

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Air Bersih

Berdasarkan (Damanhuri, 1989) sistem distribusi merupakan sistem yang secara langsung terhubung dengan konsumen dengan fungsi utama sebagai penyaluran air dari sumber ke konsumen dan telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan. Sistem distribusi harus memiliki unsur sistem perpipaan dan kelengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan, dan reservoir distribusi.

Berdasarkan buku Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya menjelaskan bahwa sistem transmisi adalah gabungan berbagai jenis pipa yang bersumber dari sumber air baku ke unit pengolahan lalu dari unit pengolahan ke reservoir distribusi. Sistem perpipaan air bersih dapat berupa Sambungan Rumah (SR), Kran Umum (KU), dan hidran umum dengan unit pelayanan berupa jaringan perpipaan dan unit tanki air.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang sistem pengembangan air minum, Sistem Penyediaan Air Minum merupakan satu kesatuan sistem fisik dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum. SPAM dengan jaringan perpipaan dapat meliputi:

A. Unit Air Baku

Berupa sumber mata air, waduk, sungai, laut, atau sumber air lainnya yang belum diolah dan merupakan hasil langsung dari alam.

B. Unit Pelayanan

Berupa sambungan rumah, hidran umum, dan hidran kebakaran.

C. Unit Distribusi

Berupa sistem pemompaan, jaringan distribusi, bangunan penampungan, alat ukur, dan peralatan pemantauan

D. Unit Pengelolaan

Berupa pengelolaan teknis dan non teknis, pengelolaan teknis seperti kegiatan operasional, pemeliharaan, dan pemantauan unit air baku, unit produksi, dan unit distribusi. Pengelolaan non teknis berupa administrasi dan pelayanan.

Sistem distribusi air baku berupa sistem penyediaan air minum (SPAM) berdasarkan tiga pengertian diatas saling mendukung. Dapat diambil kesimpulan bahwa sistem distribusi air bersih merupakan sistem jaringan fisik dan non-fisik. Jaringan fisik berupa sistem perpipaan yang mengalirkan air dari sumber air baku hingga ke konsumen dan non-fisik berupa proses yang terjadi sehingga didapatkan air bersih yang digunakan oleh konsumen.

Tabel 2. 1 Sintesa Teori Sistem Distribusi Air Bersih

| No. | Sumber | Unsur |
|-----|--|---|
| 1. | Damanhuri (1989) | a. Sistem perpipaan dan kelengkapannya. b. Hidran kebakaran c. Tekanan tersedia d. Sistem pemompaan e. Reservoir distribusi |
| 2. | Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya | a. Sambungan Rumah b. Kran Umum c. Hidran umum |
| 3. | Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang sistem pengembangan air minum | a. Unit air baku b. Unit pelayanan c. Unit distribusi d. Unit pengolahan |

*) *Olahan penulis, 2021*

Unsur yang dikemukakan pada buku Panduan Pendampingan SPAM Perpipaan Berbasis Masyarakat dan PP No. 16 Tahun 2005 tentang sistem pengembangan air minum merupakan penjelasan yang saling mendukung, karena penjelasan unsur pada buku panduan SPAM merupakan penjelasan pada unit distribusi pada peraturan pemerintah. Sedangkan unsur yang dijelaskan oleh Damanhuri (1989) lebih menjelaskan kepada unsur distribusi secara luas tidak hanya dalam lingkup penyediaan air bersih.

2.2 Sistem Pengaliran

Berdasarkan Siahaya (2010) pengaliran air bersih merupakan proses dalam distribusi air bersih yang digunakan pipa-pipa penghubung dari sumber air ke reservoir, hidran, pipa distribusi yang lebih kecil, atau langsung ke pelanggan. Sistem pengaliran dilakukan berdasarkan tiga sistem pengaliran, antara lain.

A. Sistem pengaliran gravitasi

Sistem ini memiliki karakteristik berupa sumber air baku terdapat di kawasan yang lebih tinggi daripada kawasan pelayanannya. Sistem ini pengelolaannya yang paling murah karena menggunakan energi potensial yang tinggi sehingga tidak memerlukan tambahan pompa untuk mengalirkan air

B. Sistem pemompaan

Sistem ini memiliki karakteristik berupa sumber air baku yang setara dengan kawasan pelayanannya. Sistem perpipaan yang digunakan berupa pipa yang lebih kecil terhubung dengan sumber air baku membentuk jaringan pipa distribusi karena tidak memerlukan tekanan yang besar.

C. Sistem pengolahan pengaliran kombinasi

Sistem ini memiliki karakteristik berupa penggunaan reservoir dan pompa yang bersamaan atau bergantian. Reservoir berfungsi sebagai tempat penampungan air dan dapat langsung mendistribusikan ke daerah pelayanan jika telah mencapai ketinggian air maksimum.

Berdasarkan Modul Prosedur Mobilisasi dan Pemasangan Pipa Air Minum Suplemen Modul SPAM Perpipaan Berbasis Masyarakat dengan Pola KKN Tematik tahun 2016 sistem pengaliran adalah sistem perpipaan untuk mendistribusikan air bersih dari reservoir distribusi ke konsumen. Dijelaskan bahwa pemasangan sistem pengaliran pipa distribusi dilakukan pada tanah stabil dengan dinding saluran yang tidak mudah runtuh, pada area terbuka lebar galian dibuat lebih luas, dan lebar galian dapat digunakan kayu penopang pada area yang lebih sempit. Persyaratan minimum penggalian pada beberapa kondisi lapangan dilakukan berdasarkan kriteria berikut.

- A. Kedalaman 300 mm pada pipa yang berada di bawah permukaan tanah biasa.

- B. Kedalaman 450 mm pada pipa yang berada di sisi jalan dan di bawah permukaan jalan kecil.
- C. Kedalaman 600 mm pada pipa yang berada di bawah permukaan jalan besar dengan perkerasan.
- D. Kedalaman 750 mm pada pipa yang berada di bawah permukaan jalan besar tanpa perkerasan.

Menurut SNI 7509 tahun 2011 tentang Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum pengaliran air bersih merupakan suatu rangkaian sistem perpipaan untuk mendistribusikan air minum dari reservoir distribusi ke konsumen. Sebelum dilakukan pemasangan sistem pengaliran pipa distribusi air, dilakukan penyesuaian dengan beberapa kriteria yaitu tata guna lahan eksisting, tata guna lahan selama tahun periode perencanaan, topografi, jaringan jalan, dan potensi dan kebutuhan pelayanan air. Penggunaan data tersebut dilakukan pada setiap jenis jaringan air bersih yang akan direncanakan seperti sambungan rumah, hidran umum, dan pengaturan hidran kebakaran yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah.

Tabel 2. 2 Sintesa Teori Sistem Pengaliran

| No. | Sumber | Faktor |
|-----|--|--|
| 1. | Siahaya (2010) | a. Sistem pengaliran gravitasi b. Sistem pemompaan c. Sistem pengolahan pengaliran kombinasi |
| 2. | Modul Prosedur Mobilisasi dan Pemasangan Pipa Air Minum Suplemen Modul SPAM Perpipaan Berbasis Masyarakat dengan Pola KKN Tematik (2016) | a. Stabilitas tanah b. Luasan area galian c. Jenis tanah d. Jaringan jalan |
| 3. | SNI 7509 tahun 2011 tentang Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum | a. Guna lahan eksisting b. Guna lahan perencanaan c. Topografi d. Jaringan jalan e. Potensi dan kebutuhan pelayanan air bersih |

*)Olahan penulis, 2021

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa pengertian terkait sistem pengaliran air saling mendukung dan melengkapi. Menurut modul prosedur pemasangan pipa (2016) sistem pengaliran merupakan jaringan perpipaan untuk menyalurkan air bersih dari reservoir kepada konsumen, proses pendistribusian ini

juga didukung pada pengertian SNI 7509 (2011). Sedangkan pengertian menurut Siahaya (2011) menambahkan beberapa tujuan akhir dari sistem pengaliran. Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pengaliran air bersih menurut uraian diatas beragam namun dapat disimpulkan bahwa sistem pengaliran adalah sistem pipa distribusi air bersih dari sumber air ke tempat tujuan.

2.3 Kebocoran Pipa Air Bersih

Kebocoran pipa distribusi air bersih merupakan faktor terjadinya kehilangan air yang disebabkan karena keretakan atau terputusnya sambungan pipa distribusi air (Febriany, 2014). Kebocoran pipa air bersih dapat terjadi pada setiap sistem perpipaan distribusi air bersih, jika terputus pada saluran pipa pelanggan dapat menyebabkan kehilangan air dengan biaya karena debit air telah tercatat dalam flow meter (Hidayat, 2011). Berdasarkan Dirjen Ciptakarya tahun 2009, kebocoran pipa terbagi menjadi 2, yaitu.

A. Kebocoran secara fisik

Merupakan kebocoran atau hilangnya air pada unit penyediaan, pendistribusian, dan pelayanan air minum. Dapat diidentifikasi dengan dampak kebocoran berupa adanya aliran air yang keluar dari sistem jaringan pipa distribusi air bersih.

B. Kebocoran non fisik

Merupakan kebocoran atau hilangnya air pada unit pendistribusian dan pelayanan air bersih kepada pengguna yang tidak dapat diidentifikasi dampak kebocoran secara fisik.

Kebocoran pipa air bersih oleh PDAM merupakan bentuk fenomena kurangnya pengawasan yang dilakukan oleh PDAM terhadap proses peletakan dan proses distribusi air bersih ke pengguna (Hidayat, 2011). Pendapat lain terhadap kebocoran pipa air bersih adalah kehilangan air yang disebabkan oleh pemasangan sambungan yang kurang tepat, terkena tekanan dari luar, dan penyambungan liar (Dirjen Ciptakarya, 2009).

Tabel 2. 3 Sintesa Teori Kebocoran Pipa Air Bersih

| No. | Sumber | Faktor |
|-----|--------------------------|--|
| 1. | Febriany (2015) | a. Keretakan pipa b. Terputusnya sambungan pipa |
| 2. | Hidayat (2011) | a. Kehilangan air dengan biaya |
| 3. | Dirjen Ciptakarya (2009) | a. Kebocoran disik b. Kebocoran non fisik |

*)Olahan penulis, 2020

Definisi kebocoran pipa yang dikemukakan oleh Febriany (2014) dan Dirjen Ciptakarya (2009) memiliki pengertian yang saling terkait untuk menunjukkan bahwa kebocoran pipa merupakan fenomena kehilangan air yang disebabkan oleh faktor fisik dan non fisik. Pendapat Hidayat (2011) sedikit bertolak belakang terhadap definisi yang dijelaskan oleh Febriany (2014) dan Dirjen Ciptakarya (2009) karena hanya menjelaskan faktor penyebab kebocoran berdasarkan non-fisik. Namun dapat ditarik sebuah kesepahaman untuk menunjukkan bahwa kebocoran pipa distribusi air bersih sebagai fenomena merugikan pelanggan dan PDAM karena dapat mengurangi manfaat yang dapat digunakan oleh pengguna.

2.4 Faktor Pengaruh Kebocoran Pipa

Berdasarkan Febriany (2014) menjelaskan bahwa faktor penyebab meningkatnya tingkat kebocoran pipa air PDAM antara lain.

- A. Kerusakan pipa karena adanya proyek perbaikan dan pelebaran jalan. Pipa air yang tertanam di dalam mendapat tekanan yang kuat oleh alat berat yang melakukan kegiatan proyek.
- B. Kerusakan pipa karena karat atau korosif, pipa yang telah dipasang lebih dari 20 tahun akan lebih tinggi resiko kebocorannya pada bagian sambungan.
- C. Sistem pemasangan pipa yang tidak sesuai dengan prosedur atau sistem pemasangan pipa yang kurang sempurna, semakin tinggi resiko kebocoran pada sambungan pipa.
- D. Kurangnya akurasi water meter.
- E. Tidak terdapat water meter induk untuk menjadi alat ukur yang akurat.

Berdasarkan beberapa faktor diatas, resiko kebocoran pipa juga dapat meningkat oleh faktor eksternal seperti sambungan liar.

Saghi dan Aval (2015) menjelaskan bahwa dalam sistem perpipaan di perkotaan, faktor utama penyebab terjadinya kebocoran pipa air bersih adalah tekanan air, umur pipa, diameter, dan material pipa. Namun terdapat beberapa faktor pengaruh diluar faktor teknis yang juga penting. Beberapa faktor tersebut antara lain.

A. Pergerakan tanah disekitar pipa

Pergerakan tanah dapat terjadi di sekitar pipa karena ada longsoran atau gempa bumi. Pergerakan ini memberikan banyak tekanan pada pipa dan dapat menyebabkan retakan pada pipa, sambungan pipa menjadi longgar, atau pipa menjadi rusak. Pergerakan tanah juga berpengaruh terhadap korosi yang terjadi pada pipa, karena beberapa jenis tanah dapat menyebabkan logam pipa menjadi berkarat. Beberapa hal yang mempengaruhi pergerakan tanah antara lain jenis tanah, jenis batuan, dan kelerengan.

B. Penempatan pipa

Sebagian besar sistem perpipaan ditanam di bawah jaringan jalan. Jalan juga digunakan oleh pihak lainnya untuk menempatkan jaringan perpipaannya seperti gas, kabel listrik, atau kabel telepon yang dapat merusak pipa pada saat penggalian.

C. Suhu

Pada suhu yang tinggi, pipa dengan komponen utama plastic atau polyethylene akan mengalami penurunan ketahanan. Jika kedalaman pipa tidak tepat, dapat menyebabkan air dalam pipa menjadi membeku pada suhu dingin.

D. Intensitas kegiatan yang berada pada permukaan pipa

Dalam studi yang dilakukan Li (2011) menunjukkan bahwa intensitas kegiatan di atas pipa air dapat menyebabkan tekanan yang lebih kuat pada pipa. Selain itu, kepadatan penduduk juga dapat mempengaruhi kegiatan yang terjadi dan mempengaruhi aliran distribusi air dalam pipa.

E. Kondisi Iklim

Kondisi iklim pada kawasan yang memiliki temperatur udara sangat tinggi atau sangat rendah, kualitas tanah, hujan, dan beku memiliki efek yang besar terhadap kebocoran pipa.

Yang Liu dan Jing Gao (2019) menjelaskan bahwa faktor utama dalam kebocoran pipa air bersih adalah sifat korosif alami tanah, kurang efisiennya kualitas material pipa, suhu dan tekanan, kesalahan dalam standar metode menanam pipa, perubahan geologi, dan kerusakan lain oleh manusia. Longsor yang disebabkan oleh tekanan pada tanah dapat menyebabkan tekanan pada sambungan pipa, selanjutnya dapat menyebabkan kebocoran dari retakan pipa.

Sementara pada faktor fisik wilayah sendiri, jenis tanah dan jenis batuan memiliki pengaruh besar dalam kebocoran pipa distribusi air. Jenis tanah dan jenis batuan yang memiliki karakteristik tingkat konduktivitas dan resistivitas tanah yang rendah lebih beresiko untuk mengalami kebocoran. Konduktivitas dan resistivitas tanah bergantung pada volume dan susunan pori-pori, dimana volume dan susunan pori-pori yang semakin besar maka tingkat konduktivitas serta resistivitasnya akan semakin besar dan begitupun sebaliknya. (Mudiarto, *et al*, 2012).

Menurut Leu (2016) menjelaskan bahwa setiap wilayah memiliki faktor masing-masing dalam fenomena kebocoran pipa distribusi air bersih yang terjadi. Namun, model yang ada menunjukkan bahwa terdapat faktor pendukung yang signifikan terjadi. Faktor tersebut adalah jarak terhadap pusat kegiatan, radius pipa dari sumber air baku, lebar jalan, pergerakan tanah, lonjakan tekanan pada pipa, jenis tanah, jumlah koneksi pipa, aktivitas konstruksi, panjang pipa, umur pipa, diameter pipa, material pipa, kedalaman penanaman pipa, perenggangan pipa, keretakan pada pipa, dan korosi. Faktor paling tinggi yang menyebabkan kebocoran adalah pergerakan tanah, lonjakan tekanan pada pipa, jenis tanah, aktivitas konstruksi, umur pipa, perenggangan pipa, keretakan pada pipa, dan korosi.

Tabel 2. 4 Sintesa Teori Faktor Pengaruh Kebocoran Pipa

| No. | Sumber | Faktor |
|-----|-----------------|---|
| 1. | Febriany (2014) | a. Proyek perbaikan dan pelebaran jalan |

| No. | Sumber | Faktor |
|-----|------------------------------|--|
| | | b. Pipa yang berkarat c. Sistem pemasangan pipa d. Akurasi water meter e. Tidak terdapat water meter |
| 2. | Saghi dan Aval (2015) | a. Pergerakan tanah disekitar pipa b. Penempatan pipa c. Suhu d. Kegiatan pada permukaan e. Kondisi iklim |
| 3. | Yang Liu dan Jing Gao (2019) | a. Sifat korosif alami tanah b. Material pipa c. Suhu dan tekanan d. Metode penanaman pipa e. Perubahan geologi f. Kerusakan oleh manusia |
| 4. | Mudiarto et al (2012) | a. Jenis tanah b. Jenis batuan |
| 5. | Leu (2016) | a. Pergerakan tanah b. Lonjakan tekanan pada pipa c. Jenis tanah d. Aktivitas konstruksi e. Umur pipa f. Perenggangan pipa g. Keretakan pada pipa h. Korosi |

*) *Olahan Penulis, 2021*

Faktor yang dijelaskan oleh Saghi dan Aval (2015), Yang Liu dan Jing Gao (2019), serta Leu (2016) memiliki keterkaitan untuk menunjukkan bahwa kebocoran pipa dapat dibagi menjadi faktor teknis dan faktor non-teknis dimana faktor teknis memiliki peran utama dalam kebocoran pipa. Namun faktor non-teknis memiliki sub faktor yang lebih banyak dibandingkan faktor teknis, hal ini sesuai dengan yang dijelaskan Febriany (2011). Berbeda dengan Febriany (2016), Mudiarto et al (2012) lebih menjelaskan bahwa faktor terjadinya kebocoran pipa lebih dipengaruhi oleh fisik wilayah terjadinya kebocoran pipa. Oleh karena itu dalam penelitian ini faktor yang mempengaruhi kebocoran pipa adalah terbagi menjadi dua kelompok antara lain ;

- A. Faktor teknis dimana terdapat beberapa indikator seperti:
- a. Pemilihan material pipa
 - b. Tekanan air di dalam pipa
 - c. Sistem pemasangan pipa
 - d. Akurasi dan ketiadaan water meter

- e. Umur pipa
- f. Keretakan pada pipa
- g. Perenggangan pipa

B. Faktor non-teknis dimana terdapat beberapa indikator seperti:

- a. Tekanan kendaraan di atas pipa
- b. Korosif
- c. Kondisi iklim
- d. Suhu
- e. Pergerakan tanah
- f. Perubahan geologi
- g. Kerusakan oleh manusia
- h. Jenis tanah
- i. Jenis batuan

Dalam penentuan variabel dari masing-masing faktor, dilakukan pengelompokan variabel berdasarkan tinjauan pustaka. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 7645-2010 menjelaskan bahwa untuk kategori luasan wilayah skala 1:250.000, penggunaan lahan dapat diklasifikasikan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Kelas Penutup Lahan

| No. | Kelas Penutup Lahan |
|-----|---|
| 1. | Daerah Vegetasi |
| | 1.1 Daerah pertanian |
| | a. Sawah |
| | b. Sawah pasang surut |
| | c. Ladang |
| | d. Perkebunan |
| | e. Perkebunan campuran |
| | f. Tanaman campuran |
| | 1.2 Daerah Bukan Pertanian |
| | a. Hutan lahan kering |
| | b. Hutan lahan basah |
| | c. Semak dan belukar |
| | d. Padang rumput alang-alang dan sabana |
| | e. Rumput rawa |
| 2. | Daerah Tak Bervegetasi |
| | 2.1 Lahan terbuka |
| | a. Lahar dan lava |
| | b. Hampan pasir pantai |
| | c. Beting pantai |
| | d. Gumuk pasir |

| No. | Kelas Penutup Lahan |
|-----|--|
| 2.2 | Permukiman dan lahan bukan pertanian <ul style="list-style-type: none"> a. Lahan terbangun : <ul style="list-style-type: none"> i. Permukiman ii. Jaringan jalan iii. Jaringan kereta api iv. Bandar udara v. Pelabuhan laut b. Lahan tidak terbangun : <ul style="list-style-type: none"> i. Pertambangan ii. Tempat penimbunan sampah |
| 2.3 | Perairan <ul style="list-style-type: none"> a. Danau atau waduk b. Tambak c. Rawa d. Sungai e. Terumbu karang f. Gosong pantai |

*)Badan Standarisasi Nasional, 2010

Berdasarkan tabel tersebut, pengelompokan penggunaan lahan dilakukan berdasarkan 2 sub variabel daerah vegetasi berupa daerah pertanian dan bukan pertanian serta 3 sub variabel daerah tak bervegetasi berupa daerah lahan terbuka, permukiman dan lahan bukan pertanian serta perairan.

Pada klasifikasi kepadatan penduduk, perbandingan yang dihasilkan dari total jumlah penduduk dan luas lahan dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu jarang, sedang dan padat (Munawir, 2005). Dikategorikan jarang apabila 0-10 jiwa/ha, sedang apabila 10-100 jiwa/ha, padat apabila lebih dari 100 jiwa/ha. Kepadatan penduduk yang digunakan adalah kepadatan penduduk netto yang merupakan data perbandingan jumlah penduduk terhadap kawasan terbangun.

Klasifikasi wilayah yang memiliki potensi tinggi terhadap kebocoran pipa distribusi air bersih berdasarkan jarak dari jalan adalah 2 ft atau 0,6 m (NY department of environmental service bureu of water, 2010). Hal ini dikarenakan tekanan yang dihasilkan dari pola pergerakan baik kendaraan bermotor maupun tidak, dapat memberikan tekanan pada pipa distribusi air bersih sehingga menyebabkan kebocoran.

Berdasarkan klasifikasi geomorfologi (Bermana, 2006) menjelaskan bahwa kelerengan dan ketinggian dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Pada ketinggian, untuk wilayah dengan ketinggian <50 m dapat dikategorikan dataran rendah, 50-200 m dapat dikategorikan sebagai perbukitan

rendah, 200-500 m dapat dikategorikan sebagai perbukitan, 500-1000 m dapat dikategorikan perbukitan tinggi dan >1000 m dikategorikan sebagai pegunungan. Pada kelerengan, 0-7 % dikategorikan sebagai datar, 8-55 % dikategorikan sebagai lereng landai, 56-140 % dikategorikan sebagai lereng curam.

2.5 Sintesa Pustaka

Berdasarkan sub pembahasan tinjauan pustaka yang telah dijelaskan melalui berbagai berbagai sumber, maka didapatkan sintesa pustaka faktor-faktor fisik kawasan yang dapat mempengaruhi kebocoran pipa distribusi air bersih. Faktor ini selanjutnya menjadi bahan acuan dalam melakukan analisis pemenuhan sasaran 1 dan 2. Adapun faktor-faktor tersebut dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Sintesa Pustaka Penelitian

| Sasaran | Indikator | Variabel |
|--|--|--|
| 1. Menganalisis faktor-faktor fisik kawasan yang mempengaruhi kebocoran pipa distribusi air bersih. | Pergerakan Tanah | Jenis tanah |
| | Intensitas kegiatan diatasnya | Jenis batuan |
| 2. Menganalisis kawasan rawan kebocoran pipa distribusi air bersih. | | Kelerengan |
| | Kedekatan dengan jaringan jalan | |
| | Penempatan pipa | Ketinggian lokasi |
| | Kondisi iklim | Suhu |
| | Penggunaan Lahan | Sebaran penggunaan lahan |
| | | Luasan penggunaan lahan |
| 3. Menganalisis titik konsentrasi spasial kebocoran pipa distribusi air bersih di Kota Balikpapan yang telah terjadi. | Fenomena kebocoran pipa distribusi air bersih di Kota Balikpapan. | Persebaran jaringan pipa distribusi. |
| 4. Menganalisis keterkaitan kawasan rawan kebocoran pipa distribusi dengan titik konsentrasi kebocoran pipa distribusi | Hubungan antara nilai kawasan rawan kebocoran pipa distribusi air bersih dengan titik konsentrasi terjadinya kebocoran pipa distribusi air bersih. | Titik lokasi kebocoran pipa. |
| | | Peta kerawanan kawasan kebocoran pipa distribusi air bersih. |
| | | Peta titik konsentrasi spasial pipa distribusi air bersih |

Sumber : Penulis, 2021