

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJIAN SIFAT MEKANIK MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Johanis Talangembun¹⁾, Fajar Astuti Hermawati²⁾, I Made Kastawan³⁾

^{1,2}Fakultas Teknik, Program Studi Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

³Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45, Surabaya, Jawa Timur 60118

Email: jonitalang007@gmail.com¹⁾, fajarastuti@untag-sby.ac.id²⁾, madekastiawan@untag-sby.ac.id³⁾

ABSTRAK

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) citra yang dimaksud di sini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Yang mana teknik-teknik dari pengolahan citra banyak dipakai pada saat ini, yang mana citra dapat diolah, dibentuk, serta dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Salah satu prinsip atau teknik yang dapat digunakan yaitu *Digital Image Correlation (DIC)*. Dengan menggunakan teknik dalam pengolahan citra, pemrosesan citra dapat meningkat. Pengujian dapat dilakukan terhadap citra diam (foto) maupun citra bergerak (berasal dari webcam) sehingga dapat mengetahui atau menghasilkan informasi yang berguna dan dipahami oleh pengguna sistem. Umumnya pengujian seperti ini dilakukan secara manual, namun hal ini dinilai terlalu memakan waktu. Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan komputasional untuk membuat algoritma yang mampu melakukan pengujian sifat mekanik pada suatu material secara otomatis berdasarkan teknik DIC. Teknik dari 3D DIC yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan 2 kamera sebagai parameter pengolahan citra bergerak. Hasil pengujian dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk sistem pengujian sifat mekanik material yang dapat menunjukkan atau memberikan informasi tentang resistansi bahan yang diuji. Dengan menggunakan 6 video percobaan dengan tingkat keakuratan sebesar 50%.

Kata Kunci: Pengolahan citra digital, Digital Image Correlation, citra bergerak, pengujian sifat mekanik

ABSTRACT

Digital image processing (Digital Image Processing) the images referred to here are still images (photos) and moving images (derived from a webcam). Which techniques of image processing are widely used at this time, which images can be processed, formed, and analyzed so as to produce information that can be understood by humans. One of the principles or techniques that can be used is Digital Image Correlation (DIC). By using techniques in image processing, image processing can be improved. Tests can be carried out on still images (photos) and moving images (derived from webcams) so that they can find out or produce useful information and be understood by system users. Generally, this kind of testing is done manually, but this is considered too time consuming. In this research, a computational approach is used to create an algorithm that is capable of automatically testing the mechanical properties of a material based on the DIC technique. The 3D DIC technique used in this study uses 2 cameras as moving image processing parameters. The test results from this research are presented in the form of a material mechanical property testing system which can show or provide information about the resistance of the material being tested. By using 6 experimental videos with an accuracy rate of 50%.

Keywords: Digital image processing, Digital Image Correlation, moving images, testing of mechanical properties

Pendahuluan

Pada saat ini, pengembangan dari teknologi manufaktur lebih banyak difokuskan dalam pengembangan material yang lebih ringan, dengan daya tahan yang tinggi serta memiliki performa yang baik. Dari pengembangan material itu maka memerlukan alat uji yang sesuai dengan sifat material yang diuji dan bisa memproyeksikan daya tahan material melalui kamera sehingga dapat di lihat pada komputer.

Sebagai mesin uji tarik kecil untuk pendidikan, data yang dibutuhkan untuk mesin ini adalah gaya tarik (F) dan perpanjangan (ΔL) secara bersamaan, maka data harus diformulasikan

sebagai tegangan dan deformasi. Hasil uji tarik ini disajikan dalam bentuk tabel Gaya tarik (F), perpanjangan (ΔL), tegangan, regangan dan plot tegangan-regangan. Untuk itu diperlukan system pencatatan data traksi (F) dilakukan dengan menggunakan sensor langsung yang menggunakan sensor gaya dan mengubah tekanan hidrolik menjadi traksi (Pandiati *et al.*, 2017).

Makalah ini menyajikan sistem pengukuran deformasi medan penuh 3D dengan fokus khusus pada bahan hiperelastis. Sistem yang diusulkan membutuhkan dua kamera digital umum untuk akuisisi gambar, yang kemudian diproses menggunakan algoritma berbasis MATLAB untuk menghasilkan peta deformasi bidang penuh. Hasil menunjukkan regangan dapat ditangkap dengan akurasi lebih besar dari 90% menggunakan teknik yang diusulkan (Nadarajah, Arulkumar and Mallikarachchi, 2020).

Makalah yang dibuat dengan CTSFA berdasarkan gagasan bobot jarak, validitas CTSFA di verifikasi oleh simulasi spekel digital dan tes cakram Brasil, Metode pembobotan jarak digunakan untuk memperkirakan nilai perpindahan awal yang sebenarnya dari kontinum, dan algoritma yang cocok untuk pemrosesan citra digital diperluas ke solusi perpindahan kontinum. Kajian analisis uji splitting Brazil menggunakan CTSFA dan SFA mengungkapkan bahwa CTSFA lebih baik daripada SFA dalam mengamati perkembangan retakan. (Zhao, Zhang and Guo, 2019).

Penelitian tentang sistem uji sifat material skala kecil telah dilakukan sebelumnya (Liu and Lu, 2020). Dalam penelitian ini, menggunakan metode Digital image correlation 3D dan algoritma komposisi terbalik Gauss-Newton kombinasi mesin traksi mikro dengan sistem uji yang dibangun untuk mengukur regangan medan penuh secara akurat dan sifat mekanik spesimen.

Penelitian selanjutnya yang juga dilakukan (Degadnikova and Osintsev, 2018) dalam pengujian mekanis bahan distandarisasi menggunakan metode korelasi citra digital menyimpulkan bahwa menggunakan metode korelasi citra digital selama eksekusi mekanis memungkinkan Anda untuk berhasil mengontrol semua tes mekanis seperti peralatan uji kualitas produksi dan visualisasi, kesesuaian kondisi tegangan-regangan dengan gambar desain yang diterima.

Penelitian tambahan dilakukan (Chang, 2018) dengan meneliti perakitan otomatis dan pengujian produk otomatis. Studi ini mengusulkan metode deteksi guncangan lensa otomatis baru dari kamera, di mana visual waktu nyata dari dua fitur arbitrer adalah untuk mengukur dan menganalisis kualitas zoom foto. Ini dapat digunakan secara efektif untuk menggantikan metode pengujian konvensional dan meningkatkan efisiensi dan stabilitas manufaktur produk.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Kumar, Aravind and Hossiney, 2019) melakukan penelitian yang memfokuskan pada penerapan digital image correlation dengan elemen 2D, Hasil yang diperoleh melalui DIC sangat sesuai dengan eksperimen, dan perbedaan regangan pada kegagalan diamati sebesar 4,7%.

Penelitian berikut dilakukan oleh (Kohut *et al.*, 2021), pada objek yang diteliti menggunakan teknik pengukuran yang mampu menangani spesimen biologi yang ditandai dengan deformasi kuat pada pemeriksaan yang digunakan untuk perhitungan lapangan adalah korelasi citra digital metode. Dengan hasil modulus Young AT berdasarkan medan regangan yang diperoleh dari pengukuran visi, diperkirakan dan hasilnya dibahas.

Penelitian lebih lanjut yang dilakukan oleh (Zhao, Le and Goo, 2020), Penelitian ini membahas masalah konsentrasi tegangan. Artikel ini menyajikan metode untuk pengukuran regangan dengan sistem multi-DIC. Uji tarik balok aluminium dilakukan dan dibandingkan dengan metode pengukur regangan untuk memvalidasi akurasi DIC. Hasil mengkonfirmasi bahwa teknik multi-DIC yang diusulkan dapat diterapkan pada masalah konsentrasi tegangan.

Penelitian lebih lanjut yang dilakukan oleh (Solav and Silverstein, 2022), penelitian ini menggunakan toolkit MATLAB open source yang tersedia untuk stereo 2 kamera 3D-DIC,

yang akan merubah image agar dapat menemukan garis terpanjang kemudian yang terakhir melakukan pengaturan filtering pertama.

- 2) Proses kedua dilanjutkan dari proses pertama pada fase ketiga perpindahan normal terhadap retakan melakukan filter media T untuk lingkungan noise dan dilanjutkan pada fase penyelarasan serta melanjutkan dari pengaturan filter pertama dan dilanjutkan untuk dilakukan kontur aktif berbasis wilayah.
- 3) Proses ketiga melakukan batas segmentasi yang digunakan pada ruang koordinat kemudian merekonstruksi jalur retakan dan terakhir perhitungan deformasi untuk pembukaan retakan.

Hasil dan Pembahasan

Pada subbab ini akan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan yang mana berupa tampilan sistem, pengujian, dan perhitungan dari akurasi dari sistem pengujian yang telah dibuat.

1. Pengujian


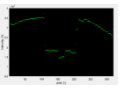

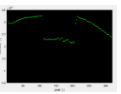
Pada tahapan pengujian ini akan dibagi menjadi 6 pengujian yang dilakukan dengan video test regangan yang didapatkan dari sumber lain selain dari laboratorium teknik mesin untuk menguji tingkat akurasi. Yang mana pengujian pertama akan menggunakan video yang berdurasi 2 detik, pengujian kedua menggunakan video yang berdurasi 26, pengujian ketiga menggunakan video yang berdurasi 20 detik, pengujian keempat menggunakan video yang berdurasi 51 detik, pengujian kelima menggunakan video yang berdurasi 15 detik, dan pengujian keenam menggunakan video yang berdurasi 15 detik. Untuk Analisis regangan dapat diluncurkan dengan mengklik tombol START. Profil intensitas akan didekati dengan penjumlahan dua fungsi kesalahan, di mana titik belok (x_1, x_2) dari setiap fungsi kesalahan mengidentifikasi posisi penanda masing-masing:

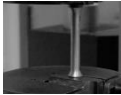
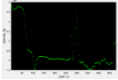

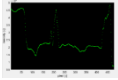

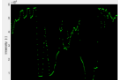



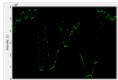

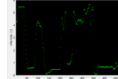

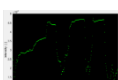





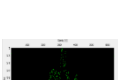
$$I(x) = A \{ \text{erf}[\sigma_1(x - x_1)] - \text{erf}[\sigma_2(x - x_2)] \} \quad (1)$$

$I(x)$ merupakan variabel yang akan menampung nilai perhitungan, sedangkan untuk $A\{\text{erf}\}$ bertugas untuk mengembalikan fungsi kesalahan yang dievaluasi untuk setiap elemen x (fungsi pada matlab). Dan x merupakan nilai elemen yang dievaluasi dan untuk simbol σ sebagai lambang dari tegangan (sigma).

Tahapan percobaan pertama ini akan dipakai video berdurasi 2 detik dimana frame yang dihasilkan dari video tersebut berjumlah 36 frame dimana akan dilihat setiap frame tersebut untuk setiap perubahan yang didapatkan dengan membandingkan grafik yang ditunjukkan pada setiap frame, yang mana parameter dari setiap hasilnya berdasarkan hasil intensitas garis yang diperoleh pada frame tersebut yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tahapan percobaan

No	Gambar Frames	Hasil Grafik	Penjelasan grafik
Percobaan Video Pertama			
1			Pada frame 1 garis intensitas yang di dapatkan adalah 3.6 dengan batas atas nilai intensitas adalah 4 dan batas bawah 0.5
2			Pada frame ke 71 nilai intensitas yang didapatkan yaitu 3.3 dengan batas atas nilai intensitas 3.5 dan atas bawah 0.5
Percobaan Video Kedua			

1			Pada frame 1 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.9 dengan batas atas nilai intensitas adalah 5 dan batas bawah 1.5
2			Pada frame 804 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.1 dengan batas atas nilai intensitas adalah 5 dan batas bawah 0.5
Percobaan Video Ketiga			
1			Pada frame 1 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.4 dengan batas atas nilai intensitas adalah 6 dan batas bawah 0
2			Pada frame 788 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.1 dengan batas atas nilai intensitas adalah 6 dan batas bawah 0
Percobaan Video Keempat			
1			Pada frame 1 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.4 dengan batas atas nilai intensitas adalah 6 dan batas bawah 0
2			Pada frame 623 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 4.1 dengan batas atas nilai intensitas adalah 6 dan batas bawah 0
Percobaan Video Kelima			
1			Pada frame 1 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 2.6 dengan batas atas nilai intensitas adalah 5 dan batas bawah 1
2			Pada frame 473 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 2.4 dengan batas atas nilai intensitas adalah 4.5 dan batas bawah 0
Percobaan Video Keenam			
1			Pada frame 1 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 3.5 dengan batas atas nilai intensitas adalah 4 dan batas bawah 1.5
2			Pada frame 465 nilai intensitas yang di dapatkan sebesar 3.5 dengan batas atas nilai intensitas adalah 4 dan batas bawah 2.

2. Evaluasi analisis perhitungan

Dalam evaluasi analisis ini Akan menampilkan hasil set parameter lengkap yang diturunkan selama analisis dari setiap video percobaan yang mana ditampilkan pada file bernama 'StrainMeasurement.dat'. Kolom pertama berisi nomor gambar yang dimulai dengan satu. Posisi penanda diberikan pada kolom kedua dan ketiga, sedangkan jarak penanda dicatat pada kolom keempat. Strain yang dihasilkan tercantum dalam kolom kelima.

a. Video percobaan pertama

1) StrainX.fig

Dari poin 1 sampai dengan 3 dapat diambil penjelasan yang mana metode yang digunakan yaitu metode Digital Image Correlation memiliki beberapa keunggulan dalam penelitian berbasis citra untuk menganalisis deformasi pada suatu benda. Dalam penelitian ini dipakai inputan berupa video masukan untuk memproses video tersebut kemudian dibagi menjadi frame per frame sehingga sistem akan menganalisis frame tersebut dan menghasilkan grafik nilai intensitas dari setiap frame video yang diolah.

Dari nilai intensitas tersebut maka akan menghasilkan perhitungan regangan yang mana akan ditampilkan dalam tiga file output. Akan dibuat secara otomatis di dalam folder file gambar. File 'StrainX.dat' terdiri dari vektor kolom yang berisi nilai regangan yang ditentukan, yang di plot terhadap nomor gambar dalam file gambar MATLAB 'StrainX.fig'. Set parameter lengkap, yang diturunkan selama analisis, diberikan di 'StrainMeasurement.dat'. Kolom pertama berisi nomor gambar yang dimulai dengan satu. Posisi penanda diberikan pada kolom kedua dan ketiga, sedangkan jarak penanda dicatat pada kolom keempat. Strain yang dihasilkan tercantum dalam kolom kelima.

Dari dataset yang digunakan sebanyak 6 video dengan jumlah keseluruhan frames sebanyak 3.224 frame dan yang terkonfirmasi memiliki intensitas garis yang berbeda dari setiap frame berjumlah 54 dengan detail video satu memiliki 6 frame, video dua memiliki 21 frame, video ketiga 6 frame, video keempat 6 frame, video kelima 9 frame, dan video keenam 6 frame. Ada percobaan yang mengalami kesalahan dalam proses analisis perhitungan terjadi diakibatkan beberapa faktor diantaranya data video yang dipakai yang mana video yang dipakai terlalu panjang sehingga perubahan pada setiap frame hampir sama sehingga data frame yang dianalisis dianggap tidak mengalami perubahan karena terdapat banyak frame yang sama. Faktor kesalahan dalam analisis perhitungan juga dapat terjadi pada saat proses initialize pengguna tidak menentukan kemiringan kiri dan kanan pada profil intensitas dengan benar sesuai dengan petunjuk, sehingga hasil dari analisis yang ditampilkan pada StrainX.fig hanya garis lurus saja atau tidak terpenjar.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi serta evaluasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa dari 6 dataset yang digunakan dalam percobaan memiliki beberapa nilai intensitas dari batas atas dan bawah yang hasilnya sama sehingga sedikit mempengaruhi hasil perhitungan, sehingga beberapa hasil perhitungan memiliki nilai regangan yang hampir semua sama. Maka dari itu nilai yang diperoleh sedikit berkurang dari akurasi aslinya. Sehingga penelitian ini mendapatkan tingkat akurasi dari penggunaan 6 video percobaan sebesar 50% yang terbagi dari 3 video akurat dan 3 video tidak akurat.

Daftar Pustaka

- A. F. Ab Ghani *et al.* (2016) 'Digital Image Correlation (DIC) Technique in Measuring Strain Using Opensource Platform Ncorr', *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 26(1), pp. 10–21.
- Chang, W. C. (2018) 'Automated quality inspection of camera zooming with real-time vision', *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 232(12), pp. 2236–2241. doi: 10.1177/0954405416683973.
- Degadnikova, L. A. and Osintsev, A. V. (2018) 'The mechanical testing of materials using the method of digital image correlation', *Journal of Physics: Conference Series*, 1129(1), pp. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1129/1/012010.
- Kohut, P. *et al.* (2021) 'The application of digital image correlation to investigate the heterogeneity of Achilles tendon deformation and determine its material parameters',

Journal of Theoretical and Applied Mechanics (Poland), 59(1), pp. 43–52. doi: 10.15632/jtam-pl/127903.

Kumar, S. L., Aravind, H. B. and Hossiney, N. (2019) ‘Digital image correlation (DIC) for measuring strain in brick masonry specimen using Ncorr open source 2D MATLAB program’, *Results in Engineering*, 4(100061), pp. 1–4. doi: 10.1016/j.rineng.2019.100061.

Liu, X. and Lu, R. (2020) ‘Testing System for the Mechanical Properties of Small-Scale Specimens Based on 3D Microscopic Digital Image Correlation’, *School of Instrument Science and Opto-electronic Engineering, Hefei University of Technology (MDPI)*, 3530(20), pp. 1–21.

Nadarajah, S., Arulkumar, V. and Mallikarachchi, C. (2020) ‘3D Full-Field Deformation Measuring Technique Using Digital Image Correlation’, *Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*, 20(75), pp. 1–6. doi: 10.1109/MERCon50084.2020.9185343.

Pandiatmi, P. *et al.* (2017) ‘Pembuatan mesin uji tarik kapasitas kecil: bagian data akuisisi’, *Dinamika Teknik Mesin*, 7(1), pp. 45–49. doi: 10.29303/d.v7i1.6.

Solav, D. and Silverstein, A. (2022) ‘DuoDIC: 3D Digital Image Correlation in MATLAB’, *Journal of Open Source Software*, 7(74), pp. 1–9. doi: 10.21105/joss.04279.

Zhao, T. Bin, Zhang, W. and Guo, W. Y. (2019) ‘Digital Image Correlation Analysis of Displacement Based on Corrected Three Surface Fitting Algorithm’, *Complexity*, 2019(10), pp. 1–9. doi: 10.1155/2019/4620858.

Zhao, T., Le, V. T. and Goo, N. S. (2020) ‘Global-local deformation measurement of stress concentration structures using a multi-digital image correlation system’, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 34(4), pp. 1655–1665. doi: 10.1007/s12206-020-0328-8.