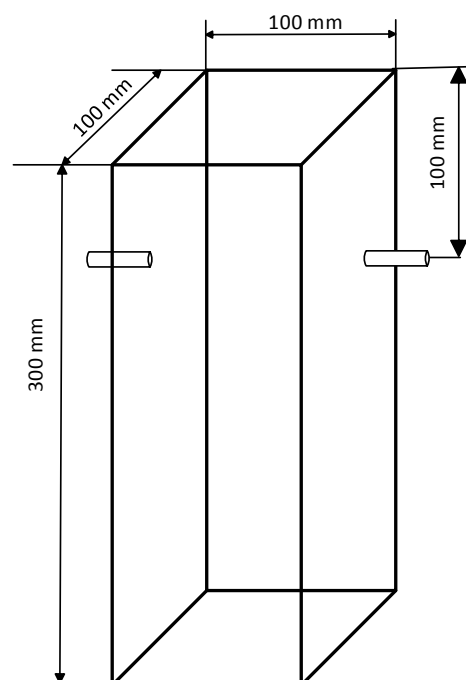
Gambar 5.9 Rancangan teknik bak pengendapan/sedimentasi

### 5.5.4 Bak Filtrasi I



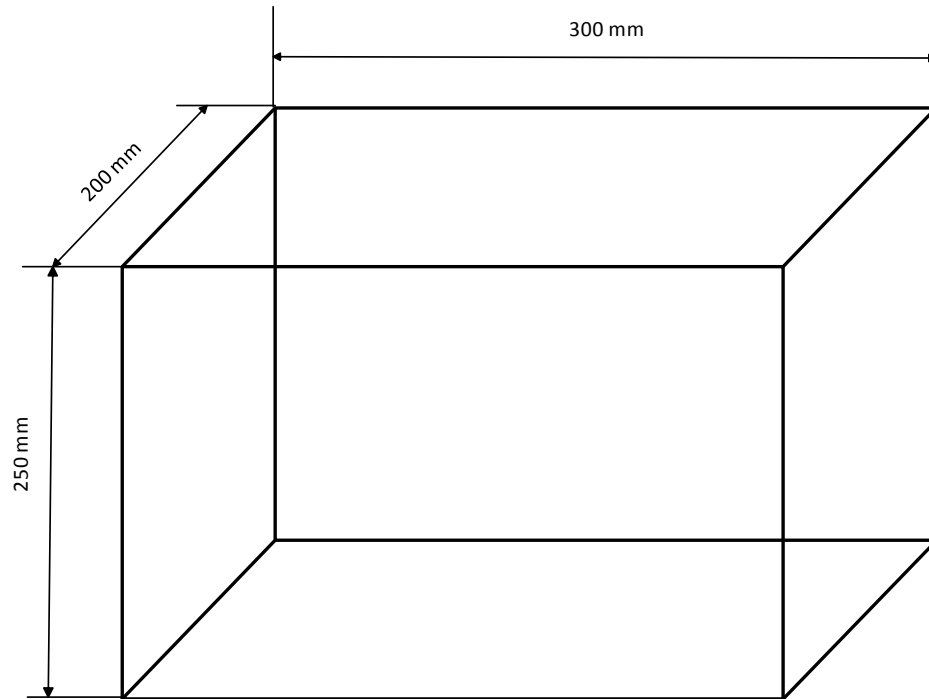
Gambar 5.10 Rancangan teknik bak penyaringan/filtrasi I

### 5.5.5 Bak Filtrasi II



Gambar 5.11  
Rancangan teknik bak penyaringan/filtrasi II

### 5.5.6 Bak Produk



Gambar 5.12 Rancangan teknik bak penampung produk

## 5.6 Aplikasi Otomasi Sistem Pengolahan Air Minum Temu Ireng

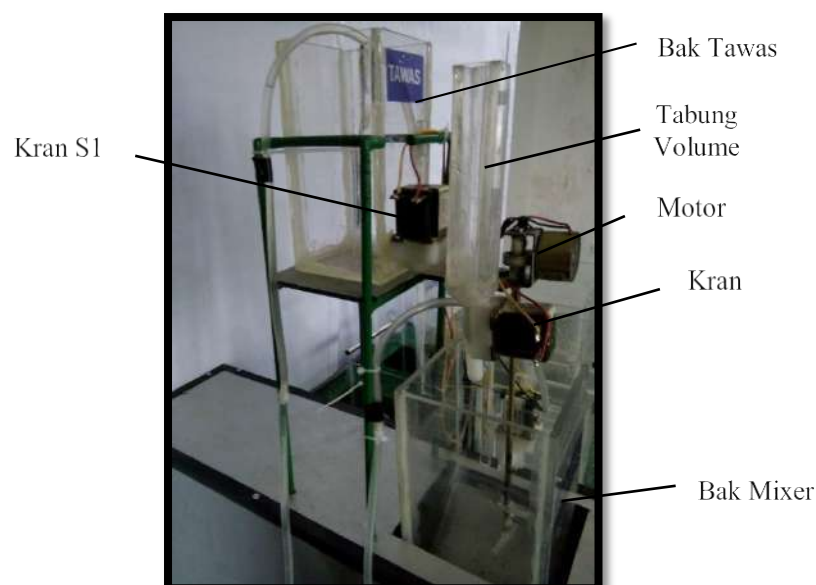
Hasil rancangan teknik otomasi sistem pengolahan air minum Temu Ireng kemudian diaplikasikan menjadi peralatan, bahan baku untuk pembuatan alat menggunakan bahan Akrilik (*Acrylic*). Akrilik adalah bahan plastik yang menyerupai kaca, tetapi memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dari pada kaca dalam banyak cara. Salah satu keunggulannya adalah perbedaan sifatnya, yaitu kelenturan dari akrilik (*Acrylic*) itu sendiri. Bahan akrilik (*Acrylic*) tidak mudah pecah, ringan dan juga mudah untuk dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan, dikilapkan dan dicat.

Rancangan Prototipe Sistem Pengolahan Air Minum terotomasi dilengkapi dengan beberapa peralatan elektronik dan menggunakan sumber aliran listrik sebagai

penggerak utama, untuk mengontrol kerja dari pompa dan kran otomatis yang disebut solenoid. Sumber listrik yang dipergunakan diasumsikan lebih dari cukup, pembangkitan sumber tenaga listrik yang ada sekarang menggunakan sel solar tenaga surya yang cukup besar. Sehingga permasalahan sumber tenaga listrik bukan menjadi kendala dilokasi SPAM Temuireng. Aplikasi rancangan teknik untuk otomasi Prototype Sistem Pengolahan Air Temu Ireng adalah sebagai berikut:

### 5.6.1 Bak Koagulan/Tawas

Bak koagulan adalah bak yang digunakan untuk menampung zat koagulan berupa tawas, tawas adalah bahasa pasaran pada umumnya disebut juga alum. Rumus kimianya adalah  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  merupakan bahan kimia tidak berwarna dan bersifat asam. Alum kalium mudah larut dalam air panas, ketika kristalin alum kalium dipanaskan terjadi pemisahan secara kimia, dan sebagian garam yang terdehidrasi terlarut dalam air.



Gambar 5.13 Bak penampung koagulan (tawas)

Bak tawas dalam prototipe ini dirancang dengan ukuran 80 mm x 80 mm x 165 mm sehingga volume totalnya adalah 1000 ml. Setting isi bak tawas

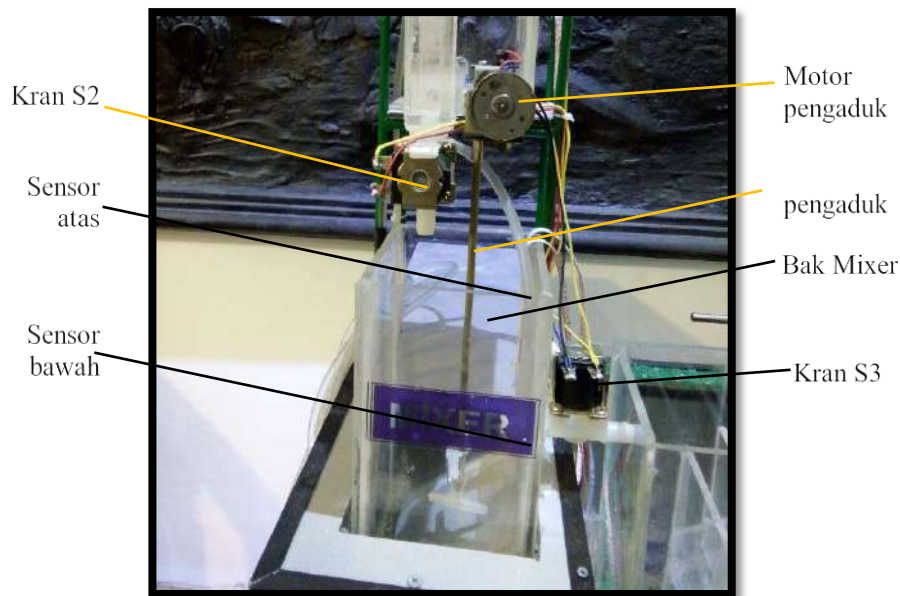


maksimum adalah 500 ml, yang diatur dengan otomasi. Bak tawas dibuat lebih tinggi dari bak lainnya, untuk memanfaatkan gaya gravitasi dalam mengalirkan tawas kedalam bak mixer dengan volume tertentu. Volume tawas yang akan dialirkan dalam mixer pencampur, diatur menggunakan tabung volume yang berukuran 20 mm x 20 mm x 150 mm, dengan volume efektif yang dialirkan secara otomatis sebanyak 50 ml. Pengaliran larutan tawas diatur dengan sistem kontrol kran solenoid yang dihubungkan dengan modul sensor pada ketinggian tertentu.

Mekanismenya adalah katub solenoid (S-1) akan terbuka secara otomatis yang digerakkan oleh panel kontrol untuk mengisi tabung volume sampai dengan volume 50 ml, kemudian katub solenoid menutup otomatis setelah tercapai. Tabung volume yang terisi penuh akan terbuka otomatis dengan cara membuka katub solenoid (S-2), setelah ada sinyal untuk membuka dari panel kontrol yang dikendalikan oleh sensor ketinggian tertentu pada bak mixer. Sehingga larutan koagulan tawas dalam konsentrasi tertentu dapat direaksikan dengan Air PAM di bak mixer.

### **5.6.2 Bak Mixer**

Bak mixer adalah bak yang dirancang dan dibuat untuk mencampur atau mereaksikan Air PAM dengan koagulan Tawas, dengan mekanisme dicampur dalam perbandingan tertentu dan diaduk menggunakan pengaduk otomatis yang dikendalikan oleh panel kontrol berdasarkan sensor ketinggian permukaan larutan campuran yang ada di mixer. Bak mixer pada prototipe ini berukuran 100 mm x 100 mm x 20 cm dengan volume efektif untuk proses pencampuran adalah per 1000 ml, dengan 500 ml berfungsi sebagai buffer. Mekanisme pencampurannya adalah air PAM masuk ke bak mixer dengan cara di pompa otomatis, air mengalir berdasarkan pompa otomatis ini menggambarkan kondisi di SPAM Temuireng, dimana air mengalir berdasarkan pompa dari sumber PDAM. Sistem di SPAM Temuireng Air PAM sebagai input dikontrol secara manual dengan membuka katub air PDAM, masuk tanpa kontrol kendali khusus sehingga tergantung dari aliran air PDAM.



Gambar 5.14 Bak mixer (pencampur)

Prototipe yang dirancang air input dipompa dengan kondisi tertentu, aktifitas gerakan pompa dikontrol oleh panel yang dikendalikan oleh sensor ketinggian pada mixer. Pengisian air input akan dilakukan ketika ketinggian air pada mixer berada di kontrol bawah, dan pengisian berhenti ketika permukaan air campuran ada mixer telah berada pada sensor batas atas. Pengaliran air campuran di bak mixer ini dikendalikan oleh sensor ketinggian tertentu yang akan membuka otomatis katub solenoid (S-3) dan air mengalir menuju bak sedimentasi. Katub S-3 akan menutup otomatis setelah ketinggian tertentu yang dikendalikan oleh sensor ketinggian permukaan air.

### 5.6.3 Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi sebagai bak pengendapan kotoran-kotoran yang terikut didalam air minum setelah dilakukan pencampuran dengan koagulan. Bak sedimentasi dibuat dengan ukuran 100 mm x 200 mm x 200 mm dengan volume efektif adalah 2.000 ml yang digunakan untuk proses pengendapan koagulan yang terbentuk oleh pencampuran antara air PAM dan koagulan tawas di bak mixer, mekanisme kerjanya adalah air yang keluar dari bak mixer mengalir melalui sekat-

sekat di bak sedimentasi, air berjalan sesuai dengan aliran yang dialirkan oleh bak mixer dengan ketinggian aliran grafitasi. Air yang mengalir akan melewati beberapa sekat yang fungsinya adalah untuk memberi kesempatan koagulan yang terbentuk agar mengendap kebawah, dan endapan mengalir pada bidang miring. Sedangkan air jernih yang terbentuk akan mengalir otomatis dengan gaya grafitasi menuju ke bak filtrasi.



Gambar 5.15 Bak pengendapan/sedimentasi

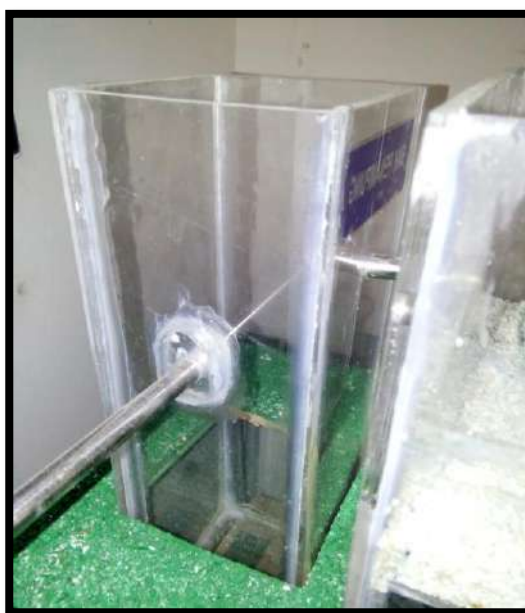
#### 5.6.4 Bak Filtrasi

Bak filtrasi dalam rancangan ini ada 2 (dua) macam, yaitu bak filtrasi I dan bak filtrasi II. Bak filtrasi ini berfungsi sebagai penyaring partikel-partikel kotoran lembut yang masih terikat dalam air PAM setelah melewati proses sedimentasi. Bak ini dibuat dengan dimensi I ukuran 200 mm x 300 mm x 200 mm dengan volume efektif 9.000 ml, dan dimensi II ukuran 100 mm x 100 mm x 300 mm dalam hasil rancangan ini adalah menyaring partikel-partikel lembut yang masih terikat dalam air minum setelah melewati bak sedimentasi. Sistem filtrasi dibuat dengan konsep penyaringan sederhana material batu kerikil jenis silika, pasir kali, ijuk dan arang. Air yang dialirkan dari bak sedimentasi mengalir melalui lubang sebelah bawah kemudian naik dan mengalir ke permukaan melalui saringan arang, pasir,

dan kerikil. Air yang berada di permukaan merupakan air bersih yang sudah disaring, kemudian dialirkan menuju bak produk.



Gambar 5.16 Bak penyaringan (Filtrasi I)



Gambar 5.17 Bak penyaringan (Filtrasi II)

### 5.6.5 Bak Produk

Bak produk dibuat dengan dimensi ukuran 250 mm x 30 mm x 20 mm dengan volume efektif adalah 10.000 ml. Bak produk ini dipergunakan untuk menampung air hasil olahan Sistem Pengolahan Air Minum yang telah memenuhi syarat. Prototipe bak produk ini dilengkapi dengan pompa yang dikendalikan oleh sensor ketinggian, pompa akan bekerja untuk memompa air bak setelah kondisi air produk penuh.

Air dipompa keluar dengan arah kondisi sebenarnya di SPAM Temuireng adalah untuk memompa produk air minum menuju bak pusat yang akan dialirkan ke rumah-rumah penduduk di Temuireng.



Gambar 5.18 Bak Produk

Selain aplikasi rancangan teknik untuk otomasi Prototype Sistem Pengolahan Air Temu Ireng, maka sebagai alat pendukung utama otomasi dipergunakan peralatan sebagai berikut:

### 5.6.6 Pompa

Pompa air yang dipergunakan dalam prototipe ini adalah jenis Micro Pump 12V DC, jumlah 3 buah pompa untuk memompa air sumber (PAM), air bersih dari bak produk, dan larutan koagulan tawas menuju bak tawas.



Gambar 5.19 Pompa air mini

### 5.6.7 *Solenoid valve pneumatic*

*Solenoid valve pneumatic* adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, *solenoid valve pneumatic* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*.



Gambar 5.20 *Solenoid valve*

Lubang masukan, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau supply (service unit), sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke pneumatic, dan lubang exhaust, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat plunger bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve pneumatic* bekerja.

*Solenoid valve* adalah elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam *fluidics*. Tugas dari solenoid valve adalah untuk mematikan, release, dose, distribute atau mix fluids. Solenoid Valve banyak sekali jenis dan macamnya tergantung type dan penggunaannya, namun berdasarkan modelnya solenoid valve dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu *solenoid valve single coil* dan *solenoid valve double coil* keduanya mempunyai cara kerja yang sama.

Prinsip kerja dari solenoid valve yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya dimana ketika koil mendapat supply tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston bertekanan yang berasal dari supply (service unit), pada umumnya solenoid valve pneumatic ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC.

### **5.6.8 Kontrol panel**

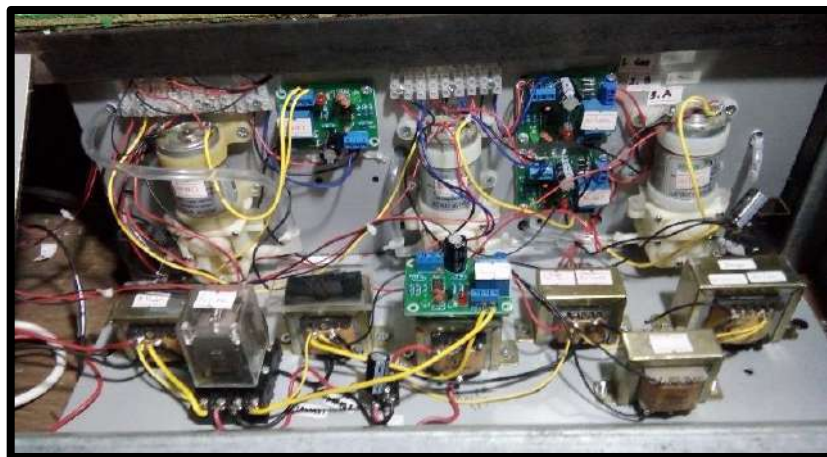
Penggerak otomatis dari sensor dan motor penggerak dikendalikan dalam satu panel yang disusun dalam satu rangkaian peralatan otomasi SPAM. Peralatan sistem otomasi SPAM tersebut terdapat modul-modul penyusun, sebagai berikut:

#### **1. Sensor/Tranduser**

Sensor adalah suatu komponen yang mendeteksi keluaran atau informasi lainnya yang diperlukan dalam siste kontrol. Sedangkan tranduser adalah suatu komponen yang mampu merubah besaran-besaran non listrik (mekanis, kimia atau yang lainnya) menjadi besaran-besaran listrik atau sebaliknya.

## 2. Kontroller

Kontroller adalah suatu komponen, alat, atau peralatan (berupa mekanis dan elektronik) yang mampu mengolah data masukan dan membandingkan respon alat (hasil pembacaan dari keluaran *plant*) dan referensi yang dikehendaki untuk dikeluarkan menjadi suatu data perintah atau disebut sinyal control.



Gambar 5.21 Panel kontrol prototipe otomasi SPAM

## 3. Aktuator

Aktuator adalah suatu komponen peralatan (berupa mekanis dan pneumatik, hidrolis) yang mampu mengolah data perintah (sinyal kontrol) menjadi sinyal aksi membuka atau menutup kran, atau menyambung dan memutus arus. Pada bagian ini sudah tidak menggunakan operator lagi untuk mengontrol level air sesuai yang diinginkan, menggunakan kontroler yang bekerja secara otomatis. Dengan komponen ini bisa diketahui berapa kedalaman atau ketinggian level air yang diinginkan. Dari besaran fisika, berupa perubahan kedalaman/ketinggian dengan satuan centimeter dirubah menjadi besaran listrik dengan satuan tegangan. Dengan adanya informasi ini, maka kontroler akan menghasilkan sinyal kontrol yang diolah sebelumnya. Karena sinyal kontrol tidak dapat langsung dimanfaatkan untuk memutar katup/valve pipa, maka sinyal ini harus dikonversi dulu menjadi sinyal aksi. Aktuator yang mengkonversi sinyal ini. Aktuator dalam sistem ini berupa solenoid atau pompa air.



### 5.7 Prototipe Otomasi Sistem Pengolahan Air (SPAM) Temuireng

Berdasarkan dari permasalahan yang telah uraikan maka dilakukan perancangan otomatisasi sistem SPAM Temuireng dalam skala laboratorium. Hasil rancangan diaktualisasikan dalam sebuah prototipe SPAM, dengan sistem yang sama dengan SPAM Temuireng, Kelurahan Girisuko, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunungkidul. Penambahan otomasi dilakukan untuk mengatur aliran air PAM dan aliran kemikalia yang fungsinya sebagai pengendap kotoran dan penjernih air PAM sehingga layak sebagai air minum.



Gambar 5.22 Prototipe otomasi SPAM Temuireng

Operator yang mengatur Sistem SPAM dapat diminimasi dengan cukup 1 (satu) orang, dengan tugas utama mengoperasikan dan kontrol kondisi otomasi,

serta bahan-bahan yang diperlukan pada sistem SPAM Temuireng. Hasil rancangan Prototipe SPAM Temuireng, Girisuko, Panggang, Gunungkidul adalah seperti Gambar 5.22.

## **5.8 Analisis Desain**

Analisis dari permasalahan otomasi SPAM Temuireng diatas adalah adanya kebutuhan modifikasi sistem dari Sistem SPAM Temuireng yang sekarang ada. Penerapan sistem otomasi pada keseluruhan sistem peralatan dibutuhkan untuk memudahkan pekerjaan. Teknologi otomasi merupakan sebuah teknologi yang proses maupun prosedurnya diselesaikan tanpa keterlibatan langsung manusia juga mengurangi pekerjaan yang berulang-ulang. Penerapan teknologi otomasi digunakan dalam dunia industri agar dapat meningkatkan akurasi, presisi, dan produktivitas dari suatu proses industri, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah dan kualitas keluaran yang dihasilkan. Dari permasalahan tersebut, perbaikan dapat dilakukan dengan memodifikasi sistem SPAM yang saat ini ada agar memudahkan operator. Alasan penggunaan sistem otomasi secara keseluruhan untuk mencapai tingkat kapasitas produksi optimal dan pengurangan waktu siklus produksi. Pengaplikasian sistem otomasi pada mesin produksi akan menghasilkan keuntungan seperti pengurangan waktu siklus, peningkatan kualitas produk, dan pengurangan beban operator. Pengembangan sistem otomasi dapat diharapkan mengurangi beban operator dalam melakukan aktivitas dan berjalan otomatis tanpa campur tangan manusia.

Rancangan konfigurasi panel box bertujuan untuk menciptakan pemahaman yang jelas bagi operator yang mengendalikan proses, mencakup keamanan dan dapat dilakukannya perawatan berkala. Panel box dirancang dengan pertimbangan spesifikasi kebutuhan pengguna yang mempertimbangkan kebutuhan sistem. Selain itu untuk memasang komponen listrik atau komponen elektronik industri seperti PLC, relay, sumber tenaga, contactor, dan lain-lain.

Simulasi rancangan prototipe merupakan tahap akhir pada penelitian ini. Dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada model desain baru untuk mengetahui terjadinya failure system dan error. Dari hasil uji bahwa perancangan sistem otomasi SPAM Temuireng dapat mengurangi beban kerja operator. Pekerja hanya mengoperasikan sistem dari panel kontrol untuk mengetahui kondisi proses dari SPAM. Uji simulasi dilakukan dengan dua kondisi yaitu model SPAM saat ini dan model otomasi SPAM Temuireng hasil rancangan. Dengan membandingkan kedua hasil uji ini terlihat memiliki perbedaan signifikan, yaitu pada proses yang saat ini dilaksanakan memerlukan perhatian khusus operator terutama dalam pengaturan “valve” koagulan dan air PAM. Sedangkan hasil rancangan dapat meminimasi hal tersebut karena telah di optimasi sejak awal sebelum dilakukan “run” operasi, sehingga hasilnya lebih baik.

## 5.9 Hasil dan Analisis Uji Rancangan Prototipe

Setelah prototipe dibuat, langkah selanjutnya adalah menguji prototipe dan kemudian mengevaluasi. Pada langkah pengujian prototipe, fungsi prototipe diperiksa dan disimulasikan serta optimasi dijalankan untuk memperoleh hasil terbaik. Gambar 5.23 adalah foto prototipe SPAM Temuireng dalam skala laboratorium.



Gambar 5.23 Prototipe Otomasi SPAM

Pengujian sistem prototipe SPAM dilakukan di laboratorium dengan air biasa, guna menguji kerja sistem alat prototipe yang sesuai dengan rancangan. Pengujian diawali dengan menghidupkan aliran listrik dengan cara menekan tombol on-off, kemudian lampu signal alat bekerja ditandai dengan nyala merah pada tombol on-off. Alat bekerja pada Pompa-1 tawas menyedot tawas dari bak pembuatan larutan tawas menuju bak tawas di prototipe sampai penuh, dalam batas tertentu yang ditandai dengan sensor atas untuk memutus aliran sumber listrik pompa penyedot tawas dari bak larutan tawas. Volume larutan tawas dalam batas atas adalah 500 ml, Pompa-1 bawah penyedot tawas berhenti, kemudian saklar S1 terbuka yang fungsinya mengisi takaran tertentu sebanyak 50 ml tawas kedalam tabung pengukur. Pada saat yang sama Pompa ke-2 hidup dengan fungsi menyedot air sumber untuk diisikan pada bak mixer pada volume tertentu sebanyak 1500 ml, dengan sensor atas sebagai batas maksimum. Setelah sensor atas pada mixer terlampaui maka Pompa-2 sebagai penyedot air sumber berhenti, secara otomatis sensor atas akan menggerakkan motor pengaduk dan saklar S2 terbuka. Sehingga proses pencampuran antara air sumber, tawas dan pengadukan berjalan. Setelah sekitar 30 detik pencampuran berlangsung, kemudian kran S3 terbuka otomatis dan air campuran mengalir ke bak sedimentasi. Sistem yang terjadi pada awal sampai dengan kran S3 akan berulang-ulang terus sampai dengan keadaan tertentu berhenti, keadaan tertentu itu ditentukan oleh sensor bak produk.

Air hasil dari bak mixer akan mengalir ke bak sedimentasi dengan aliran sesuai dengan otomatisasi alat, aliran air akan melewati halangan bidang miring dan sekat-sekat yang diatur agar aliran melewati atas dan kemudian sekat berikutnya lewat bawah. Pengaliran ini dimaksudkan untuk membuat endapan-endapan yang terbentuk bisa turun dan nantinya akan di pompa keluar. Setelah bak sedimentasi terisi penuh, sekitar volume 2.000 ml maka aliran dengan gravitasi mengalir ke bak filtrasi. Aliran yang masuk ke bak filtrasi ini mengalir melalui pipa bagian bawah, kemudian mengalir melewati saringan pasir lambat yang telah di seting sesuai kebutuhan. Air yang telah melewati saringan pasir pada volume 9.000 ml naik dan mengalir secara gravitasi menuju bak penampung/penenang air bersih dengan volume 2.000 ml. Fungsi dari bak penampung/penenang ini adalah untuk

pengecekan akhir dari kualitas air, pada bak tampungan ini air akan di uji kualitas residu tersuspensi, residu terlarut, kesadahan, oksigen terlarut, kekeruhan dan total koliform.

Air dari bak penampung/penenang air mengalir secara gravitasi menuju bak produk yang kapasitas maksimumnya adalah 10.000 ml. Pada saat volume mencapai maksimumnya, maka sensor akan mengirim sinyal ke control panel induk untuk memutus jaringan sumber listrik yang menggerakkan pompa produksi, motor pengaduk dan kran-kran solenoida agar tidak aktif. Secara bersamaan pula sensor akan menggerakkan Pompa-3 untuk memompa keluar bak produk ke saluran yang akan menampung bak pusat yang fungsinya akan didistribusi kerumah-rumah penduduk. Pada prinsipnya peralatan rancangan prototipe SPAM Temuireng telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan rancangan.

Pengujian sistem otomasi SPAM telah berjalan dengan baik, selanjutnya pengujian dilakukan menggunakan air sumber SPAM Temuireng yaitu dari air PDAM Kabupaten Gunungkidul yang diambil dilokasi SPAM Temuireng. Setelah dilakukan pengujian dan simulasi sampai dengan tercapainya optimasi pada sistem, maka hasilnya kemudian diuji kualitas airnya di laboratorium. Hasil pengujian kualitas air disajikan pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Hasil uji kualitas air SPAM Temuireng

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum	Hasil Uji	
				I	II
1	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/l	(-)	13	12
2	Residu Terlarut (TDS)	mg/l	500	402	251,5
3	Kesadahan	mg/l	500	178	162
4	DO	mg/l	(-)	7,58	7,78
5	Kekeruhan	NTU	5	0,94	0,24
6	Total Koliform	JPT/100 ml	0	Nihil	Nihil

Keterangan:

I : Kadar uji air sumber SPAM Temuireng

II : Kadar uji air olahan SPAM Temuireng

Tabel 5.3 Hasil uji kualitas air olahan Prototipe SPAM Temuireng

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum	Hasil Uji		
				I	II	III
1	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/l	(-)	10	7	9
2	Residu Terlarut (TDS)	mg/l	500	159	160,5	162
3	Kesadahan	mg/l	500	78	54	60
4	DO	mg/l	(-)	7,58	7,19	7,78
5	Kekeruhan	NTU	5	0,39	0,42	0,27
6	Total Koliform	JPT/100 ml	0	Nihil	Nihil	Nihil

**Kadar Residu Tersuspensi (TSS: Total Suspended Solid)** adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Tabel 5.2 menunjukkan nilai TSS Sumber Air PDAM 13 mg/l. Menurut Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010 kadar maksimum yang diijinkan adalah nol, artinya tidak terkandung TSS. Hasil olahan SPAM Temuireng = 12 mg/l yang artinya masih belum memenuhi standar yang dipersyaratkan. Berdasarkan Tabel 5.3 hasil uji laboratorium untuk parameter TSS pada air produk otomasi SPAM yang di replikasi 3 kali adalah 10 mg/l, 7 mg/l dan 9 mg/l menunjukkan ada peningkatan kualitas baku mutu air minum, walaupun masih belum memenuhi persyaratan baku mutu air minum yang sesuai Peraturan Menteri Kesehatan.

**Kadar Residu Terlarut (TDS: Total Dissolve Solid)** adalah padatan terlarut yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan padatan tersuspensi, efek TDS terhadap kesehatan tergantung pada kandungan kimia penyebab masalah tersebut. Kadar TDS Air Sumber = 400 mg/l (Tabel 5.2) sehingga menurut Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010 standard baku mutu air sumber masih dibawah ambang batas yang dipersyaratkan. Kadar hasil olahan SPAM Temuireng = 251,5 mg/l, terjadi peningkatan kualitas walaupun tidak begitu signifikan. Berdasarkan Tabel 7 hasil uji laboratorium untuk parameter TDS pada air produk otomasi SPAM adalah 159 mg/l, 160,5 mg/l dan 162 mg/l, terdapat perbedaan kualitas yang lebih baik walaupun juga masih belum signifikan dibandingkan dari kualitas air sumber.

**Kesadahan** adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{+}$  dan  $Mn^{+}$ . Kesadahan total merupakan kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  secara bersama-sama. Hasil pengukuran kadar kesadahan (Tabel 5.2) untuk air sumber= 178 mg/l dan kadar kesadahan setelah dilakukan pengolahan dengan SPAM menjadi 162 mg/l. Menurut Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010 hasil tersebut masih dibawah ambang batas yang dipersyaratkan, sehingga layak sebagai air minum. Tabel 5.3 menunjukkan hasil uji air produk otomasi SPAM, kandungan kesadahan cukup rendah apabila dibandingkan dengan hasil uji air olahan SPAM. Kandungan kesadahan hasil olahan produk otomasi SPAM adalah 78 mg/l, 54 mg/l dan 60 mg/l yang memenuhi syarat sebagai sumber air minum dan air bersih.

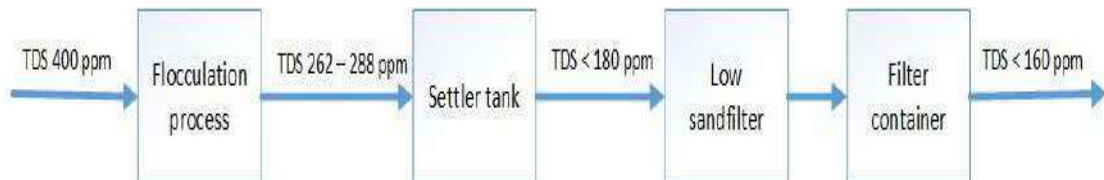
**Oksigen Terlarut (*DO: Dissolved Oxygen*)** Oksigen terlarut dalam air sangat penting untuk kelangsungan kehidupan organisme air. Oksigen terlarut juga penting digunakan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik pada proses aerobik dalam air. Sumber utama oksigen dalam perairan berasal dari udara melalui proses difusi dan hasil fotosintesis organisme di perairan tersebut. Kadar maksimal yang dipersyaratkan tidak di atur dalam Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010, berdasarkan Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 kadar DO tidak banyak perbedaan.

**Kekeruhan** sebagai intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan menggambarkan sifat optik yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010 mempersyaratkan kandungan maksimum kekeruhan adalah 5 NTU. Tabel 5.2 memperlihatkan nilai kekeruhan antara air sumber dan olahan SPAM tidak berbeda secara signifikan, akan tetapi pada Tabel 5.3. Hasil uji kadar kekeuhannya cukup rendah yaitu 0,39 NTU, 0,43 NTU dan 0,27 NTU.

**Total Koliform** merupakan kelompok bakteri yang mempunyai karakteristik biokimia dan pertumbuhan yang berhubungan dengan kontaminasi *faecal*. Yang berperan dalam kesehatan air minum. Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010

mempersyaratkan kandungan air minum harus bebas dari koliform. Berdasarkan pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 yang memperlihatkan hasil uji Total Koliform untuk air sumber, air olahan SPAM Temuireng dan hasil uji air produk otomasi SPAM menunjukkan kandungan total koliform adalah nihil. Hal ini menunjukkan bahwa air tersebut layak untuk menjadi air minum.

Berdasarkan dari WHO (World Health Organization, 1993) hasil tes prototipe, TDS air dapat dikurangi dari sekitar 400 ppm menjadi di bawah 160 ppm. Hasil TDS ini berada dalam kategori sangat baik. TDS merupakan indikator dari jumlah partikel atau zat tersebut, baik berupa senyawa organik maupun non-organik. Zat atau partikel padat terlarut yang ditemukan dalam air dapat berupa natrium (garam), kalsium, magnesium, kalium, karbonat, nitrat, bikarbonat, klorida dan sulfat. Berdasarkan penelitian yg dilakukan maka pengurangan TDS dalam setiap proses dapat dilihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Pengurangan TDS di Setiap Proses



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melaksanakan proses penelitian ini adalah:

1. Sistem pengolahan air minum (SPAM) Temuireng yang ada di Pedukuhan Temuireng, Kalurahan Girisuko, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunung Kidul telah mampu secara kuantitas untuk memenuhi kebutuhan air bersih warga masyarakat Temuireng. Namun demikian untuk segi kualitas SPAM yang ada pada saat ini perlu dikembangkan dengan perbaikan desain sistem dan optimai fungsi pengolahan air.
2. Desain prototipe otomasi SPAM Temuireng telah mempertimbangkan kebutuhan manusia, teknologi, dan *SHE IS FATER* yaitu: (1) *SHE (Safety, Health, Environment)*, (2) *Innovation and intellectual property rights*, (3) *Standard of the product*, (4) *Function*, (5) *Aesthetics*, (6) *Trends of the product*, (7) *Ergonomics*, (8) *Regulation*.
3. Perbaikan sistem SPAM dan optimasi pengolahan air setelah dikembangkan dengan sistem prototipe otomasi SPAM Temuireng, diperoleh dengan hasil yang lebih baik, biaya operasi dapat dikurangi, jumlah operator dan pekerjaan rutin SPAM dapat diminimalkan, kualitas air produk dapat ditingkatkan.
4. Kebutuhan air minum untuk warga masyarakat Temuireng dapat ditingkatkan kuantitas dan kualitasnya sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/Menkes/Per/IV/2010.

## 6.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian rancangan sistem prototipe otomasi SPAM Temuireng ini masih dalam skala laboratorium yang dapat menunjukkan adanya perbaikan. Maka untuk mengoptimalkan hasil yang lebih baik diperlukan penelitian lebih lanjut untuk skala *pilot plant* agar dapat diterapkan dalam kondisi dan keadaan yang sesuai dengan realitas di lapangan.
2. Teknologi otomasi SPAM Temuireng dapat diuji cobakan dengan media filtrasi yang lebih beragam dan mempunyai sifat sebagai penukar ion agar dapat mengikat dan menahan partikel cemaran pada saat air melewati bahan filter tersebut sehingga air hasil produk dapat memenuhi persyaratan sebagai air minum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrino, R., Triwiyatno, A., & Sumardi. (2017). Perancangan sistem otomatisasi berbasis programmable logic controller ( PLC ) omron CPM1A pada prototipe alat pengolah susu murni menjadi susu pasteurisasi aneka rasa. *Transient*, 6(1), 37–44.
- Asdak, C. (1995). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Australian Government, National Health and Medical Research Council, & Natural Resource Management Ministerial Council. (2017). *Australian Drinking Water Guidelines 6*.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2009). *Pemanenan Air Hujan ( Rain Water Harvesting )*.
- Badan Pusat Statistik Propinsi D.I. Yogyakarta. (2018). *Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka* (Bidang Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik, Ed.). Retrieved from <https://yogyakarta.bps.go.id/publication/download.html>
- Bolt, G. H. (1976). *Adsorption of anions by soils*. In : "Soil Chemistry" (G.H. Bolt & M. G. M. Bruggenwert, eds.). Amsterdam :91-95.
- Bureau of Meteorology. (2019). *Water in Australia 2017–18*.
- Clarke, K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.
- Dubey, S., Agarwal, M., Gupta, A. B., Dohare, R. K., & Upadhyaya, S. (2017). Automation and control of water treatment plant for defluoridation. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 4(26), 6–11. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2017.426002>
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2008). *Fundamentals of Automation Technology, technical book*. Germany: Denkendorf.
- Engelman, R. And LeRoy, P. (1993). Sustainable Water; Population and the Future of Renewable Water Supplies. Population and Environment Program, Population Action International, Washington DC.
- EPA Building. (2019). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Jefferson\\_Clinton\\_Federal\\_Building](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Jefferson_Clinton_Federal_Building)
- Frederick, J.E. (1993). Ultraviolet sunlight reaching the earth's surface: a review of recent research. *Photochemistry and Photobiology*, 57(1), 175-178.
- Gleick, P.H. (1993). *Water in Crisis A Guide to the World's Fresh Water Resource*. New York: Oxford University Press.
- Gowtham, R., Varunkumar, M. C., & Tulsiram, M. P. (2014). Automation in Urban Drinking Water Filtration , Water Supply Control , Water Theft Identification Using PLC and SCADA and Self Power Generation in Supply Control System.

*International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 3(7), 698–703.

Groover, M.P. (2008). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. United State: Prentice Hall.

Hoek, J. P. van der, Bertelkamp, C., Verliefe, A. R. D., & Singhal, N. (2014). Practical Paper Drinking water treatment technologies in Europe: state of the art – challenges – research needs J. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, (3), 124–131. <https://doi.org/10.2166/aqua.2013.007>

*Improving the Quantity , Quality and Use of Africa ' s Water*. (2015).

Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan*.

Kusumadewi, D. A., Djakfar, L., & Bisri, M. (2012). *UNTUK MEREDUKSI GENANGAN*. 3, 258–276.

Mandala, H., Rachmat, H., Atmaja, D. S. E., Studi, P., Industri, T., Industri, F. R., & Telkom, U. (2015). Perancangan Sistem Otomatisasi Penggilingan Teh Hitam Orthodox Menggunakan Pengendali PLC Siemens S7 1200 dan Supervisory Control and Data Acquisition ( SCADA ) di PT . Perkebunan Nusantara VIII Rancabali. *E-Proceeding of Engineering*, 2(1), 990–997.

Mcintosh, A. C. (2014). *Urban Water Supply and Sanitation in Southeast Asia: A Guide to Good Practice*.

Nestmann, F., Oberle, P., Ikhwan, M., Klingel, P., Stoffel, D., & Solichin. (2011). Development of Underground Hydropower Systems for Karst Areas – Pilot Study Java, Indonesia. Asian Trans Disciplinary Karst Conference. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta 7-10 Januari 2011.

Nurhayata, I. G., & Santiyadnya, N. (2016). Sistem Kontrol Kran Solenoid Berbasis Rfid Pada Sistem Layanan Air Minum Desa. *Seminar Nasional Riset Inovatif (SENARI)*, 59–69.

Postel, S. (1992). *Last Oasis: Facing Water Scarcity*. New York: Worldwatch Institute WW Norton & Co.

Putranto, A., Mukti, A., Sugiono, D., Karim, S., Rawung, A. E., Susa'at, S., & Sugiono. (2008). *Teknik Otomasi Indsutri unti Sekolah Menengah Kejuruan*.

Rosegrant, M. W., & Perez, N. D. (1997). *Water Resources Development In Africa: A Review And Synthesis Of Issues, Potentials, And Strategies For The Future*.

Ross, D. A. (1970). *Introduction to Oceanography*. Meredith Corporation, New York: 106-124.

Roukas, T. (1996). Ethanol production from non-sterillized beer molasses by free and immobilized *Saccharomyces cerevisiae* sells using fed-batch culture. *Journal of Food Engineering*, 27, 87-96.

Schroeder, E.D. (1977). *Water and wastewater treatment*. Mc Graw-Hill: 357 pp.

Sugiarto, B., & Suharwanto. (2017). *Pengembangan Pemanfaatan Pengolahan Air Dalam*

- Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air di Dusun Temuireng, Desa Girisuko, Panggang, Gunungkidul. *Eksergi*, 14(2), 40–52.
- Susana, T. (2003). sumber:www.oseanografi.lipi.go.id. *Oseana*, XXVIII(3), 17–25.
- The National Academies. (2008). *Drinking Water Understanding the Science and Policy behind a Critical resource*.
- Tikkanen, A. (n.d.). Shadoof-Anatolia-Turkey.
- United States Environment Protection Agency. (2009). *Water on Tap What You Need to Know*.
- Wardhana, W. A., (1999). Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset Yogyakarta.
- Wiyono, N., Faturrahman, A., & Syauqiah, I. (2017). Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment). *Konversi*, 6(1), 27–35.
- World Bank. (1994). *The World Bank Annual Report*.
- World Health Organization Regional Office for Europe. (2002). *Water and health in Europe. A joint report from the European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe* (Vol. 7).
- World Health Organization Regional Office for South-East Asia. (2010). *Drinking Water Quality In The South-East Asia Region*.
- World Wildlife Fund. (2002). *The Facts on Water in Africa*.