



PENERAPAN 3D AS-BUILT MODEL PIPA DISTRIBUSI DARI POINT CLOUD

Nabila Rahmawati¹, Taufik Kusetiyo²

^{1,2} PT. Zona Spasial

Jl. Banjarmasin No.1, Antapani Kidul, Antapani, Bandung-40291 Telp./Faks: (022) 20527005, e-mail:

¹nabila@zonaspasial.com

²taufik.kusetiyo@zonaspasial.com

ABSTRAK

Building Information Model (BIM) menjadi sangat populer dalam manajemen proyek karena kemampuannya yang dapat membuat prototipe, analisis dan konstruksi bangunan secara digital yang memiliki informasi didalamnya. BIM dapat dilakukan dengan proses *as-built*. *As-built model* merupakan kondisi konstruksi yang menyerupai bentuk aslinya dengan acuan yang digunakan berupa teknologi spasial yang menghasilkan *point cloud*. Dengan peningkatannya, BIM dapat digunakan untuk bidang non-struktural seperti mekanikal, elektrikal dan pipa (MEP). Pipa distribusi merupakan salah satu jenis MEP yang sangat penting dalam dunia *oil* dan gas. Pipa distribusi berfungsi sebagai jaringan pipa yang mengalirkan *fluida* baik *liquid* maupun gas. Karena memiliki fungsi yang sangat penting itu, pembuatan pipa distribusi harus dilakukan pemantauan secara berkala untuk menghindari bentrokan pipa (*clash detection*) dan kebocoran pipa. 3D *As-built model* dapat diterapkan dalam pemantauan pipa distribusi untuk menggapai area pipa yang sulit untuk diidentifikasi. Penelitian ini akan memperlihatkan cara pembuatan 3D *As-Built Model* pada pipa distribusi melalui *software* Cyclone. Model 3D *As-built* yang dihasilkan diintegrasikan ke dalam *software* 3D Resharper untuk dilakukan penilaian kontrol kualitas. Proses penilaian ini meliputi analisis deviasi spasial dengan membandingkan dimensi yang dihasilkan dari *point cloud* dan 3D *As-Built model*. Melalui penelitian ini akan memperlihatkan kelebihan dari pemodelan 3D *as-built model* yang memiliki potensi besar untuk penilaian kualitas konstruksi pipa.

Kata kunci : *BIM, Kontrol Kualitas, Pipa Distribusi, Point Cloud, dan 3D As-Built Model*

ABSTRACT

The Building Information Model (BIM) is becoming very popular in project management because of its ability to digitally prototype, analyze and construct buildings that contain information. BIM can be done with an as-built process. As-built model is a construction condition that resembles the shape of the model used with a reference in the form of spatial technology that produces a point cloud. With its improvements, BIM can be used for non-structural fields such as mechanical, electrical and plumbing (MEP). The distribution pipeline is one of the most important types of MEP in the oil and gas industry. The distribution pipe works as a pipe network that carries fluids, both liquid and gas. Because it has a very important function, pipe distribution must be carried out periodically to avoid pipe clashes (impact detection) and pipe leaks. As-built 3D models can be applied in monitoring distribution pipelines to reach areas of pipelines that are difficult to identify. This study will discuss how to create an as-built 3D model on a pipeline distribution through Cyclone software. As-built 3D models integrated into 3D Resharper software for quality assessment. This assessment process includes spatial deviation analysis with comparative dimensions generated from the point cloud and 3D as-built models. This study will discuss the advantages of 3D modeling as a built model which has great potential to assess the quality of pipe construction.

Kata kunci : *BIM, Pipeline, Point Cloud, Quality Control dan 3D As-Built Model*

1. PENDAHULUAN

Ilmu dan teknologi semakin berkembang dengan menghadirkan model dan fasilitas bangunan yang semakin canggih. Dalam manajemen proyek, selain bertujuan untuk memastikan berdirinya suatu bangunan, kini mereka mulai menyusun mengenai bangunan bervolume dan padat dalam bentuk digital yang dikenal dengan istilah *Building Information Model* (BIM). BIM merupakan model bangunan yang saling terkoordinasi dan memiliki informasi dengan kemampuan untuk pembuatan prototipe digital, analisis, dan proyek konstruksi digital (Chuck Eastman, 2008). BIM terdiri dari elemen struktural dan nonstruktural. Elemen struktural meliputi bangunan penyusun arsitektur sedangkan elemen nonstruktural meliputi mekanikal, elektrik dan pipa (MEP).

Penelitian ini fokus pada elemen nonstruktural secara spesifik mengenai pipa distribusi. Pipa distribusi atau *pipeline* merupakan jaringan pipa yang berfungsi untuk menyalurkan komponen penting dalam industri migas seperti *fluida* baik *liquid* maupun gas (Mochamad Reza, 2015). Pipa distribusi memiliki peran yang sangat penting sehingga dalam proses distribusi *fluida* tersebut, perlu dilakukan pemantauan kesehatan pada pipa itu sendiri maupun jalur pipanya.

Pada pengembangan BIM, kita akan mempelajari salah satu metode yang dimilikinya yaitu 3D *as-built model*. 3D *as-built model* ini merupakan model 3D yang mencerminkan kondisi konstruksi aslinya yang dibangun menggunakan data utama sebagai acuan seperti *point cloud* dari hasil Laser Scan dan fotogrametri (T. Sri Kalyan, 2016). 3D *as-built model* dapat digunakan untuk pendeteksian bentrokan pipa (*clash detection*), kebocoran pipa, hingga menjadi acuan untuk proses fabrikasi. Mengidentifikasi kelayakan dari kontruksi pipa tersebut sulit dilakukan oleh *engineer* ketika mengidentifikasinya secara langsung.

Penelitian sebelumnya yang memanfaatkan *as-build model* dilakukan oleh Ankit Bhatla (2016) yang menggunakan Kamera Handheld untuk mengumpulkan data foto kemudian diekstrak menjadi *point cloud* dalam acuan pembuatan *as-built model*. T. Sri Kalyan (2016), yang mengumpulkan data *point cloud* dari Laser Scan untuk menjadi acuan dalam pembuatan *as-built* bangunan. Viorica Pătrăucean (2015) yang menjelaskan mengenai *automatic as-built model* dalam berbagai elemen BIM. Serta Min-KooKim (2016) yang juga memanfaatkan Laser Scan untuk *automatic as-built model* untuk pembuatan beton atau *precast*.

Pada penelitian ini, akan memperlihatkan proses pembuatan 3D *as-built model* dan menunjukan tingkat akurasi antara *point cloud* dan model yang dihasilkan pada pipa distribusi. Pemodelan 3D *as-built* pada pipa distribusi ini diharapkan dapat mempermudah *engineer* untuk memantau kesehatan pipa, proses fabrikasi untuk keperluan *reverse engineering* sehingga dapat menjadi

jalan alternatif dari proses secara indentifikasi pipa secara manual.

2. METODELOGI PENELITIAN

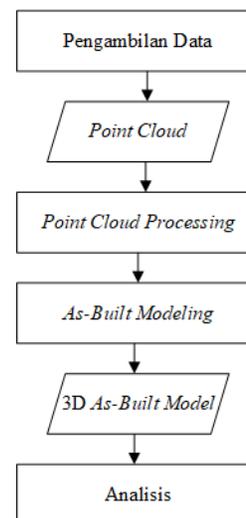
2.1 Alat dan Data Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. *Hardware* :
Laptop, Faro Laser Scan.
2. *Software* :
Ms. Office 2016, Recap Pro, Cyclone, 3D Resharper.

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *point cloud* dari hasil pemindaian 3D *Laser Scan*. Area penelitian hanya mengambil beberapa sampel dari beberapa jalur pipa.

2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses pemodelan 3D *as-built model* secara umum dimulai dari proses pengambilan data hingga terbentuknya 3D *as-built model* seperti **Gambar 1**. Untuk pemahaman mengenai penelitian ini, akan dijelaskan secara singkat mengenai proses pengambilan data hingga proses pengolahan *point cloud* tersebut. pembahasan akan dititik beratkan pada langkah pemodelan yang dibangun secara *as-built*. Tujuannya adalah untuk memperlihatkan tingkat akurasi yang dihasilkan dari proses pembentukan 3D *as-built model* tersebut sehingga nantinya penelitian ini dapat menjadi wawasan mengenai kebermanfaatan dari *as-built model* untuk pipa distribusi.

2.3 3D Laser Scan

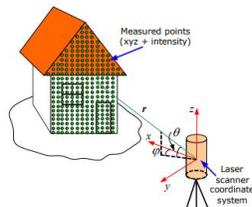
3D *Laser Scan* atau yang sering disebut *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) merupakan salah satu bagian dari teknologi LiDAR sedang populer dan banyak digunakan untuk proyek salah satunya survei pemetaan. Dikutip dari penelitian Andi R.P (2016), TLS adalah sebuah teknik menggunakan cahaya laser untuk mengukur titik-titik dalam sebuah pola secara langsung dalam tiga dimensi dari yang ada pada permukaan objek dari sebuah tempat di permukaan bumi. Penyiaran sinar laser yang dilakukan oleh TLS akan menghasilkan *point clouds* yang berkoordinat tiga dimensi terhadap tempat berdiri alat. *Point clouds* tersebut adalah kumpulan titik-titik dalam jumlah banyak yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan model tiga dimensi.

Teknologi ini memiliki akurasi yang tinggi hingga mencapai millimeter dan rentang pengukuran sampai ratusan meter (Ankit Bhatla, 2012). Keterbatasan utama pemindaian laser terletak pada alat yang digunakan dan operator yang mengoprasikannya. Analisis *point cloud* juga membutuhkan waktu lebih lama jika dibandingkan dengan teknik penginderaan jauh lainnya seperti fotogrametri. Keakuratan pemindaian laser sangat bergantung pada lingkungan dan parameter objek seperti reflektifitas permukaan, tekstur permukaan dan cuaca.

2.4 Pengambilan Data 3D Point Cloud

Input dari 3D *as-built* model adalah *point cloud*. *Point cloud* didapatkan dari rekonstruksi 3D bangunan hasil pemindaian yang diambil melalui kamera maupun sensor yang dimiliki Laser Scan dan LiDAR. Pada penelitian ini data *point cloud* dipindai menggunakan 3D Laser Scan.

Pengambilan data baiknya dilakukan secara spesifik langsung ke objek yang akan diteliti seperti **Gambar 2**. Hal itu untuk peletakan titik berdiri perekaman alat secara efisien yang berimbas pada besaran data yang akan dihasilkan. Namun untuk proyek dengan skala besar, dapat meringankan data dengan pengambilan data yang cukup berjarak dan tingkat kedetailan yang di tingkat medium.



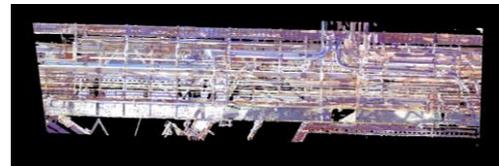
Gambar 2. Prinsip Pengukuran 3D Laser Scan (Reshetnyuk, 2009)

Terlepas dari perbedaan pengambilan data, nantinya semua data yang diambil harus dilakukan proses registrasi. Pada 3D Laser Scan yang dipakai dalam penelitian ini, registrasi dilakukan untuk menggabungkan setiap data yang diambil dari setiap titik yang berbeda. Registrasi dilakukan untuk membawa *set data* kedalam koordinat yang sama. Jenis registrasi juga dipertimbangkan, untuk penelitian ini menggunakan registrasi *target to target*.

2.5 Point Cloud Processing

Kualitas *point cloud* yang dimiliki oleh data memiliki pengaruh penting dalam proses *pemodelan as-built*. Setelah data diregistrasi pada tahap sebelumnya, proses selanjutnya adalah menghilangkan *outlier*, mengurangi *noise*, dan mengkompensasi data yang hilang (Viorica Pa˘tra˘cean, 2015). Walaupun nantinya model dapat digeneralisasi pada proses *automatic as-built* namun dengan kepadatan *point cloud* yang dimiliki dapat menyempurnakan bentuk dari *as-built model*.

Pada **Gambar 3** merupakan tampilan *point cloud* yang digunakan dalam penelitian ini. Total *point cloud* yang dimiliki sebanyak 199356677 *points*. *Point cloud* tersebut merupakan gabungan dari 13 *scan* yang sudah di-*unify* atau registrasi.



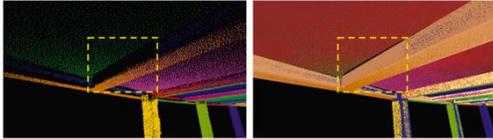
Gambar 3. Point Cloud Penelitian

2.6 3D As-built Model

As-built merupakan suatu model yang menggambarkan kondisi sebenarnya dari setiap proyek dan fasilitas (Ankit Bhatla, 2012). *As-built* yang disajikan dalam bentuk 3D dinamakan 3D *as-built model*. Pemodelan dapat digunakan untuk menggambarkan realitas yang dibangun atau apa adanya dari proyek atau fasilitas tersebut. *As-built model* dapat menggunakan patokan 2D *drawing* atau *point cloud* sebagai pedoman pembuatan modelnya.

Penelitian ini menggunakan *point cloud* dari hasil 3D Laser Scan untuk membuat *as-built model* tersebut. Data spasial yang dimiliki oleh *point cloud* sebagai rangkaian koordinat titik 3D yang kemudian ditransformasikan menjadi representasi terstruktur dan berorientasi seperti model CAD seperti **Gambar 4**. Tujuan dari *as-built model* adalah untuk memberikan informasi tentang

fasilitas serta bentuk dasar yang dapat diandalkan untuk membuat keputusan selama siklus hidup fasilitas dari awal hingga seterusnya untuk proses *maintenance* (Ankit Bhatla, 2012).



Gambar 4. Pemodelan *As-Built Model* Dari *Point Cloud* (Hyunsoo Kim, 2021)

2.7 Pipa Distribusi

Menurut permen ESDM (2018), pipa distribusi adalah pipa yang digunakan untuk menyalurkan suatu materi yang dibawanya dari satu tempat ke tempat lainnya. Pipa distribusi bisa untuk mengangkut fluida, hingga minyak dan gas. Pada penelitian ini, pipa yang dibuat merupakan pipa distribusi gas bumi. Pipa distribusi gas bumi adalah pipa untuk mengangkut gas bumi dari pipa transmisi pada suatu ruas transmisi. Pipa distribusi juga merupakan jaringan pipa yang mendistribusikan suatu wilayah jaringan distribusi ke konsumen gas bumi atau wilayah distribusi lainnya (Permen ESDM, 2018). Pada **Gambar 5** memperlihatkan gambaran dari pipa distribusi gas bumi.



Gambar 5. Pipa Distribusi Gas Bumi

Pada umumnya, pipa distribusi dilakukan pemantau secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran (*clash detection*) atau kerusakan jaringan pipa lainnya. Kerusakan dapat berdampak buruk pada proses distribusi berlangsung. Selain itu tentu akan berurangnya jumlah volume dari materi yang didistribusikan yang berdampak pada kerugian waktu dan biaya.

Pipa memiliki beberapa komponen penyusun. Komponen penyusun tersebut, antara lain :

1. Pipa

Pipa adalah saluran yang berbentuk silinder berongga yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas seperti **Gambar 6** (Randika Setiawan D, 2019).



Gambar 6. Contoh pipa (Klikpipa, 2015)

2. Flange

Flange pipa merupakan suatu komponen yang digunakan untuk menggabungkan antara dua elemen pipa dengan *valve* atau pipa dengan *equipment* lainnya sehingga menjadi satu kesatuan yang direkatkan menggunakan baut seperti **Gambar 7** (Nursyahid, 2015).



Gambar 7. Contoh *flange* (Ubuy, 2021)

3. Elbow

Elbow merupakan komponen penyambung sistem perpipaan yang dapat membuat perubahan arah jalur pipa, perubahan diameter jalur pipa dan percabangan pipa seperti **Gambar 8** ((Nursyahid, 2015).



Gambar 8. Contoh *elbow* (Project Team, 2021)

Secara garis besar jaringan pipa terdiri dari 3komponen tersebut. masing-masing dari komponen memiliki tipe masing-masing yang tidak dirincikan pada penelitian ini. Selain dari komponen pipa itu sendiri terdapat beberapa supportnya yang digunakan sebagai penyanggah dari jaringan pipa ini.

2.7 Level of Detail

BIM Forum (2015) mengatakan bahwa *level of detail* (LoD) adalah referensi yang memungkinkan praktisi diindustri arsitektur atau bangunan dalam menentukan dan mengartikulasikan dengan tingkat kedetailan dari BIM pada berbagai tahap dalam desain dan proses konstruksi. Spesifikasi LoD yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada ketentuan yang dibuat oleh American Institute of Architects (AIA). Ketentuan tersebut menghasil 5 tipe LoD yang perlu diketahui, yaitu :

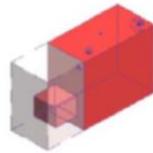
1. LoD 100



Gambar 9. Contoh 3D model LoD 100 (BIM Forum, 2015)

Model 3D bangunan dikembangkan untuk mewakili informasi pada tingkat dasar. Dengan demikian, hanya pembuatan model konseptual yang dimungkinkan dalam tahap ini. Parameter seperti area, tinggi, volume, lokasi, dan orientasi ditentukan.

2. LoD 200



Gambar 10. Contoh 3D model LoD 200 (BIM Forum, 2015)

Model umum dimana elemen dimodelkan dengan perkiraan jumlah, ukuran, bentuk, lokasi dan orientasi. Kami juga dapat melampirkan informasi non-geometris ke elemen model

3. LoD 300



Gambar 11. Contoh 3D model LoD 300 (BIM Forum, 2015)

Elemen Model secara grafis direpresentasikan dalam Model sebagai sistem, objek, atau rakitan tertentu dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, dan orientasi. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

4. LoD 400



Gambar 12. Contoh 3D model LoD 400 (BIM Forum, 2015)

Elemen model dimodelkan sebagai rakitan spesifik, dengan informasi fabrikasi, perakitan, dan detail lengkap selain kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi,

dan orientasi yang tepat. Informasi non-geometris ke elemen model juga dapat dilampirkan

5. LoD 500



Gambar 13. Contoh 3D model LoD 500 (BIM Forum, 2015)

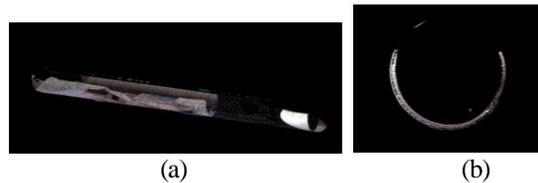
Elemen dimodelkan sebagai rakitan yang dibangun untuk Pemeliharaan dan operasi. Selain aktual dan akurat dalam ukuran, bentuk, lokasi, kuantitas, dan orientasi, informasi non-geometris dilampirkan pada elemen yang dimodelkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

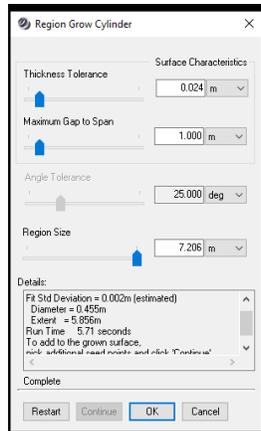
3.1. Pemodelan 3D As-Built Model Pipa Distribusi

Proses pemodelan 3D *as-built model* dilakukan pada *software* Cyclone. Pembuatan pipa distribusi dilakukan dengan proses *region grow*. *Region grow* adalah proses pembuatan model dengan menyesuaikan jumlah titik yang digunakan Cyclone untuk menghitung permukaan model (Leica Cyclone, 2017). Terdapat *region grow* dalam Cyclone yaitu *patch*, *sphere*, *cylinder*, dan *smooth surface*.

Pemodelan dilakukan satu-persatu sesuai dengan jalur pipa yang diidentifikasi. Pada **Gambar 14** memperlihatkan salah satu segmen dari pipa distribusi. Proses *region grow* dapat dilakukan dengan memilih *point cloud* pipa tersebut → klik kanan → *Region Grow* → *Cylinder*.



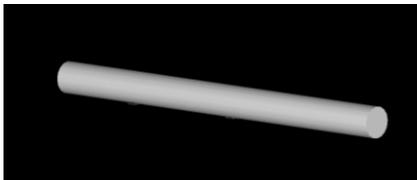
Gambar 14. *Point cloud* pipa distribusi (a) nampak samping (b) nampak depan



Gambar 15. *Region Grow Cylinder*

Proses pembuatan *region grow cylinder* berisikan beberapa parameter harus diperhatikan. Nilai dari masing-masing parameter tersebut dipilih dalam keadaan *default*. Parameter tersebut seperti pada **Gambar 15**, sebagai berikut :

1. *Thickness tolerance*
Merupakan tingkat ketebalan dari *point cloud* yang digunakan untuk membangun model, semakin kecil angkanya semakin meningkatkan akurasi.
2. *Maximum gap to span*
Merupakan besar maksimum model yang diperlukan untuk menghitung lopatan setiap jarak *point cloud* yang dimiliki.
3. *Region Size*
Merupakan pancaran dari diameter setiap pusat titik dari satu *point cloud* yang digunakan untuk menghitung model.

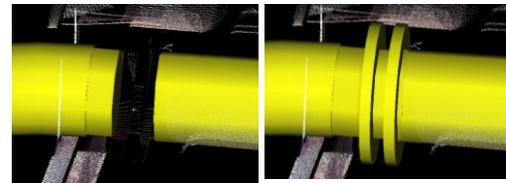


Gambar 16. Hasil 3D As-Built Model Dari Point Cloud

Pemodelan 3D *as-built* yang dilakukan pada *point cloud* didasarkan pada fitur geometris tertentu dalam hal ini adalah *cylinder* dengan metode *region grow*. Jika dilihat pada **Gambar 14** terdapat beberapa bagian dari *point cloud* yang hilang yang disebabkan oleh area pipa yang tidak terekam saat proses pengambilan data. Maka pada **Gambar 16**, hasil pemodelan pipa diekstrak dari sekumpulan *point cloud* pada **Gambar 14** berdasarkan vektor normal. Vektor normal pada proses pemodelan dibuat dari titik-titik tersebut dengan mencari *point cloud* pembulatan menggunakan algoritma *k-nearest neighbor* (KNN). Setelah proses

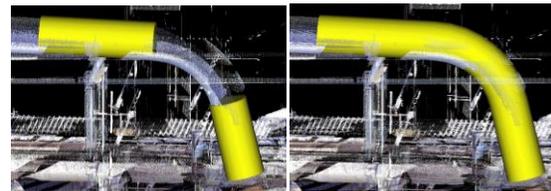
pemodelan pipa dapat teridentifikasi dengan jelas termasuk pada bagian *point cloud* yang hilang.

Pembuatan *flange* dilakukan dengan metode *Create Object* → *Insert* → *Welding Neck Object*. Ada 2 jenis flange pada Cyclone yaitu *welding neck* dan *blind*. Pada **Gambar 17** menggunakan *welding neck* dengan ketentuan *diameter* 0.219 m, *height* 0.039 m, *flange diameter* 0.327 m, dan *flange thickness* 0.025 m. Besaran tersebut mengikuti dari *point cloud* yang dimiliki.

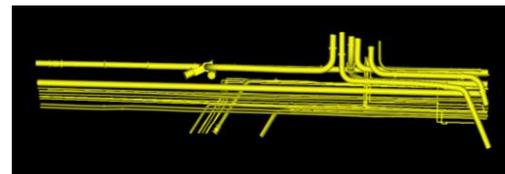


Gambar 17. Pemodelan 3D *as-built flange* (a) sebelum (b) sesudah

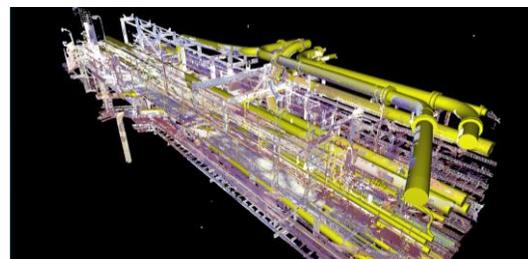
Pembuatan *elbow* dilakukan dengan metode *Tools* → *Piping* → *Elbow Connector*. Elbow dibuat dengan besaran yang berbeda-beda menyesuaikan dari *point cloud* yang merepresentasikan. *Elbow* yang dibuat pada **Gambar 18** menggunakan *bend ratio* sebesar 2.



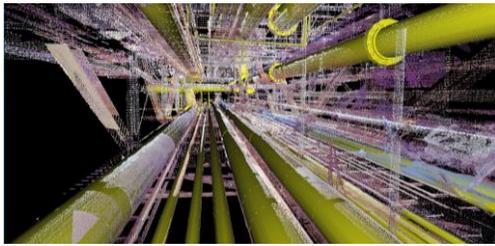
Gambar 18. Pemodelan 3D *as-built elbow* (a) sebelum (b) sesudah



Gambar 19. Hasil pemodelan 3D *as-built* secara keseluruhan



Gambar 20. Kenampakan pertampalan antara *point cloud* dengan 3D *as-built* pipa distribusi (*view 1*)



Gambar 21. Kenampakan pertampalan antara *point cloud* dengan 3D *as-built* pipa distribusi (*view 2*)

Setelah semua jaringan pipa berhasil dibuat maka akan tampak seperti **Gambar 19**. Pada **Gambar 20-21** yang memperlihatkan pertampalan antara *point cloud* dengan 3D *as-built model* yang dibuat dari jaringan pipa distribusi. LoD yang digunakan dalam pemodelan ini adalah LoD 300. Penentuan LoD menyesuaikan pada jenis keluaran (*ouput*) proyek yang diinginkan. LoD 300 disini dipilih karena proyek dibuat untuk kepentingan kelengkapan dan mengukur dimensi objek. Pemodelan 3D *as-built model* yang terbentuk secara keseluruhan menghasilkan 621 *cylinder*, 112 *flange*, 3 *cone*, 76 *elbow*, 9 *box*.

3.2. Analisis Deviasi Pemodelan 3D As-Built Model

Analisis akurasi pemodelan 3D *as-built model* dilakukan dengan menggunakan *software* 3DResharper. Metode yang dilakukan ada mengkomparasikan antara model yang telah dibuat dengan *point cloud*. 3D *as-built model* menjadi referensi (*ref*) dan *point cloud* menjadi objek (*meas*). Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan 11 titik yang tersebar di area penelitian. Satu label yang dihasilkan oleh *software* memuat 3 titik penyimpangan yaitu x, y dan z.

Tabel 1. Nilai deviasi untuk koordinat X

No.	Meas X (m)	Ref X (m)	Dev (m)
1	11342.491	11342.491	0
2	11356.004	11356.003	0.001
3	1134.188	11344.188	0
4	11369.310	11369.310	0
5	11348.243	11348.243	0
6	11345.831	11345.831	0
7	11347.453	11347.453	0
8	11359.284	11359.284	0
9	11353.906	11353.906	0
10	11350.644	11350.644	0

Tabel 1. Nilai deviasi untuk koordinat X (Lanjutan)

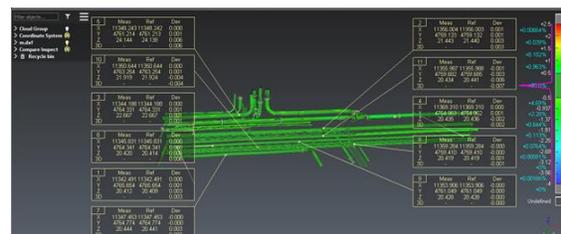
No.	Meas X (m)	Ref X (m)	Dev (m)
11	11355.987	11355.988	-0.001
Rata-Rata Dev			0

Tabel 2. Nilai deviasi untuk koordinat Y

No.	Meas Y (m)	Ref Y (m)	Dev (m)
1	4765.654	4765.654	0
2	4759.133	4759.132	0.001
3	4764.331	4764.331	0
4	4754.963	4754.962	0.001
5	4761.214	4761.213	0.001
6	4764.341	4764.341	0
7	4764.774	4764.774	0
8	4759.410	4759.410	0
9	4761.049	4761.049	0
10	4763.254	4763.254	0
11	4759.682	4759.685	-0.003
Rata-Rata Dev			0.001

Tabel 3. Nilai deviasi untuk koordinat Z

No.	Meas Z (m)	Ref Z (m)	Dev (m)
1	20.412	20.409	0.003
2	21.443	21.440	0.003
3	22.667	22.667	0
4	20.435	20.436	-0.001
5	24.144	24.138	0.006
6	20.420	20.414	0.006
7	20.444	20.441	0.003
8	20.419	20.419	0
9	20.428	20.428	0
10	21.919	21.924	-0.004
11	20.434	20.441	-0.006
Rata-Rata Dev			0.004



Gambar 22. Tampilan besaran deviasi pada 3D Resharper

Pada **Gambar 22** memperlihatkan pertampalan antara *point cloud* dengan 3D *as-built model* yang telah dibuat. Pertampalan tersebut menghasilkan nilai deviasi dengan rata-rata nilai deviasi koordinat X sebesar 0 m, rata-rata nilai deviasi koordinat Y sebesar 0.001 m, dan nilai rata-rata nilai deviasi koordinat Z sebesar 0.004 m.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Proses pemodelan 3D *as-built model* dilakukan pada *software* Cyclone. Pembuatan pipa distribusi dilakukan dengan proses *region grow*. Proses pembuatan *region grow cylinder* berisikan beberapa parameter harus diperhatikan yaitu. *thickness tolerance, maximum gap to span, region Size*. Lalu, pembuatan *flange* dapat dilakukan dengan 2 metode *welding neck object dan blind object*. Pada penelitian ini menggunakan *welding neck*. Diameter dan besaran *flange* disesuaikan dengan jaringan pipa yang ingin dimodel. Terakhir pembuatan *elbow* dilakukan dengan metode *elbow connector*. *Elbow* dibuat dengan besaran yang berbeda-beda menyesuaikan dari *point cloud* yang merepresentasikan dengan memperhatikan *bend ratio*-nya.
2. Nilai deviasi hasil pertampalan antara *point cloud* dengan 3D *as-built model* menghasilkan rata-rata nilai deviasi koordinat X sebesar 0 m, rata-rata nilai deviasi koordinat Y sebesar 0.001 m, dan nilai rata-rata nilai deviasi koordinat Z sebesar 0.004 m. Nilai ini menunjukkan bahwa 3D *as-built model* dari *point cloud* sudah mewakili bentuk dengan baik untuk pemantauan kesehatan pipa distribusi, *clash detection, reverse engineer*, dan keperluan teknis lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada PT. Zona Spasial khususnya Direktur PT. Zona Spasial, Bapak Taufik Kusetiohad yang telah *support* dalam data penelitian maupun dalam proses penelitian. Serta, para sahabat yang membantu dalam proses penulisan artikel ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatla, A, Young, S, C., Fierro, O., Leite, F., 2016, *Evaluation Of Accuracy Of As-Built 3D Modeling From Photos Taken By Handheld Digital Cameras*, Elsevier, US.
- BIM Forum, 2015, *Level Of Development Specification For building Information Model*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K, 2008, *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Willey, USA.
- Kim, H., Kim, C., 2021. *3D As-Built Modeling From Incomplete Point Clouds Using*

Connectivity Relations. Elsevier, Republic of Korea.

- Kim, M, K., Sohn, H., and Chang, C, C., 2016. *Localization and Quantification of Concrete Spalling Defects Using Terrestrial Laser Scanning*, *Journal of Computing in Civil Engineering* Volume 29 Issue 6.
- Leica Cyclone, 2017. *Leica Cyclone Basic User Manual*. C.R.Kennedy & Company.
- Nursahid, 2019, *Jenis Flange dan Fungsinya*, <https://www.cenzahid.com/2015/08/ilmu-pipa-definisifungsi-dan-jenis.html>.
- Patraucean, V., Armeni, I., Nahang, M., Yeung, J., Brilakis, I., Haas, C., 2015. *State Of Research In Automatic As-Built Modelling*, Elsevier, UK.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 4 Tahun 2018 tentang *Pengusahaan Gas Bumi pada Kegiatan Usaha Hilir Minyak dan Gas Bumi*.
- Rachman A.P, Hapsari H.H, 2016. *Pemodelan 3d Dengan Menggunakan Metode Structure From Motion Dan Terrestrial Laser Scanning (Studi Kasus: Candi Singosari, Malang)*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Reshetyuk Y, 2009. *Self-Calibration And Direct Georeferencing In Terrestrial Laser Scanning*. Sweden, TRITA-TEC-PHD 09-001
- Reza, M, R., 2015. *Perencanaan Modifikasi Pipa Penyalur Minyak Dengan Adanya Penambahan Platform Produksi dalam Seminar Nasional Cendekiawan 2015*.
- Setiawan, R, D, 2019, *Perawatan Sistem Pemipaan Fire Monitor Di Kn.Sar Sadewa Badan Sar Nasional Semarang*. Unimar Amni, Semarang.
- Sri, T. K., Puyan, A, Z., Sheryl, S, F., Thomas, M, F., 2016, *Engineering and Construction Construction Quality Assessment using 3D as-built Models Generated with Project Tango* in *Procedia Engineering* 145 (2016) 1416 – 1423 *International Conference on Sustainable Design*.