



BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Wilayah Perencanaan

Gambaran umum wilayah menjelaskan tentang kondisi jaringan eksisting, geografi, geologis, topografi, klimatologi, hidrologi, dan demografi. Kondisi wilayah dapat menjadi gambaran saat dilakukan proses perencanaan agar dapat mengetahui kondisi wilayah tersebut.

4.1.1 Kondisi geografis

Kondisi geografis adalah kondisi yang dipengaruhi oleh letak astronomis permukaan bumi di suatu wilayah, serta keberadaan sebuah wilayah berdasarkan letak dan bentuknya di muka bumi. Kondisi geografis biasanya dibatasi dengan berbagai fitur geografi yang ada di bumi dan nama daerah yang secara langsung bersebelahan dengan daerah tersebut. Kecamatan Sukodono merupakan salah satu kecamatan yang terdapat di Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. Menurut kondisi geografis Kecamatan Sukodono terletak pada $7^{\circ} 19'08,92''$ LS dan $110^{\circ} 58' 04,43''$ BT. Adapun luas wilayah Kecamatan Sukodono adalah 4.555,32 Ha.

Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen terletak di bagian utara Bengawan Solo memiliki batasan wilayah. Berikut batas – batas wilayah Kecamatan Sukodono:

1. Batas Utara adalah Kabupaten Grobogan,
2. Batas Timur adalah Kecamatan Tangen dan Kecamatan Gesi,
3. Batas Selatan adalah Kecamatan Sidoarjo dan Kecamatan Tanon,
4. Batas Barat adalah Kecamatan Mondokan dan Kecamatan Sumberlawang.

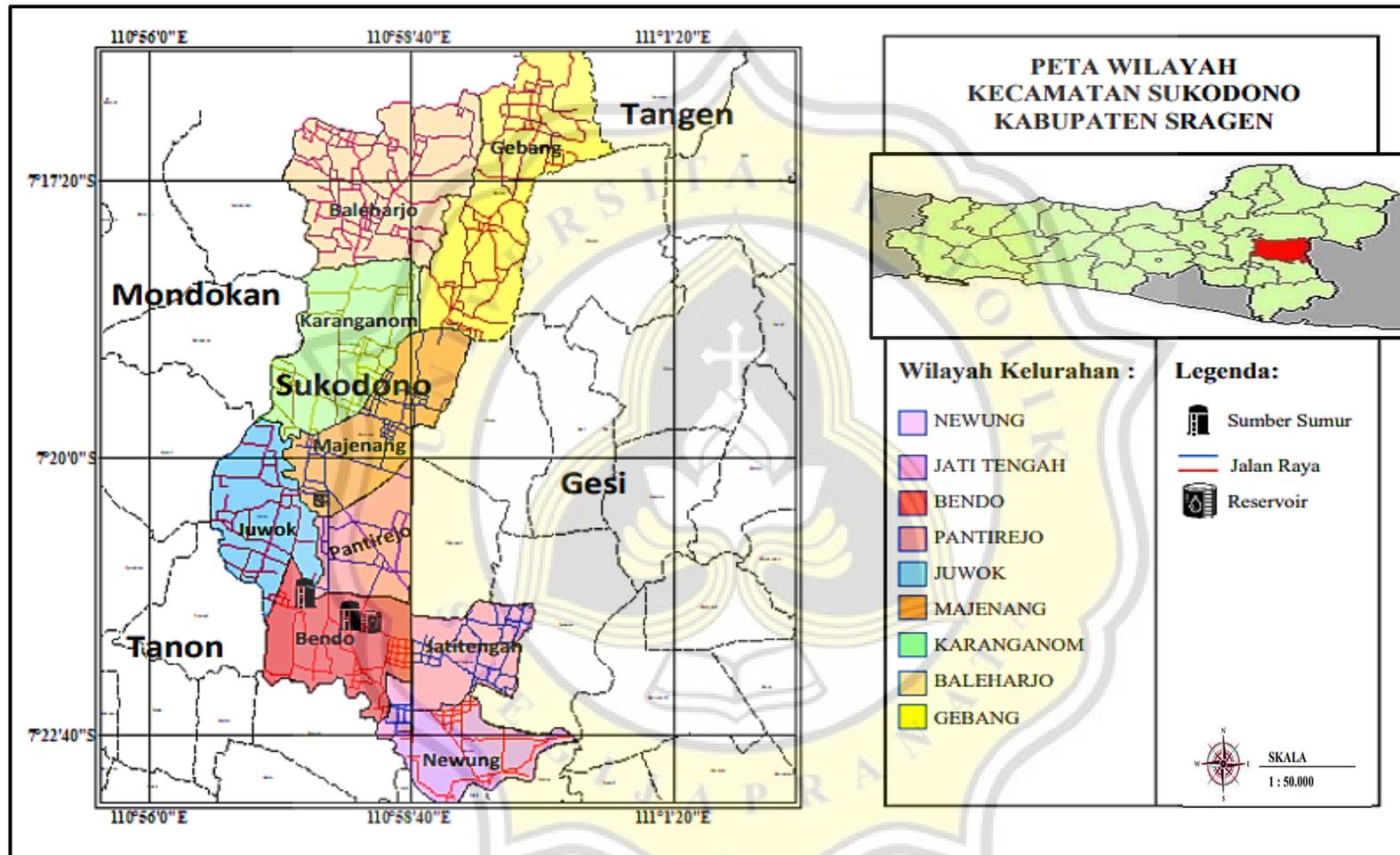
Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan batas wilayah dan peta wilayah Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah.



Gambar 4.1 Peta Batas Wilayah Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah
(Sumber: Diunduh dari <https://images.app.goo.gl/GDpsCBoCYbXYkNsEA> pada tanggal 12 Juni 2021 pukul 08.55 WIB)



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.2 Peta Wilayah Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen
(Sumber: Diunduh dari <http://geoportal.sragenkab.go.id/>
pada tanggal 3 Februari 2022 pukul 09.27 WIB)



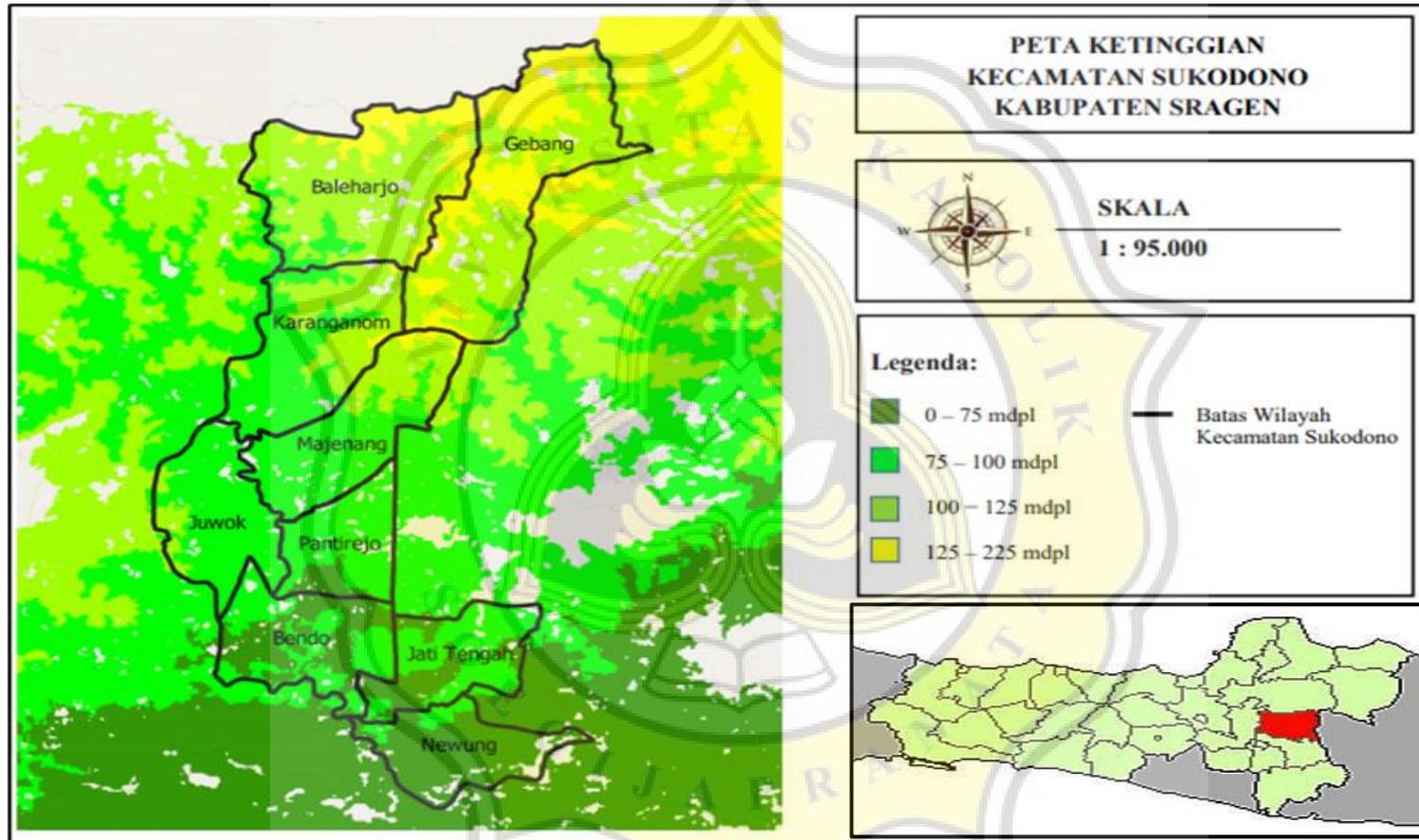
4.1.2 Kondisi topografi

Kondisi topografi Kecamatan Sukodono adalah dataran rendah dan memiliki dataran tinggi dengan permukaan dataran yang bergelombang atau bukit. Kecamatan Sukodono berada pada ketinggian dataran 75 mdpl dan yang tertinggi di ketinggian 225 mdpl. Dataran 0 mdpl - 100 mdpl mendominasi di wilayah Kelurahan Newung, Kelurahan Bendo, Kelurahan Jatitengah, Kelurahan Juwok, Kelurahan Pantirejo, Kelurahan Majenang. Ketinggian 125 – 225 mdpl berada di wilayah Kelurahan Karanganom, Kelurahan Baleharjo, dan Kelurahan Gebang. Gambar 4.3 merupakan gambar peta ketinggian Kecamatan Sukodono.





Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

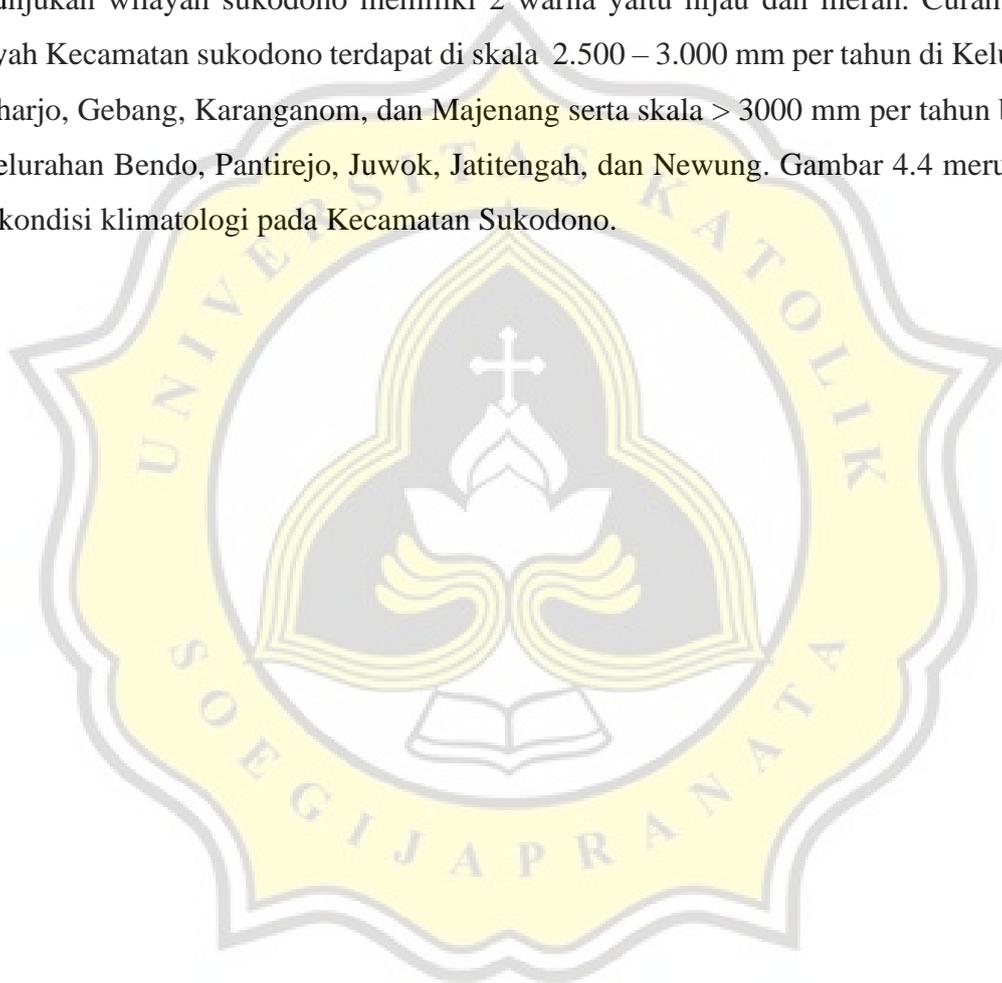


Gambar 4.3 Peta Ketinggian Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen
(Sumber: Diunduh dari <http://geoportal.sragenkab.go.id/>
pada tanggal 5 Januari 2022 pukul 19.57 WIB)



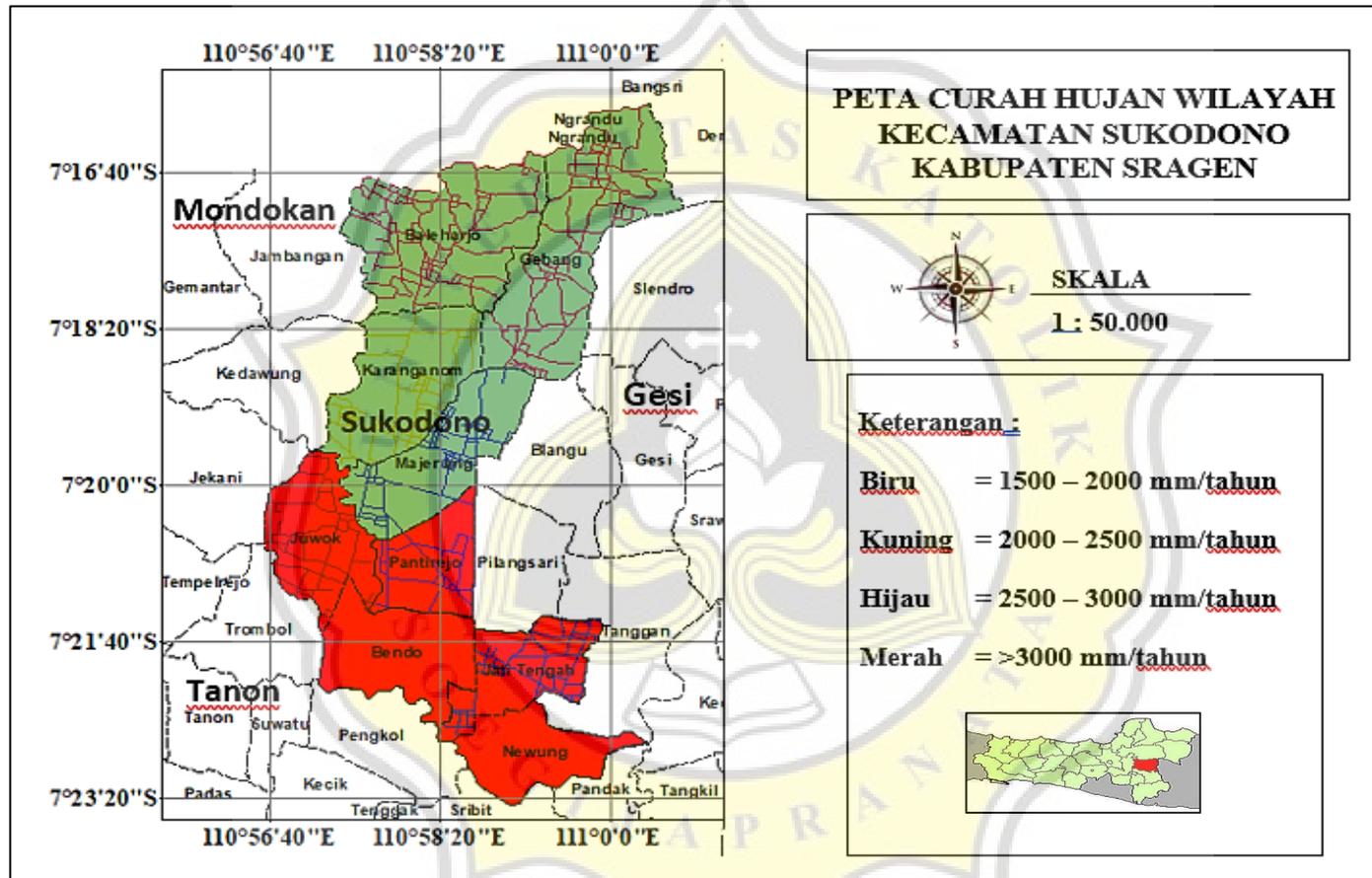
4.1.3 Kondisi klimatologi

Kecamatan Sukodono memiliki iklim tropis yang terdiri dari 2 musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), suhu udara Kecamatan Sukodono berkisar antara 21°C hingga 33°C, indeks UV ekstrim, kualitas udara sedang, dan tingkat kelembaban 47 %. Kecamatan Sukodono cenderung dalam wilayah kering, yaitu dengan curah hujan yang tinggi. Nilai curah hujan menunjukkan wilayah sukodono memiliki 2 warna yaitu hijau dan merah. Curah hujan wilayah Kecamatan sukodono terdapat di skala 2.500 – 3.000 mm per tahun di Kelurahan Baleharjo, Gebang, Karanganom, dan Majenang serta skala > 3000 mm per tahun berada di Kelurahan Bendo, Pantirejo, Juwok, Jatitengah, dan Newung. Gambar 4.4 merupakan peta kondisi klimatologi pada Kecamatan Sukodono.





Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.4 Peta Kondisi Klimatologi Kecamatan Sukodono
(Sumber: Diunduh dari <http://geoportal.sragenkab.go.id/>
pada tanggal 3 Januari 2022 pukul 10.08 WIB)



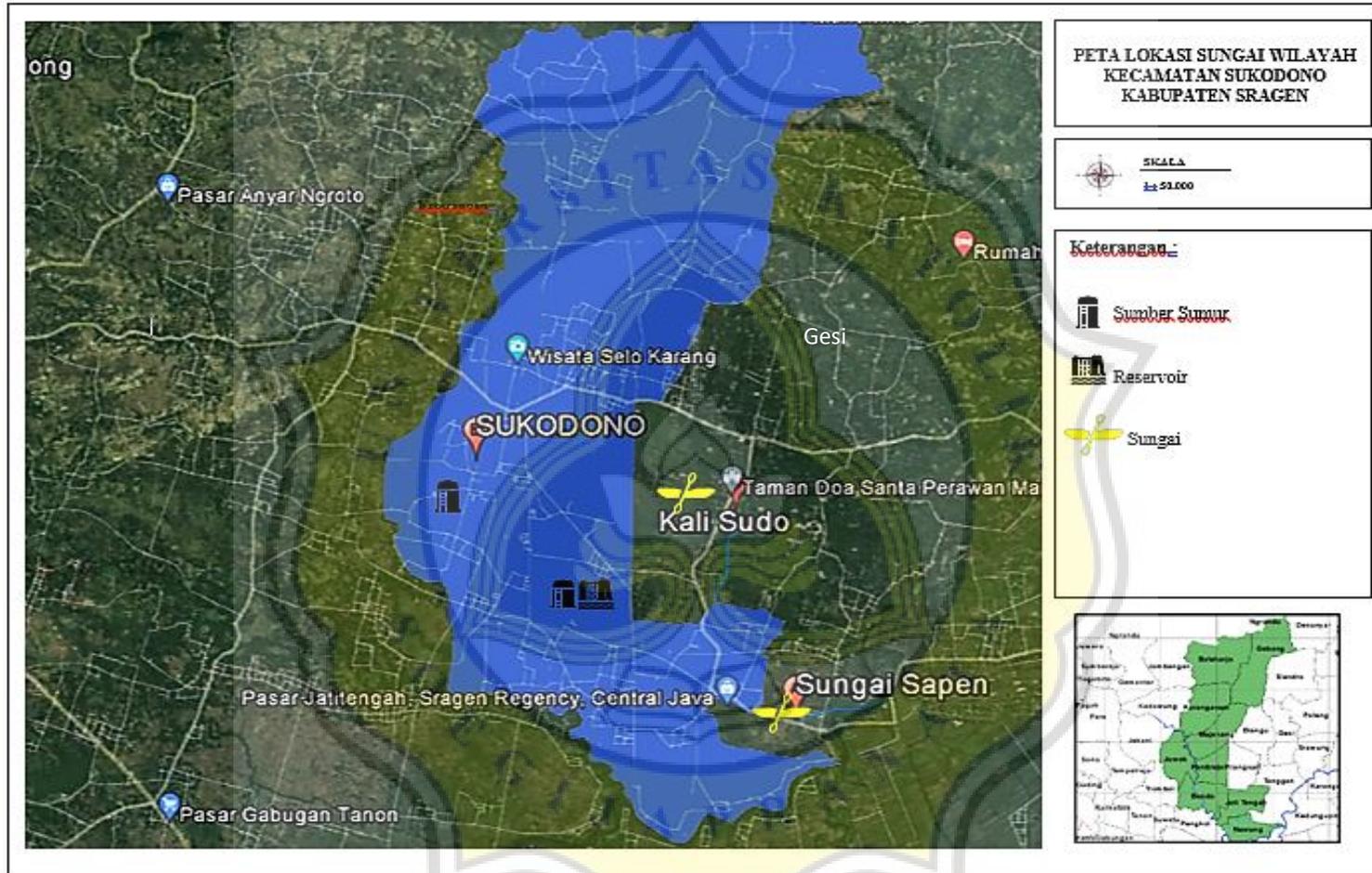
4.1.4 Kondisi hidrologi

Kondisi hidrologi adalah pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh bumi. Kondisi hidrologi di Kecamatan Sukodono terdiri dari sumber air permukaan dan sumber air tanah. Air permukaan di Sukodono berasal dari sungai terdekat melewati Kecamatan Sukodono yaitu sungai Sudo dan Sungai Sapen. Untuk sumber air tanah di Kecamatan Sukodono memiliki 3 sumur yang terletak di Kelurahan Bendo. Sumur pada Kelurahan Bendo dikelola oleh PDAM Kabupaten Sragen. Kecamatan Sukodono memiliki 2 *reservoir* dengan kapasitas per *reservoir* yaitu 200 m³. Gambar 4.5 merupakan peta lokasi sungai – sungai yang mengalir wilayah Kecamatan Sukodono.





Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.5 Letak Lokasi Sungai – Sungai yang mengalir Wilayah Kecamatan Sukodono
(Sumber: Diunduh dari <http://geoportalsragenkab.go.id/> pada tanggal 5 Januari 2022 pukul 13.45 WIB)



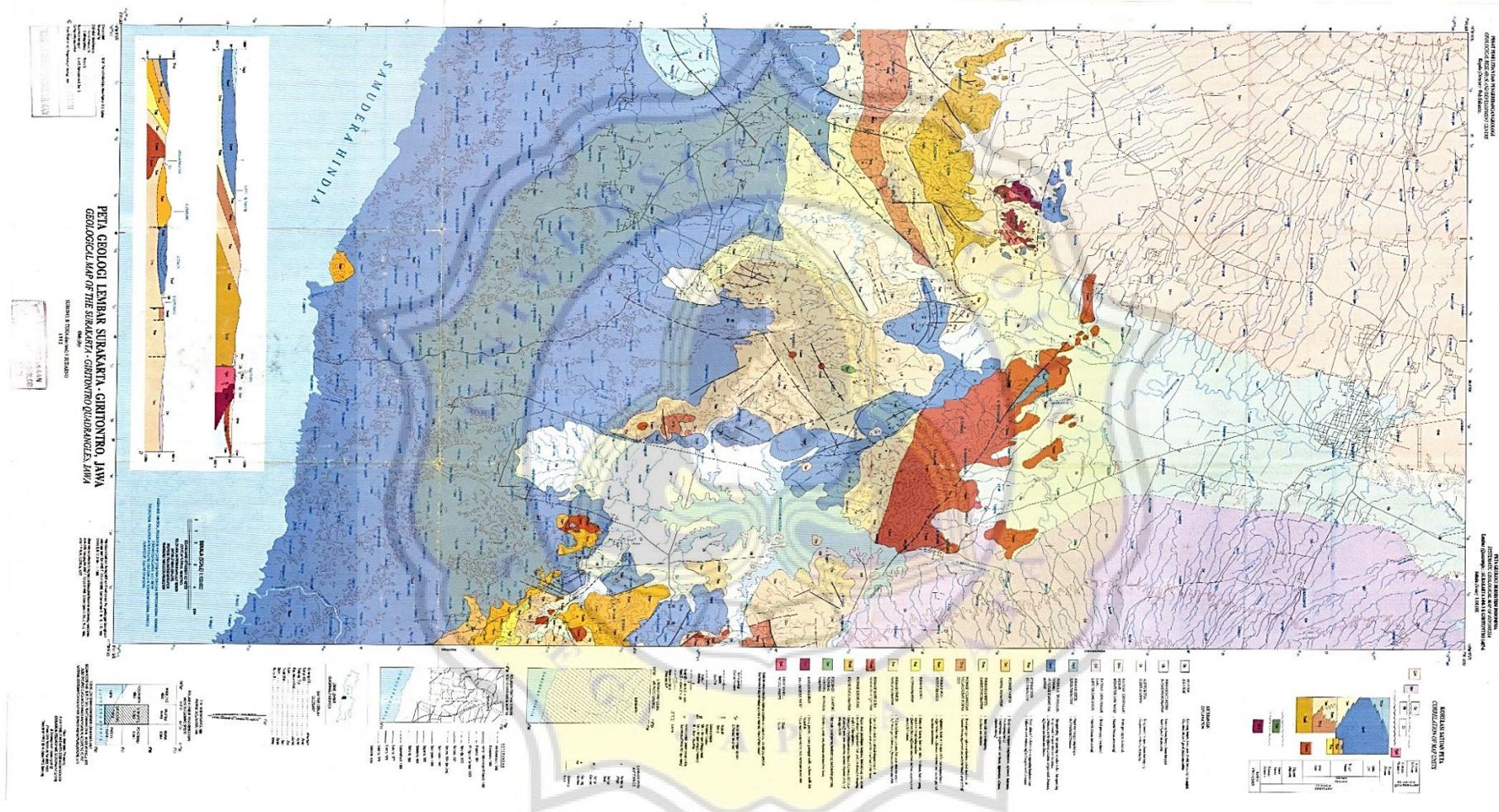
4.1.5 Kondisi geologi

Kondisi geologi di Kabupaten Sragen terdiri dari beberapa satuan batuan yaitu *alluvium*, kompleks *litosol mediteran*, *grumusol*, *kolluvial*, asosiasi *Mediteran*, asosiasi *litosol*, *litosol*, *mediteran*. Jenis tanah di Kecamatan Sukodono pada umumnya terdiri dari jenis tanah kompleks *litosol mediteran*. Tanah kompleks *litosol mediteran* merupakan jenis tanah yang terbentuk dari proses pelapukan batuan beku dan sedimen. Tanah *litosol mediteran* memiliki ciri khas butiran kasar berupa kerikil. Tanah ini sangat miskin unsur hara sehingga tidak subur dan kurang baik untuk pertanian. Karena sifat tanahnya yang kurang subur. Pada dataran Kecamatan Sukodono terdapat banyak hutan pohon besar daripada perkebunan dan sawah. Klasifikasi kondisi geologis Kabupaten Sragen dapat dibedakan menggunakan perbedaan warna sesuai dengan jenis tanah di daerah tersebut. Gambar 4.6 merupakan klasifikasi tanah yang berada di Kabupaten Sragen.





Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.6 Klasifikasi Tanah di Kabupaten Sragen
(Sumber: Diunduh dari <http://geoportal.sragenkab.go.id/>
pada tanggal 5 Februari 2022 pukul 15.55 WIB)



4.1.6 Kondisi demografis

Kondisi demografi adalah ilmu kependudukan yang bertujuan untuk melihat dinamika penduduk suatu wilayah dengan meliputi ukuran, struktur penduduk, distribusi penduduk, serta bagaimana jumlah penduduk berubah setiap waktu akibat kelahiran, kematian, migrasi, serta penuaan. Berdasarkan data Kecamatan Sukodono pada tahun 2012 hingga 2020 mengalami penambahan jumlah penduduk yang tidak terlalu melonjak tinggi. Pada Kecamatan Sukodono mengalami penambahan penduduk setiap tahun hingga data terakhir jumlah penduduk di tahun 2020 yaitu 33.370 jiwa dengan kepadatan penduduk rata-rata per kilometer sebesar 732 org/km². Berdasarkan kondisi di lapangan, keadaan pemukiman rumah warga di Kelurahan Bendo berada dalam kondisi ekonomi menengah kebawah. Kondisi pemukiman rumah di Kelurahan Bendo dapat diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kondisi Pemukiman Rumah di Kelurahan Bendo

Berdasarkan pengelompokan data – data penduduk, data terakhir pada tahun 2020 Kecamatan Sukodono memiliki penduduk berjenis kelamin laki – laki yaitu 16.882



jiwa dan perempuan 16.488 jiwa. Tabel 4.1 merupakan data penambahan jumlah penduduk Kecamatan Sukodono.

Tabel 4.1 Tabel Jumlah Penduduk Kecamatan Sukodono

Tahun	Jumlah Penduduk
2012	29.321
2013	29.395
2014	29.459
2015	29.514
2016	29.559
2017	29.599
2018	29.631
2019	29.660
2020	33.370
2021	33.370

(Sumber: Badan Pusat Statistik Sragen, 2021)

Kecamatan Sukodono memiliki 9 desa yaitu Kelurahan Newung, Kelurahan Jatitengah, Kelurahan Bendo, Kelurahan Juwok, Kelurahan Pantirejo, Kelurahan Majenang, Kelurahan Baleharjo, Kelurahan Karangnom, dan Kelurahan Gebang. Tabel 4.2 dapat dijabarkan jumlah penduduk tiap kelurahan di Kecamatan Sukodono.

Tabel 4.2 Data Jumlah Penduduk Tiap Kelurahan di Kecamatan Sukodono

No.	Kelurahan	Jumlah Penduduk
1	Newung	3.028
2	Jatitengah	3.323
3	Bendo	4.664
4	Juwok	3.013
5	Pantirejo	2.547
6	Majenang	4.669
7	Karangnom	4.761
8	Gebang	3.273
9	Baleharjo	4.092

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2020)

4.1.7 Volume Pemakaian Air

Kecamatan Sukodono memiliki masalah terkait penyebaran ketersediaan air yang tidak merata, bahkan indeks pemakaian air juga cukup beragam di berbagai tempat. Kecamatan Sukodono diketahui memiliki total jumlah penduduk telayani sebanyak 9.505 jiwa dari 33.370 jiwa dan jumlah SR keseluruhan di enam kelurahan. Untuk



mengetahui jumlah volume pemakaian air bersih dan tagihan pelanggan unit Sukodono pada bulan Desember tahun 2020 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Volume Pemakaian dan Tagihan Pelanggan Unit Sukodono Bulan Desember Tahun 2020

Lokasi		01 - Sukodono					
Periode		Desember Th 2020					
Volume		0 m3 - 9999 m3					
No.	Golongan Pelanggan	Jumlah Pelanggan	Volume Pakai	Harga Air (Rp)	D.Meter & adm	Denda	Nilai Tagihan
1	Sosial Umum	16	70	13.7469	12.833	5.000	155.303
2	Sosial Khusus	122	533	705.555	53.512	85.833	844.900
3	Rumah Tangga II	1	4	8.714	500	833	10.047
4	Rumah Tangga III	7605	33221	44.296.429	3.661.576	3.312.500	51.270.505
5	Rumah Tangga IV	1900	8.300	17.809.065	950.000	433.333	19.192.398
6	Instansi Pemerintahan	162	708	2.336.924	81.000	40.833	2.458.758
7	Hankam	8	35	165.060	4.000	0	169.060
8	Niaga I	19	83	260.426	9.500	0	269.926
9	Sekolahan	43	188	831.173	21.500	31.667	884.339
	TOTAL	9876	43.142	66.550.814	4.794.422	3.910.000	75.255.235

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2020)

4.1.8 Topografi sumur

Terdapat tiga sumber air baku yang berasal dari sumur dalam yang terletak di Kelurahan Bendo. Dua sumber air terletak di lokasi yang berdekatan dan sumber air lain terletak di lokasi yang berbeda dengan jarak sebesar 413 meter. Pada kondisi *existing*, PDAM Kecamatan Sukodono menggunakan ketiga sumur dalam tersebut untuk kegiatan layanan dengan total ketersediaan debit sebesar 27,07 liter/detik. Pengambilan air dari sumber air bersih menggunakan sistem pompa untuk kemudian disalurkan ke dalam *reservoir*. Sumur produksi pertama atau PS Sukodono 1 berada di titik koordinat 110.96837°E dan -7.36498°S dengan elevasi 77 mdpl dan kedalaman sumur 150 meter. PS Sukodono 2 berada di titik koordinat 110.96852°E dan -7.365°S dengan elevasi 78 mdpl dan kedalaman sumur 150 meter. PS Sukodono 3 berada di titik koordinat 110.96536°E dan -7.36279°S

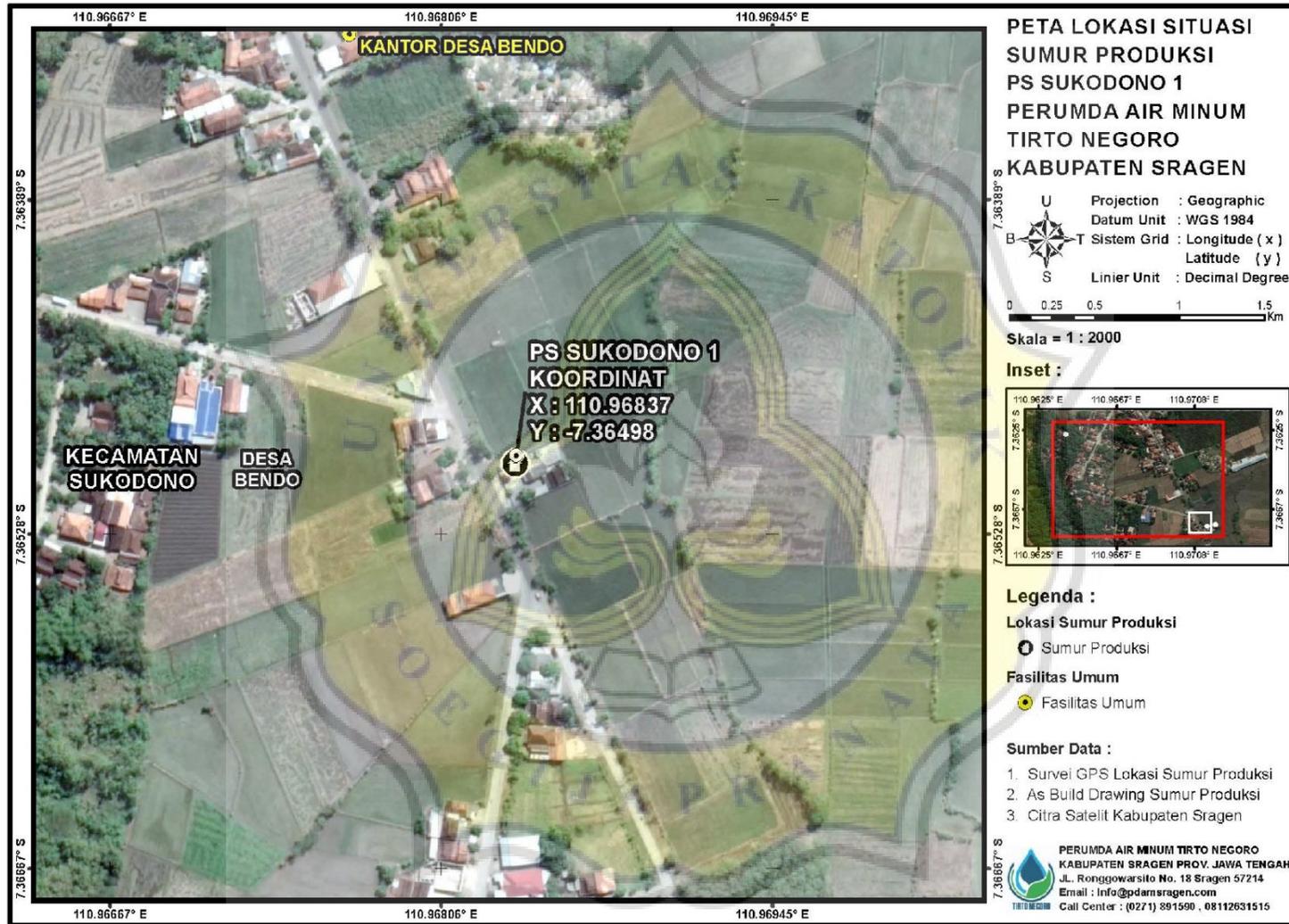


dengan elevasi 82 mdpl dan kedalaman sumur 120 meter. Peta lokasi ketiga sumur di Kecamatan Sukodono 3 diperlihatkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Peta lokasi PS Sukodono 1

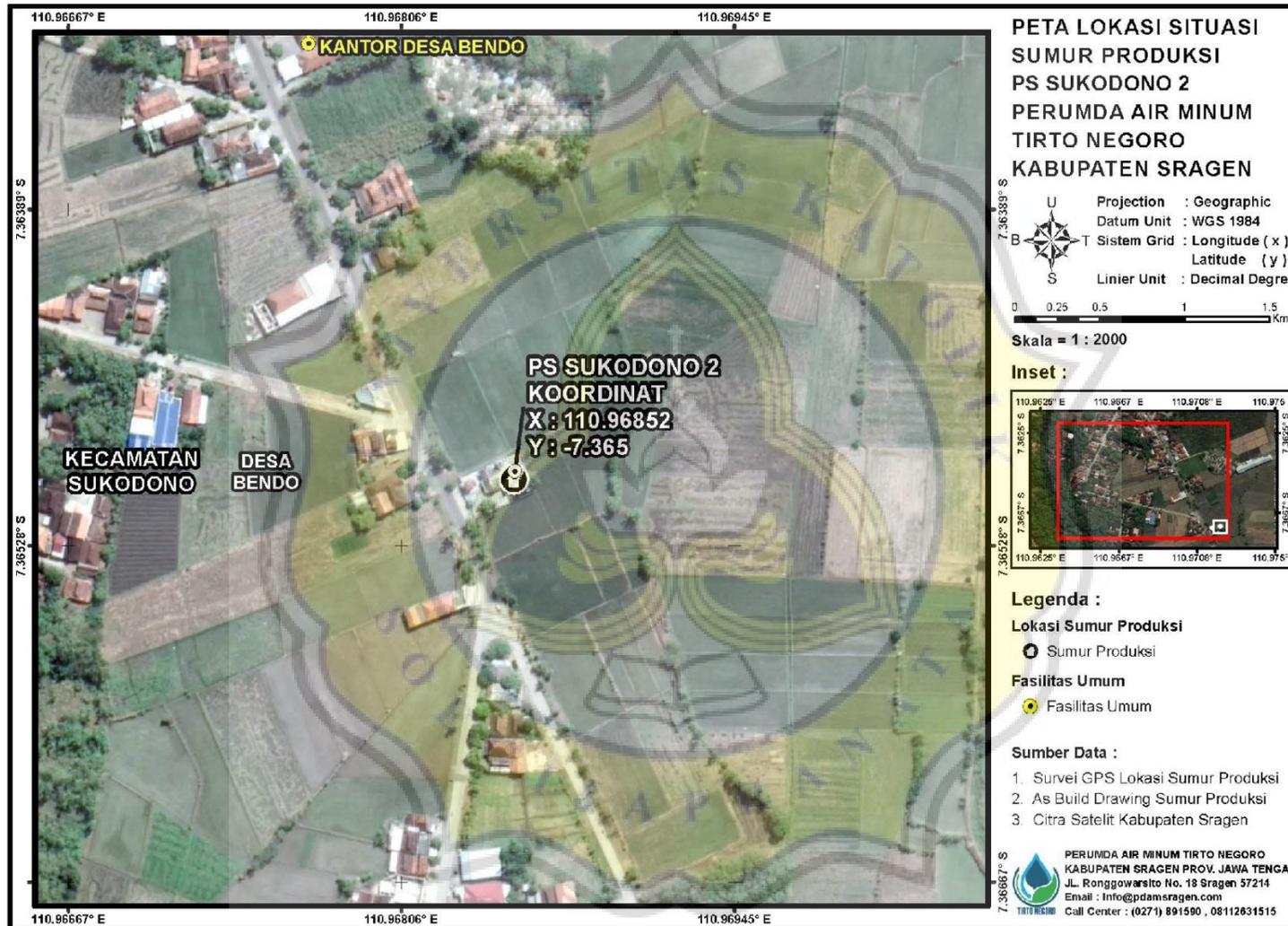
Peta lokasi PS Sukodono 1, PS Sukodono 2, PS Sukodono 3 diperlihatkan dalam Gambar 4.9 hingga Gambar 4.11.



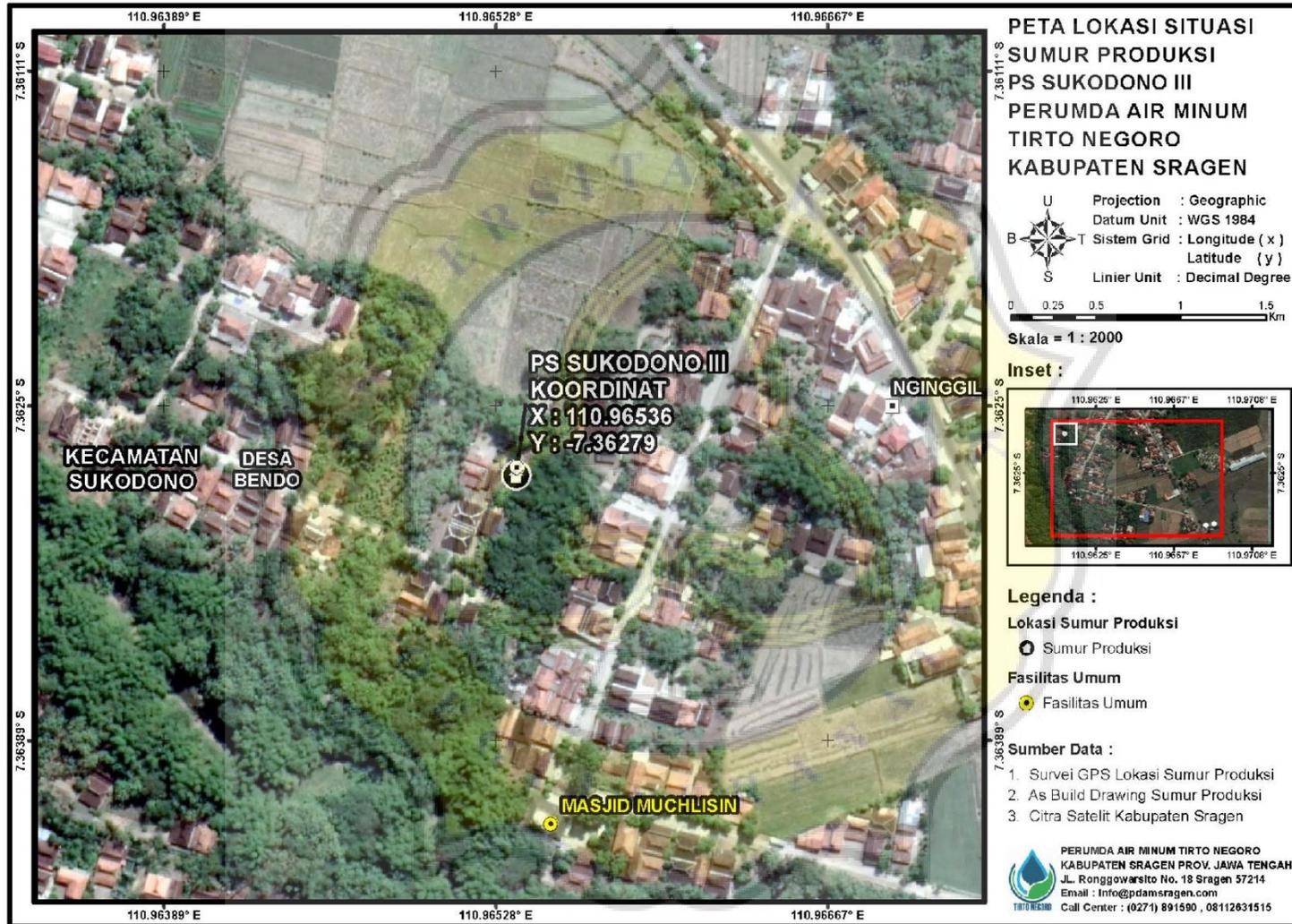
Gambar 4.9 Peta lokasi PS Sukodono 1



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.10 Peta lokasi PS Sukodono 2



Gambar 4.11 Peta lokasi PS Sukodono 3



4.2. Evaluasi Kebutuhan Jaringan Air *Existing*

4.2.1. Evaluasi debit air Kecamatan Sukodono

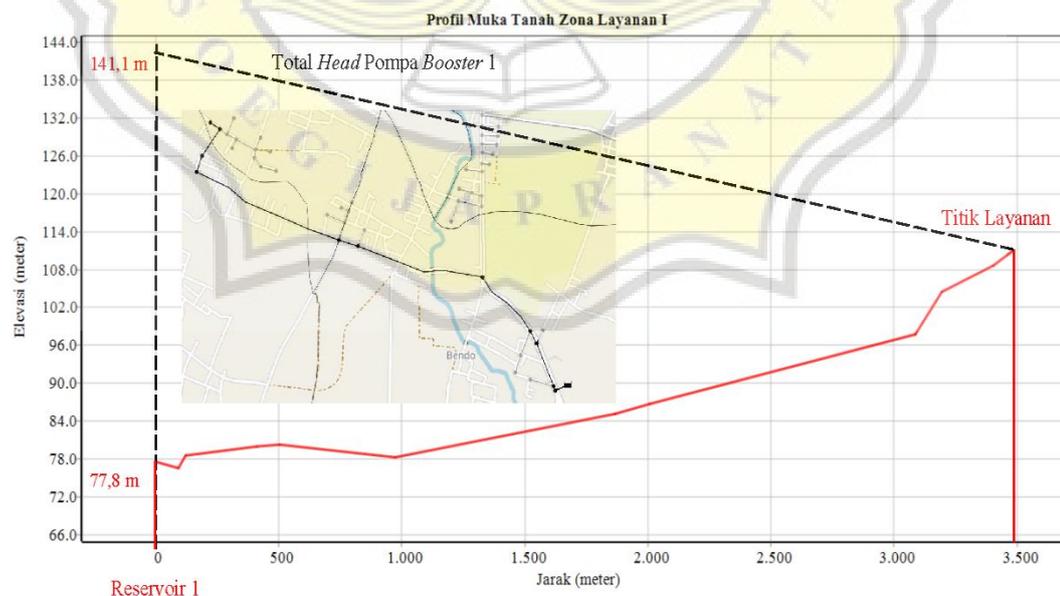
Evaluasi debit air dapat dilihat berdasarkan tinggi energi (*head pompa*), debit ketersediaan sumber air, dan debit layanan kebutuhan air bersih penduduk. Berikut evaluasi kebutuhan air *existing* berdasarkan debit air:

4.2.1.1. Evaluasi debit berdasarkan tinggi energi

Pendistribusian serta sistem yang digunakan dibagi berdasarkan zona layanannya dengan menggunakan dua reservoir berkapasitas masing-masing 200 m³.

1. Zona Layanan I

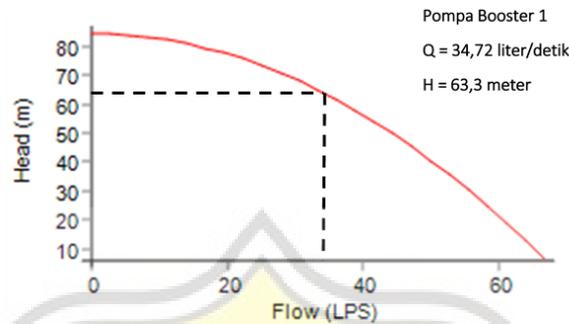
Zona layanan I merupakan layanan distribusi air dari *Reservoir* Sukodono (R1) dengan menggunakan pompa. *Reservoir* Sukodono mendistribusikan air bersih ke wilayah Jati Tengah, Bendo, Pantirejo, dan beberapa wilayah Juwok. Air dari sumber PS Sukodono 1 dan PS Sukodono 2 dipompa masuk ke dalam R1 yang berelevasi 77,8 meter dan didistribusikan ke titik layanan terjauh dengan elevasi setinggi 110,91 meter, pada jarak 3482,72 meter dari reservoir menggunakan pompa *booster* dengan *head* sebesar 63,3 meter dan debit 34,72 liter/detik dengan total *head* sebesar 141,1 meter. Profil muka tanah pada sistem aliran pertama ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Profil Muka Tanah Reservoir 1 – Titik Layanan Terjauh Zona Layanan I



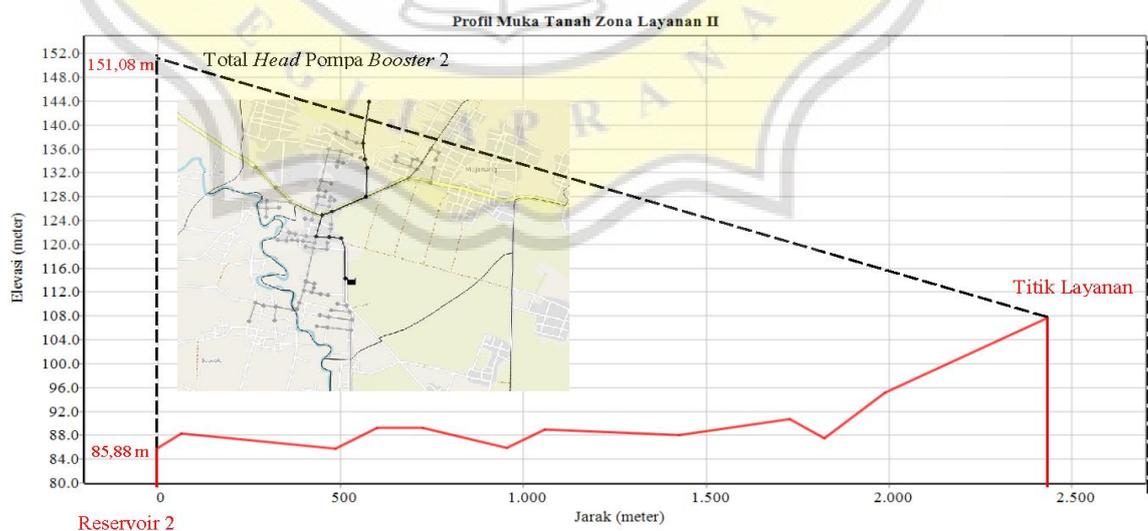
Kurva pompa *booster* yang digunakan dalam zona layanan I pada sistem jaringan *existing* di Kecamatan Sukodono diperlihatkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Kurva Pompa Booster 1

2. Zona layanan II

Zona layanan II, merupakan layanan distribusi air dari *Reservoir* Mondokan (R2) dengan menggunakan pompa. *Reservoir* Mondokan mendistribusikan air bersih ke wilayah Majenang, Karanganyam, dan beberapa wilayah Juwok Air dari sumber PS Sukodono 3 dipompa masuk ke dalam R2 dan didistribusikan ke titik layanan terjauh dengan elevasi setinggi 107,69 meter pada jarak 2431 meter dari *Reservoir* Mondokan yang berelevasi 85,88 meter menggunakan pompa *booster* dengan *head* sebesar 65,2 meter dan debit pompa 8,673 liter/detik dengan total *head* sebesar 151,08 meter. Profil muka tanah pada sistem aliran kedua ditunjukkan dalam Gambar 4.14.

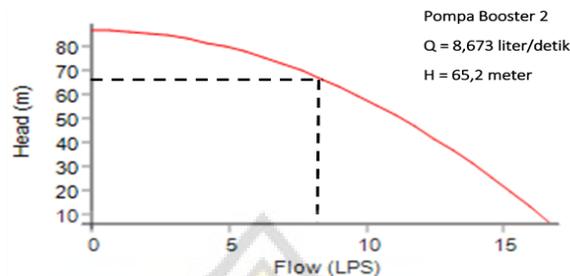


Gambar 4.14 Profil Muka Tanah Reservoir 2 – Titik Layanan Terjauh Zona Layanan II



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

Kurva pompa *booster* yang digunakan dalam zona layanan II pada sistem jaringan *existing* di Kecamatan Sukodono diperlihatkan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Kurva Pompa Booster 2

Peta Zona Layanan dan sistem jaringan PDAM Kecamatan Sukodono pada kondisi *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.1.

4.2.1.2. Evaluasi debit berdasarkan ketersediaan sumber air

Terdapat 3 sumber sumur air bersih yang mencukupi kebutuhan pelanggan di Kecamatan Sukodono diperlihatkan pada Tabel 1.1. Dari data tersebut, penggunaan air bersih dari sumber air PS Sukodono 3 terbagi atas wilayah Kecamatan Sukodono dan Kecamatan Mondokan. Data sumber air bersih, *reservoir*, dan pompa yang digunakan di Kecamatan Sukodono diperlihatkan pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.6.

Tabel 4.4 Data Sumber Air Bersih di Kecamatan Sukodono

No.	Nama Sumur	Jenis	Elevasi Muka Tanah (m)	Kedalaman Sumur (m)	Debit Produksi	Debit Terpakai	Status
1.	PS Sukodono 1	Sumur dalam	77	150	7,40 lt/detik	4,56 lt/detik	Aktif
2.	PS Sukodono 2	Sumur dalam	78	150	15,80 lt/detik	10,38 lt/detik	Aktif
3.	PS Sukodono 3	Sumur dalam	82	120	3,87 lt/detik	1,65 lt/detik	Aktif
				Total	27,04 lt/detik	16,59 lt/detik	

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2021)

Tabel 4.5 Data *Reservoir* di Kecamatan Sukodono

Lokasi	Nama <i>Reservoir</i>	Elevasi Muka Tanah (mdpl)	Elevasi Dasar <i>Reservoir</i> (m)	Kapasitas Maksimum (m ³)	Dimensi <i>Reservoir</i> (p x l x t)	Sistem Pengaliran	Fungsi
Bendo	Res PS Sukodono	77,6	+77.60	220	10x10x2,2 m	Pompa	<i>Reservoir</i> utama
Mondokan	Res Mondokan	85,88	+85,88	220	10x10x2,2 m	Pompa	<i>Reservoir</i> utama

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2021)



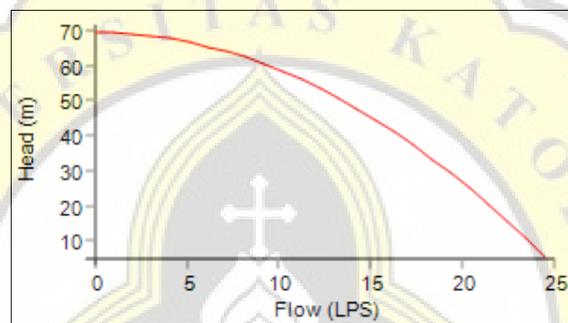
Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

Tabel 4.6 Data Pompa di Kecamatan Sukodono

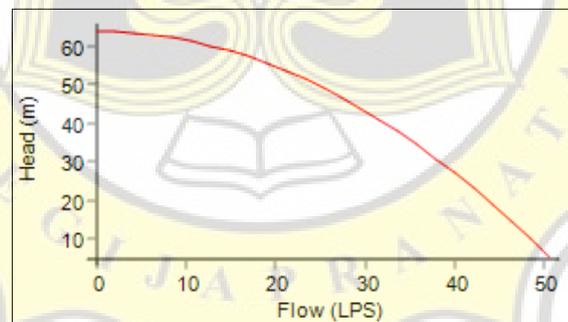
Lokasi	Kedalaman Sumur (m)	Elevasi Muka Air Tanah (m)	Tipe Pompa	Head Maksimum Pompa (m)	Kapasitas Maksimum (m ³ /jam)	Waktu Operasi (jam)	Daya (kW)
Bendo 1	150	+30,2	Grundfos 46-6	52	46	14,8	9,2
Bendo 2	150	+28,8	Grundfos 95-4	48	95	15,8	18,5
Bendo 3	120	+21,5	Grundfos 77-6	74	77	10,3	22

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2021)

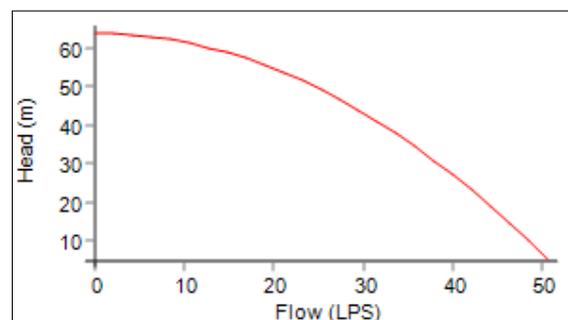
Kurva pompa yang digunakan dalam sistem jaringan *existing* di Kecamatan Sukodono diperlihatkan dalam Gambar 4.16 hingga Gambar 4.18.



Gambar 4.16 Kurva Pompa Bendo 1



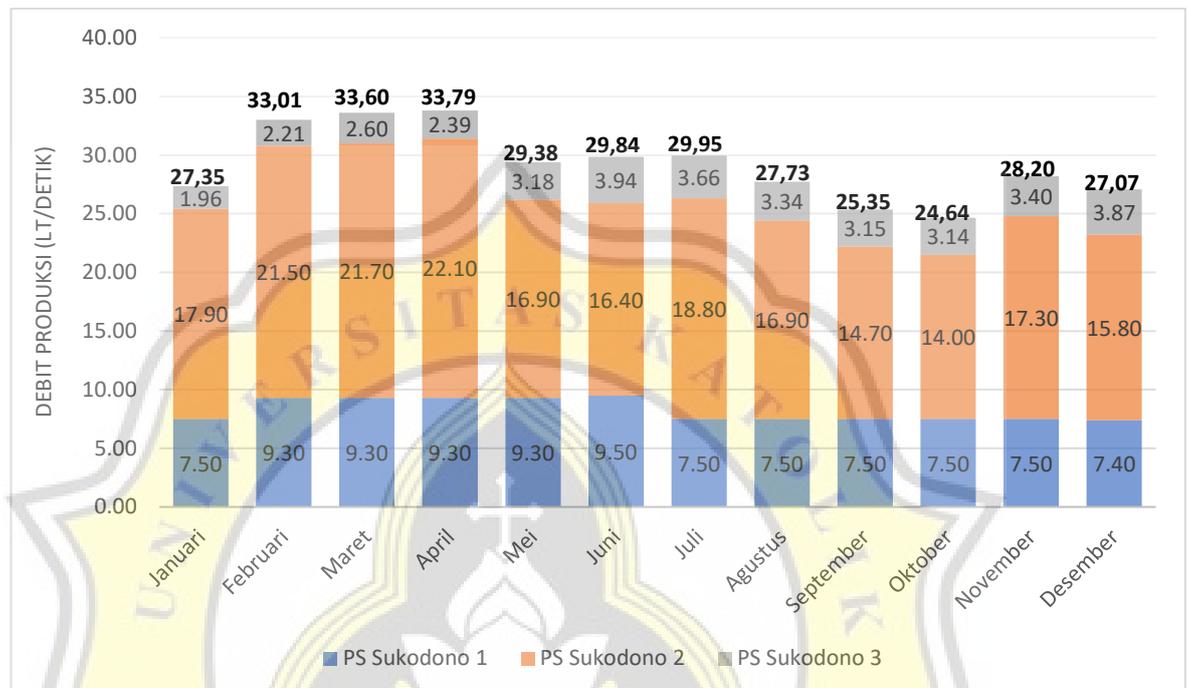
Gambar 4.17 Kurva Pompa Bendo 2



Gambar 4.18 Kurva Pompa Bendo 3



Kapasitas sumber air yang tersedia dapat berubah seiring perubahan musim, baik di musim penghujan dan musim kemarau. Data kapasitas sumber air selama tahun 2020 diperlihatkan dalam Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Data Kapasitas Sumber Air Selama Tahun 2020

Berdasarkan data kapasitas sumber air di atas, diambil debit sumber air terkecil yaitu di bulan Oktober tahun 2020 dengan debit yang tersedia sebesar 24,64 lt/detik. Bila penduduk terlayani 9505 jiwa dengan kebutuhan air sebesar 11,72 lt/detik, maka masih terdapat sisa debit 12,92 lt/detik. Presentase debit terpakai sebesar 48% dan debit sisa sebesar 52% dari total debit. Jadi, baik pada waktu kemarau atau musim penghujan di tahun 2020 debit sumber air masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penduduk terlayani.

4.2.1.3. Evaluasi Debit Berdasarkan Layanan Kebutuhan Air Bersih

Jumlah penduduk terlayani terhadap jumlah total penduduk, maka sisa penduduk sebanyak 23.865 jiwa atau 4.685 SR belum terlayani oleh PDAM Sukodono. Jumlah kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah pelanggan tahun 2020 di enam kelurahan yang ada di Kecamatan Sukodono, diperlihatkan pada Tabel 4.7.



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

Tabel 4.7 Pelanggan PDAM Pada Tiap Kelurahan di Kecamatan Sukodono

Kelurahan	Jumlah Penduduk Administratif (jiwa)	Jumlah Penduduk Terlayani PDAM (jiwa)	Jumlah SR (titik)
Jatitengah	3.323	2.110	417
Bendo	4.664	1.890	373
Juwok	3.013	440	88
Pantirejo	2.547	1.110	212
Majenang	4.669	2.930	581
Karanganom	4.761	1.025	195
	Total	9.505	1.866

Berdasarkan Tabel 4.7 total jumlah penduduk terlayani sebanyak 9.505 jiwa dari 33.370 jiwa dan jumlah SR keseluruhan di enam kelurahan sebanyak 1.866 titik, didapat rasio jiwa/KK dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio jiwa/KK} &= \frac{\text{Total jumlah penduduk terlayani}}{\text{Total jumlah SR}} \\
 &= \frac{9505}{1866} \\
 &= 5,093 \text{ jiwa/SR}
 \end{aligned}$$

Pada tabel 4.8 dapat dilihat cakupan pelayanan air bersih pada tiap kelurahan di Kecamatan Sukodono.

Tabel 4.8 Cakupan Pelayanan Air Bersih Pada Tiap Kelurahan di Kecamatan Sukodono

Kelurahan	Jumlah Penduduk Tahun n Proyeksi (2020)	Cakupan Pelayanan Air Bersih (Jiwa)	Cakupan Pelayanan Air Bersih (%)
Newung	3.028	-	-
Jatitengah	3.323	2.110	63,5
Bendo	4.664	1.890	40,5
Juwok	3.013	440	14,6
Pantirejo	2.547	1.110	43,5
Majenang	4.669	2.930	62,8
Karanganom	4.761	1.025	21,5
Gebang	3.273	-	-
Baleharjo	4.092	-	-
Total	33.370	9.505	28,5



Berdasarkan kondisi *existing* pada bulan Desember tahun 2020, data air bersih yang dikeluarkan oleh PDAM di Kecamatan Sukodono:

1. Debit terpakai

Menurut Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, jumlah total debit terpakai pada bulan Desember tahun 2020 sebesar 44.450 m³ yang keluar dari *reservoir* menuju ke titik-titik layanan. Perhitungan total debit terpakai sebesar 44.450 m³ yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Total debit terpakai} &= (\text{PS Sukodono 1} + \text{PS Sukodono 2} + \text{PS Sukodono 3}) \\ &\quad \times \text{jumlah detik/hari} \times \text{jumlah hari/bulan} \\ &= (4,56 + 10,38 + 1,65) \times 86400 \times 31 \\ &= 44.450 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berikut penjabaran debit terpakai berdasarkan kondisi *existing* tahun 2020 di Kecamatan Sukodono:

a. Debit terpakai PS Sukodono 1 dan PS Sukodono 2

Diketahui pada Tabel 4.4, bahwa total debit terpakai PS Sukodono 1 sebesar 4,56 lt/detik dan PS Sukodono 2 sebesar 10,38 lt/detik. Sehingga dihitung jumlah distribusi PS Sukodono 1 dan PS Sukodono 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Distribusi PS 1 dan 2} &= \text{debit terpakai} \times \text{jumlah detik/hari} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{hari/bulan} \\ &= (4,56 + 10,38) \times 86400 \times 31 \\ &= 40.015.296 \text{ lt} \\ &= 40.015,296 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui jumlah distribusi air PS Sukodono 1 dan PS Sukodono 2 adalah sebesar 40.015,296 m³.

b. Debit terpakai PS Sukodono 3

Debit produksi PS Sukodono 3 pada Tabel 4.4 sebesar 4,12 lt/detik, sehingga distribusi sebagai berikut:

$$\text{Distribusi PS 3} = \text{debit terpakai} \times \text{jumlah detik/hari} \times \text{jumlah hari/bulan}$$



$$\begin{aligned}
 &= 4,12 \times 86.400 \times 31 \\
 &= 11.023.000 \text{ lt} \\
 &= 11.023 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui jumlah debit PS Sukodono 3 adalah sebesar 11.023 m³. Penggunaan air bersih dari sumber air PS Sukodono 3 terbagi atas dua wilayah yaitu Kecamatan Sukodono dan Kecamatan Mondokan. Pemakaian air PS Sukodono 3 di wilayah Kecamatan Sukodono di sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Distribusi ke Sukodono} &= \text{Total debit terpakai} - \text{Debit terpakai PS 1 dan 2} \\
 &= 44.450 \text{ m}^3 - 40.015,296 \text{ m}^3 \\
 &= 4.434,70 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, jumlah distribusi air PS Sukodono 3 yang menuju ke Kecamatan Sukodono sebesar 4.434,70 m³ dan sisa debit terpakai yang menuju ke Kecamatan Mondokan sebesar 6.588,30 m³. Maka perhitungan persentase debit terpakai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase terpakai} &= \frac{\text{Distribusi ke Sukodono}}{\text{Distribusi PS 3}} \times 100\% \\
 &= \frac{4.434,70 \text{ m}^3}{11.023 \text{ m}^3} \times 100\% \\
 &= 40,23\%
 \end{aligned}$$

Maka terbaginya pemakaian sumber air oleh dua wilayah di sumur tersebut, wilayah Kecamatan Sukodono mendapat 40,23% dari total debit.

Berdasarkan jumlah total debit air terpakai untuk Kecamatan Sukodono sebesar 44.450 m³ dengan total jumlah SR sebesar 1.866 titik termasuk kedalam kebutuhan domestik. Dari total jumlah debit tersebut juga akan didistribusikan ke pelanggan-pelanggan non domestik di seluruh Kecamatan Sukodono melalui jaringan pipa air bersih. Maka dari itu, dibutuhkan data kebutuhan air non domestik di Kecamatan Sukodono pada tiap sektor yang diperlihatkan dalam Tabel 4.9.



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

Tabel 4.9 Data Kebutuhan Air Unit Non Domestik Pada Tiap Kelurahan di Tiap Sektor

Unit \ Kelurahan	Pemakaian air rata-rata sehari (liter/unit)	Jatitengah	Bendo	Juwok	Pantirejo	Majenang	Karanganom	Total Unit
Rumah Makan	100	6	21	4	16	19	11	77
Toko/ Toserba	3	48	26	17	32	73	30	226
Pasar	12000	1	1	1	1	1	1	6
Ruko	100	4	5	4	3	5	2	23
Masjid	3000	10	14	4	7	8	7	50
Mushola	2000	8	17	23	9	5	8	70
Gereja	300	-	-	-	-	-	1	1
Vihara	100	-	-	1	-	-	-	1
Industri	100	31	3	1	-	89	33	157
Kantor Kospin	100	1	1	-	-	1	-	3
Koperasi	100	-	1	-	-	2	-	3
Kantor KUD	100	-	1	-	-	-	1	2
TK	10	2	4	3	2	4	1	16
RA	10	-	1	-	-	-	-	1
Puskesmas/ pustu	2000	1	-	-	-	-	1	2
SD	40	2	4	2	2	3	3	16
MI	40	-	1	-	1	-	1	3
SMP	50	1	-	-	1	2	-	4
MTS	50	-	-	-	-	1	-	1
SMA	80	-	-	-	-	1	-	1
SMK	80	1	-	-	-	-	-	1



Berdasarkan nilai kebutuhan air non domestik di tiap kelurahan, dapat diketahui total kebutuhan air non domestik berdasarkan penggolongannya dengan diperlihatkan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Non Domestik di Kecamatan Sukodono

Unit	Total Unit	Pemakaian air rata- rata sehari (liter/unit)	Total kebutuhan air (liter/detik)
Rumah Makan	77	100	0,0891
Toko/Toserba	226	3	0,0078
Pasar	6	12000	0,8333
Ruko	23	100	0,0266
Masjid	50	3000	1,7361
Mushola	70	2000	1,6203
Gereja	1	300	0,0034
Vihara	1	100	0,0011
Industri	157	100	0,1817
Kantor Kospin	3	100	0,0034
Koperasi	3	100	0,0034
Kantor KUD	2	100	0,0023
SMA	1	80	0,0009
Vihara	1	100	0,0011
Industri	157	100	0,1817
Apotek	5	3	0,0001
Kantor Pemerintah	146	100	0,1689
Instansi Pemerintah	6	1200	0,0833
		Total	4,87

Berikut merupakan contoh perhitungan total kebutuhan air non domestik rencana pada sektor rumah makan dan toko/toserba:

a. Kebutuhan air non domestik sektor rumah makan

$$\begin{aligned}
 &= \text{jumlah unit} \times \text{kebutuhan air non domestik (liter/unit/hari)} \\
 &= 77 \text{ unit} \times 100 \text{ liter/unit/hari} \\
 &= 0,0891 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan air non domestik sektor niaga

$$\begin{aligned}
 &= \text{jumlah unit} \times \text{kebutuhan air non domestik (liter/unit/hari)} \\
 &= 226 \text{ unit} \times 3 \text{ liter/unit/hari}
 \end{aligned}$$



$$= 0,0078 \text{ liter/detik}$$

Berdasarkan Tabel 4.7 hingga Tabel 4.8 dapat diketahui total kebutuhan air non domestik pada Kecamatan Sukodono tersebut adalah sebesar 4,87 liter/detik atau 13042,72 m³. Maka, perhitungan konsumsi pelanggan (orang) yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Sisa debit terpakai} &= \text{Debit terpakai} - \text{non domestik} \\ &= 16,59 \text{ lt/detik} - 4,87 \text{ liter/detik} \\ &= 11,72 \text{ lt/detik} \\ &= 31.390,84 \text{ m}^3/\text{bulan} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sisa debit terpakai di atas, maka total konsumsi pelanggan atau domestik sebesar 31.390,84 m³/bulan atau 11,72 lt/detik.

Perhitungan konsumsi air bersih per SR yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi SR per bulan} &= \frac{\text{Sisa debit terpakai}}{\text{Total jumlah SR}} \\ &= \frac{31.390,84 \text{ m}^3/\text{bulan}}{1866 \text{ titik}} \\ &= 16,82 \text{ m}^3/\text{SR}/\text{bulan} \end{aligned}$$

Perhitungan konsumsi air bersih per pelanggan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi pelanggan per bulan} &= \frac{\text{Total konsumsi pelanggan}}{\text{Total jumlah penduduk terlayani}} \\ &= \frac{31.390,84 \text{ m}^3/\text{bulan}}{9.505 \text{ jiwa}} \\ &= 3,30256 \text{ m}^3/\text{orang} \\ &= 3.302,56 \text{ lt/orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi pelanggan per hari} &= \frac{\text{Konsumsi per bulan}}{\text{hari dalam bulan}} \\ &= \frac{3.302,56 \text{ lt/orang}}{31 \text{ hari}} \\ &= 106,53 \approx 106 \text{ lt/orang/hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 2.1 Kecamatan Sukodono menggunakan tingkat pemakaian air kategori kota kecamatan dengan pemakaian air sebesar 100 lt/orang/hari,



akan tetapi berdasarkan kondisi *existing* pemakaian air di Kecamatan Sukodono sebesar 106 lt/orang/hari. Maka nilai efisiensi pemakaian air pelanggan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Nilai efisiensi konsumsi} &= \frac{\text{Rencana pemakaian air pelanggan}}{\text{Realita pemakaian air pelanggan}} \\ &= \frac{100 \text{ lt/orang/hari}}{106 \text{ lt/orang/hari}} \times 100\% \\ &= 95 \% \end{aligned}$$

2. Daftar Rekening Ditagih (DRD)

Menurut Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, Daftar Rekening Ditagih (DRD) merupakan dokumen berupa laporan tagihan yang diterima dari seluruh pelanggan yang dibuat oleh pengelola data dari pembacaan meteran air (*watermeter*). Data DRD yang keluar dari meteran air (*watermeter*) di Kecamatan Sukodono sebesar 43.142 m³. Nilai efisiensi debit terpakai sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Nilai efisiensi debit} &= \frac{\text{DRD}}{\text{Total debit air terpakai}} \\ &= \frac{43.142 \text{ m}^3}{44.450 \text{ m}^3} \times 100\% \\ &= 97\% \end{aligned}$$

3. Air operasional

Menurut Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, air operasional adalah kegiatan pemeliharaan dan perbaikan yang menyangkut sistem distribusi air bersih yang berupa jaringan perpipaan, saringan, tangki atau bak, pemasangan SR yang dilakukan oleh petugas PDAM setiap bulannya. Jumlah air operasional PDAM di Kecamatan Sukodono sebesar 405 m³.

4. Kehilangan air (WL)

Perhitungan nilai kehilangan air pada sistem jaringan air bersih di Kecamatan Sukodono selama bulan Desember yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan air} &= \text{Air terpakai} - \text{DRD} - \text{air operasional} \\ &= 44.450 \text{ m}^3 - 43.142 \text{ m}^3 - 405 \text{ m}^3 \\ &= 903 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5. Air tak berekening (NRW)



Non Revenue Water atau NRW atau ATR (Air Tak Berekening) merupakan selisih antara jumlah air yang masuk ke sistem distribusi dengan jumlah air yang tercatat pada rekening. NRW adalah jumlah berdasarkan konsumsi air yang tidak berekening (*non-billing consumption*) dan kehilangan air (*water losses*). Perhitungan NRW pada sistem jaringan air bersih di Kecamatan Sukodono yaitu:

$$\begin{aligned} \text{NRW} &= \text{Air distribusi} - \text{DRD} \\ &= 44.450 \text{ m}^3 - 43.142 \text{ m}^3 \\ &= 1308 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 4.4 total debit tersedia yang akan digunakan untuk mencukupi kebutuhan air bersih di Kecamatan Sukodono sebesar 27,07 lt/detik. Maka, dapat diketahui bahwa total debit tersedia dapat mencukupi kebutuhan air bersih penduduk terlayani di Kecamatan Sukodono tahun 2020 yang sebesar 9505 jiwa dan memperoleh sisa debit sebesar 10,48 lt/detik. Perhitungan persentase pemenuhan kebutuhan penduduk dan sisa debit terhadap total debit yang tersedia yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Persentase debit terpakai} &= \frac{\text{Debit terpakai}}{\text{Total debit tersedia}} \\ &= \frac{16,59 \text{ lt/detik}}{27,07 \text{ lt/detik}} \times 100\% \\ &= 61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase sisa debit} &= \frac{\text{Sisa debit}}{\text{Total debit tersedia}} \\ &= \frac{10,48 \text{ lt/detik}}{27,07 \text{ lt/detik}} \times 100\% \\ &= 39\% \end{aligned}$$

Jadi persentase debit terpakai dan sisa debit oleh sumber air yang tersedia diperlihatkan dalam Gambar 4.20.



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.20 Persentase Debit Terpakai dan Sisa Debit

Berdasarkan persentase di atas, maka sisa debit tersedia sebesar 10,48 lt/detik atau 905.472 lt/hari dapat digunakan untuk potensi penambahan SR yang belum terlayani di wilayah Kecamatan Sukodono. Namun sisa debit tersedia tersebut masih belum dihitung berdasarkan nilai efisiensinya, perhitungan nilai efisiensi debit terhadap sisa debit tersedia yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa debit efisiensi} &= \text{Sisa debit} \times \text{efisiensi debit} \\
 &= 905.472 \text{ lt/hari} \times 97\% \\
 &= 878.307,84 \text{ lt/hari} \\
 &= 10,16 \text{ lt/detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penambahan SR pelanggan yang belum terlayani sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Penambahan pelanggan terlayani} &= \frac{\text{Sisa debit}}{\text{Tingkat pemakaian air/orang/hari}} \\
 &= \frac{878.307,84}{106 \text{ lt/orang/hari}} \\
 &= 8.285 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas didapat penambahan pelanggan terlayani di Kecamatan Sukodono sebanyak 8.281 jiwa dengan jumlah penambahan SR dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Penambahan SR} &= \frac{\text{Penambahan pelanggan terlayani}}{\text{Rasio jiwa/KK}} \\
 &= \frac{8.285 \text{ jiwa}}{5,093 \text{ jiwa/SR}} \\
 &= 1.626 \text{ SR}
 \end{aligned}$$



Jadi, sisa debit sumber air sebanyak 10,16 lt/detik di Kecamatan Sukodono memperoleh penambahan jumlah 1.626 SR. Maka dari itu, penambahan jumlah SR dapat dialokasikan ke wilayah kelurahan-kelurahan yang belum terlayani atau menambah pelanggan di wilayah kelurahan yang sebelumnya sudah terlayani oleh PDAM.

Jumlah total penduduk Kecamatan Sukodono sebanyak 33.370 jiwa terdapat penduduk yang terlayani oleh PDAM sebesar 9.505 jiwa atau 1.866 SR, maka sisa penduduk sebanyak 23.865 jiwa atau 4.686 SR belum terlayani oleh PDAM Sukodono. Dari sisa debit tersedia memperoleh potensi penambahan penduduk yang akan terlayani sebanyak 8.285 jiwa atau 1.626 SR. Perhitungan presentase potensi penambahan SR yang dapat dilayani sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase potensi penambahan SR} &= \frac{\text{Penambahan SR yang akan terlayani}}{\text{Sisa SR belum terlayani}} \times 100\% \\ &= \frac{1.626 \text{ SR}}{4.686 \text{ SR}} \times 100\% \\ &= 34\% \end{aligned}$$

Maka persentase potensi penambahan SR sebesar 34% dari sisa jumlah penduduk yang belum terlayani.

4.2.2. Evaluasi jaringan air bersih Kecamatan Sukodono

Simulasi jaringan perpipaan distribusi air bersih *existing* pada Kecamatan Sukodono dilakukan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0. simulasi dilakukan selama 24 jam dengan memakai data pemakaian air dalam waktu 48 jam yang didapat dari PDAM di Kecamatan Sukodono. Masyarakat yang tidak mendapat suplai air bersih cenderung menggunakan air bersih dari sumur dalam milik warga sendiri dan membeli air bersih untuk keperluan minum dan memasak sehari – hari. Kondisi jaringan air bersih pada kelurahan di Kecamatan Sukodono belum seluruhnya dapat terlayani air bersih yang berasal dari PDAM atau baru sebagian yang dapat terlayani. Hal ini disebabkan karena letak geografis wilayah



serta jarak yang jauh antar kelurahan di kecamatan tersebut. Konsumen yang berada di daerah dengan topografi tinggi pada jam-jam tertentu terutama pagi dan sore hari air tekanan air menjadi sangat rendah bahkan ada beberapa daerah yang tidak menerima air. Demikian juga pada lokasi-lokasi yang berada pada ujung daerah pelayanan, tekanan air juga rendah walaupun berada pada topografi rendah. Faktor fluktuasi kebutuhan air dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Faktor Fluktuasi Kebutuhan Air

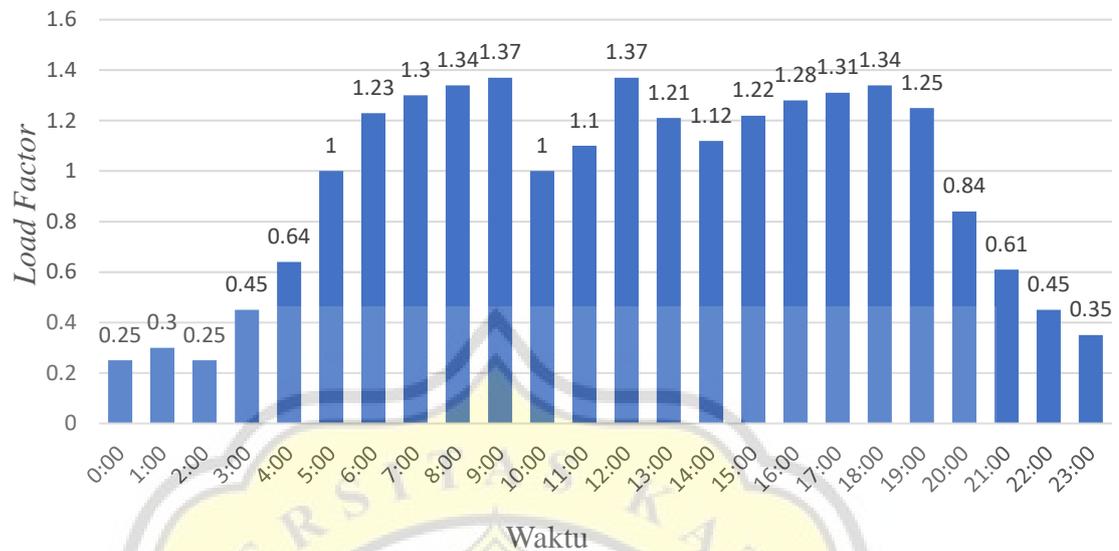
No.	Waktu	Load Factor	No.	Waktu	Load Factor
1	00:00	0,3	13	12:00	1,21
2	01:00	0,25	14	13:00	1,12
3	02:00	0,45	15	14:00	1,22
4	03:00	0,64	16	15:00	1,28
5	04:00	1,0	17	16:00	1,31
6	05:00	1,23	18	17:00	1,34
7	06:00	1,3	19	18:00	1,25
8	07:00	1,34	20	19:00	0,84
9	08:00	1,37	21	20:00	0,61
10	09:00	1,0	22	21:00	0,45
11	10:00	1,1	23	22:00	0,35
12	11:00	1,37	24	23:00	0,25

(Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Sragen, 2021)

Pengolahan air di PDAM unit Sukodono melalui beberapa filterisasi sebelum ditampung di reservoir. Air dari sumber sumur baku melewati bak sedimentasi lalu di alirkan pada bak filtrasi dan bak *chlorination tank*. Pada saat sumur mengering masyarakat mengandalkan air bersih dari tandon bantuan pemerintah atau bantuan dari relawan-relawan. Maka, banyak warga mengharapkan perluasan jaringan air bersih dari PDAM Sragen. Pemakaian air selama 48 jam dirata-ratakan, kemudian dipengaruhi faktor fluktuasi (*load factor*) kebutuhan air, dimana besar kebutuhan debit pada jam X dibagi dengan kebutuhan air rata-rata per jamnya. Faktor fluktuasi pemakaian air yang digunakan dibedakan berdasarkan jam operasional layanan yaitu dengan pemakaian selama 24 jam. Faktor fluktuasi debit yang digunakan diperlihatkan dalam Gambar 4.21.



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.21 Faktor Fluktuasi Debit Selama 24 Jam

Analisis jaringan dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai parameter berupa nilai: tekanan, kecepatan, dan *headloss* sudah terpenuhi persyaratan yang berlaku menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 pada sistem jaringan *existing*.

Saat terjadinya pemakaian maksimum pada sistem jaringan yaitu pada pukul 07:00 saat faktor fluktuasi debit konsumsi pada titik layanan Zona I dan Zona II mencapai angka 1,3 dan pada pukul 09:00, yaitu mencapai angka 1,37. Peta (*layout*) atau denah sistem jaringan *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.1. Data sistem jaringan *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.3 tentang data titik layanan *existing* serta Lampiran A.4 tentang data sambungan pipa *existing*.

a. Analisis nilai tekanan

Nilai tekanan pada pipa PVC menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 berkisar antara 0,5 atm hingga 8 atm (1 atm = 10,332 meter). Hasil analisis nilai tekanan pada titik layanan *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.5.

Dari hasil analisis diketahui bahwa seluruh titik layanan pada sistem jaringan *existing* telah memenuhi kriteria nilai tekanan yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007. Peta hasil analisis tekanan pada



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

sistem jaringan *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.6 untuk hasil analisis tekanan pada pukul 07:00 dan Lampiran A.7 untuk hasil analisis tekanan pada pukul 09:00.

b. Analisis nilai kecepatan

Menurut SNI 06-4829-2005 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, nilai kecepatan fluida pada pipa PVC berkisar antara 0,1 m/detik hingga 4,5 m/detik. Analisis hanya menggunakan nilai kecepatan dalam pipa utama, sedangkan untuk kecepatan dalam sambungan rumah diabaikan karena nilai debit aliran yang sangat kecil. Analisa pada kecepatan pipa yang dihitungkan dapat menjadi acuan perubahan diameter pipa agar menghasilkan yang lebih *efisiensi* untuk dapat mendistribusikan air bersih ke sambungan rumah. Hasil analisis nilai kecepatan pada sambungan pipa diperlihatkan dalam Lampiran A.2. Sambungan pipa yang tidak memenuhi kriteria diperlihatkan dalam Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Sistem Jaringan Pipa *Existing* Tidak Memenuhi Batas Kriteria Kecepatan

Jaringan Pipa	Kecepatan (m/detik)		Batas Kriteria (m/detik)		Keterangan
	Pukul 7:00	Pukul 9:00	Minimum	Maksimum	
P89	0,04	0,03	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P110	0,07	0,05	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P120	0,05	0,04	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P123	0,06	0,04	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P132	0,04	0,03	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P144	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P146	0,06	0,04	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P148	0,06	0,04	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P149	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P151	0,06	0,04	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P153	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P194	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P200	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P235	0,07	0,05	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P259	0,09	0,07	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P268	0,09	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P275	0,06	0,05	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P286	0,04	0,03	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P290	0,07	0,05	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P295	0,06	0,05	0,1	4,5	Tidak Memenuhi
P305	0,08	0,06	0,1	4,5	Tidak Memenuhi



Dari hasil analisis diketahui bahwa terdapat dua puluh satu sambungan pipa pada sistem jaringan optimalisasi yang memiliki nilai kecepatan dibawah kriteria yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 yaitu antara 0,1 m/detik hingga 4,5 m/detik. Peta hasil analisis kecepatan pada sistem jaringan *existing* diperlihatkan dalam Lampiran A.9 untuk hasil analisis kecepatan pada pukul 07:00 dan Lampiran A.10 untuk hasil analisis kecepatan pada pukul 09:00.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai kecepatan pada pipa P305 pada pukul 07:00:

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,04 \text{ lt/detik} \\
 d &= 25 \text{ mm} \\
 A &= \frac{\pi}{4} d^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} \times 0,025^2 \\
 &= 0,000491 \text{ m}^2 \\
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,0025}{0,000491} \\
 &= 0,081455 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Jadi, pipa P305 tidak memenuhi persyaratan dengan batas kriteria 0,1 m.

Dengan keterangan:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{debit aliran (liter/detik)} \\
 d &= \text{diameter pipa (mm)} \\
 A &= \text{luas penampang (m}^2\text{)} \\
 V &= \text{kecepatan aliran (m/detik)}
 \end{aligned}$$

Peta sambungan pipa yang tidak memenuhi kriteria batas kecepatan diperlihatkan dalam Gambar 4.23 dan Gambar 4.24.

c. Analisis nilai *headloss*

Menurut SNI 06-4829-2005 tentang Kriteria Perencanaan Air Bersih, nilai *headloss* pada sistem jaringan distribusi air bersih (perpipaan) yang diperbolehkan adalah



Tugas Akhir
 Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
 (Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

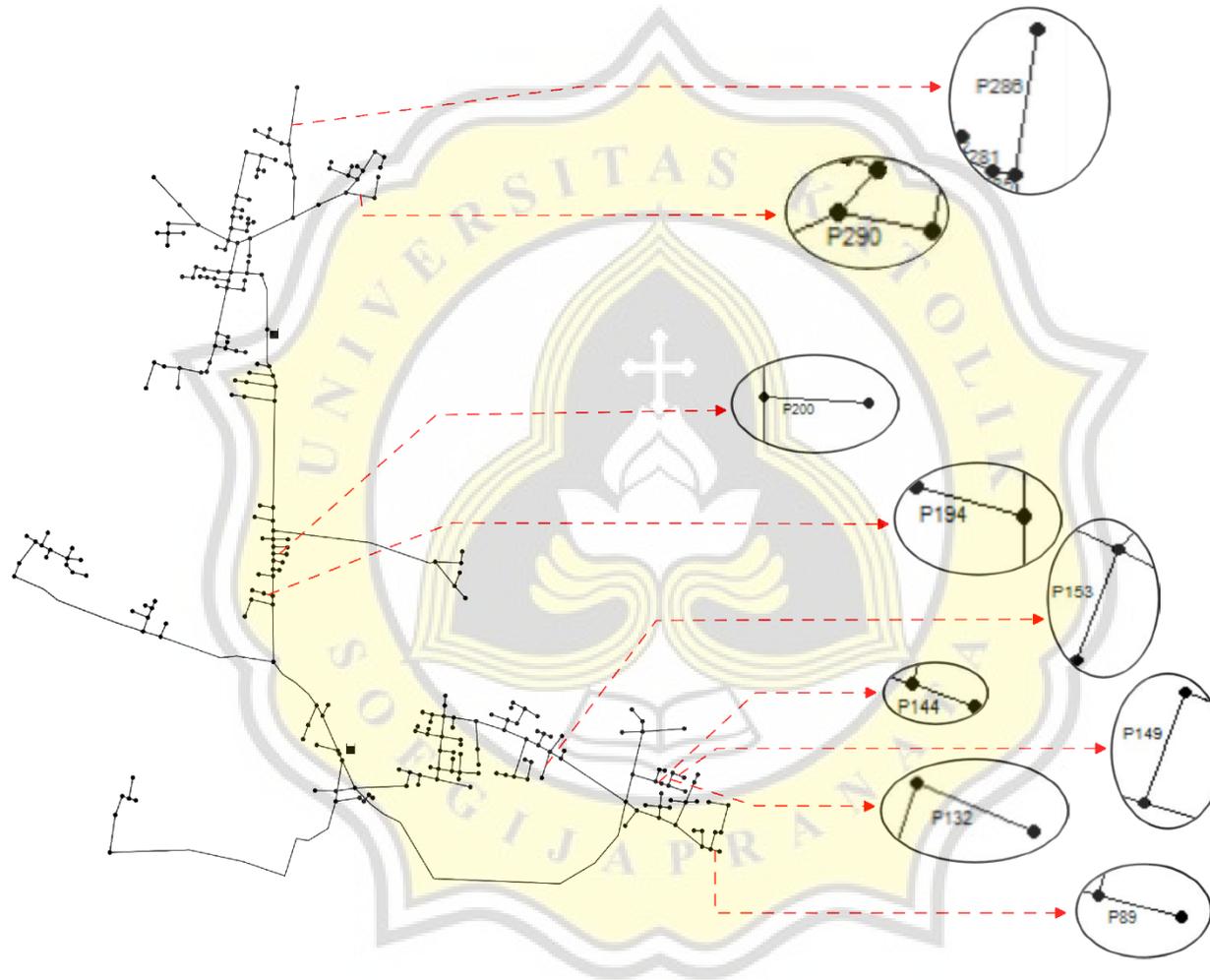
sebesar 0 hingga 15 m/km. Hasil analisis nilai *headloss* pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran A.9.

Dari hasil analisis yang diperlihatkan dalam Tabel 4.24, nilai *headloss* pada seluruh sambungan pipa telah memenuhi nilai persyaratan kriteria yang berlaku dalam SNI 06-4829-2005 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007.

Perhitungan analisis nilai *headloss* dengan menggunakan Persamaan 2.19 pada Bab 2. Berikut adalah contoh perhitungan nilai *headloss* pada pipa L45 pada pukul 07:00:

$$\begin{aligned}
 Q &= 12,23 \text{ liter/detik} \\
 L &= 426,03 \text{ m} \\
 Chw &= 145 \text{ (Tabel 2.6)} \\
 d &= 200 \text{ mm} \\
 H_f &= \frac{10,675 \times Q^{1,852} \times L}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,8704} \times L/1000} \\
 &= \frac{10,675 \times 0,01223^{1,852} \times 426,03}{145^{1,852} \times 0,2^{4,8704} \times 426,03/1000} \\
 &= 0,77 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

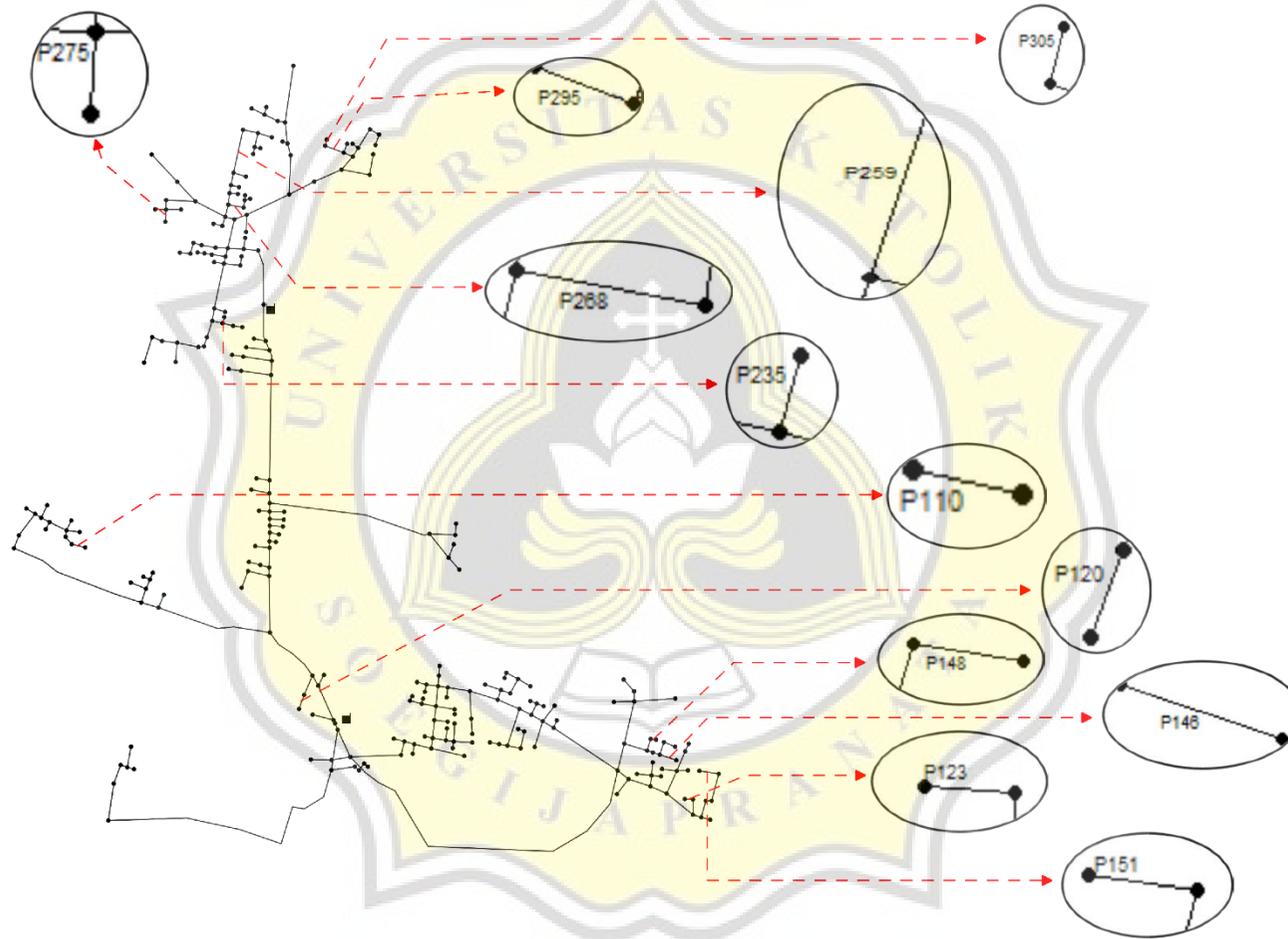
Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu direncanakan pengembangan sistem jaringan air bersih dari *existing* yang sudah ada agar supaya kebutuhan air bersih di wilayah tersebut dapat terpenuhi. Pengoptimalan kondisi eksisting jaringan ini menggunakan program Epanet 2.0. Hasil analisa akan menjadi acuan dalam perbaikan sistem jaringan distribusi di 9 kelurahan Kecamatan Sukodono.



Gambar 4.22 Peta Sambungan Pipa Tidak Memenuhi Batas Kriteria Kecepatan



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.22 Peta Sambungan Pipa Tidak Memenuhi Batas Kriteria Kecepatan (lanjutan)



4.3. Perkiraan Kebutuhan Air Kecamatan Sukodono

4.3.1. Kebutuhan air bersih total masyarakat Kecamatan Sukodono tahun 2020

Kebutuhan air dihitung berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan per kapita, dan klasifikasi jenis kebutuhan air. Pada tahun 2020 Kecamatan Sukodono memiliki jumlah penduduk 33.370 jiwa, menurut SNI 03-7065-2005 Tentang Pemakaian Air Domestik, kota/ kabupaten dengan jumlah penduduk antara 20.000 sampai dengan 100.000 termasuk kedalam kota sedang. Namun, Kecamatan Sukodono dikategorikan sebagai kota kecamatan, maka dari itu kebutuhan air bersih per orang ditetapkan sebesar 100 lt/orang/hari.

Menentukan jumlah kebutuhan air domestik, air non domestik di Kecamatan Sukodono tahun 2020. Perhitungan kebutuhan air bersih dengan menggunakan Persamaan 2.10 sampai dengan Persamaan 2.17 pada Bab 2. Berikut hasil perhitungan prediksi kebutuhan air bersih jika mencakup seluruh wilayah dengan mengambil perhitungan pada tahun 2020:

a. Jumlah Kebutuhan Air Bersih Domestik (SI)

Jumlah kebutuhan air bersih domestik diambil perhitungan pada tahun 2020, maka jumlah yang dibutuhkan adalah:

$$SI = 80\% \times Cp$$

$$Cp = 80\% \times Pn$$

$$SI = 0,8 \times (0,8 \times Pn)$$

$$SI = 0,8 \times (0,8 \times 33.370 \text{ jiwa}) \times 100 \text{ lt/org/hr}$$

$$SI = 2.135.680 \text{ lt/hr}$$

$$SI = 24,718 \text{ lt/dt}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil konsumsi air bersih domestik (SI) yaitu 24,718 liter/detik. Dengan efisiensi 95% maka dapat dihitung:

$$SI_{ef} = \frac{SI}{0,95}$$

$$SI_{ef} = 26,01 \text{ lt/dt}$$

b. Sambungan Tak Langsung dan Sambungan Bak Umum (Sb)

Rencana sambungan tak langsung dibuat untuk memenuhi warga yang kurang mampu dalam ekonomi sehingga dapat menggunakan jaringan layanan PDAM. Mengetahui jumlah kebutuhan sambungan tidak langsung menggunakan rumus sebagai berikut :



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

$$S_b = 20\% \times C_p$$

$$S_b = 0,2 \times (0,8 \times 33.370) \times 30 \text{ lt/org/hr}$$

$$S_b = 1,85 \text{ liter/dt}$$

c. Konsumsi Air Bersih non domestik

Konsumsi air bersih non rumah tangga atau non domestik (kantor, sekolahan, tempat ibadah, industri, pemadam kebakaran dan lain-lain).

$$K_n = 15\% \times (S_{I_{ef}} + S_b)$$

$$K_n = 15\% \times (26,01 + 1,85)$$

$$K_n = 4,18 \text{ lt/dt}$$

c. Kehilangan Air (L_o)

$$L_o = 0,2 \times P_r \quad (2.13)$$

$$P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n + L_o$$

$$P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n + 0,2 P_r$$

$$0,8 P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n$$

$$P_r = \frac{S_{I_{ef}} + S_b + K_n}{0,8}$$

$$P_r = \frac{26,01 + 1,85 + 4,18}{0,8}$$

$$P_r = 40,05 \text{ lt/dt}$$

$$L_o = 0,2 \times 40,05$$

$$L_o = 8,01 \text{ lt/dt}$$

d. Kebutuhan Harian Maksimum

$$S_s = f_1 \times P_r$$

$$S_s = 1,2 \times 40,05 \text{ lt/dt}$$

$$S_s = 48,06 \text{ lt/dt}$$

e. Pemakaian Air pada Waktu Jam Puncak

$$\text{Debit Waktu Puncak} = f_2 \times P_r$$

$$= 1,6 \times 40,05 \text{ lt/dt}$$

$$= 64,08 \text{ lt/dt}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan jumlah kebutuhan air bersih domestik Kecamatan Sukodono tahun 2020 adalah 26,01 lt/dt atau 67.417,92 m³/bln, kebutuhan air



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

non domestik adalah 4,18 lt/dt, kebutuhan sambungan bak umum adalah 1,85 lt/dt, kebutuhan harian maksimum 48,06 lt/dt, dan debit pada jam puncak sebesar 64,08 lt/dt.

Menganalisa kapasitas *reservoir* bertujuan untuk mengetahui kapasitas *reservoir* yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Sukodono. Berikut perhitungan kapasitas *reservoir* untuk Kecamatan Sukodono.

Berdasarkan jumlah jika semua wilayah terlayani pada tahun 2020, diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Jumlah sambungan} &= \frac{\text{Penambahan penduduk terlayani}}{\text{Rasio jiwa/KK}} \\
 &= \frac{33.370 \text{ jiwa}}{5,093 \text{ jiwa/SR}} \\
 &= 6552 \text{ SR} \\
 \text{b. Konsumsi air rata – rata} &= \frac{\text{Kebutuhan air domestik}}{\text{Jumlah sambungan}} \\
 &= \frac{67.417,92 \text{ m}^3/\text{bln}}{6552 \text{ SR}} \\
 &= 10,28 \text{ m}^3/\text{bln/SR} \\
 \text{c. Kapasitas } \textit{reservoir} \text{ yang ada} &= 400 \text{ m}^3 \text{ (2 } \textit{Reservoir}) \\
 \text{d. Kehilangan air} &= 0,2 \times 10,28 \text{ m}^3 / \text{bln/SR} \\
 &= 2,056 \text{ m}^3/\text{bln/SR} \\
 \text{e. Kebutuhan air rata-rata} &= \text{konsumsi rata-rata} + \text{kehilangan air} \\
 &= 10,28 \text{ m}^3/\text{bln/SR} + 2,056 \text{ m}^3/\text{bln/SR} \\
 &= 12,336 \text{ m}^3 / \text{bln/SR} \\
 &= 0,0047 \text{ lt/detik/SR} \\
 \text{f. Kebutuhan air harian} &= 6552 \times 0,0047 \text{ lt/detik/SR} \times 24 \times 60 \times 60 : 1000 \\
 &= 2.660,63 \text{ m}^3 \\
 \text{g. Kapasitas } \textit{reservoir} &= 20\% \times \text{kebutuhan total harian} \\
 &= 20\% \times 2.660,63 \text{ m}^3 \\
 &= 532,126 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

h. Kapasitas pompa sumur

Berdasarkan *existing*, waktu operasi pompa Bendo 1 dalam sehari adalah 14,8 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 1 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit terpakai} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 14,8 \text{ jam} \times 4,56 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

$$= 242.957 \text{ lt}$$

$$= 242,957 \text{ m}^3$$

Berdasarkan *existing*, waktu operasi pompa Bendo 2 dalam sehari adalah 15,8 jam.

Debit Bendo 2 sehari operasi = Lama operasi pompa x debit terpakai x jumlah detik/jam

$$= 15,8 \text{ jam} \times 10,38 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam}$$

$$= 590.414 \text{ lt} = 590,414 \text{ m}^3$$

Berdasarkan *existing*, waktu operasi pompa Bendo 3 dalam sehari adalah 10,3 jam.

Debit Bendo 3 sehari operasi = Lama operasi pompa x debit terpakai x jumlah detik/jam

$$= 10,3 \text{ jam} \times 1,65 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam}$$

$$= 61.182 \text{ lt}$$

$$= 61,182 \text{ m}^3$$

Total keseluruhan debit pompa ketiga pompa dalam sehari sebagai berikut:

Total debit 3 pompa = Debit Bendo 1 + Debit Bendo 2 + Debit Bendo 3

$$= 242,957 + 590,414 + 61,182$$

$$= 894,553 \text{ m}^3$$

Reservoir di Sukodono berkapasitas 400 m³ dan total debit pompa dalam sehari sebesar 894,553 m³. Berikut Tabel 4.13 merupakan sistem pembagian pengisian bak *reservoir* Kecamatan Sukodono.

Tabel 4.13 Sistem Pembagian Pengisian Bak *Reservoir* Kecamatan Sukodono

Sumber Sumur	Waktu	Debit Pengisian Bak <i>Reservoir</i> (m ³)	Total (m ³)
PS Sukodono 1	03:28-7:28 (4,4 jam)	72,2304	242,957
	11:20-15:20 (4,4 jam)	72,2304	
	18:00-21:00 (3 jam)	49,248	
	23:00-02:00 (3jam)	49,248	
PS Sukodono 2	05:28-9:28 (5,4 jam)	201,7872	590,42
	11:20-14:20 (3,4 jam)	127,0512	
	16:00-20:00 (5 jam)	186,84	
	01:00-03:00 (2 jam)	74,736	
PS Sukodono 3	04:00-7:00 (3 jam)	17,82	61,18
	11:18-13:18 (2.3 jam)	13,63	
	16:00-19:00 (3 jam)	17,82	
	00:00-02:00 (2 jam)	11,88	
		Total	894,553



Di Kecamatan Sukodono terdapat 6552 SR, dengan kebutuhan harian masyarakat sebesar 2.660,63 m³, maka kapasitas *reservoir* yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air harian di Kecamatan Sukodono adalah sebesar 532,126 m³, sehingga jumlah ketersediaan air dan kapasitas *reservoir* berdasarkan *existing* belum memenuhi kebutuhan untuk seluruh SR di Kecamatan Sukodono tahun 2020.

Jika pompa dioptimalkan dengan waktu operasi ketiga pompa menjadi 24 jam dan debit produksi dimaksimalkan (Tabel 4.3). Perhitungan optimalisasi pompa dan debit produksi pada tahun 2020 sebagai berikut:

Waktu operasi pompa Bendo 1 adalah 24 jam dan debit produksi 7,4 lt/detik.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 1 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 7,4 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 639.360 \text{ lt} \\
 &= 639,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 2 adalah 24 jam dan debit produksi 15,8 lt/detik.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 2 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 15,8 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 1.365.120 \text{ lt} \\
 &= 1.365,12 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 3 adalah 24 jam dan debit produksi 3,87 lt/detik.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 3 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 3,87 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 334.370 \text{ lt} \\
 &= 334,37 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Total keseluruhan debit pompa ketiga pompa dalam sehari sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total debit 3 pompa} &= \text{Debit Bendo 1} + \text{Debit Bendo 2} + \text{Debit Bendo 3} \\
 &= 639,36 + 1.365,12 + 334,37 \\
 &= 2.338,848 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Maka dan total debit pompa dalam sehari sebesar 2.338,848 m³ yang dimana hampir memenuhi kebutuhan air harian masyarakat Kecamatan Sukodono sebesar 2.660,63 m³ pada tahun 2020, namun belum mencukupi kebutuhan dari seluruh jumlah kebutuhan harian.

4.3.2. Perkiraan kebutuhan air bersih seluruh Kecamatan Sukodono tahun 2031

Pertambahan penduduk Kecamatan Sukodono dianalisis dengan menggunakan rumus geometrik dengan data jumlah penduduk yang didapat dari Kecamatan Sukodono pada tahun 2012 hingga 2020, dengan prediksi hingga tahun 2031. Perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan Persamaan 2.3 sampai dengan Persamaan 2.4 pada Bab 2.

Pada Tabel 4.14 merupakan pertambahan penduduk Kecamatan Sukodono tahun 2012 hingga 2020.

Tabel 4.14 Pertambahan Penduduk Kecamatan Sukodono

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan	
		Jiwa	%
2012	29.321	-	-
2013	29.395	74	0,252
2014	29.459	64	0,217
2015	29.514	55	0,186
2016	29.559	45	0,152
2017	29.599	40	0,135
2018	29.631	32	0,108
2019	29.660	29	0,098
2020	33.370	3.710	11,118
	TOTAL	4.049	12,266

Rata – rata penduduk dapat dihitung dari data selisih pertumbuhan penduduk 10 tahun terakhir. Berikut perhitungan persentase selisih pertumbuhan penduduk tahun 2012 hingga 2020:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase selisih 2012 - 2013} &= \frac{\text{Selisih Jiwa}}{\text{Jumlah Penduduk}} \\
 &= \frac{74}{29.395} \times 100 \\
 &= 0,252 \%
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

$$r = \frac{\%}{\text{jumlah tahun}}$$

$$= 0,013629183$$

Setelah mendapatkan angka rata – rata pertumbuhan penduduk pertahun dari 10 tahun terakhir, maka dapat dilakukan perhitungan pertambahan penduduk dengan mengambil sampel perhitungan pada tahun saat ini atau mendatang, berikut contoh perhitungan untuk pertambahan penduduk di tahun 2021:

$$Pn_{2021} = P_{02020} (1+r)^n$$

$$= 33.370 \times (1 + 0,013629183)^1$$

$$= 33.882$$

Pada hitungan rumus di atas didapatkan nilai prediksi pertambahan penduduk untuk tahun 2021. Tabel 4.15 dapat dilihat hasil perhitungan menggunakan rumus geometrik untuk prediksi hingga tahun 2031.

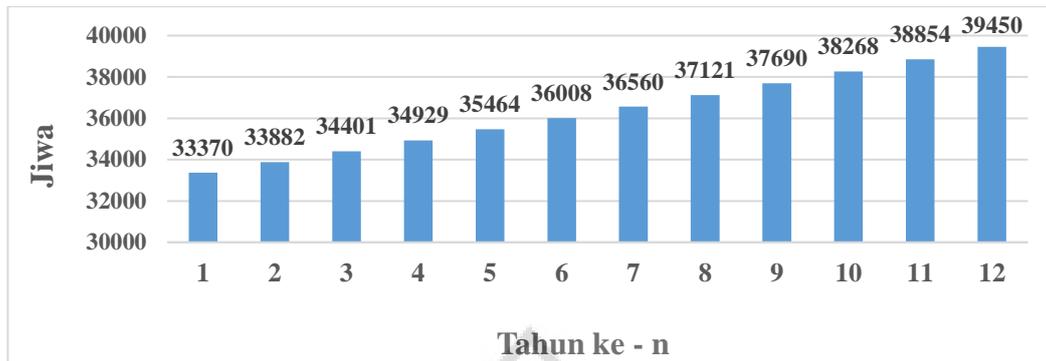
Tabel 4.15 Prediksi Pertambahan Penduduk Kecamatan Sukodono
Tahun 2021 hingga 2031

Tahun ke - n	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	2020	33.370
2	2021	33.882
3	2022	34.401
4	2023	34.929
5	2024	35.464
6	2025	36.008
7	2026	36.560
8	2027	37.121
9	2028	37.690
10	2029	38.268
11	2030	38.854
12	2031	39.450

Prediksi pertambahan penduduk dapat dilihat setiap tahun akan selalu bertambah, namun jumlah penduduk tidak melonjak tinggi. Gambar 4.23 merupakan diagram grafik prediksi pertambahan penduduk Kecamatan Sukodono tahun 2020 hingga 2031.



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)



Gambar 4.23 Prediksi Pertambahan Penduduk 2020 hingga 2031

Menentukan jumlah kebutuhan air domestik, air non domestik di Kecamatan Sukodono tahun 2031. Prediksi kebutuhan air bersih mengacu pada hasil prediksi pertambahan penduduk. Perhitungan kebutuhan air bersih dengan menggunakan Persamaan 2.10 sampai dengan Persamaan 2.17 pada Bab 2. Berikut hasil perhitungan prediksi kebutuhan air bersih jika mencakup seluruh wilayah dengan mengambil perhitungan pada tahun 2031:

a. Jumlah Kebutuhan Air Bersih Domestik (SI)

Jumlah kebutuhan air bersih domestik diambil perhitungan pada tahun 2021, maka jumlah yang dibutuhkan adalah:

$$SI = 80\% \times Cp$$

$$Cp = 80\% \times Pn$$

$$SI = 0,8 \times (0,8 \times Pn)$$

$$SI = 0,8 \times (0,8 \times 39.450 \text{ jiwa}) \times 100 \text{ lt/org/hr}$$

$$SI = 2.524.800 \text{ lt/hr}$$

$$SI = 29,222 \text{ lt/dt}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hasil konsumsi air bersih domestik (SI) yaitu 29,222 liter/detik. Dengan efisiensi 95% maka dapat dihitung:

$$SI_{ef} = \frac{SI}{0,95}$$

$$SI_{ef} = 30,76 \text{ lt/dt}$$

b. Sambungan Tak Langsung dan Sambungan Bak Umum (Sb)

Rencana sambungan tak langsung dibuat untuk memenuhi warga yang kurang mampu dalam ekonomi sehingga dapat menggunakan jaringan layanan PDAM. Mengetahui jumlah kebutuhan sambungan tidak langsung menggunakan rumus sebagai berikut :



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

$$S_b = 20\% \times C_p$$

$$S_b = 0,2 \times (0,8 \times 33.882) \times 30 \text{ lt/org/hr}$$

$$S_b = 2,19 \text{ liter/dt}$$

c. Konsumsi Air Bersih non domestik

Konsumsi air bersih non rumah tangga atau non domestik (kantor, sekolahan, tempat ibadah, industri, pemadam kebakaran dan lain-lain).

$$K_n = 15\% \times (S_{I_{ef}} + S_b)$$

$$K_n = 15\% \times (30,76 + 2,19)$$

$$K_n = 4,94 \text{ lt/dt}$$

d. Kehilangan Air (Lo)

$$L_o = 0,2 \times P_r$$

$$P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n + L_o$$

$$P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n + 0,2 P_r$$

$$0,8 P_r = S_{I_{ef}} + S_b + K_n$$

$$P_r = \frac{S_{I_{ef}} + S_b + K_n}{0,8}$$

$$P_r = \frac{30,76 + 2,19 + 4,94}{0,8}$$

$$P_r = 47,368 \text{ lt/dt}$$

$$L_o = 0,2 \times 47,368$$

$$L_o = 9,474 \text{ lt/dt}$$

e. Kebutuhan Harian Maksimum

$$S_s = f_1 \times P_r$$

$$S_s = 1,2 \times 47,368 \text{ lt/dt}$$

$$S_s = 56,84 \text{ lt/dt}$$

f. Pemakaian Air pada Waktu Jam Puncak

$$\text{Debit Waktu Puncak} = f_2 \times P_r$$

$$= 1,6 \times 47,368 \text{ lt/dt}$$

$$= 75,79 \text{ lt/dt}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan jumlah kebutuhan air bersih domestik Kecamatan Sukodono tahun 2031 adalah 30,76 lt/dt atau 79.729,92 m³/bln, kebutuhan air



Tugas Akhir
Optimalisasi Penyediaan Air Bersih
(Studi Kasus: Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah)

non domestik adalah 4,94 lt/dt, kebutuhan sambungan bak umum adalah 2,19 lt/dt, kebutuhan harian maksimum 56,84 lt/dt, dan debit pada jam puncak sebesar 75,79 lt/dt.

Menganalisa kapasitas *reservoir* bertujuan untuk mengetahui kapasitas *reservoir* yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Sukodono. Berikut perhitungan Kapasitas *reservoir* untuk Kecamatan Sukodono :

Berdasarkan jumlah jika semua wilayah terlayani pada tahun 2031, diketahui:

- a. Jumlah sambungan = $\frac{\text{Penambahan penduduk terlayani}}{\text{Rasio jiwa/KK}}$
 $= \frac{39.450 \text{ jiwa}}{5,093 \text{ jiwa/SR}}$
 $= 7745 \text{ SR}$
- b. Konsumsi air rata – rata = $\frac{\text{Kebutuhan air domestik}}{\text{Jumlah sambungan}}$
 $= \frac{79.729,92 \text{ m}^3/\text{bln}}{7745 \text{ SR}}$
 $= 10,29 \text{ m}^3/\text{bln/SR}$
- c. Kapasitas *reservoir* yang ada = 400 m³ (2 *Reservoir*)
- d. Kehilangan air = 0,2 x 10,29 m³ /bln/SR
 $= 2,058 \text{ m}^3/\text{bln/SR}$
- e. Kebutuhan air rata-rata = konsumsi rata-rata + kehilangan air
 $= 10,29 \text{ m}^3/\text{bln/SR} + 2,058 \text{ m}^3/\text{bln/SR}$
 $= 12,348 \text{ m}^3 / \text{bln/SR}$
 $= 0,0047 \text{ lt/detik/SR}$
- f. Kebutuhan air harian = 7745 x 0,0047 lt/detik/SR x 24 x 60 x 60 : 1000
 $= 3.145,08 \text{ m}^3$
- g. Kapasitas *reservoir* = 20% x kebutuhan total harian
 $= 20\% \times 3.145,08 \text{ m}^3$
 $= 629,01 \text{ m}^3$
- h. Kapasitas pompa sumur
 Waktu operasi pompa Bendo 1 dalam sehari adalah 14,8 jam.
 Debit Bendo 1 sehari operasi = Lama operasi pompa x debit terpakai x jumlah detik/jam



$$\begin{aligned}
 &= 14,8 \text{ jam} \times 4,56 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 242.957 \text{ lt} \\
 &= 242,957 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 2 dalam sehari adalah 15,8 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 2 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit terpakai} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 15,8 \text{ jam/hari} \times 10,38 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 590.414 \text{ lt} \\
 &= 590,414 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 3 dalam sehari adalah 10,3 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 3 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit terpakai} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 10,3 \text{ jam/hari} \times 1,65 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 61.182 \text{ lt} \\
 &= 61,182 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Total keseluruhan debit pompa ketiga pompa dalam sehari sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total debit 3 pompa} &= \text{Debit Bendo 1} + \text{Debit Bendo 2} + \text{Debit Bendo 3} \\
 &= 242,957 + 590,414 + 61,182 \\
 &= 894,553 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Di Kecamatan Sukodono terdapat 7745 SR, maka kapasitas *reservoir* yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Sukodono adalah sebesar 3.145,08 m³ dan dibutuhkan *reservoir* berkapasitas 629,01 m³. *Reservoir* di Kecamatan Sukodono berkapasitas 400 m³ serta kapasitas total debit pompa sehari sebesar 894,553 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.12 untuk detail pembagian waktu pengisian bak *reservoir*, sehingga jumlah ketersediaan air dan kapasitas *reservoir* belum memenuhi kebutuhan untuk seluruh SR di Kecamatan Sukodono untuk tahun 2031.

Maka dicoba dengan waktu operasi ketiga pompa dioptimalkan menjadi 24 jam dan debit produksi dimaksimalkan (Tabel 4.3). Perhitungan optimal pompa dan debit produksi sebagai berikut:

Waktu operasi pompa Bendo 1 adalah 24 jam dan debit produksi 7,4 lt/detik.



$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 1 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 7,4 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 639.360 \text{ lt} \\
 &= 639,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 2 adalah 24 jam dan debit produksi 15,8 lt/detik.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 2 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 15,8 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 1.365.120 \text{ lt} \\
 &= 1.365,12 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu operasi pompa Bendo 3 adalah 24 jam dan debit produksi 3,87 lt/detik.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Bendo 3 sehari operasi} &= \text{Lama operasi pompa} \times \text{debit produksi} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{detik/jam} \\
 &= 24 \text{ jam} \times 3,87 \text{ lt/detik} \times (60 \times 60) \text{ jam} \\
 &= 334.370 \text{ lt} \\
 &= 334,37 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Total keseluruhan debit pompa ketiga pompa dalam sehari sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total debit 3 pompa} &= \text{Debit Bendo 1} + \text{Debit Bendo 2} + \text{Debit Bendo 3} \\
 &= 639,36 + 1.365,12 + 334,37 \\
 &= 2.338,848 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka dan total debit pompa dalam sehari sebesar 2.338,848 m³ yang dimana hampir memenuhi kebutuhan air harian masyarakat Kecamatan Sukodono sebesar 3.145,08 m³ pada tahun 2020, namun belum mencukupi kebutuhan dari seluruh jumlah kebutuhan harian.

4.4. Optimalisasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

4.4.1. Optimalisasi berdasarkan *existing* menggunakan EPANET 2.0

Optimalisasi pada jaringan PDAM Sukodono dilakukan untuk memperbaiki sistem jaringan *existing* agar optimal, dengan hasil analisis yang didapat pada sistem jaringan *existing* di evaluasi dan diperbaiki. Selain itu, optimalisasi sistem jaringan tidak mengubah



layout maupun melakukan perubahan atau penambahan elemen pada sistem jaringan *existing*.

Perubahan ukuran pipa pada sistem jaringan diperlihatkan dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perubahan Ukuran Pipa Pada Sistem Jaringan

Sambungan Pipa	Keterangan	Ukuran Sebelum (mm)	Ukuran Sesudah (mm)
P89	Ubah ukuran	50	25
P110	Ubah ukuran	40	25
P120	Ubah ukuran	40	25
P123	Ubah ukuran	40	25
P132	Ubah ukuran	50	25
P144	Ubah ukuran	80	50
P146	Ubah ukuran	40	25
P148	Ubah ukuran	40	25
P149	Ubah ukuran	50	40
P151	Ubah ukuran	40	25
P153	Ubah ukuran	50	40
P194	Ubah ukuran	50	40
P200	Ubah ukuran	50	40
P235	Ubah ukuran	40	25
P259	Ubah ukuran	80	50
P268	Ubah ukuran	80	50
P275	Ubah ukuran	40	25
P286	Ubah ukuran	50	25
P290	Ubah ukuran	80	50
P295	Ubah ukuran	40	25
P305	Ubah ukuran	25	20

Perbaikan sistem jaringan dilakukan dengan tujuan menyesuaikan parameter dalam jaringan berupa nilai: tekanan, kecepatan dan *headloss* sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Tabel 2.5) dengan mengubah maupun menambahkan elemen dalam sistem jaringan. Perbaikan dalam sistem jaringan dilakukan dengan mengganti beberapa ukuran pipa dengan nilai kecepatan di atas kriteria yang berlaku dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 yaitu antara 0,1 m/detik hingga 4,5 m/detik pada sistem jaringan *existing* setelah dilakukan optimalisasi.

Pada sistem jaringan yang telah diperbaiki perlu dilakukan analisis. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan pada parameter berupa nilai: tekanan,



kecepatan, dan *headloss* yang ada dalam sistem jaringan setelah dilakukannya perubahan dan penambahan elemen pada sistem jaringan. Analisis dilakukan pada pukul 07:00 dan 09:00 seperti yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya.

Data sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.1 tentang data titik layanan optimalisasi serta Lampiran B.2 tentang data sambungan pipa optimalisasi. Peta (*layout*) atau denah sistem jaringan yang telah diperbaiki diperlihatkan dalam Lampiran B.3.

a. Analisis nilai tekanan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 nilai tekanan pada pipa PVC berkisar antara 0,5 atm hingga 8 atm (1 atm = 10,332 meter). Hasil nilai tekanan pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.4. Dari hasil analisis diketahui bahwa seluruh titik layanan pada sistem jaringan optimalisasi telah memenuhi kriteria nilai tekanan yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007. Peta hasil analisis tekanan pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.5 untuk hasil analisis tekanan pada pukul 07:00 dan Lampiran B.6 untuk hasil analisis tekanan pada pukul 09:00.

b. Analisis nilai kecepatan

Menurut SNI 06-4829-2005 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, nilai kecepatan fluida pada pipa PVC berkisar antara 0,1 m/detik hingga 4,5 m/detik. Analisis hanya menggunakan nilai kecepatan dalam pipa utama, sedangkan untuk kecepatan dalam sambungan rumah diabaikan karena nilai debit aliran yang sangat kecil. Hasil analisis nilai kecepatan pada sambungan pipa diperlihatkan dalam Lampiran B.7.

Dari hasil analisis Lampiran B.7, nilai kecepatan pada seluruh sambungan pipa telah memenuhi nilai persyaratan kriteria yang berlaku dalam SNI 06-4829-2005 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 yaitu antara 0,1 m/detik hingga 4,5 m/detik.

Peta hasil analisis kecepatan pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.8 untuk hasil analisis kecepatan pada pukul 07:00 dan Lampiran B.9 untuk hasil analisis kecepatan pada pukul 09:00.

c. Analisis nilai *headloss*



Menurut SNI 06-4829-2005 tentang Kriteria Perencanaan Air Bersih, nilai *headloss* pada sistem jaringan distribusi air bersih (perpipaan) yang diperbolehkan adalah sebesar 0 hingga 15 m/km. Hasil analisis nilai *headloss* pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.10. Dari hasil analisis diketahui bahwa sambungan pipa pada sistem jaringan optimalisasi yang memiliki nilai *headloss* sesuai kriteria yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007. Peta hasil analisis *headloss* pada sistem jaringan optimalisasi diperlihatkan dalam Lampiran B.11 untuk hasil analisis *headloss* pada pukul 07:00 dan Lampiran B.12 untuk hasil analisis *headloss* pada pukul 09:00.

4.4.2. Optimalisasi berdasarkan debit sisa

Persentase potensi penambahan SR sebesar 34% dari sisa debit sumber air sebanyak 10,16 lt/detik di unit Sukodono memperoleh potensi penambahan jumlah pelanggan sebanyak 8.281 jiwa dengan jumlah penambahan SR 1.626 SR dialokasikan ke kelurahan-kelurahan yang sudah terlayani jaringan PDAM. Penambahan cakupan pelayanan air bersih pada tiap kelurahan di Kecamatan Sukodono diperlihatkan dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Penambahan Cakupan Pelayanan Air Bersih Unit Sukodono

Kelurahan	Jumlah Penduduk Tahun 2020 (jiwa)	Cakupan Pelayanan Air Bersih Tahun 2020 (Jiwa)	Penambahan Pelayanan Air Bersih (Jiwa)	Total Penambahan Cakupan Pelayanan Air Bersih (Jiwa)	Cakupan Pelayanan Air Bersih (%)
Jatitengah	3.323	2.110	548	2.658	80,0
Bendo	4.664	1.890	1.841	3.731	80,0
Juwok	3.013	440	805	1.815	80,0
Pantirejo	2.547	1.110	928	2.038	80,0
Majenang	4.669	2.930	2.784	3735	80,0
Karanganom	4.761	1.025	1.375	3.809	60,2
Total	22.977	9.505	8.281	17.786	77,4

Jadi total persentase penambahan penduduk terlayani pada unit Sukodono berdasarkan sisa debit sebesar 77,4% dari jumlah keseluruhan penduduk tahun 2020.



4.4.3. Optimalisasi berdasarkan sistem pengaliran

Bila sistem pengaliran dilakukan 2 hari sekali yaitu pengaliran air bersih bergantian 1 hari di zona layanan I dan bergantian 1 hari berikutnya di zona layanan II dengan menggunakan debit tersedia sebesar 21,88 lt/detik atau 1.890.432 lt/hari yang didapat dari total konsumsi pelanggan atau domestik ditambah debit sisa. Dengan sistem pengaliran air bersih 2 hari sekali, kebutuhan air bersih setiap pelanggan perhari menjadi 2x dari yang sebelumnya 100 lt/orang/hari menjadi 200 lt/orang/hari. Dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cakupan pelanggan 1 hari} &= \frac{\text{Debit tersedia}}{\text{Kebutuhan pelanggan}} \\ &= \frac{1.890.432 \text{ lt/hari}}{200 \text{ lt/orang/hari}} \\ &= 9.452 \text{ orang} \end{aligned}$$

Jadi, cakupan pelanggan sehari di zona layanan I dengan sistem pengaliran 2 hari sekali sebanyak 9.452 orang. Maka dengan sistem pengaliran 2 hari sekali, total cakupan pelanggan di zona layanan I dan II yaitu sebanyak 18.904 orang.

Dengan menggunakan sistem pengaliran 2 hari sekali ini, PDAM Sukodono dapat menambah setidaknya 9.399 pelanggan yang sebelumnya jumlah pelanggan existing sebanyak 9.505 jiwa.

Namun dengan sistem pengaliran 2 hari sekali, pelanggan harus diwajibkan memiliki bak penampung atau tandon sebagai cadangan air bersih selama 1 hari kedepan agar selanjutnya mendapat giliran pengaliran air bersih oleh PDAM.