

Analisis Pengaruh Penggunaan *Hydraulic Engineering Software* Terhadap Kinerja Waktu Proyek Perencanaan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Skala Kota

Benjamin Julies Lekatompessy¹, Agus Suroso^{1,*}

Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta¹

Koresponden*, Email: agussrs@yahoo.com

Info Artikel		Abstract
Diajukan	03 Agustus 2021	<p><i>Delay is a universal phenomenon in almost all construction projects in the world, including infrastructure projects. This phenomenon occurs both from the planning stage to the construction implementation stage. In infrastructure projects such as SPALD-T, often delays in the planning stage, one of which is due to changes from the owner that cannot be predicted beforehand such as changing the planning location from what has been stated in the Terms of Reference (TOR), adding planning locations, and sewerage pipeline changes. Changes from the owner result in the addition and or correction of the design. In government projects such as SPLD-T planning, not a few still use conventional software such as Microsoft Excel in the design of wastewater pipelines so that engineers will need a lot of time to carry out the design or correction process. By using the multiple linear analysis method, it is obtained that the use of hydraulic engineering software has a positive effect on the planning time performance of SPALD-T by 52.5% because hydraulic engineering software has factors such as ease of analysis, clear visualization, design coverage, scenario management, automated design, integration with GIS conversion and accuracy. Where the most influential factor is scenario management.</i></p>
Diperbaiki	08 Desember 2021	
Disetujui	08 Desember 2021	

Keywords: wastewater project, engineering software, sewerage design, time performance

Abstrak
Keterlambatan menjadi fenomena yang universal di hampir semua proyek konstruksi di dunia termasuk proyek infrastruktur. Fenomena ini terjadi baik dari tahap perencanaan sampai ke tahap pelaksanaan konstruksi. Pada proyek infrastruktur seperti SPALD-T seringkali terjadi keterlambatan pada tahap perencanaan yang salah satunya akibat perubahan-perubahan dari owner yang memang tidak dapat diprediksi sebelumnya seperti berubahnya lokasi perencanaan dari yang telah disebutkan di dalam Kerangka Acuan Kerja (KAK), penambahan lokasi perencanaan, dan perubahan jalur pipa air limbah. Perubahan dari owner mengakibatkan penambahan dan atau koreksi desain. Dalam proyek pemerintah seperti proyek perencanaan SPALD-T tidak sedikit yang masih menggunakan *software* konvensional seperti Microsoft Excel dalam desain jaringan pipa air limbah sehingga *engineer* akan membutuhkan waktu yang banyak untuk melakukan proses desain ataupun koreksi. Dengan menggunakan metode analisis linear berganda dihasilkan bahwa dengan penggunaan *hydraulic engineering software* terdapat pengaruh positif terhadap kinerja waktu perencanaan proyek SPALD-T sebesar 52,5% karena *hydraulic engineering software* memiliki faktor-faktor seperti kemudahan analisis, visualisasi jelas, cakupan desain, pengelolaan skenario, desain otomatis, integrasi dengan GIS konversi dan akurasi dimana faktor yang paling berpengaruh adalah pengelolaan skenario.

Kata kunci: proyek air limbah, *engineering software*, desain perpipaan, kinerja waktu

1. Pendahuluan

Permasalahan sanitasi dan air minum merupakan salah satu permasalahan yang menjadi perhatian di seluruh dunia. Banyak negara yang sudah baik dalam penanganan sanitasi dan air minum tetapi tidak sedikit juga negara yang masih jauh dalam penanganan masalah ini. Dalam skala dunia, Indonesia menduduki posisi ke 125 dalam menangani masalah sanitasi dan air minum, masih jauh di bawah negara Asia Tenggara lainnya seperti Malaysia (59), Thailand (63), Vietnam (74) dan Filipina (110) [1].

Salah satu permasalahan sanitasi yang perlu ditangani adalah permasalahan air limbah. Air limbah di perkotaan saat ini merupakan hal yang tidak mudah untuk dikelola seperti di Jakarta dan kota besar lainnya dengan tingkat populasi tinggi. Dengan tidak terkelola dengan baik maka menimbulkan permasalahan lingkungan diantaranya tercemarnya sungai, biaya pengolahan air minum yang lebih meningkat dan tingkat kesehatan masyarakat yang menurun [2]. Melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26/PRT/2017 tentang Panduan Pembangunan Budaya

Integritas di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, telah ditetapkan sasaran pembangunan PUPR berupa Visi Kementerian PUPR 2030. Untuk mewujudkan Visi tersebut, salah satunya dicapai melalui program 100% pelayanan air minum, menurunkan luas permukiman kumuh perkotaan menjadi 0 ha dan 100% pelayanan sanitasi atau yang dikenal dengan program 100 – 0 100 [3]. Berdasarkan sasaran pengelolaan sanitasi di atas, maka ke depannya akan ada banyak program-program pemerintah untuk mendorong akses pelayanan sanitasi khususnya air limbah di daerah-daerah perkotaan seperti perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik (SPALD) dan pembangunan SPALD itu sendiri.

Faktor utama yang berperan dalam kegiatan perencanaan dan pembangunan suatu proyek konstruksi sudah pasti adalah waktu (time), kualitas (quality) dan biaya (cost). Membahas tentang waktu, akan sangat berdampak juga terhadap aspek lain di dalam proyek apabila tidak dijaga sesuai dengan perencanaan jadwal yang telah dibuatkan dan disepakati antara owner dengan penyedia jasa. Keterlambatan menjadi fenomena yang universal di hampir semua proyek konstruksi di dunia. Hal ini terjadi pada semua tahapan proyek terutama pada tahap konstruksi tetapi tidak sedikit juga terjadi keterlambatan pada tahap perencanaan dan desain [4]. Seperti yang terjadi pada proyek-proyek pekerjaan umum di Malaysia, didapatkan bahwa 88% proyek konstruksi mengalami keterlambatan pada tahap perencanaan dan desain [5].

Pada proyek perencanaan SPALD-T juga terdapat perubahan-perubahan dari owner yang memang tidak dapat diprediksi sebelumnya seperti berubahnya lokasi perencanaan dari yang telah disebutkan di dalam Kerangka Acuan Kerja (KAK), penambahan lokasi perencanaan, perubahan jalur pipa air limbah, dan lain-lain. Salah satu fenomena yang terjadi dalam proses perencanaan SPALD-T saat ini terutama dalam perencanaan jaringan pipa air limbah domestik adalah masih rendahnya penggunaan *software* yang lebih advanced untuk membantu *engineer* agar lebih mudah mengintegrasikan data dan informasi yang didesain. Masih banyak *engineer* menggunakan *conventional software* dalam perencanaan SPALD. Kurangnya penggunaan *software* yang lebih advanced merupakan salah satu faktor yang signifikan mempengaruhi kinerja waktu pada tahapan perencanaan konstruksi proyek [6]. Di proyek infrastruktur air minum dan air limbah pun, kurangnya penggunaan *software* yang lebih advanced oleh *engineer* menjadi salah satu faktor penyebab keterlambatan proyek [7].

Permasalahan di atas menarik untuk dikaji bahwa apakah penggunaan *engineering software* yang lebih *advanced* dapat mempengaruhi kinerja waktu perencanaan Jaringan Pipa Air

Limbah Air Limbah Skala Kota yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh penggunaan *hydraulic engineering software* terhadap kinerja waktu pada proyek perencanaan SPALD-T Skala Kota, yaitu (i) mengetahui dan menganalisis faktor-faktor yang dimiliki *hydraulic engineering software* yang berpengaruh pada waktu yang diperlukan untuk proses Perencanaan DED SPALD-T Skala Kota, (ii) menganalisis faktor yang paling berpengaruh yang dimiliki *hydraulic engineering software* yang berpengaruh pada waktu yang diperlukan untuk proses Perencanaan DED SPALD-T Skala Kota, dan (iii) menganalisis penerapan *hydraulic engineering software* yang pada proses perencanaan hidrolis jaringan pipa air limbah

2. Metode

Riset diawali dengan mengkaji permasalahan yang terjadi di lapangan serta didukung oleh fenomena-fenomena yang pernah dikaji oleh riset terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penggunaan *hydraulic engineering software* dalam perencanaan SPALD-T. Setelah itu dilakukan identifikasi variabel dari kelebihan *hydraulic engineering software* yang mengacu pada hasil dari riset terdahulu, kemudian dikelompokkan menjadi variabel untuk proses riset yaitu kemudahan analisis (X_1), visualisasi yang jelas (X_2) Cakupan desain (X_3), Pengelolaan skenario (X_4), Desain otomatis (X_5), Integrasi Data dengan GIS (X_6), Konversi ke format lain (X_7) dan Akurasi (X_8).

Variabel tersebut dikembangkan dengan menyusun konsep operasional variabel penelitian yang menjelaskan tentang indikator atau instrumen penelitian dan skala yang digunakan pada kuesioner. Dari konsep operasional variabel, disusun kuesioner yang disebar ke responden.

Penyebaran kuesioner dilakukan dalam 2 (dua) tahapan yaitu penyebaran kuesioner kepada pakar dan penyebaran ke responden. Penyebaran kuesioner kepada pakar dengan tujuan untuk memvalidasi variabel penelitian. Pakar menyetujui untuk menggunakan variabel yang diajukan oleh peneliti dengan beberapa catatan yang perlu diperbaiki dalam kuesioner.

Penyebaran kuesioner untuk mengetahui pandangan responden terhadap faktor yang dimiliki *hydraulic engineering software* yang berpengaruh terhadap waktu proyek perencanaan SPALD-T Skala Kota dan faktor dominannya. Sedangkan untuk mengetahui penerapan *hydraulic engineering software* dianalisis dari sekunder dari Laporan DED SPALD-T Kora Bekasi tahun.

Data hasil penyebaran kuesioner dilakukan analisis regresi linear berganda untuk mendapatkan faktor-faktor yang dimiliki *hydraulic engineering software* serta faktor

yang paling berpengaruh terhadap kinerja waktu proyek perencanaan SPALD-T Skala Kota. Proses analisis diawali dengan uji validitas dan reliabilitas, uji asumsi klasik, uji F simultan dan uji t parsial.

Temuan dari analisis regresi linear dikuatkan melalui pengolahan data dengan SewerCAD untuk mengetahui penerapan faktor-faktor tersebut pada *hydraulic engineering software* pada proyek DED SPALD-T Skala Kota.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Kuesioner disebar ke 32 responden mengacu pada jumlah minimal responden untuk analisis statistik minimal sebanyak 30 responden [8]. Gambaran data responden disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Gambaran Data Responden

No	Gambaran Data Responden	Jumlah Responden	Persentase
1.	Usia		
	a. 21 tahun – 30 tahun	7	21,9%
	b. 31 tahun – 40 tahun	5	15,6%
	c. 41 tahun – 50 tahun	7	21,9%
	d. Di atas 50 tahun	13	40,6%
2.	Jabatan		
	a. TA Teknik Lingkungan	29	90,6%
	b. TA Teknik Sipil	3	9,4%
3.	Tingkat SKA		
	a. Ahli Muda	8	25%
	b. Ahli Madya	20	62,5%
	c. Ahli Utama	4	12,5%
4.	Pengalaman Kerja		
	a. Kurang dari 5 tahun	6	18,8%
	b. 5 tahun – 10 tahun	5	15,6%
	c. 11 tahun – 15 tahun	4	12,5%
	d. 16 tahun – 20 tahun	3	9,4%
	e. Lebih dari 20 tahun	14	43,8%
5.	Jumlah Proyek Air Limbah		
	a. Kurang dari 5 proyek	15	46,9%
	b. 5 proyek – 10 proyek	8	25%
	c. Lebih dari 10 proyek	9	28,1%

Data kuesioner dilakukan uji statistik dengan tahapan: (i) uji validitas dan reliabilitas pada **Tabel 2**, (ii) uji asumsi klasik antara lain uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heterokedastisitas, dan uji autokorelasi seperti pada **Tabel 3**, (iii) analisis regresi linear berganda dengan uji F simultan dan uji t parsial.

Tabel 2. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

No.	Variabel	Hasil Uji Validitas	Hasil Uji Reliabilitas
1	Kemudahan Analisis (X_1)	>0,349	> 0,6
2	Visualisasi Jelas (X_2)	>0,349	> 0,6
3	Cakupan Desain (X_3)	>0,349	> 0,6
4	Pengelolaan skenario (X_4)	>0,349	> 0,6
5	Desain yang otomatis (X_5)	>0,349	> 0,6
6	Integrasi Data dengan GIS (X_6)	>0,349	> 0,6
7	Konversi ke Format/ satuan lain (X_7)	>0,349	> 0,6
8	Akurasi (X_8)	>0,349	> 0,6
9	Kinerja Waktu (Y)	>0,349	> 0,6

Keterangan: N = 32 responden, $r_{tabel} = 0,349$ (sig 5%), Valid ($r_{hitung} > r_{tabel}$), Reliable (Cronbch alpha > 0,6)

Tabel 3. Hasil Uji Asumsi Klasik

No.	Uji Asumsi Klasik	Hasil Uji	Keterangan
1	Uji normalitas	Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) 0,200 (>0,05)	Data terdistribusi normal
2	Uji Multikolinearitas	Nilai toleransi >0,1 dan nilai VIF <10	tidak ada gejala multikolinearitas
3	Uji Heterokedastisitas	Tidak terdapat pola yang jelas dari titik-titik yang ada	Tidak terdapat gejala heterokedastisitas
4	Uji Autokorelasi	Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,369 (>0,05)	tidak ada gejala autokorelasi

Uji F simultan dilakukan untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor tersebut secara bersama-sama terhadap kinerja waktu. Kaidah yang digunakan:

- jika nilai sig. < 0,05 maka variabel independen (X) secara simultan berpengaruh terhadap variabel dependen (Y).
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, dimana diketahui $F_{tabel} = (k; n-k) = (8; 32-8) = (8; 24) = 2,36$

Pada **Tabel 4** dapat dilihat bahwa nilai signifikansi sebesar 0,003 yaitu di bawah 0,05 dan nilai $F_{hitung} = 4,308$ yaitu lebih besar dari $F_{tabel} = 2,36$. Artinya bawah semua

variabel yang diukur secara simultan atau bersama-sama memiliki pengaruh yang signifikan terhadap percepatan waktu perencanaan jaringan pipa air limbah.

Tabel 4. Hasil Uji F Simultan

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	130.666	8	16.333	4.308	0.003 ^b
Residual	87.209	23	3.792		
Total	217.875	31			

a. Dependent Variable: Kinerja Waktu

b. Predictors: (Constant), Akurasi, Cakupan Desain, Pengelolaan Skenario, Integrasi dengan GIS, Desain Otomatis, Konversi Data, Kemudahan Analisa, Visualisasi Jelas

Tujuan dilakukan uji t parsial adalah untuk mengetahui apakah faktor-faktor tersebut secara individual berpengaruh signifikan terhadap kinerja waktu. Dasar pengambilan keputusan uji t parsial yaitu:

- Jika nilai sig. < 0,05 maka variabel independen (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel dependet (Y).
- Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, dimana diketahui $t_{tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = (0,05/2; 32-8-1) = (0,025; 23) = 2,069$

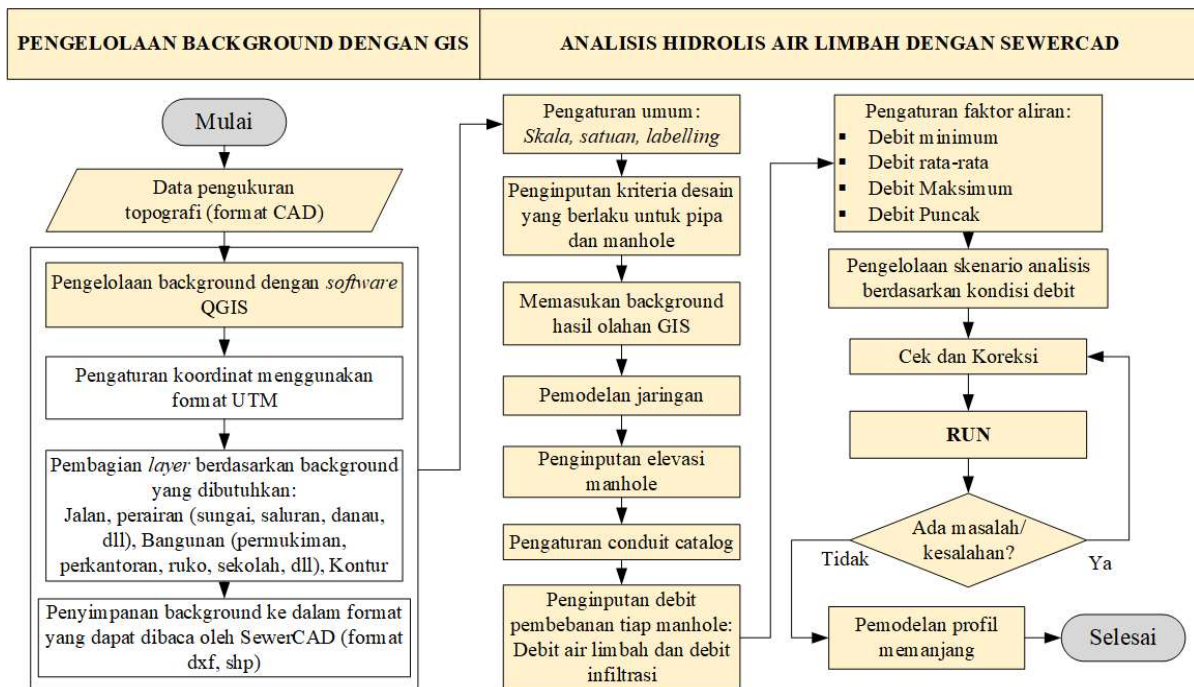
Seperti terlihat pada **Tabel 5** bahwa secara parsial, hanya variabel Pengelolaan Skenario yang berpengaruh signifikan

terhadap kinerja waktu proyek perencanaan jaringan pipa air limbah.

Tabel 5. Hasil Uji t Parsial

Model	t	Sig.
(Constant)	0.385	0.703
Kemudahan Analisa	1.370	0.184
Visualisasi Jelas	0.236	0.816
Cakupan Desain	-0.051	0.959
Pengelolaan Skenario	2.225	0.036
Desain Otomatis	0.411	0.685
Integrasi dengan GIS	0.653	0.520
Konversi Data	-0.066	0.948
Akurasi	0.563	0.579

Penerapan *hydraulic engineering software* menggunakan *software* SewerCAD yang diterapkan pada proyek DED SPALD-T kota Bekasi tahun 2020. Secara garis besar tahapan analisis hidrolis jaringan pipa air limbah yang diterapkan pada proyek DED SPALD-T Kota Bekasi dibagi dalam 2 (dua) tahapan besar yaitu (i) pengelolaan background dengan GIS, dan (ii) analisis hidrolis jaringan pipa air limbah dengan sewerCAD. Tahapan analisis hidrolis jaringan pipa air limbah dengan *software* SewerCAD dapat dilihat pada **Gambar 1**.



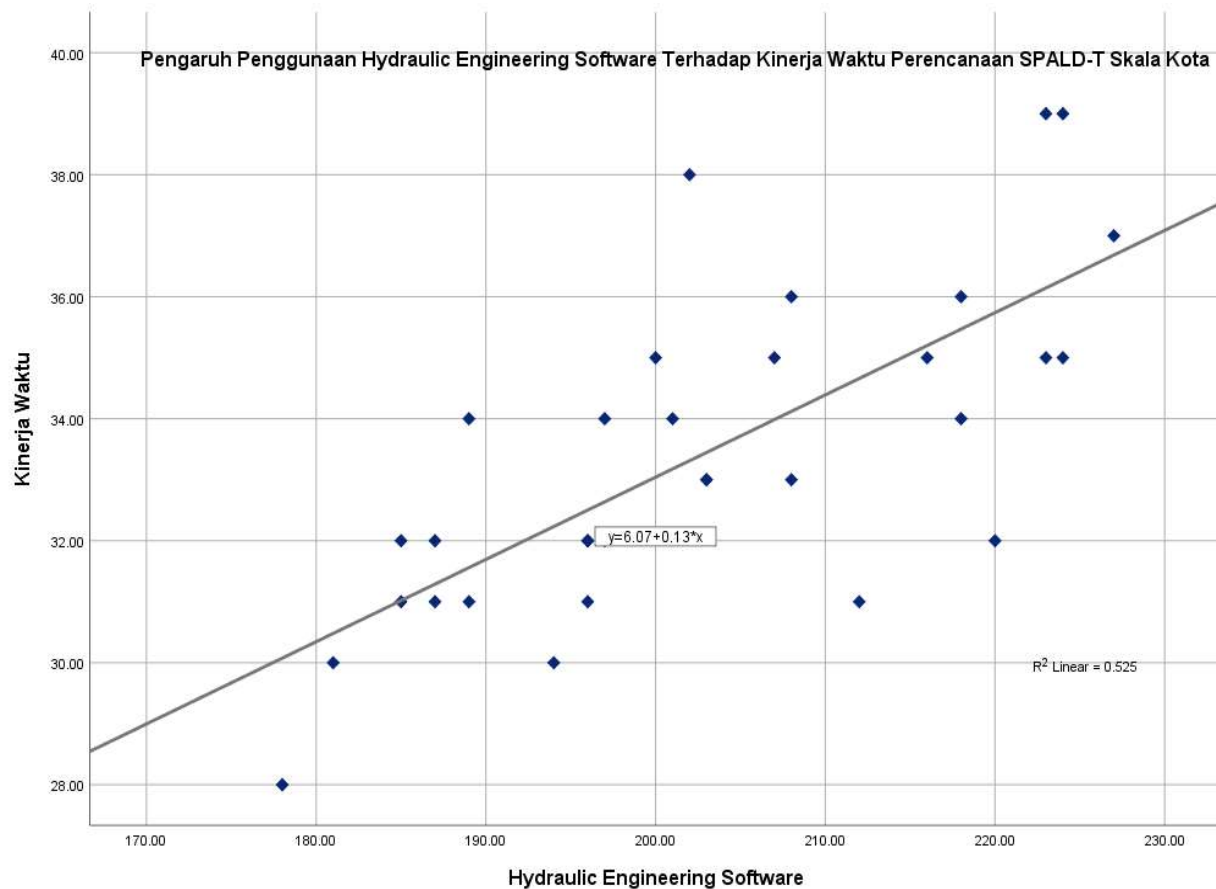
Gambar 1. Tahapan Analisis Hidrolis Jaringan Pipa Air Limbah Dengan *Software* SewerCAD [9]

3.2. Pembahasan

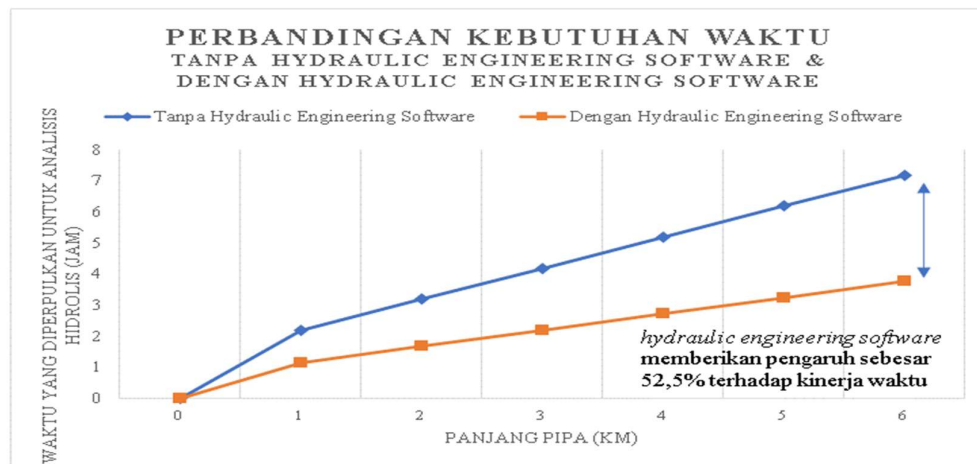
Ditinjau dari sisi penggunaan *hydraulic engineering software* maka terdapat pengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja waktu perencanaan SPALD-T skala kota. Dari total penjumlahan nilai variabel X (jumlah X1 sampai dengan X8) terdapat hubungan yang linear bahwa *hydraulic engineering software* memberikan manfaat yang positif terhadap kinerja waktu. Artinya dengan adanya penggunaan *hydraulic engineering software* pada proyek perencanaan SPALD-T skala kota, maka kinerja waktu perencanaan akan lebih baik. Temuan ini memperkuat pernyataan dari Tonde, dkk [10] bahwa *software* ini dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan waktu perencanaan jaringan pipa air limbah. Penemuan ini juga memperkuat pernyataan dari Aqlan bahwa penggunaan *engineering software* dapat membuat penyelesaian pekerjaan pada waktu dan biaya yang tepat [11] serta penemuan dari Rivadeneira bahwa program SewerCAD memberikan manfaat untuk melakukan perhitungan dengan waktu yang sesingkat mungkin [12].

Pada **Gambar 2** terlihat R^2 sebesar 0,525 artinya faktor-faktor yang terdapat pada *hydraulic engineering software* memberikan pengaruh sebesar 52,5% terhadap kinerja waktu perencanaan hidrolis SPALD-T skala kota, sisanya sebesar 47,5% dipengaruhi oleh variabel atau faktor lain.

Dibandingkan dengan kondisi eksisting proyek terdahulu yang menggunakan *software* konvensional untuk menganalisis hidrolis perpipaan air limbah didapatkan rata-rata waktu yang dibutuhkan sebesar 2,2 jam/km. Sedangkan hasil penyebaran kuesioner menunjukkan persepsi responden berada pada rata-rata skala 4 dimana responden berpendapat bahwa *hydraulic engineering software* membutuhkan waktu 1,5 – 2,0 kali lebih cepat dari pada menggunakan *software* konvensional. Artinya rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menganalisis hidrolis jaringan perpipaan air limbah jika menggunakan *hydraulic engineering software* sebesar 1,1 jam/km seperti digambarkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Grafik Regresi Pengaruh Penggunaan *Hydraulic Engineering Software* Terhadap Kinerja Waktu Perencanaan SPALD-T Skala Kota



Gambar 3. Perbandingan Kebutuhan Waktu Analisis Hidrolis Tanpa Hydraulic Engineering Software dan Dengan *Hydraulic Engineering Software*

Faktor-faktor pada *Hydraulic Engineering Software* Yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Waktu

Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya maka dapat diketahui bahwa secara simultan, faktor-faktor yang dimiliki oleh *hydraulic engineering software* yaitu: (i) kemudahan analisis, (ii) visualisasi yang jelas, (iii) cakupan desain, (iv) Pengelolaan skenario, (v) Desain yang otomatis, (vi) integrasi data GIS, (vii) konversi data, dan (viii) akurasi, memiliki pengaruh positif terhadap percepatan kinerja waktu proyek perencanaan jaringan pipa air limbah. Hal ini telah dibuktikan dari hasil uji F yang menunjukkan nilai $F_{hitung} (4,308) > F_{tabel} (2,36)$.

Dengan menggunakan persamaan regresi, pengaruh faktor-faktor tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y = 2,725 + 0,308 X_1 + 0,038 X_2 - 0,020 X_3 + 0,657 X_4 + 0,247 X_5 + 0,205 X_6 - 0,017 X_7 + 0,150 X_8$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa secara parsial, faktor yang memberikan pengaruh positif terhadap kinerja waktu berasal dari faktor kemudahan Analisis (X_1), visualisasi jelas (X_2), pengelolaan skenario (X_4), Desain yang otomatis (X_5), Terintegrasi dengan data GIS (X_6) dan akurasi (X_8). Artinya bahwa “Jika suatu *hydraulic engineering software* memiliki faktor-faktor tersebut untuk menganalisis jaringan pipa air limbah, maka akan memberikan pengaruh positif terhadap kinerja waktu (mempercepat kinerja waktu) Perencanaan SPALD-T Skala Kota”.

Faktor kemudahan analisis (X_1) memberikan pengaruh positif berdasarkan serta mendukung pernyataan dari Minaya [13] bahwa program sewerCAD dimungkinkan untuk meminimalkan waktu saat melaksanakan desain, karena entri data dan parameter desain yang cepat dan mudah. Untuk faktor

visualisasi yang jelas (X_2) ditemukan adanya pengaruh positif terhadap kinerja waktu seperti halnya yang pernah diungkapkan oleh Amiri, dkk [14] yang menyatakan bahwa sewerCAD dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi dan parameter air limbah yang sedang dikembangkan.

Menurut Ojha [15] sewerCAD sangat efisien karena memungkinkan melakukan desain dengan kriteria dan skenario yang berbeda. Temuan ini didukung juga dengan hasil analisis yang mendapatkan bahwa faktor pengelolaan skenario (X_4) pada *software* memiliki berpengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja waktu perencanaan SPALD-T Skala Kota. Untuk faktor desain otomatis (X_5) memiliki pengaruh positif terhadap kinerja waktu, temuan ini mendukung riset terdahulu oleh Katti dan B.M. yang menyatakan bahwa SewerGEMS membutuhkan waktu yang singkat untuk menggambarkan jaringan pipa dengan *tolls* dan *labelling* yang ada serta dapat memperbaharui data secara otomatis [16]

Menurut Bentley [17] bahwa *software* ini dapat menampilkan elevasi secara otomatis berdasarkan data GIS, terbukti bahwa integrasi data dengan GIS (X_6) memberikan pengaruh positif terhadap kinerja waktu. Sedangkan menurut Amiri, dkk [14] bahwa sewerCAD dapat mempersingkat waktu analisis dan memperoleh desain yang lebih akurat, didukung oleh hasil analisa bahwa faktor akurasi (X_8) pada *software* memberikan pengaruh positif terhadap kinerja waktu perencanaan SPALD-T Skala Kota.

Faktor Cakupan Desain (X_3) dan Konversi (X_7) memiliki pengaruh negatif terhadap kinerja waktu yang ditunjukkan dengan pada persamaan regresi di atas. Artinya bahwa “Semakin besarnya cakupan desain dan data yang harus dikonversi oleh *hydraulic engineering software*, maka akan

memberikan pengaruh negatif terhadap kinerja waktu (memperlambat kinerja waktu) Perencanaan SPALD-T Skala Kota". Menurut Kothai, dkk [18] bahwa penggunaan sewerCAD pada area pelayanan yang lebih luas dinilai lebih optimal, perlu diberikan penjelasan tambahan bahwa penggunaan *hydraulic engineering software* juga tergantung seberapa besar area pelayanan yang akan didesain. Karena semakin besar area pelayanan yang didesain, maka diperlukan waktu yang semakin banyak. Sama halnya dengan yang dikemukakan oleh Tonde, dkk [10] bahwa hasil desain dapat dikonversikan ke dalam format dwg, perlu digarisbawahi walaupun terdapat faktor untuk konversi hasil desain tetapi semakin banyak hasil atau gambar yang dikonversi maka akan menambah waktu perencanaan jaringan pipa air limbah dikarenakan hasil konversi masih perlu dirapikan sesuai dengan format yang telah disepakati oleh owner dalam pelaksanaan proyek tertentu.

Faktor Yang Paling Berpengaruh Terhadap Kinerja Waktu

Seluruh faktor memiliki pengaruh terhadap kinerja waktu baik positif maupun negatif namun hanya faktor pengelolaan

skenario (X_4) yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja waktu. Hal ini ditunjukkan dengan nilai signifikansi yang sebesar 0,036 ($< 0,05$) dan nilai t_{hitung} sebesar 2,225 ($> t_{tabel}$).

Anggapan responden yang membuat faktor ini paling berpengaruh antara lain:

- Dapat menyediakan tools untuk mengelola skenario analisis (kondisi dilayani 100%, 50%, dan seterusnya) sesuai dengan kebutuhan pengguna.
- Memberikan manfaat sebagai acuan pengambilan keputusan dan koreksi dengan adanya kondisi hidrolis pada waktu-waktu tertentu dari pengelolaan skenario tersebut
- Menampilkan hasil perbandingan antar skenario dengan item perbandingan yang diinginkan pengguna

Penerapan *Hydraulic Engineering Software* Berdasarkan Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Waktu

a. Penerapan Terhadap Faktor Kemudahan Analisis

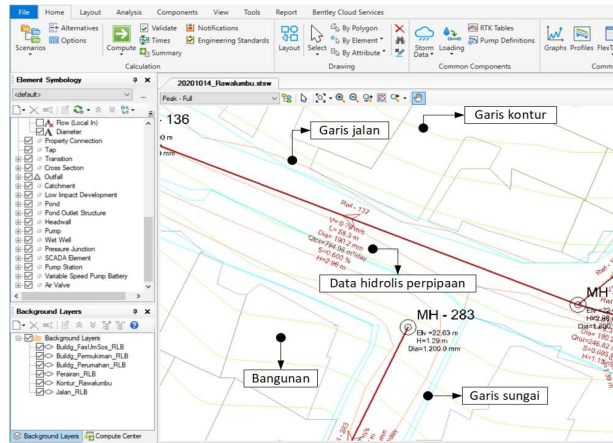
SewerCAD memiliki tools yang memudahkan pengguna untuk melakukan analisis yang dijelaskan seperti terlihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Penerapan SewerCAD Terhadap Faktor Kemudahan Analisis

No.	Indikator Kemudahan Analisis	Tools pada SewerCAD
1.	Penginputan kriteria desain	Dapat diinput pada opsi " <i>Design Constraint</i> ", dimana pengguna dapat mengatur batas maksimal dan minimal dari kecepatan, kedalaman galian, kemiringan. Juga batas maksimal kapasitas air limbah di dalam pipa. Kriteria desain dapat mengacu peraturan atau referensi yang dipakai dalam perencanaan.
2.	Penginputan Formula atau rumus	Formula dapat diinput pada tiap kondisi debit yang diinginkan. Misalnya pada opsi " <i>extreme flow</i> " dapat diinput rumus dan faktor pengali debit air limbah pada kondisi rata-rata, puncak, maksimum dan minimum
3.	Penentuan jalur pipa	Dengan opsi yang terdapat pada " <i>layout</i> ", maka pengguna dapat menempatkan pipa sesuai dengan kebutuhan dan mengacu <i>background</i> yang ada sambil mempertimbangkan kondisi lapangan melalui <i>background</i> tersebut
4.	Penempatan <i>manhole</i>	Dengan opsi yang terdapat pada " <i>layout</i> ", maka pengguna dapat menempatkan <i>manhole</i> sesuai dengan kebutuhan seperti lebar jalan, belokan dan lainnya
5.	Penginputan debit pembebanan	Dapat dilakukan pada opsi " <i>sanitary load center</i> ". Debit diinput sesuai dengan klasifikasi bangunan di sekitar <i>manhole</i> dan jumlah unit bangunan tersebut
6.	Menganalisis debit pembebanan	Debit pembebanan tiap segmen pipa akan langsung dihitung dan diakumulasi pada saat <i>running</i>
7.	Penginputan daftar diameter pipa dan material pipa	Dapat diinput pada opsi " <i>conduit catalog</i> ", sehingga terdata
8.	Menganalisis diameter pipa tiap segmen	Dibaca otomatis oleh SewerCAD berdasarkan debit pembebanan pada saat <i>running</i>
9.	Tidak memerlukan iterasi	SewerCAD tidak melakukan iterasi perhitungan hidrolis seperti yang perlu dilakukan dalam perhitungan konvensional

b. Penerapan Terhadap Faktor Visualisasi Jelas

SewerCAD mampu menampilkan background dengan format yang diolah dari GIS seperti ditampilkan pada **Gambar 4**. Background ini membantu pengguna untuk melakukan pemodelan jaringan pipa diantaranya mengacu pada jalan, kontur, posisi sungai serta data hidrolis jaringan pipa air limbah.



Gambar 4. Visualisasi pada SewerCAD

c. Penerapan Terhadap Faktor Cakupan Desain

Cakupan pelayanan yang didisain pada daerah Bojong Rawalumbu Kota Bekasi dengan menggunakan SewerCAD sebagai berikut ini:

- Luasan daerah pelayanan: 87 ha
- Total Panjang pipa: 25 km
- Jumlah segmen pipa: 781 Segmen

Artinya bahwa SewerCAD mampu mendesain dengan cakupan desain yang sangat luas sehingga memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam melakukan desain pada kondisi area pelayanan yang luas.

d. Penerapan Terhadap Faktor Pengelolaan Skenario

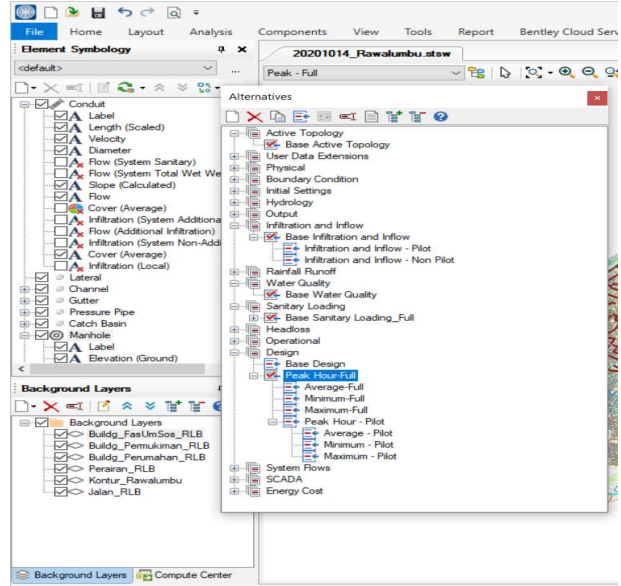
Dalam perencanaan jaringan pipa air limbah, perencana harus mendesain dengan mempertimbangkan pentahapan perencanaan dan juga kondisi hidrolis pada jam-jam tertentu. Dalam perencanaan jaringan pipa air limbah kota beksi, pentahapan dibagi menjadi:

- Lokasi prioritas dibangun sebagai lokasi pilot project
- Lokasi non pilot project

Sedangkan analisis hidrolis juga akan dilakukan dengan skenario dimana desain pipa menggunakan debit jam puncak. Pengelolaan skenario pada SewerCAD dapat diatur melalui (lihat **Gambar 5**):

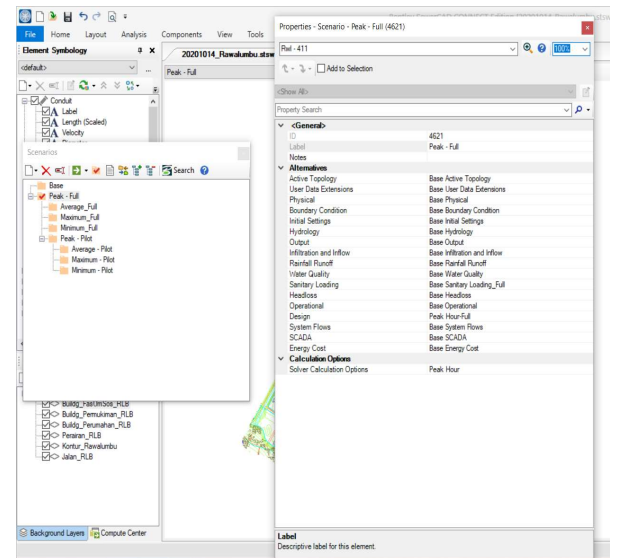
- Pengelolaan alternatif pada opsi “alternative”
- Pengaturan “calculation option” untuk mengatur kondisi aliran pada jam-jam tertentu (puncak, rata-rata, minimum, maksimum)

• Pengelolaan skenario pada opsi “Scenarios”



Gambar 5. Pengelolaan Alternatif untuk Skenario Analisis

Dengan adanya pengelolaan skenario (lihat **Gambar 6**), pengguna dapat melakukan perbandingan antara satu skenario dengan skenario lainnya. Misalnya membandingkan kondisi kecepatan aliran pada segmen pipa yang sama tetapi pada kondisi aliran yang berbeda (membandingkan pada kondisi jam puncak dan kondisi minimum).

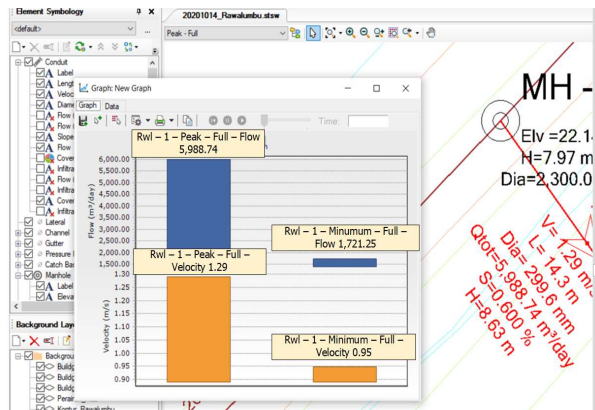


Gambar 6. Pengelolaan Skenario

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada segmen pipa Rwl – 1 didapatkan pada saat kondisi pelayanan full pada jam puncak mengalir air limbah sebanyak 5.988 m³/hari sedangkan pada kondisi pelayanan yang sama tetapi pada saat penggunaan air

minimum, debit air limbah yang mengalir hanya sekitar 1.721 m³/hari. Hal yang sama juga terjadi jika melihat kondisi kecepatan air di dalam pipa, pada saat jam puncak maka kecepatan aliran sebesar 1,29 m/dt sedangkan pada saat jam minimum, kecepatan aliran hanya 0,95 m³/dt.

Perbandingan seperti di atas, dapat dijadikan acuan bagi *engineer* dan pengguna *software* untuk proses desain komponen jaringan pipa air limbah. Misalnya jika terdapat kondisi aliran yang berada di bawah kriteria desain (<0,6 m/dt), maka *engineer* akan menambah komponen seperti clean out pada segmen pipa tersebut yang berfungsi untuk penggelontoran.



Gambar 7. Perbandingan Skenario pada SewerCAD

e. Penerapan Terhadap Faktor Desain Otomatis

Saat melakukan running di SewerCAD, apabila terdapat hasil yang error ataupun tidak sesuai dengan kriteria desain yang telah diinput di awal, maka secara otomatis SewerCAD akan memberikan notifikasi seperti terlihat pada Gambar 9. Notifikasi berlaku bagi tiap segmen pipa yang error atau tidak memenuhi kriteria desain. Pengguna dapat langsung mengetahui segmen pipa yang mana saja yang bermasalah dengan menggunakan opsi “zoom to” pada notifikasi yang ada sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan trase terhadap segmen pipa yang masih error.

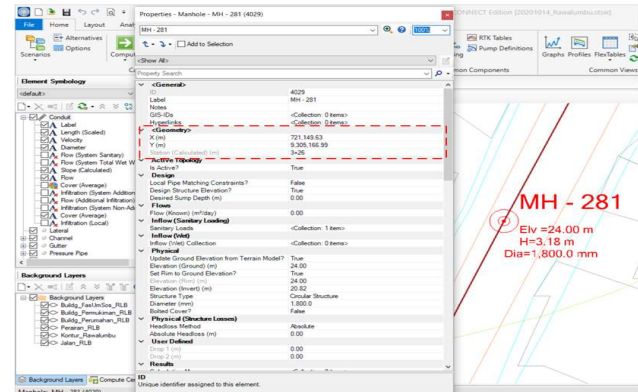
Engineer ataupun pengguna dapat dengan mudah melakukan perbaikan hanya pada segmen pipa yang masih bermasalah, sedangkan segmen pipa yang lainnya akan menyesuaikan perubahan segmen pipa yang dikoreksi.

f. Penerapan Terhadap Faktor Integrasi Data Dengan GIS

Data-data yang digunakan di dalam SewerCAD, cukup banyak berasal dari hasil olahan GIS. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, SewerCAD memanfaatkan data background dan kontur yang telah diolah dari GIS.

Selain itu juga, dengan data olahan dari GIS maka penempatan pipa dan jaringan pipa air limbah telah terkoordinat

sesuai dengan kondisi riil lapangan (lihat Gambar 8) sehingga hasil pemodelan jaringan yang akhirnya dikonversi ke dalam format lain pun tidak perlu dilakukan penyesuaian koordinat.



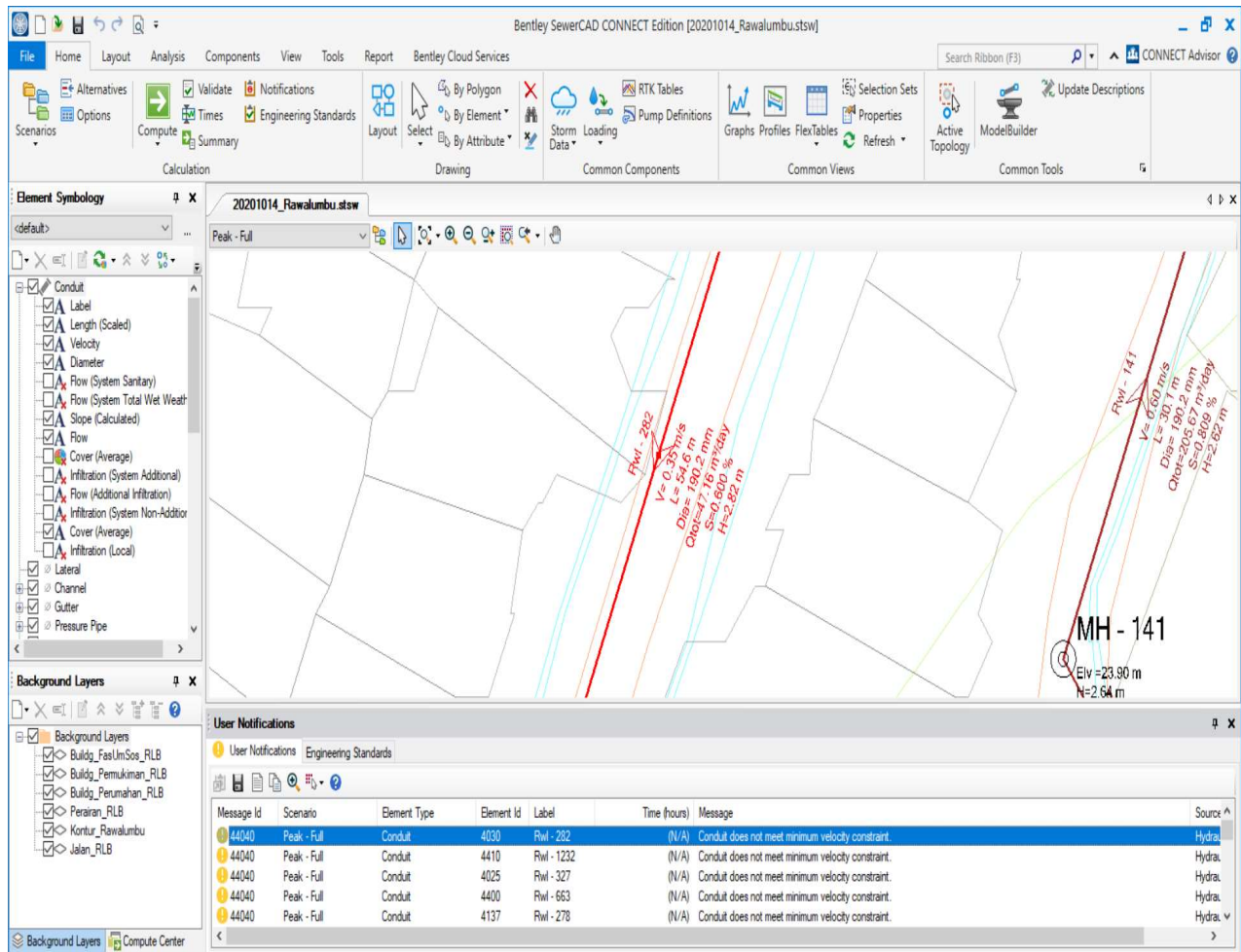
Gambar 8. Koordinat Manhole

g. Penerapan Terhadap Faktor Konversi ke Format Lain

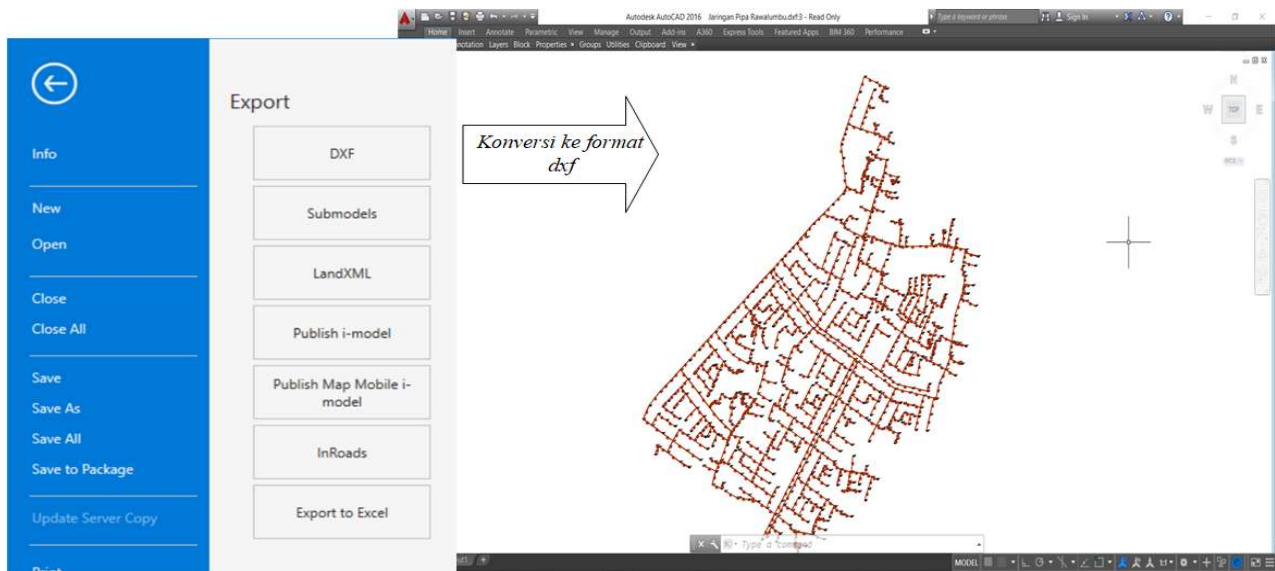
Hasil analisis hidrolis dengan SewerCAD mampu dikonversikan ke dalam beberapa format yang bermanfaat untuk proses perencanaan selanjutnya, antara lain:

- Konversi hasil pemodelan jaringan pipa air limbah ke dalam format dxf
Format dxf dapat dibaca pada *software* gambar AutoCAD yang secara umum masih digunakan dalam proses penggambaran 2D oleh *engineer* (lihat Gambar 10). Namun dalam aplikasinya, hasil konversi dari SewerCAD masih perlu dirapikan oleh drafter sesuai kebutuhan owner seperti penyesuaian huruf yang digunakan, skala gambar, ukuran garis, dan penambahan kop gambar.
- Konversi hasil pemodelan jaringan pipa air limbah ke dalam format shp
Format shp dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat peta jaringan lewat GIS. Format ini dapat digunakan oleh ahli GIS untuk membuat peta orientasi jaringan pipa air limbah yang dapat digunakan untuk kebutuhan survei lapangan dan pelaporan DED seperti terlihat pada Gambar 11.
- Mengubah satuan hidrolis air limbah

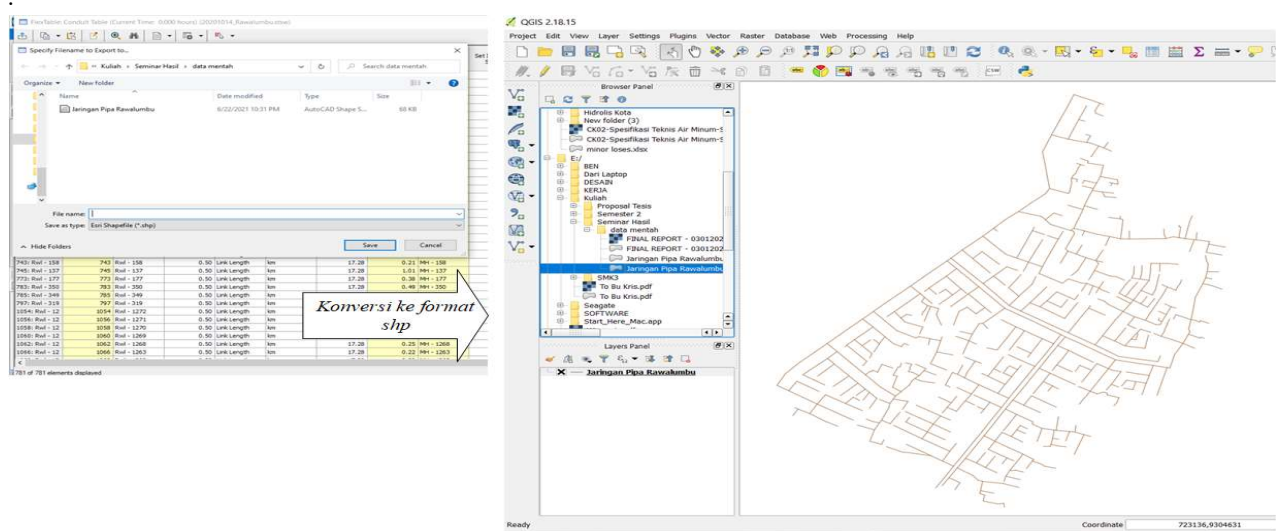
Dalam pelaporan, *engineer* akan menampilkan satuan air limbah dalam beberapa model. Misalnya satuan debit pada umumnya ditampilkan dalam satuan lt/dt, tetapi dalam perencanaan IPAL lebih banyak dikenal dalam satuan m³/hari. SewerCAD mampu menampilkan dan mengkonversikan satuan-satuan analisis hidrolis sesuai dengan kebutuhan pengguna



Gambar 9. Notifikasi SewerCAD terhadap Hasil Analisis Hidrolis Jaringan Pipa Air Limbah

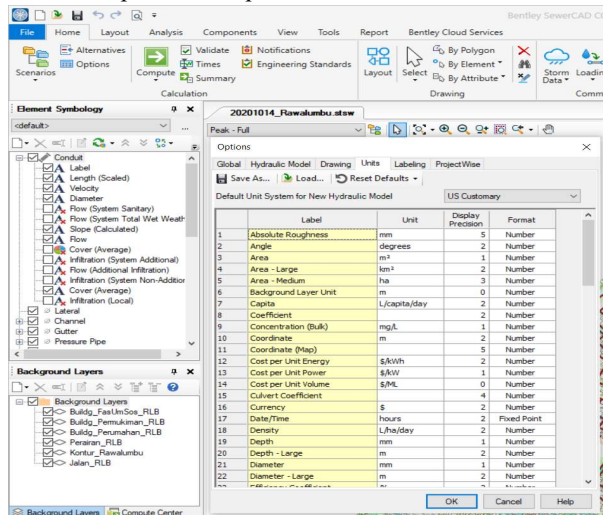


Gambar 10. Konversi ke Format dxf



Gambar 11. Konversi ke Format shp

h. Penerapan Terhadap Faktor Akurasi Data



Gambar 12. Data Presisi pada SewerCAD

Pada Gambar 12 terlihat bawah tingkat presisi data yang dihasilkan dari SewerCAD dapat mencapai 1/10.000 menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Presisi data ini dapat diatur pada pengaturan unit dengan opsi “display precision”

Selain itu juga, SewerCAD menampilkan data hasil analisis yang menyesuaikan dengan kontur yang diinput, menyesuaikan dengan formula yang diinput dan sesuai dengan kondisi riil di lapangan.

Hasil desain jaringan perpipaan air limbah menggunakan SewerCAD dapat memberikan keluaran antara lain (tetapi tidak terbatas):

- Tabulasi perhitungan hidrolis pada komponen pipa (*conduit*) dan komponen *manhole*

- Layout jaringan perpipaan yang dapat menampilkan keterangan hidrolis
- Potongan memanjang jaringan perpipaan

4. Simpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini:

- Faktor-faktor yang dimiliki oleh *Hydraulic Engineering Software* secara simultan berpengaruh pada waktu yang diperlukan untuk proses perencanaan SPALD-T Skala Kota antara lain (i) kemudahan analisis, (ii) visualisasi yang jelas, (iii) cakupan desain, (iv) Pengelolaan skenario, (v) Desain yang otomatis, (vi) integrasi data GIS, (vii) konversi data, dan (viii) akurasi. Dari 8 (delapan) faktor tersebut, terdapat 6 (enam) yang berpengaruh secara positif yaitu faktor kemudahan analisis, visualisasi jelas, pengelolaan skenario, desain yang otomatis, integrasi data GIS, dan akurasi. Sedangkan untuk faktor cakupan desain dan konversi berpengaruh negatif terhadap kinerja waktu, artinya “Semakin besarnya cakupan desain dan data yang harus dikonversi oleh *hydraulic engineering software*, maka akan memberikan pengaruh negatif terhadap kinerja waktu (memperlambat kinerja waktu) Perencanaan SPALD-T Skala Kota”
- Faktor yang paling berpengaruh adalah faktor pengelolaan skenario. faktor ini memberikan dampak yang positif dan signifikan terhadap kinerja waktu perencanaan SPALD-T Skala Kota. Adapun hal yang menjadikan faktor ini berdampak dominan dan signifikan yaitu:

- Dapat menyediakan tools untuk mengelola skenario analisis (kondisi dilayani 100%, 50%, dan Seterusnya) sesuai dengan kebutuhan pengguna.
 - Memberikan manfaat sebagai acuan pengambilan keputusan dan koreksi dengan adanya kondisi hidrolis pada waktu-waktu tertentu dari pengelolaan skenario tersebut
 - Dapat menampilkan hasil perbandingan antar skenario dengan item perbandingan yang diinginkan pengguna.
- c. Penggunaan *Hydraulic Engineering Software* memberikan manfaat untuk mempercepat proses perencanaan SPALD-T Skala Kota dengan pengaruh sebesar 52,5% dimana penggunaan hydraulic engineering software membutuhkan waktu 1,5 – 2,0 kali lebih cepat dari pada menggunakan *software* konvensional. Penerapan *Hydraulic Engineering Software* di dalam perencanaan proyek SPALD-T skala kota juga mampu mengakomodir semua faktor yang dianalisis seperti: (i) kemudahan analisis, (ii) visualisasi yang jelas, (iii) cakupan desain, (iv) Pengelolaan skenario, (v) Desain yang otomatis, (vi) integrasi data GIS, (vii) konversi data, dan (viii) akurasi. Hal ini karena *hydraulic engineering software* dalam penerapannya menyediakan tools untuk setiap pemenuhan setiap faktor di atas.

Daftar Pustaka

- [1] Yale Center for Environmental Law & Policy, “Environmental Performance Index 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://epi.yale.edu/d>.
- [2] R. S. Pratiwi, “Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat - Republik Indonesia, “Rencana Strategis Tahun 2020-2024,” Jakarta, 2020.
- [4] T. C. McManus, D. R. Tishman, and L. R. Turnbaugh, “Remedies for Delays in Architectural Construction,” *Cost Eng.*, vol. 38, no. 9, 1996.
- [5] A. H. A. Halim and R. M. Zin, “Causes of Delay in The Planning and Design Phases for Public Works Departement Construction Project,” *Malaysian J. Civ. Eng.*, vol. 28, no. 3, pp. 481–502, 2016.
- [6] Hafiz Usama Imad, M. A. Akhund, T. H. Ali, A. R. Khoso, and F. H. Siddiqui, “Time Overrun in Pre-Construction Planning Phase of Construction Projects,” *Int. J. Civ. Environ. Eng.*, vol. 12, 2018.
- [7] L. M. Emiru, “Determinant Factors Affecting Schedule and Cost Overruns on Water/Sewerage Construction Projects: The Case of AAWSA,” Addis Abab University, 2019.
- [8] Mahmud, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Pustaka Setia, 2011.
- [9] Laporan Akhir DED SPALD-T Kota Bekasi, “Laporan Akhir ‘Preparation DED for Wastewater Management System in Bekasi City,’” Bekasi, 2020.
- [10] M. Tonde, L. Gavale, P. Jotawar, and S. Admane, “Design of Drainage line of Bhilarewadi village in Pune Area by Using Bentley’s SewerGems,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 07, no. 04, 2020.
- [11] S. A. Aqlan, “Impact of Engineering Software on Construction Project Management in Bahrain,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 501–504, pp. 2614–2618, 2014.
- [12] J. M. N. Rivadeneira, “Modelación, Diagnóstico Y Determinación De La Capacidad Hidráulica De La Red Principal Del Sistema De Alcantarillado De La Zona Urbana Del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña, Mediante El Software De Análisis De Diseño SewerCAD,” Universidad De Guayaquil, 2018.
- [13] J. P. C. V. Minaya, “Evaluación Del Sistema De Alcantarillado Pluvial Con La Aplicación Del Software SewerCAD En La Prolongación Libertadores, Huaraz, 2018,” Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [14] A. wahid Amiri, J. G. Tsutsumi, R. Nakamatsu, and M. Asaduzzman, “Gravity Sewer Collection Design, Using GIS & SewerCAD,” *Mod. Environ. Sci. Eng.*, vol. 2, pp. 403–410, 2016.
- [15] B. Ojha, “Economical Design of Sewer Line in Flat Terrain: A Case Study of Rajapur Sewerage System,” *SCITECH Nepal*, 2018.
- [16] M. Katti and K. B.M, “Design of Sanitary Sewer Network Using SewerGEMS V8i Software,” *Int. J. Sci. Technol. Eng.*, vol. 2, no. 01, 2015.
- [17] Bentley, “Product Data Sheet OpenFlows ‘SewerCAD.’”
- [18] A. Kothai, R. M. Priya, and A. Rajkumar, “Design of Underground Sewerage System for Kalapatti, East Zone Coimbatore,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. 7, no. 7, pp. 127–132, 2018.