

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam studi ini adalah Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Regional Jatiluhur 1, dengan fokus khusus pada trase Teluk Buyung. SPAM Regional Jatiluhur 1 dirancang untuk memenuhi kebutuhan air minum yang terus meningkat di kawasan urban yang padat penduduk, menjadikan analisis kinerja transmisi di trase ini menjadi sangat relevan. Penelitian ini akan mengeksplorasi kondisi fisik infrastruktur, sistem transmisi, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja distribusi air. Dengan memahami objek secara mendalam, diharapkan dapat ditemukan solusi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyediaan air bersih di kawasan ini. Dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut dijelaskan seluruh peta *offtaker*.



Gambar 3. 1 Peta *Offtaker*

(Sumber: WKA – Jaya Konstruksi KSO, 2024)

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel yang akan dianalisis adalah **tekanan air** dalam **sistem transmisi air minum** pada trase Teluk Buyung dari SPAM Regional Jatiluhur.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui metode yang terstruktur untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan informasi. Data-data yang akan digunakan meliputi:

1. Data Primer atau data utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah faktor-faktor utama dalam penurunan ataupun lonjakan tekanan pada pipa. Data-data tersebut meliputi:

- a. Kebocoran

Kebocoran pada pipa trase dapat dilihat dengan observasi lapangan, *performance test*, ataupun dengan *year 1 operation*. Kebocoran ini dapat terjadi apabila adanya kerusakan pada infrastruktur trase maupun apabila adanya sambungan antara pipa yang tidak rapat. Melalui observasi lapangan, trase Teluk Buyung akan ditelusuri dari IPA Bekasi hingga ke *offtaker*. Pada titik tertentu seperti titik *washout*, kebocoran rawan terjadi. Maka, observasi lapangan akan lebih di fokuskan pada titik *washout* dan sambungan.

- b. Penurunan dan kenaikan tekanan pada pipa

Penurunan dan kenaikan tekanan pada pipa dapat dilihat melalui pengetesan. Apabila ada kebocoran yang menyebabkan penurunan tekanan pada pipa, dapat terlihat pada *pressure gauge* yang terletak di *offtaker* teluk buyung. Apabila ada penurunan tekanan secara signifikan, maka terindikasi adanya kebocoran yang terjadi pada pipa transmisi.

2. Data Sekunder atau data pelengkap diperlukan untuk membantu peneliti memahami kondisi pipa transmisi. Data spesifikasi pompa, spesifikasi pipa, *performance test*, dan *year 1 operation* merupakan data yang diperoleh dari kontraktor EPCC Wijaya Karya – Jaya Konstruksi KSO (WJKSO). Pada gambar 3.2 dijelaskan *technical data sheet* pompa yang digunakan pada trase Teluk Buyung.

Pada penelitian ini, data primer diperoleh melalui pengambilan sampel survei pada sepanjang trase Teluk Buyung dengan titik fokus pada dua titik *washout*. Proses pengambilan data dilakukan secara berkala dan terstruktur setelah konstruksi trase Teluk Buyung selesai untuk memastikan keakuratan dan konsistensi informasi yang dikumpulkan. Sedangkan data sekunder diperoleh dengan tahapan proses pengambilan sebagai berikut:

1. Data spesifikasi pompa dan spesifikasi pipa diperoleh dengan melakukan permintaan data dan konsultasi kepada *engineer* untuk mendapatkan informasi mengenai spesifikasi pompa dan pipa. Data tersebut akan dimasukkan ke model *WaterCAD* agar hasil pemodelan dengan kondisi aktual sama.
2. Data *performance test* dan *year 1 operation* diperoleh dengan melakukan konsultasi dan pengajuan permintaan data kepada *engineer* dan divisi *commissioning*. Setelah itu, wawancara dengan divisi *commissioning* sebagai bentuk verifikasi kendala dan verifikasi langkah-langkah pengolahan data yang benar juga akan dilakukan. Terdapat beberapa data yang didapat dari *performance test*, namun pada penelitian ini hanya akan menggunakan data debit aliran air dan tekanan air dalam pipa pada titik IPA Bekasi dan *offtaker* Teluk Buyung. Dapat dilihat pada Lampiran 3 spesifikasi pompa pada trase Teluk Buyung.

Tabel 3. 1 Tabel Penggunaan Pompa

Distribution	Distribution				Intake Feed Pumps			
	Sentra Timur m3/h	Teluk Buyung / Taruma Jaya m3/h	Jatibening m3/h	Total m3/h Required	Required # of Pumps	% Speed / Pump	Capacity m3/h / Pump	Combined Max Design m3/h
Year 1	748.8	147.6	108	1004.4	1.0	25.4	4240.5	4240.5
Year 2	5472	360	216	6048.0	2.0	76.4	4240.5	8481.0
Year 3	7920	504	342	8766.0	3.0	73.8	4240.5	12721.5
Year 4	12240	720	482.4	13442.4	4.0	84.9	4240.5	16962.0
Year 5	14400	720	720	15840.0	4.0	100.0	4240.5	16962.0
Minimum Operation					1.0	25.0	4240.5	4240.5

(Sumber: Divisi Engineering WIKA – Jaya Konstruksi KSO, 2024)

Pada Tabel 3.1 dijelaskan mengenai distribusi setiap trase pada IPA Bekasi. Trase Teluk Buyung butuh setidaknya 720m³/jam untuk memenuhi kebutuhan kapasitas maksimum trasenya. Pada kapasitas maksimum ini, dibutuhkan kapasitas maksimal pompa yang beroperasi. Maka, dibutuhkan perhitungan kecepatan pompa maksimum untuk memenuhi kebutuhan pasokan air.

Tabel 3. 2 Tabel Kapasitas Maksimal Pompa

Teluk Buyung / Taruma Jaya m3/h	Capacity m3/h / Pump	Required # Dist. Pumps	Pump combined max capacity	% Capacity (speed)
147.6	360	1	360	41
360	360	1	360	100
504	360	2	720	70
720	360	2	720	100
720	360	2	720	100

(Sumber: Divisi Engineering WIKA – Jaya Konstruksi KSO, 2024)

Performance Test dilakukan selama 3 hari dengan kecepatan pompa sebesar 100%. Pengetesan ini dilakukan untuk melihat performa pipa transmisi ke setiap trase. Dari pengetesan ini, peneliti memperoleh data debit air, tekanan pipa pada

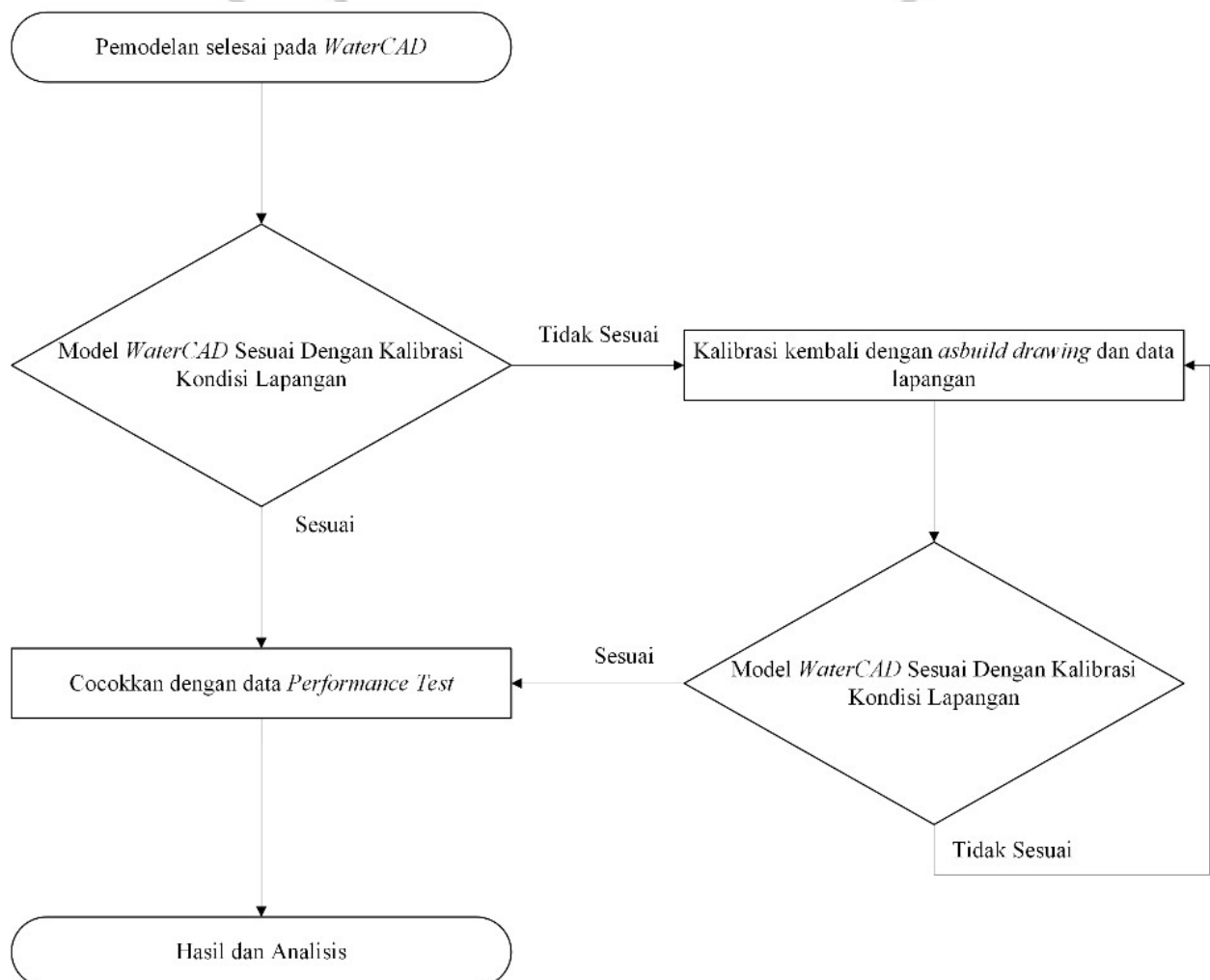
IPA Bekasi dan *offtaker* teluk buyung. Sedangkan pada *year 1 operation test*, pompa yang bekerja hanya sebesar 25,4%. Pada Tabel 3.2 dapat dilihat maksimal debit air dengan kecepatan pompanya.

3.4 Pelaksanaan Analisis Kinerja

Pelaksanaan analisis kinerja dilakukan dengan langkah-langkah yang sistematis untuk memastikan hasil yang akurat dan bermanfaat. Langkah analisis kinerja meliputi:

1. Identifikasi Parameter Kerja: menentukan parameter-parameter kinerja yang akan dianalisis berdasarkan variabel penelitian yang telah ditetapkan. Ini mencakup pengukuran debit aliran dan tekanan dalam pipa. Parameter yang ditetapkan adalah parameter yang berpengaruh terhadap kestabilan tekanan pada pipa transmisi.
2. Pengukuran dan Pengumpulan Data: melakukan pengukuran langsung terhadap parameter kinerja yang relevan, seperti mengukur tekanan dalam pipa dengan *pressure gauge*, dan debit aliran dapat diukur menggunakan *Flow Meter*. *Pressure Gauge* dan *Flow Meter* yang sudah terpasang terletak pada IPA Bekasi dan *Offtaker* Teluk Buyung. Data ini akan dikumpulkan secara berkala untuk mendapatkan informasi dan gambaran yang komprehensif.
3. Analisis Hidrolika: menggunakan rumus-rumus hidrolika, seperti rumus Manning, Hazen-Williams dan Darcy-Weisbach, untuk menghitung debit, kehilangan tekanan, dan kecepatan aliran dalam sistem transmisi. Rumus yang akan digunakan ini sesuai dengan rumus yang sudah dijelaskan pada Bab II. Analisis ini penting memahami bagaimana air mengalir melalui sistem dan di mana potensi masalah dapat timbul.
4. Simulasi: membuat simulasi sistem pipa transmisi menggunakan aplikasi *WaterCAD* untuk mengetahui tekanan yang optimal untuk pipa transmisi. Dari simulasi ini dapat diketahui tekanan yang seharusnya di sistem pipa transmisi berapa.

5. Kalibrasi: kalibrasi pada aplikasi *WaterCAD* dilakukan dengan cara penyesuaian model aplikasi dengan *as built drawing* trase agar model persis dengan data pada lapangan. Dengan penyamaan ini diharapkan hasil simulasi sama dengan apa yang terjadi pada lapangan. Dengan ini, maka hasil simulasi diharapkan sesuai dan dapat memberikan hasil yang optimal. Pada gambar 3.2 dapat dilihat diagram kalibrasi model *WaterCAD*.



Gambar 3. 2 Diagram Kalibrasi Model

(Sumber: Diolah penulis, 2025)

6. Evaluasi Kinerja: membandingkan hasil analisis dengan standar yang berlaku, seperti SNI 7509:2011, Peraturan Pemerintah nomor 122 Tahun 2015, Permenkes Nomor 492 Tahun 2010, Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 serta hasil simulasi kalibrasi pada aplikasi *WaterCAD*. Perbandingan ini akan menentukan apakah sistem kinerja sistem transmisi sudah memenuhi syarat yang ditetapkan. Evaluasi ini juga akan membantu dalam merumuskan rekomendasi perbaikan serta kegiatan yang akan menjaga kestabilan tekanan.

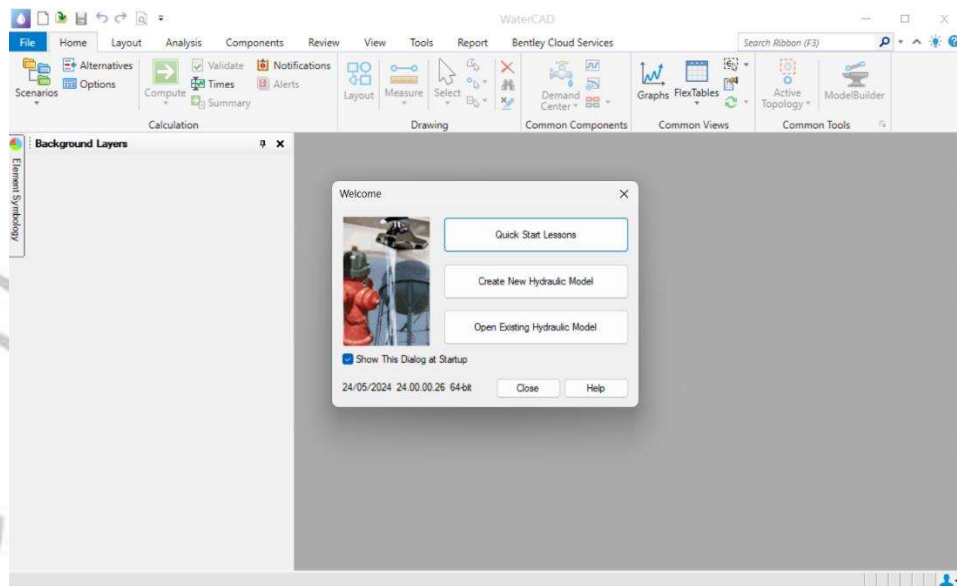
3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode statistik dan teknik analisis deskriptif untuk mendapatkan wawasan yang berarti dari data yang dikumpulkan. Beberapa langkah dalam analisis data meliputi:

1. Pengolahan Data: mengorganisir dan menyusun data yang telah dikumpulkan agar mudah dianalisis. Data yang tidak lengkap, tidak valid, dan tidak relevan akan diidentifikasi dan dihapus dari analisis, sehingga hanya data yang relevan yang akan digunakan dalam analisis data.
2. Analisis Statistik: menggunakan perangkat lunak statistik untuk menghitung nilai rata-rata, deviasi standar, dan analisis regresi. Uji analisis statistik dirasa perlu karena harus adanya pengetesan dan uji kesinambungan.
3. Interpretasi Hasil: menyusun hasil beserta pemodelan pada *WaterCAD* untuk memudahkan pemahaman. Hasil ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai stabilitas tekanan sistem transmisi air minum pada trase Teluk Buyung.
4. Rekomendasi: berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan rekomendasi untuk penambahan, perbaikan dan peningkatan kinerja sistem transmisi pada trase Teluk Buyung.

3.6 Set-Up Model WaterCAD

Untuk memodelkan simulasi pada aplikasi *WaterCAD* maka diperlukan penjelasan mengenai aplikasi *WaterCAD*. Berikut adalah langkah – langkah awal pemodelan pada aplikasi *WaterCAD*.

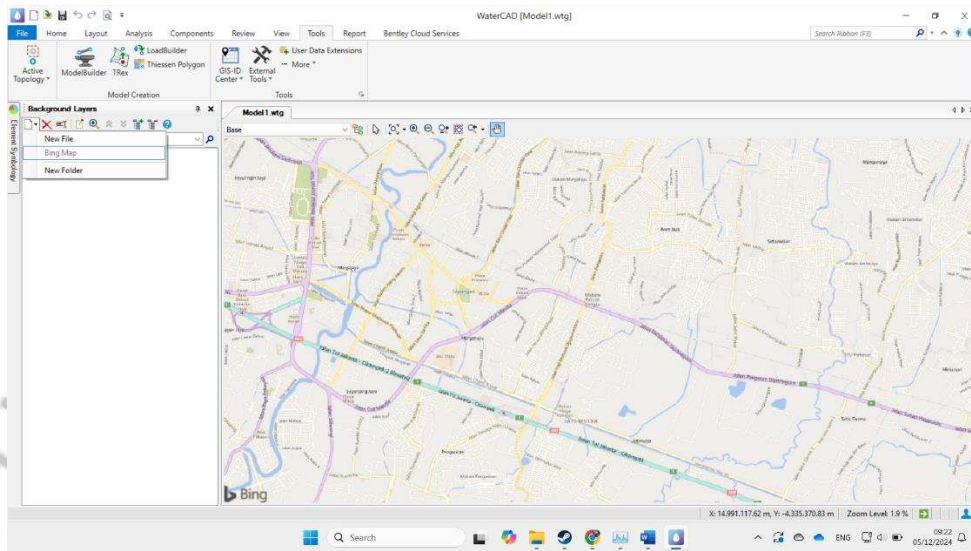


Gambar 3. 3 Tampilan Awal *WaterCAD*

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.3, terlihat tampilan awal untuk membuat permodelan pada aplikasi *WaterCAD*. Tampilan awal ini sebelum memulai seluruh pemodelan *WaterCAD*. Penggunaan tampilan awal ini juga untuk mengatur satuan atau

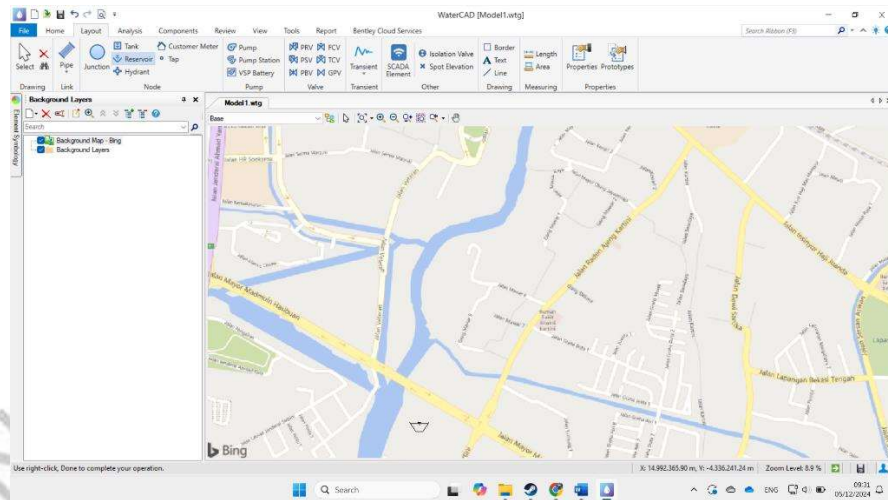
unit pada setiap *input* maupun *output*.



Gambar 3. 4 Tampilan Peta pada *WaterCAD*

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

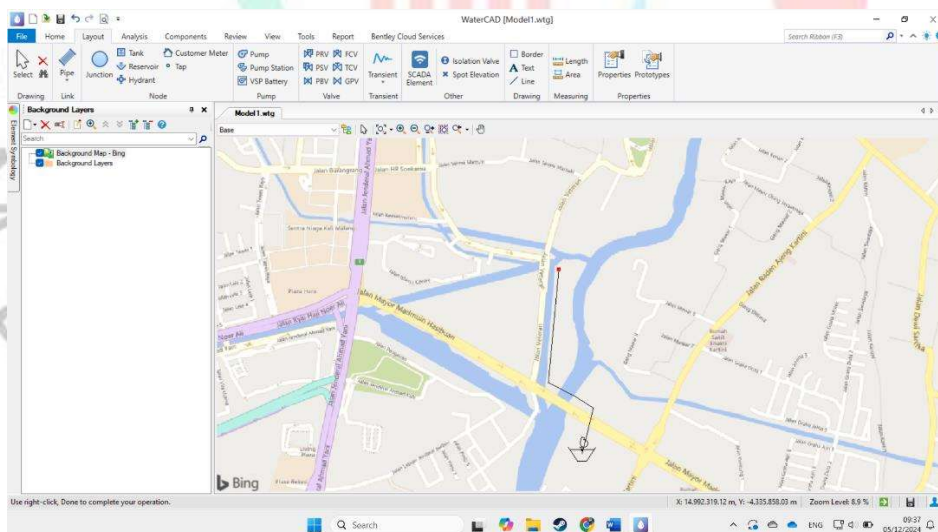
Pada Gambar 3.4 di atas, pemilihan *background* peta untuk memudahkan dalam membuat permodelan pada *WaterCAD* agar sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Pada aplikasi *WaterCAD*, peta yang terintegrasi pada aplikasi adalah *Bing Maps*. Integrasi ini memudahkan untuk menemukan lokasi yang sesuai pada permodelan.



Gambar 3. 5 Penempatan *Reservoir* pada *WaterCAD*

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.5, terlihat pembuatan input *reservoir* pada permodelan *WaterCAD*. *Reservoir* dapat di atur kapasitas maksimum, elevasi, serta integrasi terhadap kompartemen lainnya.

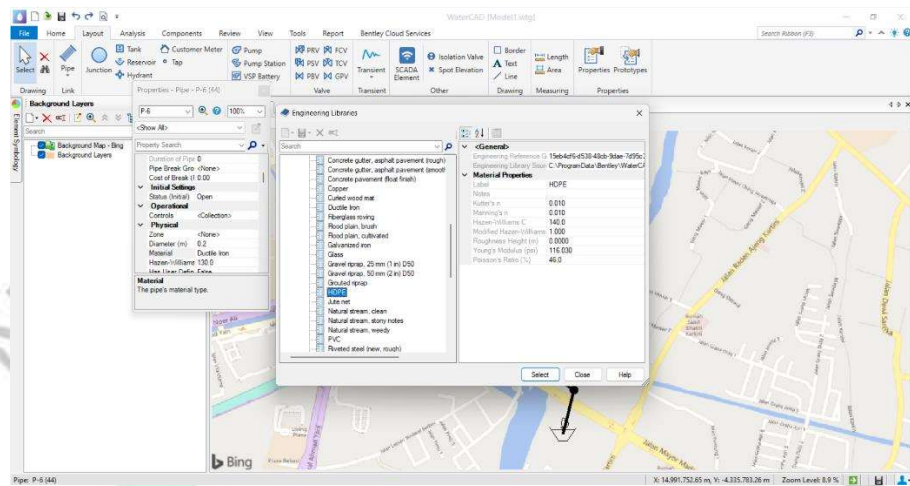


Gambar 3. 6 Penambahan Pipa dan Pompa pada *WaterCAD*

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.6, terlihat *input* pipa dan spesifikasi pompa pada aplikasi *WaterCAD*. *Input* data pipa bertujuan untuk penyesuaian dan kalibrasi dengan *as built drawing*. Spesifikasi pompa juga dapat di atur sesuai dengan spesifikasi

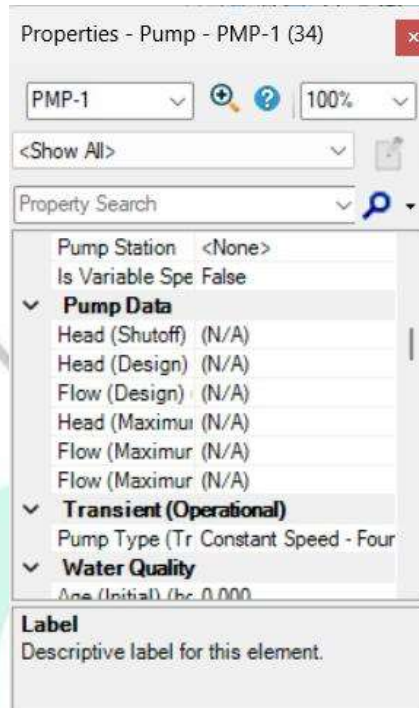
pompa aktual, spesifikasi yang dapat di atur pada pompa seperti *head*, *speed*, *frequency*, dan *maximum capacity*.



Gambar 3. 7 Material Pipa pada *WaterCAD*

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

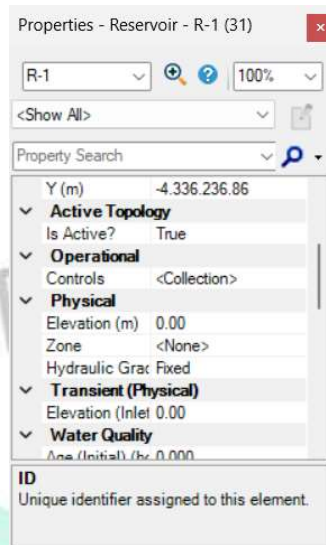
Setelah itu, pada Gambar 3.7 terlihat cara memasukkan *input material* pada pipa transmisi. Standar – standar *material* untuk pipa sudah tersedia dan terintegrasi pada aplikasi *WaterCAD*. Spesifikasi *material* pipa transmisi dapat diubah sesuai dengan kualitas yang diinginkan.



Gambar 3. 8 Spesifikasi Kecepatan Pompa

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.8, selanjutnya melakukan *input* spesifikasi pompa pada aplikasi *WaterCAD*. Spesifikasi pompa pada trase Teluk Buyung sesuai dengan spesifikasi pompa pada Lampiran 3. Semua spesifikasi pompa dapat di ubah sesuai dengan kebutuhan penggunaan.



Gambar 3. 9 Elevasi Setiap Komponen

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Selanjutnya pada Gambar 3.9, melakukan *input* elevasi pada setiap komponen pipa. Memasukkan data elevasi pipa bertujuan untuk menyamakan data pada permodelan dengan data aktual, menciptakan debit aliran yang sama dengan aktual, serta mencegah adanya konflik dengan elevasi eksisting.

	Demand (Base) (m ³ /s)	Pattern (Demand)
1	100.00	Fixed
*		

Gambar 3. 10 Pengaturan Debit

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Setelah itu, pada Gambar 3.10 melakukan *input* debit aliran air pada *Demand Control Center*, sesuai dengan spesifikasi maksimum pipa transmisi. Hal ini bertujuan agar kondisi debit aliran air sama dengan data *performance test*.

Calculation Summary (1: Base)

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (m ³ /s)	Flow Demanded (m ³ /s)	Flow Stored (m ³ /s)
All Time Steps(1)	True	2	0.0000056	100	100	0
0.00	True	2	0.0000056	100	100	0

Information Status Messages Trials Intra-Trial Status Messages Run Statistics

Time Step	Element ID	Message
-----------	------------	---------

Show this dialog after Compute

Gambar 3. 11 Contoh Perhitungan Debit Aliran

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.11, menunjukkan bagaimana contoh *output* debit aliran pada pipa transmisi setelah dilakukannya analisis menggunakan aplikasi *WaterCAD*. Hasilnya, *flow supplied* dengan *flow demanded* sama. Artinya tidak ada kebocoran sepanjang pipa, karena debit air masuk dengan debit air keluar sama.

FlowTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) [Model1.wtg]

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)
33: P-1	33 P-1	24	R-1	PMP-1	0.2	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	100	5.482.01	62.617.036	<input type="checkbox"/>	0
36: P-2	36 P-2	74	PMP-1	J-2	0.2	HDPE	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	100	5.482.01	54.586.652	<input type="checkbox"/>	0
38: P-3	38 P-3	43	J-2	J-3	0.2	HDPE	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	100	5.482.01	54.586.664	<input type="checkbox"/>	0
42: P-5	42 P-5	64	J-3	J-5	0.2	HDPE	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	100	5.482.01	54.586.644	<input type="checkbox"/>	0
44: P-6	44 P-6	235	J-5	J-6	0.2	HDPE	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	100	5.482.01	54.586.648	<input type="checkbox"/>	0

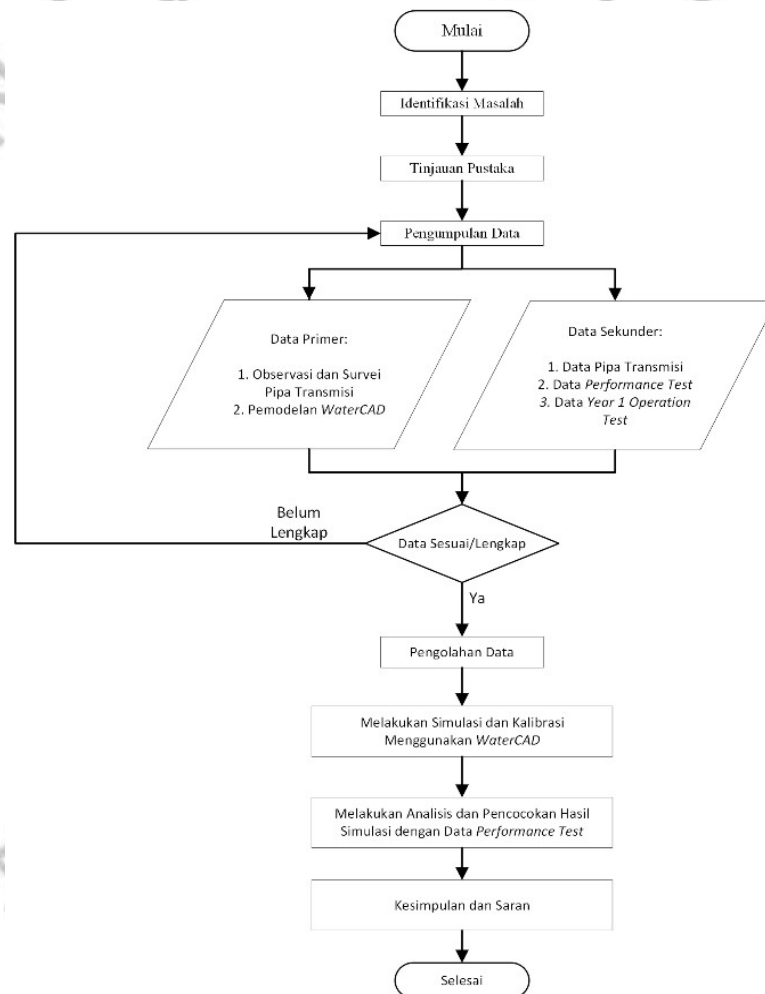
5 of 5 elements displayed

Gambar 3. 12 Contoh Tabel Perhitungan Pipa

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Pada Gambar 3.12, terlihat contoh *output* keseluruhan pipa transmisi pada aplikasi *WaterCAD*. *Output* ini memudahkan untuk mengetahui data pipa secara keseluruhan. Mulai dari elevasi pipa, *material* pipa, diameter pipa, debit aliran pada pipa, maupun kecepatan aliran pada pipa transmisi.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 13 Diagram Alir

(Sumber: Diolah peneliti, 2025)

Diagram alir penelitian ini menjelaskan langkah sistematis mulai dari identifikasi masalah, tinjauan pustaka, hingga pengumpulan data primer dan sekunder terkait pipa transmisi. Data diolah, kemudian dilakukan simulasi dan

kalibrasi menggunakan WaterCAD untuk mencocokkan hasil simulasi dengan data Performance Test. Analisis ini menghasilkan kesimpulan dan saran sebagai rekomendasi perbaikan. Proses iteratif diterapkan jika data belum lengkap, memastikan hasil yang valid dan akurat sebelum penelitian dinyatakan selesai.

