

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

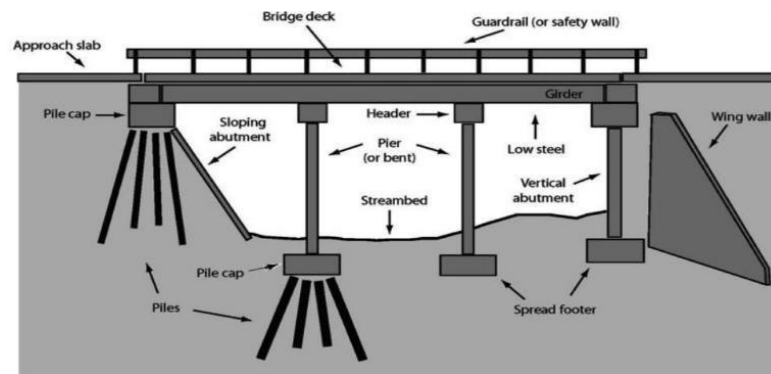
2.1 Jembatan



Gambar 2. 1 Contoh Jembatan Rangka (Sumber: Foto udara 2025)

Jembatan merupakan salah satu prasarana yang penting pada masyarakat, karena sebagai penghubung untuk memperlancar transportasi antar dua daerah yang terpisah oleh sungai, lembah, jurang dan lain sebagainya. Jembatan memiliki peran penting dalam transportasi nasional terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial, dan budaya yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar dapat terwujud keseimbangan dan pemerataan daerah (Onding dkk. 2013).

Secara umum konstruksi jembatan memiliki dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah. Bangunan struktur atas adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas yang bekerja dan menyalurkan beban tersebut menuju struktur bawah. Sedangkan bangunan struktur bawah adalah konstruksi yang menerima beban struktur atas dan meneruskan ke fondasi serta lapisan tanah keras dibawahnya (Muhammad, 2019).



Gambar 2. 2 Contoh Komponen Pada Struktur Jembatan (Sumber: Naik & Gourav, 2023)

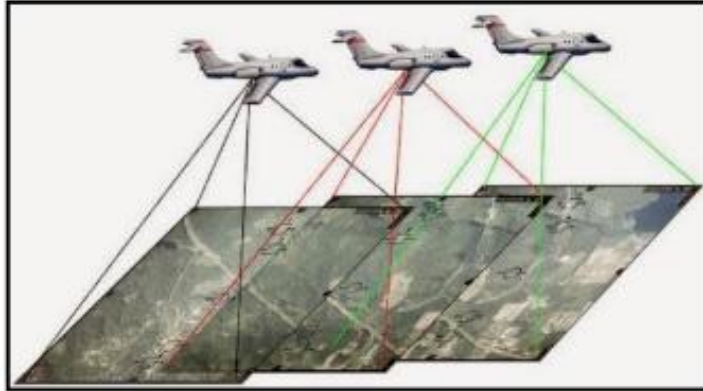
Pada struktur bangunan atas memiliki beberapa bagian, yaitu terdiri dari :

1. Trotoar, berfungsi sebagai area pejalan kaki yang terbuat dari beton.
2. Slab lantai kendaraan, berfungsi menerima beban kendaraan yang melewati jembatan.
3. Girder atau gelagar, berfungsi sebagai balok pertama yang menerima beban dari slab lantai kendaraan.
4. Balok diafragma, merupakan gelagar – gelagar memanjang dan tidak menahan beban dan hanya seperti balok biasa.
5. Ikatan melintang, berfungsi sebagai penahan atau melawan gaya yang disebabkan oleh angin ikatan melintang ini berada pada bagian struktur atas dan bawah yang bertujuan agar kestabilan jembatan tetap terjaga.
6. Bearing atau tumpuan, berfungsi untuk menerima gaya – gaya yang dihasilkan dari struktur bangunan atas baik secara *horizontal*, vertikal, maupun lateral. Terdapat dua macam perletakan, yaitu sendi rol dan elastomer.

Pada struktur bangunan bawah memiliki beberapa bagian, yaitu terdiri dari:

1. *Abutment* atau pangkal jembatan, merupakan salah satu bagian konstruksi jembatan yang terletak pada ujung – ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan diatasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit.
2. Pilar jembatan adalah struktur bagian bawah yang terletak diantara dua buah *abutment*, berfungsi untuk menahan beban bagian struktur atas dan meneruskannya ke tanah dasar yang keras.
3. *Pile cap*, berfungsi untuk mengikat tiang – tiang fondasi menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang.
4. Fondasi, berfungsi sebagai penahan beban struktur bangunan atas dan meneruskan ke lapisan tanah keras danpa mengalami penurunan yang berlebihan (Muhammad, 2019).

2.2 Fotogrametri



Gambar 2. 3 Proses Foto Udara (Sumber: Hamur dkk. 2019)

Fotogrametri adalah suatu ilmu dan seni yang melibatkan pengukuran matematis yang akurat untuk menghasilkan data visual dalam bentuk tiga dimensi (3D) melalui penggunaan dua atau lebih pengambilan gambar. Metode fotogrametri saat ini digunakan pada hampir semua jenis pengambilan gambar, termasuk kamera digital dengan lensa 35mm atau satelit yang mengorbit bumi. Dengan teknik pengambilan gambar yang tumpang tindih dalam bentuk *stereoscopic*, metode ini dapat menghasilkan data 3D yang akurat dalam cakupan yang luas (Dewi, 2020).

Menurut Natar dkk. (2020) fotogrametri terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Fotogrametri metrik, bertujuan untuk menentukan lokasi relatif titik – titik sehingga, menghasilkan data secara kuantitatif contohnya seperti ukuran, jarak, sudut, luas, volume, elevasi, dan bentuk objek.
2. Fotogrametri interpretatif, bertujuan untuk mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menghasilkan data secara kualitatif dengan analisa sistematis dan cermat.

Hasil dari fotogrametri berupa foto udara, menurut Brahmantara, (2017), foto udara merupakan sebuah rekaman fotografis objek di atas permukaan tanah dengan pengambilan yang dilakukan dari udara. Foto udara dapat dibedakan menjadi 2 yaitu terdiri atas foto vertikal dan foto miring. Foto udara vertikal dilakukan dengan pengambilan sudut yang tegak terhadap objek yang di amati, sedangkan foto udara condong dilakukan pengambilan dengan sengaja mengarahkan sudut sumbu kamera secara miring.

2.3 *Orthofoto*

Orthofoto berbeda dengan foto udara, karena dalam bidang planimetrik, foto udara masih mengandung distorsi karena sistem proyeksinya yang masih perspektif sehingga tidak memiliki skala yang sama, *orthofoto* telah dikoreksi secara planimetrik dari distorsi tersebut karena sistem proyeksi *orthofoto* adalah, sehingga dapat digunakan untuk pengukuran dengan skala yang sama. Sebuah foto yang menggambarkan suatu objek pada lokasi yang tepat, dikenal sebagai *orthofoto*. Perbedaan utama antara peta dan *orthofoto* adalah, peta menggunakan garis berskala dan simbol untuk merepresentasikan kenampakan, sedangkan *Orthofoto* dapat digunakan sebagai peta untuk melakukan pengukuran langsung terhadap jarak, sudut, posisi, dan area tanpa memerlukan koreksi.. Pengukuran langsung area, sudut, lokasi, dan jarak dapat dilakukan dengan menggunakan *Orthofoto* sebagai peta tanpa memerlukan koreksi pergeseran gambar (Syauqani, A. dkk. 2017).

Metode yang dikenal sebagai merupakan proses yang harus diterapkan pada foto udara untuk menciptakan gambar yang bebas dari distorsi. Proses ini bertujuan mengoreksi hasil pengukuran jarak, sudut, posisi, dan area yang akurat. Proses mengoreksi distorsi gambar agar sesuai dengan permukaan yang sebenarnya disebut orthorektifikasi. *Orthofoto* adalah hasil dari citra udara yang telah dikoreksi. *Orthofoto* adalah foto udara yang telah mengalami orthorektifikasi, yang membuat objek tampak tegak lurus. Objek yang tampak miring karena sudut pemotretan akan diluruskan untuk meningkatkan akurasi foto udara, misalnya, bangunan tinggi yang tampak miring karena sudut pemotretan, akan disesuaikan sehingga hanya atapnya saja yang terlihat. Berbeda dengan foto udara vertikal yang dikoreksi, *orthofoto* masih memiliki kesalahan karena kemiringan objek yang tidak tepat di bawah sensor saat proses akuisisi data (Tridasakti, 2019) .

2.4 **Unmanned Aerial Vehicle (UAV)**

Unmanned Aerial Vehicle (UAV), yaitu pesawat tanpa awak manusia. UAV digunakan dalam integrasi pengontrol berbasis darat dan sistem komunikasi ke dalam *Unmanned Aircraft System (UAS)*. UAV dapat dioperasikan dengan beberapa cara, seperti pesawat yang dikendalikan dari jarak jauh atau *Remotely Piloted Aircraft (RPA)* atau pesawat yang sepenuhnya tidak memerlukan masukan dari manusia. UAV pertama kali dikembangkan pada abad ke-20 untuk tugas-tugas militer yang dianggap terlalu “membosankan, kotor, atau berbahaya” bagi manusia, mereka adalah komponen penting dari sebagian besar militer pada abad kedua puluh satu (Pande dkk. 2022).

Kemajuan dalam teknologi kontrol dan penurunan harga yang menyertainya telah membantu banyak penggunaan non-militer. Drone dapat digunakan untuk berbagai macam hal, seperti fotografi udara, inspeksi infrastruktur, ilmu pengetahuan, penyelundupan, dan bahkan balapan. Bersama dengan sensor onboard dan *Global Positioning System* (GPS), rencana penerbangan yang dikendalikan oleh perangkat lunak dalam sistem yang disematkan memungkinkan drone ini dikontrol dari jarak jauh atau secara mandiri (Pande dkk. 2022).

Unmanned aerial vehicle (UAV), merupakan sebuah pesawat tanpa awak yang dikendalikan jarak jauh secara manual ataupun otomatis oleh pilot dengan program dan berbagai sensor seperti radar, kamera, *Global Positioning System* (GPS), dan sensor sensor lainnya sesuai dengan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, banyak jenis drone yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan tiap pengguna, namun pada umumnya UAV, dapat dibedakan jenisnya seperti *fixed wing* dan *Vertical Take – Off and Landing* (VTOL). Perbedaan kedua jenis tersebut terletak pada sistem pendorong atau propulsinya, pada jenis *fixed wing*— dapat terbang secara *horizontal* sementara untuk *Vertical Take – Off and Landing* (VTOL). Terbang menggunakan *propeller* dan terbang secara vertikal (Prakoso Syahrhan Adam, 2023)

2.5 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk geometri suatu benda dari kondisi awalnya seiring waktu. Untuk menganalisis perubahan tersebut, dilakukan survei deformasi yang bertujuan untuk :

1. menginformasikan status geometrik dari benda yang terdeformasi, seperti perubahan posisi, bentuk, dan dimensinya.
2. Menginformasikan status fisik yang mencakup tekanan internal dan relasi beban deformasi.

Analisis deformasi ini bertujuan untuk menentukan besarnya pergeseran dari suatu objek yang diamati. Sebuah objek dapat dikatakan mengalami deformasi jika terjadi perubahan geometri, yang dinyatakan dalam kecepatan pergeseran. Kecepatan pergeseran merupakan besaran yang menunjukkan perubahan suatu titik pantau dalam waktu tertentu dan dapat menjadi indikator deformasi di area pengamatan. Salah satu cara untuk menghitung kecepatan vektor pergeseran tiap titik adalah dengan melakukan analisis geometrik menggunakan data pengamatan *geodetik* untuk memperoleh data status geometrik sebagai respon materi terhadap gaya deformasi. Teknologi UAV sangat cocok untuk pemantauan deformasi, terutama di lokasi yang rawan atau sulit dijangkau alat lainnya. Pemantauan deformasi dilakukan dengan sistem perekaman titik target retro reflektif yang

tersebar di lokasi yang dipetakan, menggunakan kamera non-metrik yang ditempatkan pada UAV (Sari dkk. 2015).

Deformasi juga dapat diartikan sebagai perubahan posisi atau gerakan titik pada suatu benda, baik secara tetap maupun bergerak. Gerakan absolut terjadi pada saat gerakan suatu titik dapat dilihat dari sudut pandang gerakan titik itu sendiri. Gerakan relatif terjadi ketika pergerakan suatu titik diamati dari referensi titik lain. Perubahan posisi umumnya mengacu pada sistem kerangka referensi yang digunakan (Bagas S. A. dkk. 2020).

2.6 Laju Pergeseran

Laju pergeseran (*displacement rate*) merupakan besaran yang menunjukkan kecepatan relatif suatu titik, objek, atau elemen struktur dalam mengalami perpindahan posisi terhadap titik acuan dalam selang waktu tertentu. Dalam kajian deformasi, nilai laju pergeseran tidak hanya memberikan informasi tentang besarnya pergeseran, tetapi juga kecenderungan pergerakan dalam satuan waktu, misalnya mm/bulan atau mm/tahun. Menurut Zhang dkk. (2023)), perhitungan laju pergeseran sangat penting untuk memantau kestabilan lereng atau struktur, karena peningkatan laju pergeseran dapat menjadi indikasi awal terjadinya ketidakstabilan atau potensi keruntuhan. Hal yang serupa juga dijelaskan oleh Yu dkk. (2022), bahwa melalui pengukuran berulang menggunakan fotogrametri berbasis UAV, laju pergeseran dapat diperoleh dari selisih koordinat antar *epoch* sehingga mampu menggambarkan pola deformasi suatu objek secara akurat.

Penelitian ini menggunakan perhitungan laju pergeseran pada hasil koordinat struktur jembatan untuk mengetahui perubahan posisi titik kontrol dari satu periode pengamatan ke periode berikutnya. Nilai pergeseran dihitung berdasarkan selisih koordinat antar *epoch*, kemudian dibagi dengan interval waktu pengamatan sehingga diperoleh besaran laju pergeseran dalam satuan mm/bulan. Dengan cara ini, analisis tidak hanya terbatas pada besarnya pergeseran yang terjadi, tetapi juga pada kecepatan serta arah pergerakan struktur dari waktu ke waktu. Perhitungan laju pergeseran pada penelitian ini berfungsi untuk mengidentifikasi pola deformasi jembatan secara kuantitatif. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kestabilan struktur, mendeteksi adanya potensi deformasi signifikan, serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait pemeliharaan maupun evaluasi keamanan jembatan. Persamaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

$$v = \frac{(P_t - P_0) / t}{(d / (t - 1))}$$

Keterangan:

P_0 : Koordinat awal (*epoch* 1, sebagai acuan).

P_t : Koordinat pada waktu ke- t .

t : *Epoch*/waktu pengamatan.

d : Besar pergeseran kumulatif ($P_t - P_0$)

v : Laju pergeseran rata – rata per satuan waktu ($d / (t - 1)$)

2.7 Uji Hipotesis

Hipotesis merupakan pernyataan sistematis yang mengungkapkan dugaan mengenai hubungan antara dua atau lebih variabel yang dapat diuji secara empiris. Dugaan ini bisa terbukti benar atau sebaliknya, tergantung hasil pengujian. Hipotesis nol (H_0) pada dasarnya menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan atau perbedaan yang signifikan secara statistik, dan bahwa temuan dalam analisis hanya terjadi akibat variabilitas acak. Uji hipotesis dilakukan sebagai bagian dari uji signifikansi, di mana peneliti dihadapkan pada keputusan apakah hipotesis nol akan diterima atau ditolak. Bila H_0 diterima, maka hipotesis alternatif (H_1) ditolak, begitu pula sebaliknya (Morissan, 2012).

Penelitian ini menggunakan uji signifikansi untuk mengetahui apakah perubahan koordinatnya signifikan atau tidak, acuan yang digunakan yaitu RMS *error* titik kontrol tanah dan terdapat 4 titik kontrol tanah yang dirata ratakan RMS *error* dengan nilai 0.0216 m, maka perhitungan yang digunakan untuk mengetahui signifikan pergeseran pada penelitian ini yaitu:

$$(v \geq 0,0216 \text{ m})$$

2.8 Titik Kontrol

Dalam melakukan pengambilan foto udara perlu menggunakan penandaan titik kontrol sebagai titik ikat foto udara dengan kondisi sebenarnya. Pengambilan titik kontrol ini menggunakan alat GPS dengan metode statik. Pada titik kontrol biasanya memiliki warna yang mencolok tujuannya agar memudahkan pada saat melakukan pengolahan foto udara (Prayogo dkk. 2020).

Titik kontrol fotogrametri merupakan titik yang posisi objeknya telah diketahui dalam suatu sistem koordinat referensi dan gambarnya dapat diidentifikasi pada foto. Ruang objek merupakan permukaan tanah yang digunakan sebagai bidang referensi untuk memproyeksikan foto. Dalam pemrosesan foto udara, keterlibatan titik kontrol fotogrametri sangat penting untuk memastikan akurasi tingkat survei. Karena titik kontrol diukur dengan instrumen pengukuran yang sangat presisi, ketelitian bisa mencapai skala dari satuan cm hingga mm (Pamungkasari, 2019).

2.8.1 Ground Control Point (GCP)

Ground Control Point (GCP) atau titik kontrol tanah merupakan proses penandaan lokasi dengan koordinat yang diperlukan untuk mengoreksi data dan memperbaiki citra keseluruhan, disebut rektifikasi. Akurasi GCP bergantung pada pengukuran (GNSS) dan jumlah sampel GCP di lokasi serta waktu pengambilan. Lokasi ideal termasuk persimpangan jalan, penyeberangan pejalan kaki, sudut jalan, tempat dengan rona mencolok, persimpangan rel kereta api, dan objek/monumen/bangunan yang mudah dikenali. Hindari titik kontrol di dekat pohon, bangunan, dan tiang listrik karena sulit dikenali dan memiliki kemiripan yang tinggi (Amalia, 2023).

Ground Control Point (GCP) adalah titik acuan di lapangan yang mengarahkan citra ke lokasi sebenarnya. GCP terdiri dari koordinat x dan y yang mencakup koordinat sumber dan referensi, diukur menggunakan GPS *Geodetik* di area yang akan difoto. Citra yang belum terkoreksi secara geometris tidak memiliki GCP atau titik ikat, sehingga tidak dapat digunakan sebagai pemandu lapangan karena tidak menunjukkan posisi sebenarnya di permukaan bumi. Untuk itu, citra tersebut perlu dikoreksi dengan pemasangan titik ikat lapangan (Hamur dkk. 2019).

2.8.2 Independent Check Point (ICP)

Independent Check Point (ICP) merupakan titik kontrol tanah yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan akurasi hasil pemetaan, khususnya dalam fotogrametri dan pengolahan citra udara. ICP bekerja dengan cara membandingkan koordinat titik di lapangan dengan koordinat yang dihasilkan dari proses pemetaan, sehingga dapat diketahui sejauh mana ketelitian geometrik dari produk akhir (Natar dkk. 2020).

Berbeda dengan (GCP) yang digunakan dalam tahap pengolahan data, ICP berfungsi setelah data menjadi produk akhir. Titik-titik ini tidak dimasukkan dalam proses rektifikasi atau ortorektifikasi, melainkan digunakan sebagai acuan uji ketelitian untuk memastikan bahwa hasil pemetaan telah sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan (Natar dkk. 2020).

2.9 Global Navigation Satellite System (GNSS)

Global Navigation Satellite System (GNSS) adalah sistem teknologi navigasi dan penentuan posisi yang menggunakan satelit untuk menentukan lokasi secara akurat, baik dalam arah *horizontal* maupun vertikal (Badan Informasi Geospasial, 2020). Sistem GNSS dirancang untuk menyediakan informasi posisi, kecepatan tiga dimensi, dan waktu secara terus-menerus di seluruh dunia, tanpa terpengaruh oleh waktu dan kondisi cuaca. Jika dibandingkan dengan sistem dan

metode penentuan posisi lainnya, GNSS memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan kemudahan operasional (Bagas S. A, 2020).

Pada era sekarang, penggunaan GNSS semakin meluas dan telah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Di Indonesia, GNSS telah banyak diterapkan untuk menentukan informasi posisi secara presisi, baik dalam bidang transportasi, pemetaan, pertanian, maupun penanggulangan bencana (Bagas S. A, 2020).

2.10 Metode Statik

Penentuan posisi secara statik merupakan metode yang digunakan untuk menentukan koordinat titik – titik yang tidak mengalami pergerakan atau tetap pada tempatnya. Teknik ini dapat dilakukan melalui pendekatan absolut maupun diferensial, dengan memanfaatkan data pseudorange dan fase sinyal satelit. Dibandingkan dengan metode kinematik, pengamatan statik menghasilkan jumlah data yang lebih besar pada satu titik, sehingga tingkat keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh pun lebih tinggi – bahkan bisa mencapai akurasi dalam skala milimeter hingga sentimeter (Yuwono & Apsandi, 2018).

Salah satu penerapan metode statik adalah dalam survei GNSS, yang bertujuan untuk menetapkan koordinat titik kontrol sebagai dasar dalam kegiatan pemetaan serta pemantauan deformasi dan dinamika geologi. Dalam praktiknya, metode ini sering digunakan dalam penelitian yang mengevaluasi jumlah titik referensi dan variasi durasi pengamatan (Yuwono & Apsandi, 2018).

2.11 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya bertujuan untuk memberikan gambaran tentang studi – studi terkait deformasi jembatan yang telah dilakukan. Hasil dari penelitian sebelumnya ini dapat digunakan sebagai pembandingan, sehingga dapat mengidentifikasi kelemahan dan pemberian saran yang berguna sebagai dasar penelitian lebih lanjut. Temuan – temuan dari penelitian terdahulu ini juga dapat memberikan masukan untuk perbaikan dalam penelitian ini. Detail penelitian sebelumnya dapat dilihat dalam tTabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Tabel Informasi Penelitian Sebelumnya

Judul dan Nama Penelitian	Metode Penelitian	Hasil	GAP
(Utomo dkk. 2013), "Monitoring Pergerakan Struktur Jembatan Di Semarang	analisis penelitian menggunakan fotogrametri	Hasil yang didapatkan secara keseluruhan yaitu untuk tiang 1 pada	Kurangnya pengecekan terhadap titik kontrol sehingga

Berbasis Fotogrametri Jarak Dekat”	rentang dekat <u>menggunakan kamera DSLR</u>	<u>bidang X, Y sebesar 7.9275 mm dan sumbu Z sebesar 2.875 mm dan tiang 2 pada bidang X, Y sebesar 5.51125 mm dan sumbu Z sebesar 2.11875 mm.</u>	dapat mempengaruhi akurasi jika terjadinya pegeseran. Perlu adanya pengembangan teknologi pengambilan agar data yang dihasilkan memiliki akurasi yang tinggi.
(Hamur dkk. 2019), “Kajian Pengolahan Data Foto Udara Menggunakan Perangkat Lunak Agisoft Photoscan Dan Pix4D Mapper”	<u>Metode penelitian yang digunakan yaitu untuk pengambilan data menggunakan DJI Phantom 4 Pro. Proses pengolahan menggunakan software Agisoft Photoscan Dan Pix4D Mapper</u>	Hasil perhitungan akurasi vertikal data DEM <u>menggunakan software Agisoft Photoscan</u> memiliki nilai RMSEz sebesar 0.169 dan LE90 sebesar 0.279 m, sedangkan Pix4D Mapper memiliki nilai RMSEz sebesar 0.309 dan LE90 sebesar 0.509 m. <u>Hasil perhitungan akurasi horizontal data Orthofoto dari software Agisoft Photoscan didapatkan nilai akurasi RMSEr sebesar 0.091 dan nilai CE90 sebesar 0.139 m, sedangkan Pix4D Mapper didapatkan nilai akurasi RMSEr sebesar 0.148 dan nilai CE90 sebesar 0.224 m.</u>	Penggunaan jumlah GCP yang terbatas yang dapat mempengaruhi akurasi. belum mempertimbangkan pengaruh variasi waktu pengamatan terhadap akurasi data. Studi lebih lanjut dapat mengevaluasi bagaimana perubahan cuaca dan waktu pengamatan mempengaruhi hasil pemetaan.
(Sari, 2015) “Kajian Pergeseran Titik Pemantauan Deformasi	<u>Metode penelitian yang digunakan fotogrametri</u>	<u>Hasil pergeseran titik pantau terkecil terdapat pada titik 23 dengan</u>	Kualitas kamera yang digunakan masih kurang tinggi

Menggunakan Metode <i>Close range Photogrammetry</i> Berbasis <u>UAV</u> (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)”	<i>close range</i> berbasis <u>UAV</u> jenis <u>Hexacopter</u>	<u>pergeseran sebesar 7.716 mm, sedangkan pergeseran terbesar terdapat pada titik 6 sebesar 125.443 mm. Hasil uji coba pemantauan deformasi menggunakan metode <i>close range photogrammetry</i> berbasis UAV menghasilkan akurasi pengolahan data foto yang berbeda <i>epoch 1</i> mendapat akurasi 7.059 mm, sedangkan akurasi <i>epoch 2</i> adalah 6.712 mm.</u>	resolusinya, pengambilan data yang masih kurang memperhitungkan waktu pada saat pengambilan data sehingga tidak menghasilkan kualitas foto secara optimal
(Natar dkk. 2020) <u>“Analisis Akurasi Model 3 Dimensi Bangunan Dari Foto Secara Tegak Dan Miring”</u>	<u>Metode penelitian yang digunakan menggunakan <i>DJI Phantom 4</i> menggunakan metode secara tegak dan <i>oblique</i></u>	<u>Hasil <i>Orthofoto</i> lebih baik ketelitian dibandingkan dengan <i>oblique</i> dalam hasil pengolahan dan perhitungan planimetrik. Nilai RMSE didapatkan sebesar 1,127 m dengan nilai rata-rata sebesar 1,271 m, nilai minimum sebesar 0,526 m dan nilai maksimum sebesar 2,119 m dalam perhitungan RMSE pengolahan <i>Orthofoto</i> . Nilai RMSE yang didapatkan sebesar 1,363 m dengan nilai rata-rata sebesar 3,175 m, nilai</u>	Dapat mengevaluasi efektivitas penerapan metode kombinasi, seperti penggunaan teknik pengukuran tambahan untuk memperkuat hasil monitoring.

		<u>minimum sebesar 0,733 m dan nilai maksimum sebesar 3,296 m pada perhitungan RMSE pengolahan foto udara secara oblique.</u>	
--	--	---	--

