

STUDI LITERATUR DAN IMPLEMENTASI PEMANFAATAN *POINT CLOUD* DALAM REKONSTRUKSI BATAS RUANG Studi Kasus Pada Gedung Teknik Geodesi Kampus 1 ITN Malang

Ketut Tomy Suhari¹, Silvester Sari Sai², Hery Purwanto³, Ratri Andinisari⁴,
I Gede Aldy Yoga Suyadnya⁵, Riana Budi Utami⁶

^{1,2,3,5,6}) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Malang

⁴) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura No. 2 Malang

E-mail: ksuhari@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan data yang akurat dalam industri konstruksi menjadi tantangan dalam dokumentasi digital dan rekonstruksi. *Point cloud* merupakan kumpulan titik data dalam sistem koordinat 3D dan data *point cloud* 3D dapat diperoleh dari berbagai sumber data seperti pemindaian laser, gambar, dan video melalui peralatan dan teknologinya masing-masing. Metode yang digunakan dalam paper ini adalah metode analisis *bibliometric network* dengan metode *systematic literature review* (SLR) dan metode *cloud to cloud* dalam registrasi *point cloud* pada implementasi studi kasus. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai hubungan antara *point cloud* dan konstruksi, serta analisis potensi pemanfaatan *point cloud*. Berdasarkan hasil dan pembahasan pada analisis *bibliometric network* dengan studi literatur, terlihat bahwa pembahasan *3D Point Cloud Registration* sudah sangat umum sedangkan *3D Point Cloud Processing* sangat jarang dibahas pada publikasi pada tahun 2018-2020. Oleh karena itu, adanya pembahasan yang terfokus pada *point cloud data processing* sangatlah penting. Selain analisis bibliometrik, paper ini juga menyajikan pembahasan terkait penerapan data *point cloud* pada bangunan eksisting dengan studi kasus di Gedung Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang dengan ketelitian 5mm. Metode ini dapat pula menjadi alternatif dalam pendokumentasian bangunan eksisting berupa digital, dan menjadi data dasar (titik kontrol) dalam hal pengembalian batas dan rekonstruksi ruang dengan menggunakan metode *staking out*.

Kata kunci: *Point cloud*, Rekonstruksi, Gedung Teknik Geodesi, *systematic literature review*

ABSTRACT

In the field of digital documentation and reconstruction, the need for accurate data in the construction industry is a challenge. One of the solution to answer this requirement is measurement by utilizing point cloud data. A point cloud is a collection of data points in a three-dimensional coordinate system, and 3D point cloud data can be obtained from a variety of data sources, including laser scans, images, and videos, by using the appropriate equipment and technologies. This paper is a systematic literature review on cloud to cloud method in point cloud registration by using bibliometric network analysis method. The aims of this research is to provide data on the relationship between point cloud keywords and construction, including its research gaps, topic trends, and its potential applications. The result of bibliometric network analysis by using the keywords "Point cloud and Reconstruction" shows that the 3D Point Cloud Registration is commonly discussed in publications during the year of 2018-2020, while 3D Point Cloud Processing is not well known. A discussion centered on point cloud data processing is required in this analysis to make a greater contribution to the field of geospatial engineering. This paper provides results and discussions related to the application of point cloud data in existing buildings. The case study used in this paper is the Geodetic Engineering Study Program Building in ITN Malang. The resulting accuracy of the digital model is 5 mm, which indicates that this method is indeed applicable to be used in documenting existing buildings. This method can also be used as an alternative to construct a digital model and to gather basic data (control point) in terms of boundary and space reconstruction by using the staking out method.

Keywords: *Point cloud*, Reconstruction, Geodesy Building, *systematic literature review*

PENDAHULUAN

Point cloud 3 dimensi (3D) adalah kumpulan titik data dalam sistem koordinat 3D. Titik-titik data ini biasanya ditentukan oleh koordinat X, Y, dan Z,

dan seringkali dimaksudkan untuk mewakili permukaan luar suatu objek (Xu, 2020). Data *point cloud* 3D dapat diperoleh dari berbagai sumber data seperti pemindaian laser, gambar, dan video melalui peralatan dan teknologinya masing-masing

(Alshawabkeh dkk., 2021; Cao, 2017; Guarnieri, 2017; Yang, 2017). Mendapatkan data *point cloud* yang baik diperlukannya akuisisi data yang lebih akurat dan ekonomis. Namun, dengan perkembangan teknologi dalam akuisisi data 3D sudah membaik sedangkan kebutuhan menangkap data *point cloud* 3D untuk bangunan yang ada (eksisting) dan infrastruktur sipil juga terus meningkat (Wang dan Kim, 2019; Xu, 2020).

Dibeberapa studi kasus, pemanfaatan data *point cloud* dalam industri konstruksi menggunakan pendekatan *Building Information Modeling* (BIM) dan manajemen fasilitas (FM). Biasanya BIM yang direncanakan dibuat dengan fase perencanaan dan desain proyek seringkali tidak mencerminkan kondisi proyek yang sudah dibangun, dari permasalahan tersebut sehingga diperlukannya pemanfaatan data *point cloud* sebagai dasar dalam pembuatan BIM atau pendokumentasian digital 3D (Bolognesi dan Garagnani, 2018; Kim dkk., 2020; Xue, 2019).

Disisi lain, *Point cloud* juga digunakan dalam fase pasca pembangunan dan pengembalian batas dan struktur bangunan yang diakibatkan dari bencana alam. Kegiatan ini didasari dengan informasi posisi, bentuk dan kepemilikan dari model 3D yang didapatkan pada data *point cloud*. Dengan adanya data *point cloud* mempermudah pekerjaan dalam pengembalian batas ruang.

Dalam paper ini membahas studi literatur terkait hubungan *point cloud* dengan rekontruksi, trends topik, penulis yang paling berpengaruh, dan implementasi dalam studi kasus. Tujuan paper ini adalah menemukan pembahasan yang masih sedikit, gap dan analisis pemanfaatan data *point cloud*.

METODE

Metodologi dalam penelitian ini meliputi akuisisi data, proses data dan hasil data berupa *point cloud* terkoreksi. Pada akusisi data, hal pertama yang dilakukan pada tahapan ini adalah menggali literatur yang berhubungan dengan *point cloud* dan rekontruksi dengan kata kunci (TITLE-ABS-KEY ("*Point cloud*" or "*3D Reconstructions*" or "*3D Existing Building*")) di *software* Publish and Perish dengan menggunakan basis data *google scholar*. Akusisi data untuk studi kasus menggunakan teknologi survei seperti GNSS untuk mendapatkan titik kontrol, UAV untuk mendapatkan data tampak atas dan untuk mendapatkan data tampak samping memerlukan data pemindaian obyek menggunakan *Terrestrial Laser Scaning* (TLS) merk Faro Focus 3D S120.

Pada tahapan proses data, hasil data yang diperoleh dalam studi literatur dapat divisualisasikan hubungan antar *keyword* dengan *software* VosViewer. Hasil yang diperoleh dapat memberikan analisis trend topik, gap dan penulis yang paling berpengaruh. Dan pada tahapan proses data untuk studi kasus menggunakan metode *cloud to cloud*

untuk registrasi, *filtering* data yang *noise*, dan *georeferenrece* dengan menggunakan titik survei GNSS. Penggabungan data *point cloud* memerlukan data *point cloud* TLS dengan data *point cloud* dari UAV dalam hal penggabungan data, titik referensi harus sama, sehingga dapat dilihat dengan formula sebagai berikut:

$$PCD_F = PCD_{TLS} + PCD_{UAV} \dots \dots \dots (1)$$

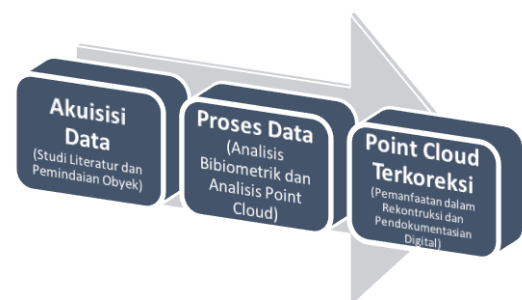
dimana:

PCD_F = *Point cloud* Gabungan

PCD_{TLS} = *Point cloud* TLS

PCD_{UAV} = *Point cloud* UAV

Berdasarkan metode dalam proses data tersebut, didapatkan pemanfaatan *point cloud* dengan menampilkan informasi posisi untuk dapat dilakukan analisa lanjutan. Data *point cloud* yang menampilkan posisi dapat dihitung jaraknya dengan formula *Euclidean distance*.

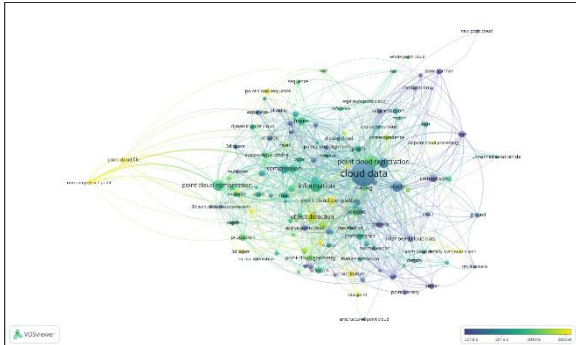


Gambar 1. Metodologi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis *Bibliometric Network*

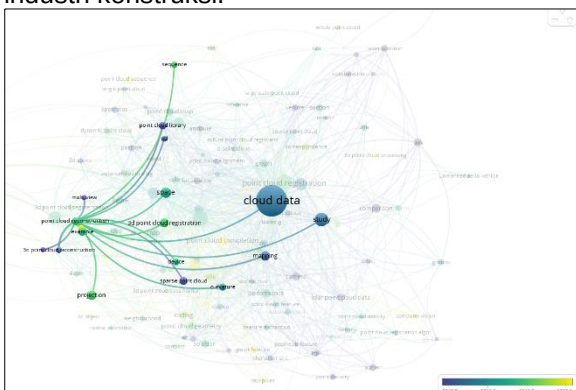
Pencarian literatur menggunakan kata kunci "*Point cloud*" dan "*3D Reconstruction*" di basis data *Google Scholar* mendapatkan data dengan jumlah 1000 dokumen dengan banyaknya sitasi sebesar 18410. Data yang diperoleh tersebut didapat dengan menggunakan *publish and perish software* dan divisualisasikan menggunakan *VosViewer Software*. Hasil visualisasi tersebut merupakan hubungan data dengan kedua kata kunci dalam pencarian literatur. Hasil visualisasi ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisis bibliometrik dengan keyword point cloud dan 3D Reconstruction

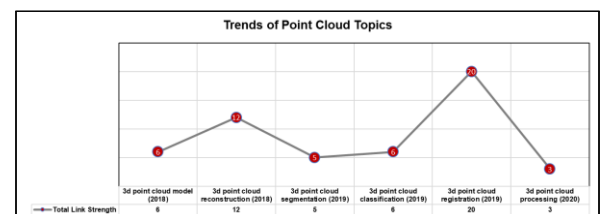
Hasil visualisasi data pada Gambar 2, menunjukkan bahwa hubungan data *point cloud* sangat erat dengan kata kunci rekonstruksi. Beberapa penelitian dalam dekade terakhir, pemindaian laser dan fotogrametri telah berkembang menjadi metode utama pengumpulan data dalam konstruksi untuk membantu manajemen konstruksi di lokasi dengan memanfaatkan data *point cloud* (Chen, 2019). Data *Point cloud* memerlukan tahapan registrasi yang mengacu pada proses menerjemahkan, memutar, dan menskalakan objek sehingga sesuai dengan referensi secara optimal (Agarwal dan Bhowmick, 2017). Registrasi terbukti penting untuk deteksi perubahan di *point cloud* 3D (Agarwal dan Bhowmick, 2017). Perkembangan teknologi pemindaian laser telah memungkinkan untuk pengumpulan data dengan volume yang besar dari *point cloud* LiDAR dengan frekuensi dan kepadatan yang tinggi, memungkinkan derivasi model 3D yang lebih detail (Cao, 2017). *Point cloud* yang lebih detail, terkoreksi dan memiliki sistem koordinat yang sama sehingga dapat digunakan sebagai data dasar dalam pemodelan BIM. Integras *point cloud* dan BIM memiliki sejumlah manfaat potensial, seperti deteksi kerusakan, kontrol kualitas tepat waktu, dukungan untuk pengambilan keputusan, serta pengoperasian dan pemeliharaan gedung yang ada (Xue, 2019).

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa hubungan data 3D *point cloud* rekonstruksi masih minim dibahas, sehingga diperlukan pembahasan yang lebih khusus dan implementasi untuk interoperabilitas data pada kegiatan geospasial dan industri konstruksi.



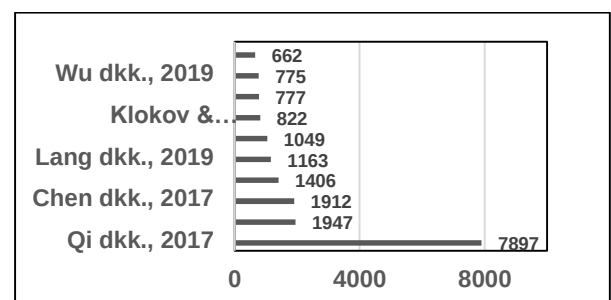
Gambar 3. Hubungan kata kunci point cloud reconstruction

Berdasarkan hasil analisa *bibliometric network* yang berdasarkan *keyword* pada Gambar 2, dapat dianalisa untuk *trends* pada topik yang memanfaatkan data *point cloud* untuk permasalahan rekontruksi bangunan eksisting. Terlihat pada Gambar 4 bahwa pembahasan yang sering dibahas adalah yang pertama dengan topik *3D Point cloud Registration* pada tahun 2019, topik *3D Point cloud Reconstruction* pada tahun 2018 merupakan yang kedua, topik *3D Point cloud Model* pada tahun 2018 dan *3D Point cloud Classification* pada tahun 2019 merupakan urutan yang ketiga, kemudian topik *3D Point cloud Segmentation* dan yang terakhir dengan topik *3D Point cloud Processing* pada tahun 2020. Dalam analisa trends tersebut bahwa topik pemanfaatan *point cloud* masih memerlukan pembahasan yang lebih banyak terutama pada topik *3D Point cloud Processing*, *Segmentation*, *Classification*, dan Rekontruksi.



Gambar 4. Analisa trends pada topik *point clouds*

Pada Gambar 5, memberikan informasi terkait 10 nama penulis yang berpengaruh dalam topik *point cloud*. Qi dkk (2017), merupakan salah satu penulis yang memanfaatkan *point cloud* untuk kegiatan penelitian terkait *classification* dan *segmentation* dengan menggunakan *deep learning* mendapatkan jumlah sitasi terbesar dengan jumlah 7897.



Gambar 5. Top 10 nama Penulis terkait topik *point cloud*

Penerapan *Point cloud* pada Studi Kasus Bangunan Eksisting

Berdasarkan studi literatur pembahasan topik tren pada Gambar 4, subbab ini berfokus pada hasil pengolahan data *point cloud* (*processing*) untuk mendukung kontribusi penemuan dalam pemanfaatan untuk kegiatan rekontruksi bangunan

eksisting dan pondasi dalam membangun model 3D sebagai pendokumentasian digital (*as built drawing*) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemanfaatan data *point cloud* dalam pekerjaan rekontruksi bangunan eksisting dan pendokumentasian digital

Studi kasus pada penelitian ini berlokasi di Gedung Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Kampus 1 ITN Malang. Dalam kasus ini menggunakan metode *cloud to cloud* untuk tahapan registrasi data *point cloud* dengan ketelitian 5 mm dari pegabungan data pemindaian sebanyak 60 *station*

Tabel 1. Hasil Registrasi Data Point cloud

No	Nama Station	Link Station	Error	Overlap (%)	Confidence (%)
1	Dapur_prodi000(Q20)	R_kaprod000(Q19)	0,003 m	60, 52%	96,56%
2	Dpn_prodi000(Q2)	Luar_prodi000(Q3)	0,004 m	44,63%	93,89%
		Prodi1000(Q5)	0,003 m	65,32%	96,40%
3	Lt2_1000(Q34)	Lt2_2000(Q35)	0,006 m	34,00%	87,03%
...	...	...	...	...	...
59	r_paknur000(Q10)	Prodi003(Q7)	0,007 m	36,70%	82,26%
		R_Pak_DK000(Q11)	0,005 m	53,58%	92,00%
60	r_paktomyme000(Q8)	Prodi003(Q7)	0,007 m	49,12%	89,00%
		R_pakadkha000(Q13)	0,007 m	38,42%	79,05%
RMSE			0,005 m		

Hasil registrasi pada Tabel 1, dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil *point cloud* pada Gedung Program Studi Teknik Geodesi dapat divisualisasikan setelah melakukan tahapan *filtering* dan *georeference* menggunakan data survei GNSS dengan metode *static* untuk mendapatkan titik kontrol dengan sistem proyeksi UTM pada zona 49s. Titik kontrol yang telah memiliki sistem proyeksi yang sama dapat digunakan sebagai titik referensi untuk pengukuran pada target yang telah dipasangkan di Gedung Geodesi. Hal ini dilakukan untuk membuat model 3D *point cloud* dapat memiliki sistem proyeksi koordinat yang sama untuk dapat digunakan dalam analisa lanjutan seperti analisis ketelitian dengan perbandingan dimensi dan posisi koordinat, uji statistik, *segmentation* dan lainnya. Namun, dalam pembahasan ini hanya membahas pemanfaatan *point cloud* untuk kegiatan rekontruksi dan sebagai dasar dalam pemodelan 3D untuk kegiatan pendokumentasian.



Gambar 7. Hasil data *point cloud*

Berdasarkan hasil visualisasi data *point cloud* dengan ketelitian registrasi 5 mm, dapat memberikan informasi posisi (Tabel 2) dan ukuran dimensi (Tabel 3). Hal ini dapat mempermudah pekerjaan rekontruksi dengan menggunakan metode *staking out* dan pendokumentasian digital terkait bangunan eksisting. Data ini dibutuhkan jika adanya kegiatan pengembalian batas atau ruang yang biasanya digunakan dalam rekontruksi bangunan eksisting (Mall, Ruko, Apartemen, Gedung Kampus, dll) yang mengalami kerusakan yang diakibatkan dari bencana gempa, tsunami, longsor dan yang lainnya.

Tabel 2. Informasi Koordinat Bangunan Eksisting

Nama Point	E	N	Z
A1	677856.400	9122136.276	497.578
A2	677857.301	9122136.342	510.284
A3	677831.415	9122154.083	510.055
A4	677831.420	9122155.508	497.416
...	...	...	...
A29	677844.148	9122148.447	499.995
A30	677844.299	9122148.855	500.025

Tabel 3. Informasi ukuran dimensi bangunan eksisting

Nama Jarak	Dimensi (m)
d _{A1-A2}	12,738
d _{A2-A3}	31,383
d _{A3-A4}	12,719
...	...
...	...
d _{A29-A30}	0,436

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada analisis *bibliometrik network* terkait studi literatur, trend topik dan divisualisasikan dengan kata kunci *Point cloud* dan *Rekontruksi* didapatkan bahwa pembahasan *3D Point cloud Registration* sangat tinggi sedangkan *3D Point cloud Processing* sangat rendah dari publikasi pada tahun 2018-2020. Dalam

analisis tersebut, diperlukannya pembahasan yang terfokus pada processing data agar dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dalam penyediaan data geospasial berupa data *point cloud*. Data *point cloud* mampu memberikan solusi terkait kebutuhan data yang akurat dalam industri konstruksi hal ini dibuktikan dari adanya sejumlah penelitian yang menjadikan *point cloud* sebagai data dasar dalam bangunan eksisting.

Selain analisis bibliometrik, paper ini memberikan implementasi studi kasus terkait penerapan data *point cloud* pada bangunan eksisting dengan studi kasus di Gedung Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang dengan ketelitian 5mm, hal ini dapat menjadi alternatif dalam pendokumentasian bangunan eksisting berupa digital, dan menjadi data dasar (titik kontrol) dalam hal pengembalian batas dan rekonstruksi ruang dengan menggunakan metode *staking out*. Data *point cloud* ini disarankan untuk dapat dianalisis lebih lanjut seperti dibangun dalam model BIM dan analisis lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Hibah Internal LPPM ITN Malang yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, S., dan Bhowmick, B. (2017): 3D *point cloud* registration with shape constraint, *2017 IEEE International Conference ...*, diperoleh melalui situs internet: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8296672/>.
- Alshawabkeh, Y., Baik, A., dan Miky, Y. (2021): Integration of Laser Scanner and Photogrammetry for Heritage BIM Enhancement, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **10**(5), 316.
- Bolognesi, C. M., dan Garagnani, S. (2018): *From a point cloud survey to a mass 3d modelling: Renaissance HBIM in poggio a caiano*, re.public.polimi.it, diperoleh melalui situs internet: <https://re.public.polimi.it/handle/11311/1059446>.
- Cao, R. (2017): 3D building roof reconstruction from airborne LiDAR *point clouds*: a framework based on a spatial database, *International Journal of Geographical Information Science*, **31**(7), 1359–1380. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1301456>
- Chen, J. (2019): Deep Learning Approach to *Point cloud* Scene Understanding for Automated Scan to 3D Reconstruction, *Journal of Computing in Civil Engineering*, **33**(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000842](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000842)
- Guarnieri, A. (2017): From TLS survey to 3d solid modeling for documentation of built heritage: The case study of porta savonarola in Padua, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, **42**(2), 303–308. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-303-2017>
- Kim, S., Kim, S., dan Lee, D. E. (2020): 3D *point cloud* and BIM-based reconstruction for evaluation of project by as-planned and as-built, *Remote Sensing*, diperoleh melalui situs internet: <https://www.mdpi.com/707810>.
- Qi, C. R., Su, H., Mo, K., dan Guibas, L. J. (2017): Pointnet: Deep learning on point sets for 3d classification and segmentation, *Proceedings of the IEEE*, diperoleh melalui situs internet: http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/html/Qi_PointNet_Deep_Learning_CVPR_2017_paper.html.
- Wang, Q., dan Kim, M. K. (2019): Applications of 3D *point cloud* data in the construction industry: A fifteen-year review from 2004 to 2018, *Advanced Engineering Informatics*, diperoleh melalui situs internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034618304683>.
- Xu, Z. (2020): 3D Reconstruction and Measurement of Surface Defects in Prefabricated Elements Using *Point clouds*, *Journal of Computing in Civil Engineering*, **34**(5). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000920](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000920)
- Xue, F. (2019): BIM reconstruction from 3D *point clouds*: A semantic registration approach based on multimodal optimization and architectural design knowledge, *Advanced Engineering Informatics*, **42**. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100965>
- Yang, B. (2017): Automated reconstruction of building lods from airborne LiDAR *point clouds* using an improved morphological scale space, *Remote Sensing*, **9**(1). <https://doi.org/10.3390/rs9010014>