

PENENTUAN JARAK EFEKTIF MENGGUNAKAN SENSOR PING UNTUK PENGUKURAN LEBAR RETAK PADA BANGUNAN BERMATERIAL BETON

Miko Palti Situmorang¹, Ismoyo Haryanto², Munadi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: situmorangmiko07@gmail.com

Abstrak

Salah satu kerusakan yang sering terjadi pada beton adalah retak. Retak yang kecil dapat menjadi besar dan jika dibiarkan dalam waktu lama, akan mengakibatkan berbagai kerusakan, dan kerugian. Saat ini terdapat metode pemeriksaan retak secara manual untuk mengurangi resiko kerusakan. Cara ini bekerja baik, tetapi terkadang tidak efisien dalam hal waktu, biaya, hasil pengukuran, dan keselamatan pemeriksa. Saat ini seiring dengan berkembangnya zaman terdapat teknologi segmentasi citra yang memungkinkan untuk mengidentifikasi suatu objek dari objek lainnya dalam suatu gambar. Kemudian terdapat juga teknologi UAV yang memiliki kemampuan mobilitas yang tinggi dalam waktu yang cepat. Jika kedua teknologi tersebut digabungkan, maka menjadi sistem UAV sebagai alternatif untuk identifikasi dan pengukuran lebar retakan. Salah satu parameter yang paling penting dalam perhitungan lebar retak secara otomatis adalah jarak kerja. Jarak kerja merupakan salah satu parameter dari persamaan *Camera Pinhole* sehingga diperoleh ukuran lebar retak dalam metris (mm). Jarak kerja dihitung menggunakan sensor ultrasonik PING Parallax. Sensor Ping Parallax dipasang pada sebuah sistem UAV, dan diuji pengukurannya sebanyak 2 kali untuk mendapatkan jarak efektif pengambilan data. Dari Pengujian yang dilakukan, diperoleh jarak efektif sebesar 99,012mm. Sehingga jarak tersebut dapat dijadikan referensi nilai untuk perhitungan retakan pada material beton menggunakan sistem UAV.

Kata kunci : *camera pinhole*; jarak efektif; sistem UAV

Abstract

One of the most common damages to concrete is cracking. Small cracks can become large and if left for a long time, will result in various damages and losses. Currently, there is a manual crack inspection method to reduce the risk of damage. This method works well, but is sometimes inefficient in terms of time, cost, measurement results, and examiner safety. Currently, along with the development of the era, there is an image segmentation technology that makes it possible to identify an object from other objects in an image. Then there is also UAV technology that has high mobility capabilities at a fast time. If the two technologies are combined, it becomes a UAV system as an alternative for the identification and measurement of crack width. One of the most important parameters in automatic crack width calculation is the working distance. Working distance is one of the parameters of the Camera Pinhole equation so that the crack width is obtained in metric (mm). The working distance is calculated using the PING Parallax ultrasonic sensor. The Ping Parallax sensor is mounted on a UAV system, and the measurements are tested 2 times to get the effective distance of data retrieval. From the tests carried out, the effective distance is 99,012mm. So that this distance can be used as a reference value for calculating cracks in concrete materials using the UAV system.

Keywords : *camera pinhole*; effective distance; UAV system

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur sangat berkembang sesuai dengan kebutuhan tiap zaman. Salah satu material yang paling banyak digunakan untuk bangunan adalah beton [1]. Beton banyak digunakan untuk pembuatan bangunan karena biaya yang minim, awet, dan mudah dibentuk [2]. Tetapi dibalik kelebihan tersebut bangunan bermaterial beton juga tidak luput dari berbagai macam kerusakan [3]. Retak merupakan salah satu kerusakan superfisial yang umum terjadi pada beton [4]. Keretakan diakibatkan oleh berbagai macam hal seperti: bencana alam yang ekstrim, tegangan yang tidak merata karena beban lebih dalam jangka waktu yang lama, pengaruh perubahan suhu dan struktur, bahan konstruksi dan teknologi konstruksi yang digunakan [5]. Keretakan yang terjadi jika tidak segera diantisipasi akan mengakibatkan berbagai macam dampak yang merugikan. Terlebih lagi jika sampai terjadi kerusakan, dapat mengakibatkan terancamnya nyawa pengguna fasilitas, kerugian ekonomi, dan fasilitas tidak dapat digunakan [5]. Oleh karena kerugian tersebut maka pemeriksaan terkait keretakan dalam infrastruktur bermaterial beton sangatlah diperlukan.

Saat ini sudah ada beberapa cara dalam pemeriksaan keretakan pada beton, salah satunya pemeriksaan secara manual. Inspeksi visual dilakukan dengan kemampuan manusia untuk mengambil data retakan (Lebar dan arah retakan) [6]. Dengan adanya pemeriksaan ini dapat mengurangi resiko terjadinya kerusakan yang lebih parah. Tetapi cara tersebut kurang efisien juga baik dari segi harga maupun konsistensi [3]. Ketidakefisienan tersebut diakibatkan karena pelaksanaan inspeksi visual membutuhkan pengalaman keahlian inspektur dan berlangsung lama [7], bahkan penilaian terhadap suatu pemeriksaan dapat bervariasi oleh inspektur terlatih sekalipun [8]. Pada beberapa pemeriksaan seperti jembatan, mengakibatkan kemacetan, dan menambah biaya pemeriksaan [9].

Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan pendeteksian objek yang dikehendaki. Salah satu teknologinya adalah model segmentasi warna yang digabungkan dengan UAV. Gabungan dari teknologi tersebut akan memungkinkan pengambilan data retakan (lebar dan arah retakan) pada struktur yang sulit dijangkau. Lebar retakan dapat diperoleh dalam metris menggunakan persamaan (1) yaitu persamaan *Camera Pinhole* [10].

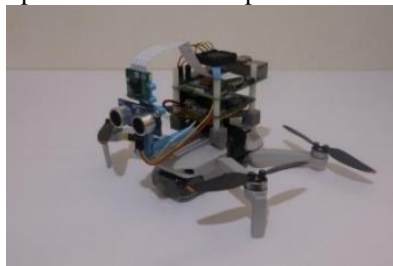
$$W_r = D_p W_p = \frac{10D_w}{P_c L_f} W_p \quad (1)$$

W_r adalah lebar retak sebenarnya dalam milimeter, D_p adalah resolusi dari perangkat pencitraan, W_p merupakan lebar retak yang diperoleh dalam piksel, D_w merupakan jarak kerja dalam milimeter, P_c merupakan piksel per sentimeter dari sensor kamera yang digunakan, dan L_f merupakan panjang fokal kamera dalam milimeter [6]. Salah satu parameter yang penting untuk memaksimalkan retakan yang didapat adalah jarak kerja D_w , jika jarak kerja efektif didapat maka hasil lebar retakan akan maksimal. Dalam artikel ini jarak kerja efektif diukur menggunakan sensor ultrasonik PING Parallax dalam 2 kali pengukuran. Diharapkan dengan adanya jarak efektif pengukuran, nilai lebar retakan yang didapatkan maksimal.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Sistem UAV

Sistem UAV merupakan alat yang digunakan untuk memperoleh data retakan (Lebar dan arah retakan) secara otomatis. Sistem UAV terdiri atas: Sensor Ultrasonik, Kamera Digital, Minikomputer, dan UAV. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengukur jarak kerja antara sistem UAV dengan permukaan kerja. Sensor yang digunakan adalah PING Parallax. Kamera digital berfungsi sebagai penangkap gambar. Minikomputer berfungsi untuk mengolah data gambar dan jarak untuk memperoleh lebar dan arah retakan. Berikut pada Gambar 1 merupakan bentuk fisik sistem UAV secara keseluruhan.



Gambar 1. Bentuk Fisik Sistem UAV

2.2 Metode Penentuan Jarak Efektif Pengambilan Data Retak

Karena titik awal pengukuran sensor ultrasonik pada sistem UAV masih belum diketahui maka akan dilakukan perhitungan jarak secara *realtime* pada sebuah papan jarak pengukuran untuk menentukan posisi efektif yang akan dibaca oleh sensor ultrasonik. Pertama-tama dibuat papan jarak pengukuran menggunakan *infraboard* seperti pada Gambar 2 (a).



Gambar 2. (a). Papan Pengukuran Jarak, dan (b). Skema untuk Menentukan Jarak Efektif

Berdasarkan penelitian sebelumnya [11] mengenai kinerja sensor ultrasonik PING, variasi jarak yang paling rendah persen errornya adalah pada 10 cm. Sehingga jarak 10 cm (100 mm) akan digunakan sebagai referensi penentuan jarak efektif pengambilan data. Untuk skema pengambilan jarak yang efektif seperti pada Gambar 4(b). Sistem UAV diposisikan menghadap permukaan kerja. Sedangkan kedua ujung kaki depan sistem UAV berjarak 10 cm dari permukaan kerja. Jarak 10 cm merupakan jarak inisiasi yang diambil secara bebas, sehingga belum tentu jarak yang akan terbaca adalah 10 cm (100 mm) pada sensor ultrasonik. Setelah semua alat di set seperti pada skema, maka dilakukan pengambilan data jarak yang dibaca sensor PING sebanyak 20 data dan dicari rata-ratanya. Selanjutnya dicari selisih antara nilai referensi (10 cm/100mm)

pada penelitian sebelumnya, dengan jarak rata-rata terbaca. Jika selisih yang didapat bernilai positif (+), maka jarak pengambilan data pada papan jarak pengukuran akan ditambah. Tetapi jikalau selisih bernilai negatif (-), maka jarak pengambilan data pada papan jarak pengukuran akan dikurangi.

Setelah didapat jarak baru dengan menambahkan atau mengurangi jarak pengukuran dari nilai jarak inisiasi, maka dilakukan pengukuran jarak untuk kedua kalinya, sebanyak 20 data pada posisi jarak yang baru. Rata-rata 20 jarak baru merupakan jarak pengukuran efektif.

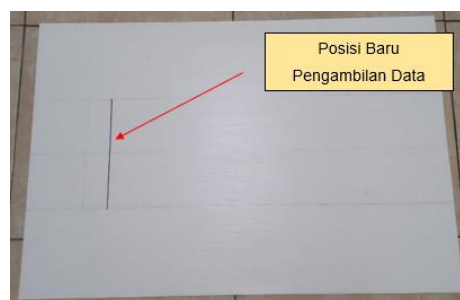
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Penentuan Jarak Efektif Pengambilan Data Retak

Dari data yang didapat pada Tabel 1, jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik rata-rata 57,071mm. Sehingga sistem UAV akan digeser ke belakang sejauh 42,929mm ($100\text{mm} - 57,071\text{mm} = 42,929\text{mm}$). Setelah nilai jarak ditambah, maka posisi baru pengambilan data pada papan jarak pengukuran seperti pada Gambar 3.

Tabel 1. Data Pertama Hasil Pengukuran Jarak Kerja

Data Ke	Jarak Kerja (mm)
1	57,48
2	57,28
3	57,07
4	56,91
5	57,19
6	57,4
7	57,32
8	57,03
9	56,99
10	57,52
11	56,78
12	57,52
13	56,78
14	56,62
15	56,91
16	56,62
17	56,78
18	56,83
19	57,52
20	56,87
Rata-rata	57,071



Gambar 3. Posisi Baru Pengambilan Data Papan Jarak Pengukuran

Setelah didapat posisi baru, maka dilanjutkan dengan pengukuran jarak yang kedua. Jarak yang di ukur oleh sensor ultrasonik PING pada posisi pengukuran baru seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kedua Hasil Pengukuran Jarak Kerja

Data Ke	Jarak Kerja (mm)
1	99,36

2	99,2
3	99,32
4	99,44
5	99,03
6	99,03
7	99,03
8	99,2
9	98,83
10	99,07
11	98,62
12	98,62
13	99,16
14	98,83
15	98,99
16	98,66
17	98,95
18	99,12
19	99,03
20	98,75
Rata-rata	99,012

Dari data di atas dapat dilihat bahwa rata-rata jarak yang didapat adalah $D_w = 99,012\text{mm}$. Sehingga jarak tersebut akan dijadikan nilai jarak pengambilan data yang efektif.

4. Kesimpulan

Telah berhasil didapatkan jarak pengukuran efektif untuk pengambilan data retakan sistem UAV yaitu 99,012mm. diharapkan dengan jarak pengukuran efektif tersebut lebar retakan yang dihasilkan pada saat sistem UAV melakukan pengukuran dapat maksimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ghinaya, Z., Masek, A. (2021). Eco-Friendly Concrete Innovation in Civil Engineering. *AJSE*, 1(3), pp. 192.
- [2] Song, L., Sun, H., Liu, J., Yu, Z., Cui, C. (2022). Automatic Segmentation and Quantification of Global Cracks in Concrete Structures Based on Deep Learning. *Measurement*, 199, 111550.
- [3] Velumani, P., Mukilan, K., Varun, G., Divakar, S., Doss, R. M., & Ganeshkumar, P. (2020). Analysis of cracks in structures and buildings. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1706, No. 1, p. 012116). IOP Publishing, pp. 1.
- [4] Yang, J., Li, H., Zou, J., Jiang, S., Li, R., Liu, X. (2022). Concrete Crack Segmentation Based on UAV-enabled Edge Computing. *Neurocomputing*, 485, 233.
- [5] Wu, X., & Liu, X. (2021). Building crack identification and total quality management method based on deep learning. *Pattern Recognition Letters*, 145, pp. 225.
- [6] Kim, H., Lee, J., Ahn, E., Cho, S., Shin, M., & Sim, S. H. (2017). Concrete crack identification using a UAV incorporating hybrid image processing. *Sensor*, 17(9), pp. 1-3.
- [7] Chaiyasarn, K., Buatik, A., Mohammad, H., Zhou, M., Kongsilp, S., Poovarodo N. (2022). Integrated Pixel-level CNN-FCN Crack Detection Via Photogrametric 3D Texture Mapping of Concrete Structures. *Automation in Construct*, 140, 104388.
- [8] Ali, R., Kang, D., Suh, G., Cha, Y. (2021). Real-time Multiple Damage Mapping Using Autonomous UAV and Deep Faster Region-based Neural Networks for GPS-denied Structures. *Automation in Construction*, 130, 103831.
- [9] Peng, X., Zhong, X., Zhao, C., Chen, A., Zhang, T. (2021). A UAV-based Machine Vision Method for Bridge Crack Recognition and Width Quantification Trough Hybrid Feature Learning. *Construction and Building Materials*, 299, 123896.
- [10] Cho, Soojin. (2014). Automated assessment of cracks on concrete surfaces using adaptive digital image processing. *Smart Structures and Systems*, 14(4), pp. 719–741. <https://doi.org/10.12989/SSS.2014.14.4.719>
- [11] Pratama, H., Haritman, E., & Gunawan, T. (2012). Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontrolle Atmega 32. *Electrans*, 11(2), pp. 43.