

Analisis Pola dan Ukuran Bulir Spekel menggunakan LSI (*Laser Speckle Imaging*) pada Lapisan Tipis TiO₂

Meli Muchlian*

Program Pascasarjana FMIPA Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang 25163

Dahyunir Dahlan dan Harmadi†

Departemen Fisika, FMIPA Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang 25163

Intisari

Metoda LSI telah menghasilkan citra pola spekel sampel lapisan tipis TiO₂. Analisis pola spekel dan ukuran bulir spekel program pencitraan autokorelasi Matlab 7 digunakan untuk melihat perubahan yang terjadi pada sampel lapisan tipis TiO₂ akibat pengaruh variasi suhu pemanasan (100, 150 dan 200°C). Ukuran bulir spekel lapisan tipis TiO₂ semakin meningkat akibat kenaikan suhu pemanasan pada jumlah pelapisan yang sama. Hasil olah pola spekel memperlihatkan ukuran bulir spekel terkecil yang dapat hitung adalah 45 μm dan bulir lapisan tipis TiO₂ tersebar semakin merata akibat penambahan suhu pemanasan.

ABSTRACT

LSI method has produced the image speckle pattern of TiO₂ thin film sample. Analysis of speckle patterns and speckle grain size using autocorrelation imaging program Matlab 7 can see the changes that occur in TiO₂ thin film sample due to the influence of heating temperature variation (100, 150 and 200°C). Speckle grain size of TiO₂ thin film increased due to increasing of heating temperature on the same coating number. The result of speckle pattern showed that the smallest speckle grain size counted is 45 μm and grains of TiO₂ thin film is dispersed more evenly due to addition of heating temperature.

KATA KUNCI: speckle pattern, speckle grain size, LSI (Laser Speckle imaging), TiO₂ thin film

I. PENDAHULUAN

Spekel adalah pola butiran gelap terang dengan kecerahan tinggi yang timbul akibat interferensi hamburan cahaya koheren dari permukaan objek. Sinar berkoherensi tinggi seperti laser yang mengenai titik sebuah objek akan berinterferensi dengan cahaya terhambur pada bagian titik-titik lain permukaan tersebut. Masing-masing hamburan mempunyai distribusi intensitas relatif acak. Kerandoman tersebut disebabkan oleh kekasaran (ketidakteraturan) permukaan karena fase cahaya terhambur berubah dari titik ke titik yang proporsional terhadap perubahan kekasaran permukaan [1].

Salah satu parameter penting dari spekel adalah ukurannya. Ukuran menjadi masalah utama, karena jika ukuran spekel sangat kecil maka spekel bisa tidak terlihat pada detektor. Jika penggunaannya untuk pengukuran, maka harus menyesuaikan ukuran spekel. Ukuran bulir spekel tergantung pada panjang gelombang cahaya, ukuran berkas cahaya dan jarak bidang pengamatan dengan sumber cahaya. Selain itu hal yang paling penting adalah sudut maksimal antara sum-

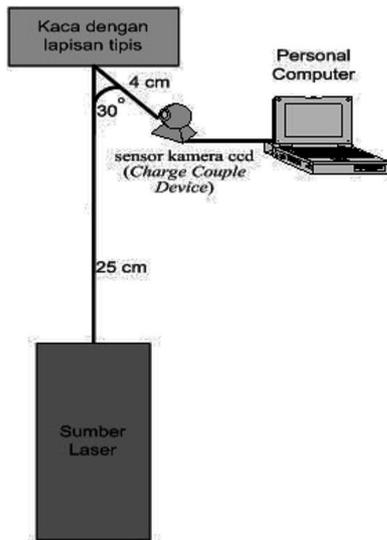
ber dengan perangkat detektor. Nilai sudut pengamatan yang besar akan menghasilkan ukuran spekel yang kecil [2].

Citra hasil teknik LSI dibagi dalam beberapa set piksel. Informasi spasial yang diselesaikan berupa statistik sampel seperti nilai rata-rata dan standar deviasi dalam beberapa piksel yang terpisah. Hasil citra biasanya berasal dari *back scattering* sampel jaringan biologi, aliran darah, material dan larutan. Metode LSI berkembang pesat dalam bidang biomedis, karena memberikan akses dalam proses fisiologis *in vivo* dengan resolusi temporal dan spasial yang baik. LSI juga menjadi populer dalam bidang bahan lunak sebagai pengukuran sifat dinamis yang heterogen [3]. Dalam beberapa penelitian, nilai kontras dianalisis berdasarkan korelasinya terhadap perubahan pada sampel seperti ukuran bulir spekel dan konsentrasi larutan. Nilai kontras dan ukuran bulir biospekel dari sampel cairan urin dan susu cenderung turun saat konsentrasi larutan dinaikkan [4].

Lapisan tipis titanium dioksida (TiO₂) di atas substrat memiliki ukuran dalam skala mikro meter dan nano meter. Imobilisasi bahan TiO₂ di atas substrat kaca akan memberikan hasil berupa morfologi, ukuran, ketebalan dan lainnya tergantung perangkat yang digunakan sesuai dengan tujuan pengamatan dan pengukuran. Hasil pengamatan dan pengukuran terhadap lapisan tipis TiO₂ merupakan hal penting untuk mengetahui kondisi dan keefektifan kinerja lapisan yang ter-

*E-MAIL: muchlian.meli05@gmail.com

†E-MAIL: harmadi@fmipa.unand.ac.id



Gambar 1: Skema rancangan bangun sistem LSI

bentuk.

Sistem pencitraan LSI terdiri dari laser sebagai sumber cahaya, sampel dan sebuah detektor cahaya. Keunggulan LSI adalah minim efek samping (*non destructive, non invasive, non ionisasi*) [5], memiliki pencitraan penuh, akuisisi data langsung, akurat, kuantitatif dan biaya rendah [6]. Pengembangan pencitraan spekel sebagai perangkat pengukuran objek lapisan tipis adalah salah satu alternatif dan diperlukan metode yang sesuai dan efisien dalam mengaplikasikannya.

Masalah yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun, menentukan ukuran bulir menggunakan metoda LSI untuk menghasilkan citra spekel lapisan tipis TiO_2 dan melihat korelasi bulir spekel dengan morfologi lapisan tipis TiO_2 yang terbentuk.

II. MATERIAL DAN METODOLOGI

TiO_2 merupakan material fotokatalis yang sering diaplikasikan pada teknologi lingkungan karena mempunyai fotoaktivitas tinggi, tidak beracun dan stabil terhadap paparan sinar ultraviolet. Teknik imobilisasi lapisan yang sering digunakan adalah sol-gel. Pada teknik ini TiO_2 diimobilisasi pada substrat bersamaan dengan reaksi pembentukannya dari senyawa prekursor [7].

Morfologi dan keberadaan fasa kristalin yang berbeda akan mempengaruhi efektivitas penyerapan energi foton oleh lapisan tipis TiO_2 [7, 8]. TiO_2 memiliki tiga fasa kristal yaitu anatase, rutil dan brokit. Fasa anatase memiliki aktivitas fotokatalis terbaik. Kalsinasi yang dilakukan pada suhu dibawah $400^\circ C$ akan menghasilkan TiO_2 amorfus. Pada suhu $400^\circ C$ terjadi transformasi fasa amorfus menjadi anatase. Perbedaan suhu kalsinasi telah membuat perbedaan fasa kristal dan mempengaruhi bentuk morfologi lapisan yang terbentuk [8].

Korelasi sering digunakan dalam pemrosesan sinyal untuk menganalisis fungsi atau serangkaian nilai-nilai, seperti sinyal terhadap waktu dan hubungan saling antara dua atau lebih



Gambar 2: Tahapan perhitungan ukuran bulir spekel

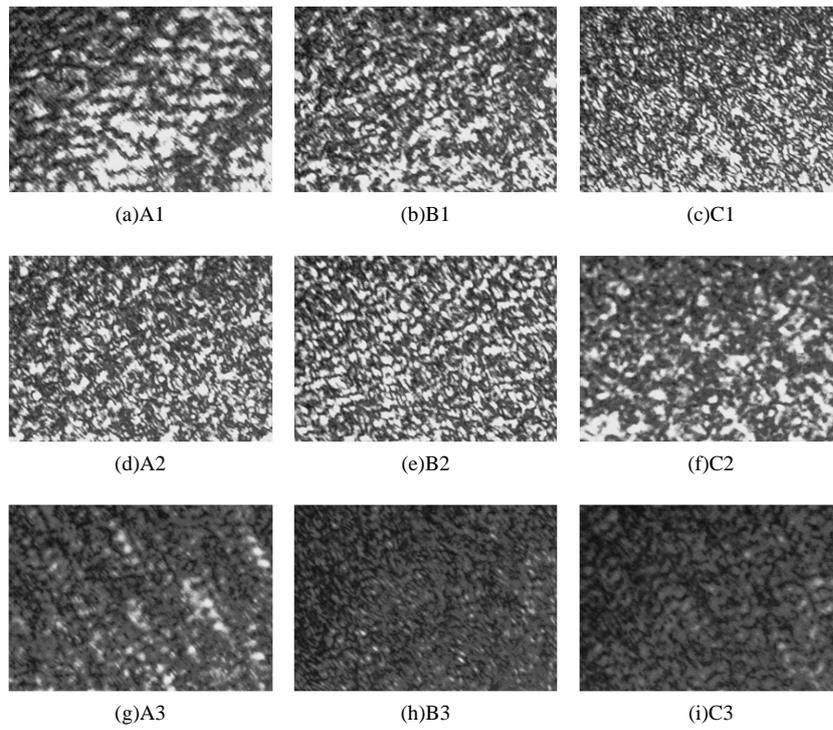
variabel acak. Fungsi autokorelasi didefinisikan sebagai korelasi silang dari sinyal itu sendiri. Autokorelasi berguna untuk menemukan pola berulang dalam sinyal, seperti menentukan adanya sinyal periodik yang tertutup akibat adanya noise, atau mengidentifikasi frekuensi dasar dari sinyal lemah sebagai komponen frekuensi dalam bentuk frekuensi harmonik [9].

Autokorelasi memiliki beberapa sifat diantaranya kontinu mencapai puncaknya pada titik asal berupa nilai riil, memiliki periode yang sama, jumlah autokorelasi dari dua fungsi yang berkorelasi adalah jumlah autokorelasi setiap fungsi yang terpisah, dan merupakan jenis tertentu dari korelasi silang (mempertahankan semua sifat-sifat korelasi silang) [9]. Sebuah ukuran spekel rata-rata yang dinamis bisa berkorelasi dengan sifat dinamis aktivitas biologis. *Full width at half maximum* (FWHM) dari autokorelasi digunakan untuk mengukur bulir spekel. Noise yang bergantung pada satu nilai kurva autokorelasi akan dibuang. Lebar rata-rata yang diperoleh pada ketinggian maksimal setara dengan *widths of equivalent rectangles* (WER) [9]. Analisis autokorelasi ini sangat sensitif terhadap variasi ukuran spekel yang kecil [10].

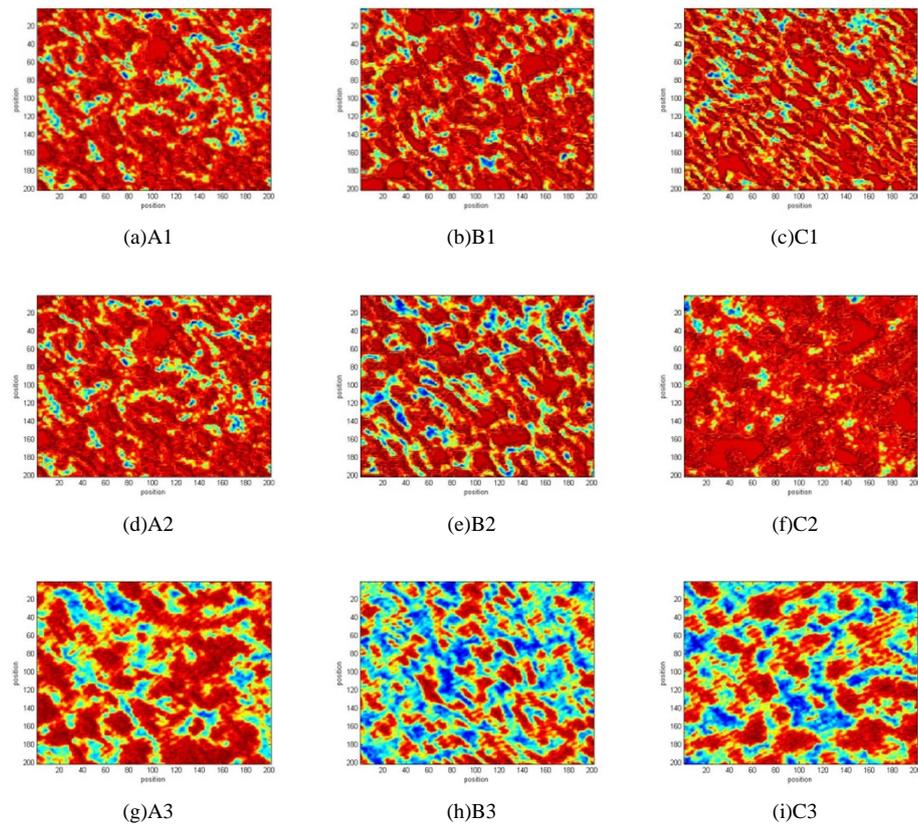
Penelitian yang dilakukan adalah menentukan ukuran bulir spekel hasil citra LSI dari bahan uji lapisan tipis TiO_2 dengan bantuan program Matlab 7. Selanjutnya membandingkan pola spekel dengan citra hasil autokorelasi program Matlab 7.

Pembuatan lapisan tipis TiO_2 dengan metoda dip coating. Lapisan ditumbuhkan pada substrat kaca berukuran 2×3 cm dengan kecepatan penarikan 3cm per 5 menit dan variasi pemanasan pada suhu 100, 150 dan $200^\circ C$ menggunakan furnace. Pembuatan rancangbangun sistem LSI yang terdiri dari sumber laser He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm; 0,8 mW seri 1507P-1), sensor kamera CCD 30 fps, dan PC (Personal Computer) dengan software Ulead VideoStudio-7 sebagai komponen display visual untuk merekam dan menampilkan pola spekel. Skema rancangbangun sistem LSI dipaparkan pada Gambar 1.

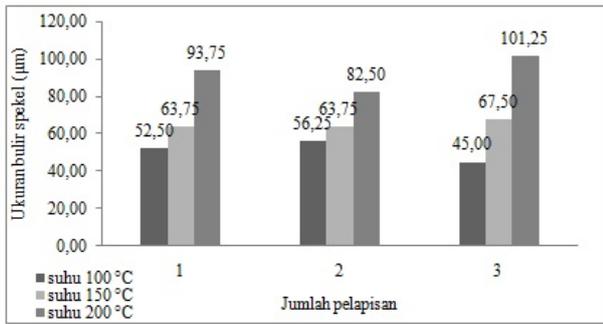
Pengolahan citra spekel dengan metoda autokorelasi Matlab 7 untuk menghitung ukuran bulir spekel dan membandingkan pola spekel dengan morfologi hasil autokorelasi. Tahapan perhitungan ukuran bulir spekel dapat dilihat pada Gambar 2.



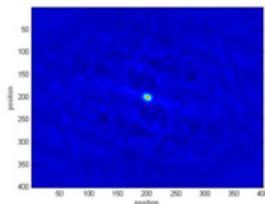
Gambar 3: Perbandingan pola spekel lapisan tipis TiO_2 terhadap variasi suhu pemanasan (atas-bawah)



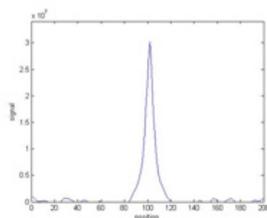
Gambar 4: Perbandingan pola spekel lapisan tipis TiO_2 hasil autokorelasi terhadap variasi suhu pemanasan (atas-bawah)



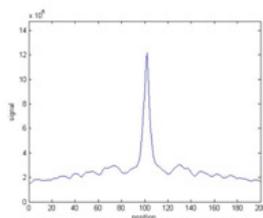
Gambar 5: Perubahan ukuran bulir spekel lapisan tipis TiO₂ terhadap variasi suhu pemanasan



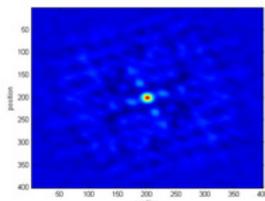
(a) Fungsi autokorelasi citra



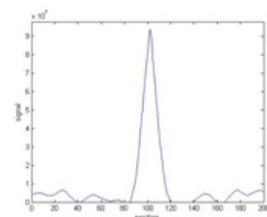
(b) fungsi autokorelasi arah vertikal



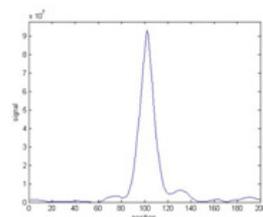
(c) fungsi autokorelasi arah horisontal



(d) Fungsi autokorelasi citra



(e) fungsi autokorelasi arah vertikal



(f) fungsi autokorelasi arah horisontal

Gambar 6: Hasil running program autokorelasi Matlab 7, (a-c) sampel A1 (1 × pencelupan suhu 100°C) dan (d-f) sampel C3 (3 × pencelupan suhu 200°C)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metoda LSI telah menghasilkan citra pola spekel lapisan tipis TiO₂ dengan perbedaan perlakuan (variasi suhu pemanasan). Berdasarkan hasil pengamatan pola spekel yang dipaparkan pada Gambar 3 (dalam skala keabu-abuan), terlihat secara umum bintang gelap dan terang terjadi dengan frekuensi kemunculan berbeda, dimana bintang gelap jauh lebih banyak daripada bintang terang.

Ukuran bulir spekel sampel lapisan tipis TiO₂ dianalisis berdasarkan hasil citra LSI menggunakan metoda autokorelasi. Nilai ukuran bulir spekel bisa digunakan untuk mengamati perubahan terhadap sampel. Sampel lapisan tipis TiO₂ dikelompokkan nilai ukuran bulir spekelnya berdasarkan variasi suhu pemanasan (100, 150, 200°C).

Lapisan tipis TiO₂ yang dipanaskan dengan suhu berbeda akan mengalami perubahan kerapatan seperti terlihat pada Gambar 3. Kerapatan permukaan lapisan dapat dilihat dari semakin banyaknya jumlah bintang hitam Gambar 4 (atas-bawah) dengan gambaran citra yang semakin gelap (bintang hitam jauh lebih banyak dari pada bintang putih) yang mengindikasikan semakin menurunnya kekasaran permukaan.

Sampel lapisan tipis TiO₂ dengan suhu pemanasan di bawah 400°C akan memiliki fasa amorfus. Perubahan suhu pemanasan yang masih di bawah 400°C (transformasi amorfus menjadi anatase) telah memberikan perubahan pada sampel yang dihasilkan. Setiap perubahan suhu telah memperlihatkan peningkatan kerapatan dengan bentuk morfologi permukaan yang semakin datar atau berkurangnya kekasaran permukaan. Hal ini juga ditunjang dengan semakin bertambahnya ukuran bulir spekel yang terbentuk akibat penambahan suhu pemanasan. Gambaran morfologi hasil autokorelasi sampel lapisan tipis TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 4 (atas-bawah).

Gambar 5 memberikan gambaran pengaruh kenaikan suhu pemanasan dengan ukuran bulir spekel yang terbentuk. Ukuran bulir spekel bergantung pada variasi suhu pemanasan. Grafik tersebut menjelaskan bahwa kenaikan suhu pemanasan pada jumlah pelapisan yang sama menghasilkan ukuran bulir spekel yang semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena kenaikan suhu pemanasan akan mengurangi jumlah pori pada lapisan dan membuat permukaan semakin rapat.

Selain itu dengan pengamatan langsung pada pola spekel yang dihasilkan terlihat adanya perubahan dengan semakin bertambahnya jumlah bintang hitam yang terbentuk sehingga ukuran bulir yang dihasilkan semakin besar.

Gambar 6 merupakan hasil running program autokorelasi program Matlab 7 untuk sampel A1 (1 × pencelupan suhu 100°C) dan C3 (3 × pencelupan suhu 200°C). Fungsi autokorelasi citra merupakan bulir yang sudah diautokorelasi dari keseluruhan citra sehingga diperoleh bulir rata-rata dari citra spekel. Grafik plot pusat fungsi hasil autokorelasi citra diambil dalam arah horizontal (sumbu x) dan arah vertikal (sumbu y) sehingga dengan menghitung nilai FWHM fungsi tersebut diperoleh ukuran bulir melalui nilai lebar piksel yang terukur. Selanjutnya nilai piksel tersebut dievaluasi dan dikonversi dalam satuan mikrometer (1 piksel = 7,5 μm).

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu citra spekel lapisan tipis TiO₂ dapat dihasilkan menggunakan sistem LSI, ukuran bulir spekel lapisan tipis TiO₂ secara umum semakin meningkat akibat ke-

naikan suhu pemanasan pada jumlah pelapisan yang sama, ukuran bulir spekel rata-rata terkecil lapisan tipis TiO₂ yang mampu direkam perangkat LSI adalah 45 μm, hasil citra pola spekel dengan bantuan program autokorelasi memperlihatkan keadaan morfologi lapisan tipis TiO₂.

-
- [1] J.C. Dainty, *Laser Speckle and Related Phenomena* (Springer-Verlag, Berlin,1984).
 - [2] A. Chipouline, *Spatial Noise and Speckle* (Abbe School of Photonics, Friedrich-Schiller Universitat, 2011).
 - [3] S.E. Skipetrov, *et al.*, Optical Society of America, 1005.2875v1 (2010).
 - [4] D. Chicea, *Romania Journal Physics*, **52** (5-7), 625-632 (2007).
 - [5] R. Apsari, *Sistem Fuzzy Berbasis Laser Speckle Imaging untuk Deteksi Kualitas Enamel Gigi Akibat Paparan Laser ND:YAG*, Disertasi, PPs Universitas Airlangga, Surabaya, 2009.
 - [6] Harmadi, *Aplikasi Pola Spekel Akusto-Optik untuk Pendeteksian Vibrasi Akustik pada Dental Plaque Biofilm*, Disertasi, PPs Universitas Airlangga, Surabaya, 2011.
 - [7] N.H. Aprillita, *Indo. J. Chem.*, **8** (2), 200-206 (2008).
 - [8] K. Kalyanasundaram, and M. Gratzel, *Coord. Chem. Rev.*, **77**, 347-414 (1998).
 - [9] H.J. Rabal, and Braga Jr, *Dinamic Laser Speckle and Application* (CRC press., United Stated of America,2009).
 - [10] E. Kayahan, *et al.*, Autocorrelation analysis of spectral dependency of surface roughness speckle patterns, ULAKBIM UASL, Universitas Kocaeli (2010).