

577/TA-SS/TL-1/FT/IX/2021

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(TL-003)**

**EVALUASI DAN OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR
MINUM (IPA 5) SELAT PANJANG KECAMATAN PONTIANAK
UTARA, KOTA PONTIANAK**

Disusun Oleh :

**Nurdian Hari Anfasha
173050021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2021**

577/TA-SS/TL-1/FT/IX/2021

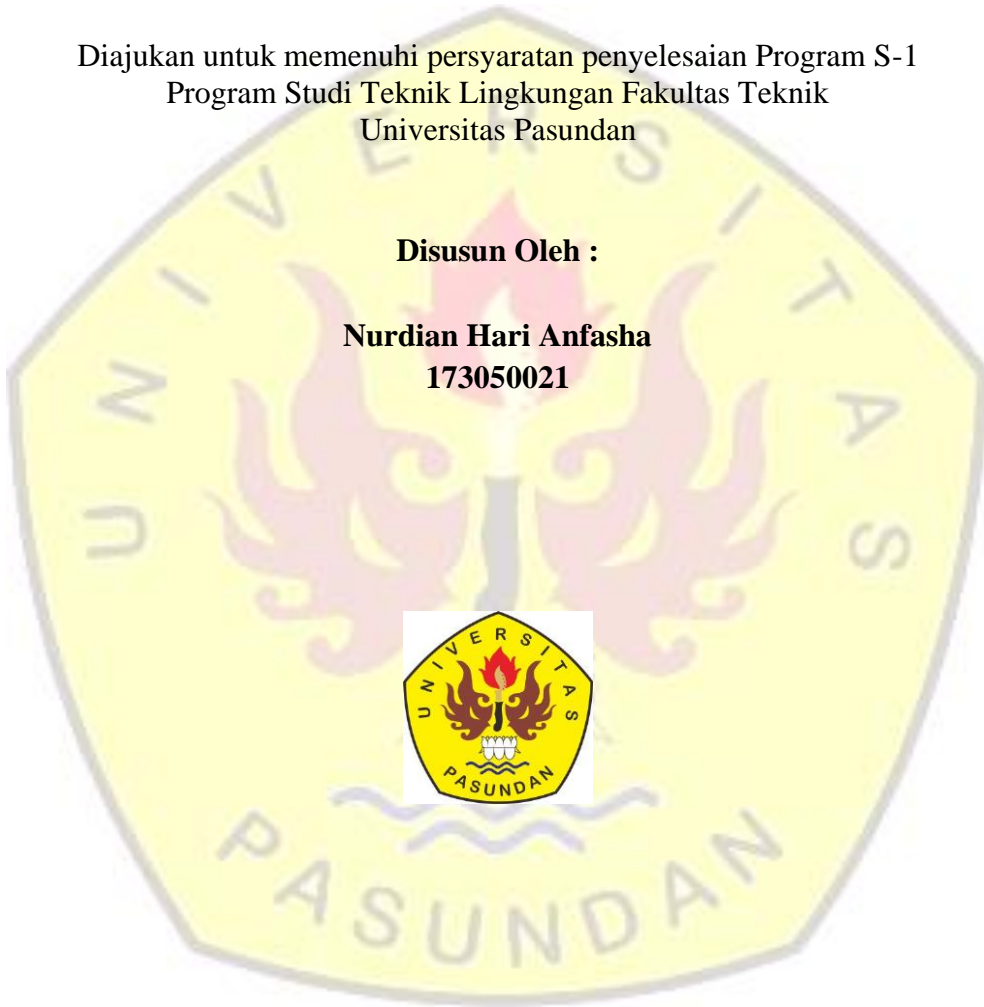
**LAPORAN TUGAS AKHIR
(TL-003)**

**EVALUASI DAN OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR
MINUM (IPA 5) SELAT PANJANG KECAMATAN PONTIANAK
UTARA, KOTA PONTIANAK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian Program S-1
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Disusun Oleh :

**Nurdian Hari Anfasha
173050021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR
(TL-003)

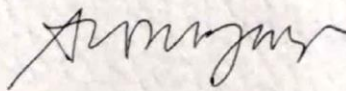
EVALUASI DAN OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR
MINUM (IPA 5) SELAT PANJANG KECAMATAN PONTIANAK
UTARA, KOTA PONTIANAK

Disusun Oleh :
Nurdian Hari Anfasha
173050021



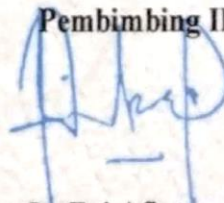
Telah disetujui dan disahkan
Pada, 2021

Pembimbing I



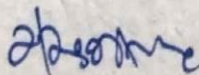
Ir. Sri Wahyuni, MT.

Pembimbing II



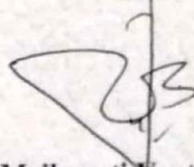
(Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.)

Penguji I



Astri Hasbiah W, ST., M.Env.

Penguji II



Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., M.Eng.

Evaluasi Dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA 5) Selat Panjang Kecamatan Pontianak Utara, Kota Pontianak

Nurdian Hari Anfasha
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Pasundan Bandung
Email : nurdian.hari@gmail.com

ABSTRAK

PERUMDA Air minum Tirta Khatulistiwa mempunyai IPA 5 dan IPA 6 dengan total kapasitas pengolahan 300 l/detik untuk memenuhi kebutuhan air Kecamatan Pontianak Utara. IPA 5 mempunyai debit pengolahan asal 100 l/detik direncanakan akan ditingkatkan menjadi 150 l/detik untuk memenuhi rencana pemenuhan kebutuhan air 100% pada tahun 2030. Metode yang digunakan dalam kajian ini dilakukan dengan melakukan evaluasi terhadap IPA 5 dengan membandingkan hasil air produksi dan parameter hidrolis terhadap PERMENKES No. 492 Tahun 2010 serta SNI 6774:2008, kemudian dari hasil tersebut akan dilakukan optimalisasi terhadap unit yang tidak memenuhi kriteria desain. Hasil dari evaluasi menunjukkan parameter warna air hasil produksi tidak memenuhi syarat, serta unit koagulasi, unit flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filtrasi tidak memenuhi kriteria desain. Dari hasil tersebut dilakukan optimalisasi dengan melakukan perubahan terhadap dimensi unit koagulasi menjadi 1,5 meter dan diameter pipa 400 mm, unit flokulasi dilakukan perubahan terhadap bukaan kompartemen 6 menjadi 600 mm x 600 mm, unit sedimentasi dilakukan perubahan terhadap pipa inlet menjadi diameter 711,2 mm, dan unit filtrasi dilakukan perubahan menjadi menggunakan dual media filter dengan tinggi total 70 cm.

Kata Kunci : *Air Minum, Evaluasi, Instalasi Pengolahan Air, Optimalisasi, Proyeksi Kebutuhan Air*

Evaluation and Optimization of Drinking Water Treatment Plant (IPA 5) Selat Panjang North Pontianak Subdistrict, Pontianak City

Nurdian Hari Anfasha

Environmental Engineering Departement, Faculty of Engineering,
Pasundan University Bandung

Email : nurdian.hari@gmail.com

ABSTRACT

PERUMDA Tirta Khatulistiwa has IPA 5 and IPA 6 with a total processing capacity of 300 l/second to meet the water needs of North Pontianak District. IPA 5 has an original treatment flow of 100 l/second, which is planned to be increased to 150 l/second to meet the plan to meet 100% water demand in 2030. The method used in this study is carried out by evaluating IPA 5 by comparing the results of production water and parameters. hydraulics to PERMENKES No. 492 of 2010 and SNI 6774:2008, then from these results, optimization of units that do not meet the design criteria will be carried out. The results of the evaluation showed that the color parameters of the produced water did not meet the requirements, and the coagulation unit, flocculation unit, sedimentation unit, and filtration unit did not meet the design criteria. From these results, optimization was carried out by making changes to the dimensions of the coagulation unit to 1.5 meters and a diameter of 400 mm, the flocculation unit being changed to the opening of compartment 6 to 600 mm x 600 mm, the sedimentation unit changing the inlet pipe to a diameter of 711.2 mm. , and the filtration unit was changed to use a dual media filter with a total height of 70 cm.

Keywords : *Drinking Water, Evaluation, Water Treatment Plant, Optimization, Projection of Water Demand*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Maksud dan Tujuan	I-3
1.4 Ruang Lingkup	I-3
1.5 Sistematika Penulisan Laporan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Sistem Penyediaan Air Minum	II-1
2.2 Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum	II-2
2.3 Sumber Air Baku	II-2
2.4 Kualitas Air Minum	II-3
2.5 Metode Proyeksi Penduduk	II-4
2.6 Metode Pemilihan Hasil Proyeksi Penduduk Yang Digunakan ..	II-6
2.7 Standar Penyediaan Air	II-7
2.7.1 Standar Penyediaan Air Domestik	II-7
2.7.2 Standar Penyediaan Air Non Domestik	II-8
2.7.3 Kehilangan Air	II-10
2.8 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum	II-11
2.8.1 Intake	II-11
2.8.2 Screen	II-11
2.8.3 Pipa Transmisi	II-12

2.8.4 Koagulasi dan Flokulasi.....	II-13
2.7.5 Sedimentasi.....	II-19
2.7.6 Filtrasi.....	II-23
2.7.7 Desinfeksi.....	II-26
2.7.8 Reservoir.....	II-27
BAB III GAMBARAN OBJEK KAJIAN	III-1
3.1 Gambaran Umum Kota Pontianak.....	III-1
3.1.1 Administrasi Wilayah.....	III-1
3.1.2 Topografi.....	III-3
3.1.3 Geologi, Jenis Tanah, dan Geohidrologi.....	III-3
3.1.4 Klimatologi.....	III-4
3.1.5 Demografi Kota Pontianak.....	III-4
3.2 Sarana dan Prasarana.....	III-5
3.2.1 Listrik.....	III-5
3.2.2 Air Bersih.....	III-5
3.2.3 Pendidikan.....	III-6
3.2.4 Kesehatan.....	III-8
3.2.5 Peribadatan.....	III-9
3.2.6 Industri.....	III-9
3.2.7 Perniagaan.....	III-10
3.3 SPAM PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa.....	III-10
3.3.1 Kondisi Umum.....	III-10
3.3.2 Skema Pelayanan Daerah.....	III-11
3.3.3 IPA Imam Bonjol.....	III-12
3.3.4 IPA Sei Jawi Luar (SJL).....	III-12
3.3.5 IPA Parit Mayor.....	III-13
3.3.6 IPA Selat Panjang.....	III-13
BAB IV METODOLOGI PERENCANAAN	IV-1
4.1 Diagram Alir.....	IV-1
4.2 Studi Pendahuluan.....	IV-2

4.2	Tahap Proyeksi Kebutuhan Air	IV-3
4.3	Tahap Evaluasi	IV-3
4.4	Tahap Optimalisasi.....	IV-3
BAB V PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN.....		V-1
5.1	Proyeksi Penduduk	V-1
5.2	Metode Proyeksi.....	V-1
5.2.1	Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika.....	V-2
5.2.2	Proyeksi Penduduk Metode Geometrik.....	V-4
5.2.3	Proyeksi Penduduk Metode Least Square	V-6
5.2.4	Pemilihan Metode Proyeksi.....	V-8
5.3	Proyeksi Kebutuhan Air dan Tahap Perencanaan	V-10
5.3.1	Proyeksi Kebutuhan Air.....	V-10
5.3.2	Tahap Perencanaan	V-15
5.4	Evaluasi IPA 5 Selat Panjang.....	V-17
5.4.1	Evaluasi Air Hasil Produksi.....	V-17
5.4.2	Evaluasi Parameter Hidrolis	V-18
5.4.2.1	Unit Pipa Transmisi.....	V-18
5.4.2.2	Unit Koagulasi.....	V-22
5.4.2.3	Unit Flokulasi	V-28
5.4.2.4	Unit Sedimentasi	V-34
5.4.2.5	Unit Filtrasi.....	V-42
5.5	Optimalisasi Unit IPA 5 Selat Panjang	V-52
5.5.1	Unit Koagulasi	V-52
5.5.2	Unit Flokulasi	V-55
5.5.3	Unit Sedimentasi.....	V-58
5.5.4	Unit Filtrasi.....	V-66
5.6	Gambar Perencanaan.....	V-75
BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA		VI-1
6.1	Perhitungan Volume Pengadaan Barang.....	VI-1

6.1.1	Pengadaan Plat.....	VI-1
6.1.2	Pengelasan dan Pembuatan Lubang.....	VI-2
6.1.3	Pengadaan Media Filtrasi.....	VI-2
6.1.4	Pengecatan	VI-3
6.2	Rencana Anggaran Biaya	VI-4
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		VII-1
7.1	Kesimpulan.....	VII-1
7.2	Saran	VII-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi keberlangsungan manusia dan makhluk hidup lainnya, sehingga air harus tersedia dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang baik serta memenuhi syarat. Dalam pertimbangannya Undang-undang Nomor 17 Tahun 2019 menyebutkan bahwa air sebagai bagian dari sumber daya air merupakan cabang produksi penting dan menguasai hajat hidup orang banyak yang dikuasai oleh negara untuk dipergunakan bagi sebesar-besar kemakmuran rakyat sesuai dengan amanat UUD Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Sistem Penyediaan Air Minum harus direncanakan dengan dasar untuk memenuhi semua kebutuhan yaitu domestik maupun non domestik (seperti industry, perhotelan, rumah sakit, dan lain-lain), selain itu juga Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) harus dapat menjamin kuantitas, kualitas, dan kontinuitas air minum demi menjamin terpenuhinya kebutuhan. PERUMDA Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak merupakan suatu Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Kota Pontianak yang diberi wewenang untuk menyelenggarakan pelayanan air minum yang dimanfaatkan untuk masyarakat. Pada saat ini PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak mempunyai kapasitas IPA total terpasang sebesar 2.058 l/detik, dengan sumber air permukaan dari Sungai Kapuas dan Sungai Landak.

PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak mempunyai 4 Lokasi IPA, yaitu IPA Imam Bonjol (1.408 l/detik), IPA Parit Mayor (300 l/detik), IPA Selat Panjang (300 l/detik), dan Mini Treatment Sei Jawi Luar (50 l/detik). Dalam Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak 2015 – 2035 yang telah menetapkan rencana pengembangan untuk jangka pendek (sampai dengan Tahun 2020) yaitu cakupan pelayanan hingga tahun 2020 untuk Kota Pontianak mencapai 100%, dengan jumlah pelanggan baru sebanyak 71080

unit, sehingga total pelanggan PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa hingga tahun 2020 sebanyak 167.619 SL yang terdiri dari pelanggan domestik sebanyak 151992 SL, pelanggan sosial 1.614 SL dan pelanggan non domestik sebanyak 14013 SL. Namun pada nyatanya pada tahun 2020 pelayanan masih berada dalam 85.84% dengan jumlah pelanggan sebanyak 135131 SL.

Kebutuhan air bersih dari tahun ke tahun terus meningkat, maka sarana/sistem penyediaan air bersih yang sudah ada mungkin tidak dapat melayani kebutuhan air pada masa yang akan datang. (BPSDM PU, 2018). Salah satu IPA yang dimiliki PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa yaitu IPA Selat Panjang memiliki 2 Instalasi, yaitu IPA 5 dengan kapasitas 100 l/detik (2x50 l/detik) dan IPA 6 dengan kapasitas 200 l/detik. Salah satu IPA yaitu IPA 5 direncanakan akan ditingkatkan debit pengolahannya menjadi 150 l/detik (2x75 l/detik) untuk mencukupi sebagian kebutuhan air, sambil menunggu IPA baru jika terjadi peningkatan di kemudian hari.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan evaluasi dan optimalisasi terhadap IPA 5 Selat Panjang PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa agar tercapai produksi air minum yang memiliki kuantitas, kualitas, dan kontinuitas yang baik sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan meningkatkan cakupan layanan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut :

- Berapa kebutuhan air untuk 10 tahun mendatang di Kota Pontianak?
- Apakah sumber air yang digunakan sebagai air baku masih dapat memenuhi kebutuhan air yang diperlukan?
- Apakah IPA 5 Selat Panjang masih bisa digunakan dan memenuhi kriteria desain jika kemudian terjadi penambahan debit pengolahan, jika tidak unit pengolahan mana saja yang tidak memenuhi kriteria desain jika terjadi penambahan debit pengolahan?
- Bagaimana penyelesaiannya agar unit-unit dapat mengolah penambahan debit tersebut sesuai dengan kriteria desain?

- Berapa estimasi biaya yang diperlukan untuk menjalankan alternatif penyelesaian yang direkomendasikan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk mendapat hasil evaluasi dan optimalisasi mengenai unit pengolahan agar memenuhi kebutuhan air yang direncanakan. Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah mengetahui ketersediaan sumber air untuk memenuhi kebutuhan air, mengoptimalkan unit-unit pengolahan air yang ada di IPA 5 Selat Panjang untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat di daerah pelayanan Kecamatan Pontianak Utara.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Periode perencanaan adalah 10 tahun sampai tahun 2030 berdasarkan hasil perencanaan dari PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa
- Proyeksi kebutuhan air minum dilakukan untuk 10 tahun mendatang sampai tahun 2030 di Kecamatan Pontianak Utara
- Instalasi Pengolahan Air Minum yang dikaji adalah IPA 5 Selat Panjang PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa
- Evaluasi terhadap kualitas hasil air produksi IPA 5 Selat Panjang berdasar baku mutu air minum
- Evaluasi terhadap unit pengolahan pada debit baru berdasar kriteria desain
- Unit yang dievaluasi adalah intake, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir
- Membuat alternatif untuk optimalisasi IPA 5 Selat Panjang agar memenuhi kriteria desain
- Data yang digunakan adalah data primer maupun sekunder yang didapat dari PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa, literatur, dan dokumen lain yang dapat mendukung perencanaan

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika penulisan laporan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan mengenai dasar teori, peraturan, ataupun standar-standar berkaitan dengan evaluasi dan pengembangan instalasi pengolahan air minum.

BAB III GAMBARAN OBJEK KAJIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai gambaran umum wilayah studi yang terdiri dari informasi geografis, administrasi, kependudukan Kota Pontianak maupun data-data teknis eksisting IPA 5 Selat Panjang.

BAB IV METODOLOGI PERENCANAAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai alur dan proses yang akan dilalui dalam perencanaan ini.

BAB V PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai proyeksi kebutuhan air, evaluasi kinerja IPA 5 Selat Panjang dengan membandingkan hasil yang didapat dengan standar yang berlaku, dan merekomendasikan solusi teknis.

BAB VI RANCANGAN ANGGARAN BIAYA

Bab ini berisi penjelasan mengenai rancangan anggaran biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan solusi teknis yang direkomendasikan.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai penarikan kesimpulan dari kajian yang telah dilakukan dan memberikan saran baik kepada pengelola maupun kepada mahasiswa yang akan melakukan kajian yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. (2010). *Peran Proses Desinfeksi Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Air Bersih*. Surabaya: UPN Press.
- Aprillia, R., & Sabar, A. (2014). Kajian Rezim Hidrologi dan Salinitas DAS Landak-Kapuas Dalam Rangka Pengembangan Sumber Air Baku SPAM Regional Pontianak - Zona Hujan Equatorial. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 183-193. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 183-193.
- Aria Ripta Sarana. (2016). *Penyusunan Rencana Induk Sistem Pelayanan Air Minum (RI-SPAM)*. Maluku Tenggara Barat.
- AWWA. (2005). *Water Treatment Plant Design Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Badan Pusat Statistik. (2010). *Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6774 : 2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. BSN.
- Bengston, H. (2020, Mei 4). www.engineeringexcelspreadsheets.com. Retrieved from www.engineeringexcelspreadsheets.com/2020/05/lamella-inclined-plate-clarifierdesign-spreadsheet
- BPP SPAM. (2007). *Pedoman Penurunan Air Tak Berekening*. Jakarta.
- BPS Kota Pontianak. (2020). *Kota Pontianak Dalam Angka*. Kota Pontianak.
- BPSDM PU. (2018). *Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*.
- Davis, L. M. (2010). *Water And Wastewater Engineering Design Principles and Practice*. New York: McGraw-Hill.
- Departemen Kimpraswil. (2003). *Pedoman atau Petunjuk Teknik dan Manual : Air Minum Perkotaan Bagian : 6*. Jakarta: Balitbang.
- Ditjen Cipta Karya. (2000). *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Yogyakarta: Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

- Hartono, D. M. (2016, Desember 27). *Research.eng.ui.ac.id*. Retrieved from <http://research.eng.ui.ac.id/news/read/47/sumber-air-baku-untuk-air-minum>
- <https://sippa.ciptakarya.pu.go.id>. (n.d.). Retrieved from https://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen/rpi2jm/D-OCRPIJM_1504862090bab_4_profil_kota_pontianak.pdf.
- Kementrian Kesehatan RI. (2010). *PERMENKES RI No 492 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Kementrian Kesehatan RI.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18 Tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Khotami, D. K. (2017). *Planning Of Clean Water Piping Network System In District Gambiran Sub-Province Banyuwangi*. Surabaya: ITS.
- Kodoatie, J. R. (2012). *Tata Ruang Air Tanah*. Andi.
- Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2012). *Operasi & Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.
- Pemerintah Kota Pontianak. (2014). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Pontianak Tahun 2015-2019*. Pontianak.
- PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa. (2021). <https://www.pdamtirtakhatulistiwa.com/site/pages/profil-perusahaan>.
- Priambodo, E. A. (2016). *Laporan Tugas Akhir : Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhayanti, D. (2020). *Laporan Tugas Akhir : Perancangan Instalasi Pengolahan Air Paket Di Kota Tangerang*. Universitas Pertamina.
- Said, N. I. (2007). *Disinfeksi Untuk Pengolahan Air Minum*. Jurnal Air Indonesia, Vol. 3 No. 1.
- Samosir, O. B., & Adioetomo, S. M. (2010). *Dasar-dasar Demografi*. Jakarta: ISBN.
- Supian. (2020). *Supianpdam.com*. Retrieved from <http://supianpdam.com/w2/wp-content/uploads/2020/02/filter2020.pdf>
- Todd, D. K., & Mays, W. L. (2004). *Groundwater Hydrology, 3rd Edition*. ISBN.

- Triadmodjo, B. (2002). *Metode Numerik dilengkapi dengan program komputer*.
- Utomo, S., Sir, T. M., & Sonbay, A. (2012). Desain Saringan Pasir Lambat. *Jurnal Teknik Sipil*, 36-48.
- Wagner, E. G., & Pinheiro, R. G. (2001). *Upgrading Water Treatment Plants*. London: Spon Press.
- Water Environment Federation. (2005). *Clarifier Design Second Edition*. Alexandria: McGraw-Hill.

