
Analisis Pengaruh Kelembapan Sebagai Salah Satu Faktor Penentu Kualitas Beras Berbasis Gui Matlab

Wiwis Sasmitaninghidayah, Moh. Hanif Mubarak*

Jurusan Fisika, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144

* Corresponding author. Email. : haviby28mubarak@gmail.com (Moh. Hanif Mubarak),

Telp: +6285608670062

ABSTRAK

Pengukuran mutu beras sebagian besar menggunakan cara manual yang rawan dalam mengakibatkan terjadinya kesalahan karena keterbatasan penglihatan manusia dan subjektivitas penguji. Sehingga pengolahan citra digital dengan memanfaatkan metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI) dapat menjadi salah satu alternatif. Citra spekel diamati dengan melihat perubahan nilai kontras pada *software* MATLAB. Dilakukan pengambilan data penelitian berupa kadar air, persentase beras kuning, nilai kontras, dan lama waktu penyimpanan pada beberapa merek beras serta kadar air beras yang berbeda. Data persentase beras kuning dan kontras beras dikarakterisasi berdasarkan nilai kadar airnya untuk menentukan nilai minimum dan maksimum. Diperoleh data karakterisasi kadar air beras baik yaitu 12,5 % - 13 % dengan persentase beras kuning $\leq 0,89$ % dan nilai kontras $\leq 1,3183$ *a.u.*, pada beras sedang yaitu 13,5 % - 14 % dan 15 % dengan persentase beras kuning 0,9 % - 1,1 % dan nilai kontras 1,1698 *a.u.* - 1,2542 *a.u.*, dan pada beras buruk yaitu 14,5 % - 15 % dengan persentase beras kuning 0,95 % - 1,186 % dan nilai kontras 1,1818 *a.u.* - 1,259 *a.u.* Hasil tersebut digunakan dalam pembuatan aplikasi analisis kontras spekel beras berbasis GUI MATLAB.

Kata Kunci: Kadar Air; Kontras; Persentase Beras Kuning; GUI MATLAB

ABSTRACT

Most of the measurement of rice quality uses manual methods which are susceptible to causing errors due to limited human vision and subjectivity of testers. So that digital image processing using the Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI) method can be an alternative. Speckle image was observed by looking at the change in contrast value in MATLAB software. The research data were collected in the form of water content, percentage of yellow rice, contrast value, and storage time for different rice brands also different rice moisture content. Data on the percentage of yellow rice and rice contrast were characterized based on their water content values to determine the minimum and maximum values. Obtained water content characterization data of good rice that are 12.5 % - 13 % with a percentage of yellow rice ≤ 0.89 % and a contrast value ≤ 1.3183 *a.u.*, on medium rice, that are 13.5 % - 14 % and 15 % with a percentage of rice yellow 0.9 % - 1.1 % and a contrast value 1.1698 *a.u.* - 1.2542 *a.u.*, and bad rice is 14.5 % - 15 % with a percentage of yellow rice 0.95 % - 1.186 % and a contrast 1.1818 *a.u.* - 1.259 *a.u.* These results were used in making an application of contrast analysis of rice speckle GUI MATLAB.

Keywords: Moisture Content; Contrast; Percentage of Yellow Rice; GUI
MATLAB

1. Pendahuluan

Indonesia disebut sebagai negara agraris yang kaya akan sumber pertaniannya. Salah satunya adalah padi yang juga dikenal dengan nama *Oryza sativa*. Hasil olahan padi berupa beras. Beras menjadi sumber makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia karena memiliki kandungan karbohidrat dan gizi yang tinggi. Adapun respons masyarakat terhadap beras bermutu sangat tinggi. Agar jaminan mutu beras terpenuhi maka perlu ditetapkan standar

standar minimum dalam pengecekan kualitas oleh pihak distributor sebelum didistribusikan kepada masyarakat.

Pengujian kualitas mutu beras hingga kini masih terdapat kelemahan. Adapun kelemahan pengujian parameter kadar air yaitu pada pengukuran tidak langsung, uji kadar air menggunakan metode oven selama 16 jam. Sedangkan pada pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur resistensi yaitu *Grain Moisture Meter* [1]. Proses pengukuran tersebut dapat dikatakan

rawan dalam mengakibatkan terjadinya kesalahan karena keterbatasan penglihatan manusia dan subjektivitas penguji.

Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam pengujian kualitas beras yaitu metode *Laser Speckle Imaging* (LSI). Metode tersebut memanfaatkan pemantulan cahaya baur dari cahaya laser yang mengenai sampel. selain itu metode LSI dipilih karena mempunyai kelebihan *non destructive* dan *non invasive* [2].

Metode LSI merupakan suatu Teknik pencitraan yang mendeteksi dan menganalisis perubahan kontras spekel dari sampel [3]. Pola spekel terbentuk akibat interferensi acak yang dihasilkan oleh fluktuasi intensitas dari pemantulan cahaya laser yang tersebar dari permukaan yang disinari [4]. Akibat adanya interferensi cahaya maka setiap bulir spekel memiliki intensitas acak dan ukuran yang berbeda [5]. Selain itu setiap spekel menyediakan informasi dari keseluruhan permukaan yang disinari. Citra yang didapat kemudian dianalisis menggunakan histogram untuk klasifikasi dan pencocokan pola yang terbentuk [6].

Metode LSI banyak digunakan untuk mendeteksi berbagai hal, seperti penelitian oleh Fitriya yang menggunakan metode LSI untuk mendeteksi formalin pada tomat [2]. Fitriya juga menggunakan metode LSI

untuk karakterisasi kematangan buah kelapa sawit [7].

Adapun pengujian kualitas mutu beras sudah pernah dilakukan oleh Nurcahyani dengan menggunakan citra digital dalam pengujian pada nilai putih, nilai bersih, dan nilai utuh beras [8]. Amal yang mana menghasilkan model pengujian yang mampu mengenali beberapa komponen mutu beras [9]. Serta penelitian oleh Antika yang menggunakan metode *Binerisasi (Thresholding)*, *Median Filtering*, dan *Connected Component Labeling* untuk pendeteksian pada pengukuran dan bentuk beras merah [10].

Perubahan kadar air sangat mempengaruhi proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis, atau kombinasi ketiganya [11]. Sedangkan kadar air berpengaruh pada penampakan tekstur [12]. Dalam hal ini perubahan yang sangat tampak yaitu beras kuning. Butir kuning yaitu butir beras utuh, beras kepala, beras patah, dan menir yang berwarna kuning, kuning kecokelatan, atau kuning semu akibat proses fisik atau aktivitas mikroorganisme [13]. Sehingga diperlukan karakterisasi perubahan kadar air, beras kuning dan nilai kontras dalam penentuan kualitas mutu beras.

Pengaruh nilai kontras dan persentase beras kuning dapat diketahui dengan melakukan pengambilan data secara eksperimental. Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap perubahan

kontras spekel dan kerusakan beras. Agar pengolahan citra spekel lebih mudah, maka dilakukan perancangan aplikasi analisis kontras citra spekel berbasis GUI MATLAB. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan kualitas beras pada perancangan sensor kualitas beras berbasis citra digital.

2. Bahan dan Metode

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, 3 merek beras dengan kadar air yang berbeda, air, *Laser pointer* dengan daya 1mw, kamera VGA 30 fps (640x480 piksel), cawan petri, *Grain Moisture Meter*, Wadah Sampel menggunakan botol club 1500 ml, Penggaris/Mistar, busur papan tulis, busur kecil, serbet kain, corong, gergaji, pinset, baterai AAA, *bose head*, colorimeter Hp 2136, *double tip*, pita perekat, kain hitam, timbangan digital, klem, statif, kabel USB, komputer atau laptop, *software* MATLAB versi R2015a, dan *software* Microsoft Excel 2010.

2.2. Metode Penelitian

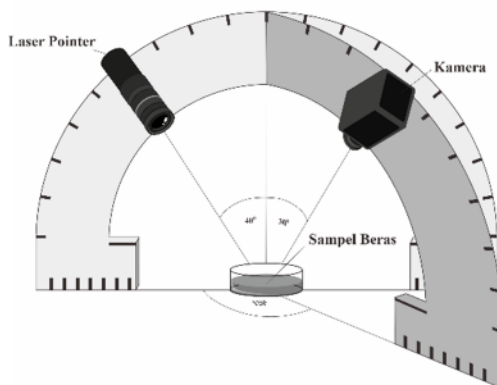
Metode penelitian yang dilakukan yaitu pengambilan data secara eksperimental dan rancang bangun aplikasi pengolahan citra. Pengambilan data secara eksperimental berupa citra spekel yang didapat dari kamera akibat

fenomena pemantulan baur cahaya laser yang mengenai sampel beras dan perhitungan persentase beras kuning. Kemudian dilakukan perancangan aplikasi untuk pengolahan citra spekel dari hasil data karakterisasi. *Output* pada penelitian kali ini berupa nilai kontras citra beras dan persentase beras kuning pada perubahan kadar air beras dengan lama waktu penyimpanan. Data karakterisasi didapatkan melalui pengelompokan nilai kontras dan persentase beras kuning berdasarkan kadar air yang telah ditentukan yaitu 12,5%, 13%, 13,5%, 14%, 14,5%, dan 15%. Hasil data karakterisasi digunakan dalam algoritma pengolahan citra digital berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB untuk analisis kontras citra spekel.

2.3. Skema Pengambilan Data

Pengambilan data nilai kontras dilakukan dengan pengambilan citra tiap sampel menggunakan sudut maksimum yang telah didapatkan pada penelitian sebelumnya. Adapun sudut yang didapatkan yaitu sudut datang (laser) sebesar 40° dan sudut tangkap (kamera) sebesar 30° serta sudut pengambilan data sebesar 60° [14]. Adapun pada penelitian kali ini menggunakan beras dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Beras tanpa perlakuan menggunakan 3 merek beras. Sedangkan beras dengan perlakuan menggunakan satu merek beras dengan memvariasi kadar air yaitu 12,5%, 13%, 13,5%, 14%, 14,5%, dan 15% melalui proses perendaman dengan air selama 5 detik

kemudian diangin-anginkan hingga didapatkan kadar air yang dibutuhkan. Pengambilan data masing-masing sampel dilakukan setiap 2 hari sekali dari lama waktu penyimpanan dengan masing-masing pengulangan. Adapun lama waktu penyimpanan beras dalam penelitian ini adalah 14 hari.



Gambar 1. Skema Alat Pengambilan Data

Pengambilan data nilai kontras dilakukan sesuai posisi pada gambar 1. Sehingga diperoleh data berupa citra spekel beras pada masing-masing sampel pengambilan data. kemudian data diolah pada GUI MATLAB untuk mendapatkan nilai *mean*, standar deviasi, dan kontras. Pengambilan data dilakukan pada cahaya ruang. Sehingga nilai kontras citra spekel dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [15]:

$$C = \frac{\sigma_I}{\mu_I} = \frac{S}{M} \quad (1)$$

Di mana, σ_I atau S merupakan standar deviasi histogram. μ_I atau M merupakan rata-rata intensitas terukur. N

merupakan jumlah piksel citra. I merupakan intensitas terukur dari citra. Adapun citra spekel beras dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Citra Spekel Beras

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan sensor *Grain Moisture Meter* pada masing-masing sampel. Pada pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali untuk masing-masing sampel dan langsung diambil nilai rata-rata. Kedua probe sensor harus terendam beras secara keseluruhan agar nilai yang terukur akurat.

Data Pengujian beras kuning dilakukan dengan mengambil sebanyak 100 r beras tiap sampel, kemudian dicari beras kuning pada masing-masing sampel beras sebanyak 100gr secara manual menggunakan pinset. Data persentase beras kuning didapatkan dari perbandingan berat beras kuning terhadap 100 gr beras yang diambil dikali 100% sebagaimana berikut [13]:

$$BK = \frac{\text{Berat BK}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

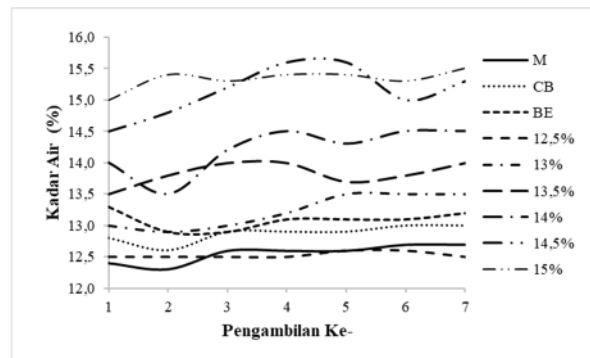
Data hasil penelitian kemudian diolah untuk dilakukan karakterisasi nilai kontras dan persentase beras kuning terhadap kadar air beras. Pada penelitian ini karakterisasi

dilakukan dengan menggunakan Excel. Data hasil yang telah ter karakterisasi dimasukkan dalam algoritma aplikasi. Aplikasi dibuat dengan memanfaatkan fitur *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB. Kemudian GUI di ekstrak agar menjadi aplikasi yang bersifat *standalone*. Pembuatan aplikasi tersebut merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dalam penentuan sudut maksimum.

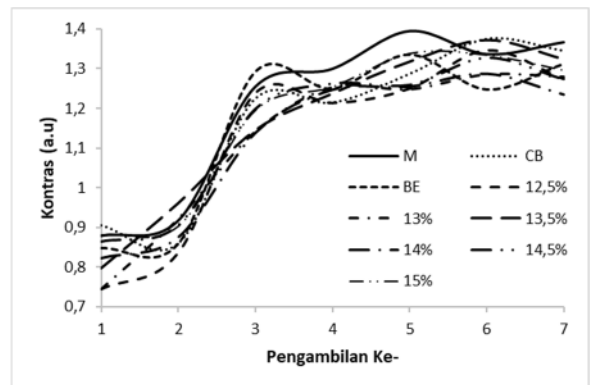
3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data persentase beras kuning, kadar air, kontras, dan juga lama waktu penyimpanan pada masing-masing sampel. Analisis kualitas beras pada penelitian kali ini menggunakan hasil karakterisasi nilai kontras dan persentase beras kuning.

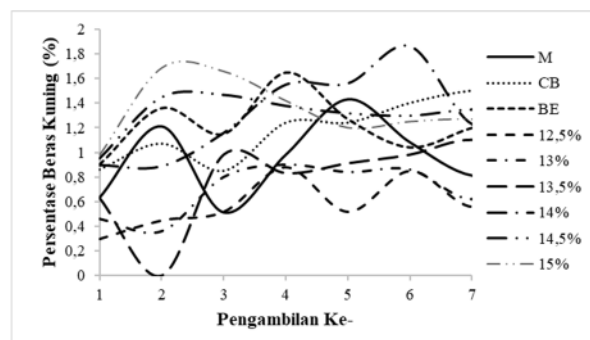
Secara keseluruhan diperoleh perubahan pola spekel melalui pengamatan pada perubahan nilai kontras citra spekel beras. Semakin lama waktu penyimpanan beras maka semakin bertambah kadar airnya. Di samping itu, semakin lama waktu penyimpanan beras juga mengakibatkan nilai kontras citra spekel beras dan persentase beras kuning cenderung naik. Hal tersebut menunjukkan naiknya kadar air mengakibatkan persentase beras kuning dan nilai kontras juga turut naik.



Gambar 4. Grafik Hubungan Lama Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Kadar Air Beras



Gambar 5. Grafik Hubungan Lama Waktu Penyimpanan terhadap Nilai Kontras



Gambar 6. Grafik Hubungan Lama Waktu Penyimpanan terhadap Persentase Beras Kuning

Secara keseluruhan grafik di atas menjelaskan bahwa semakin lama waktu penyimpanan beras maka semakin tinggi kadar air beras tersebut. Hal tersebut dikarenakan perbedaan kelembapan antara

beras dengan lingkungan. Di samping itu, tingginya nilai kadar air beras maka nilai kontras citra spekel yang terukur juga akan semakin besar. Perubahan nilai kontras tersebut dikarenakan berubahnya penampakan fisik, tekstur, dan permukaan beras akibat kadar air yang berubah. Besarnya intensitas cahaya yang terukur pada peristiwa pemantulan baur berhubungan dengan nilai *mean* citra. Oleh sebab itu nilai kontras akan semakin besar karena berbanding terbalik dengan nilai *mean* sesuai dengan persamaan 3. Adapun semakin tinggi kadar air pada beras maka jumlah beras kuning akan turut bertambah. Hal tersebut dikarenakan kadar air juga berpengaruh pada proses pembusukan bahan pangan yaitu pada proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis, atau kombinasi ketiganya menurut Estiasih [10].

Metode LSI menunjukkan respons dan sensitivitas yang baik dengan terdeteksi perubahan kontras yang kecil dari perubahan kadar air yang terukur pada beras. Di samping kemampuan alat berbasis resistansi yang hanya mampu mengukur kadar air beras dengan satu angka di belakang koma. Namun menggunakan metode LSI dengan konsentrasi yang sangat kecil pada nilai kontras tersebut dapat terukur. Adapun karakterisasi dilakukan dengan mengelompokkan data persentase beras kuning dengan nilai kontras terhadap lama waktu penyimpanan berdasarkan

kadar air yang telah di tentukan sebelumnya yaitu 12,5 % - 15 %. Sehingga didapatkan data karakterisasi nilai kontras sebagaimana berikut:

Tabel 1. Karakterisasi Kadar Air Terhadap Nilai Kontras

Kadar Air (%)	Kontras (<i>a.u</i>)
12,5	0,7438 - 1,2747
13	0,7446 - 1,1421
13,5	0,7963 - 1,2861
14	0,8215 - 1,3246
14,5	1,2099 - 1,2863
15	0,8804 - 1,3280

Adapun data karakterisasi nilai persentase beras kuning yang telah didapat sebagaimana berikut:

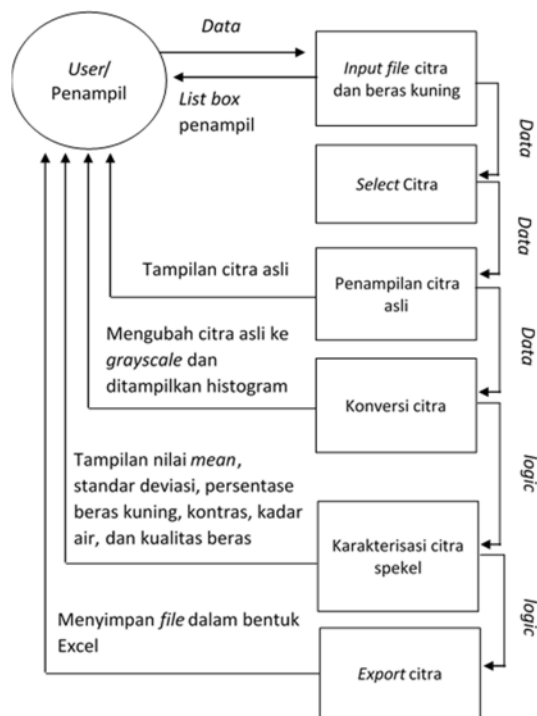
Tabel 2. Karakterisasi Kadar Air Terhadap Persentase Beras Kuning

Kadar Air (%)	Kontras (<i>a.u</i>)
12,5	0,7438 - 1,2747
13	0,7446 - 1,1421
13,5	0,7963 - 1,2861
14	0,8215 - 1,3246
14,5	1,2099 - 1,2863
15	0,8804 - 1,3280

Berdasarkan data karakterisasi tersebut didapatkan nilai yang bersinggungan pada masing-masing kadar air. Sehingga dikelompokkan menjadi 3 parameter yaitu beras baik untuk 12,5 % - 13 %, beras sedang untuk 13,5 % - 14 %, dan beras buruk untuk 14,5 % - 15 %. Adapun penentuan kualitas beras juga mengacu pada nilai toleransi yang telah ditetapkan oleh Badan

Standar Nasional (BSN) dalam penentuan mutu beras. Adapun nilai toleransi kadar air beras yang telah ditetapkan yaitu $\leq 14\%$ dan persentase beras kuning sebesar $\leq 2\%$. Sehingga dada yang melebihi nilai tersebut kemudian di golongkan ke dalam kualitas beras yang buruk.

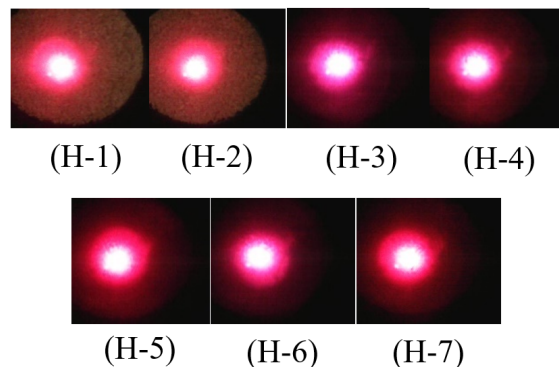
Hasil karakterisasi nilai kontras dan persentase beras kuning digunakan sebagai algoritma di dalam GUI MATLAB. Adapun skema pengaplikasiannya sebagaimana berikut:



Gambar 7. Algoritma Aplikasi Berbasis GUI MATLAB

Pengolahan citra spekel yang ada dalam GUI MATLAB meliputi *input* data citra spekel beras dan beras kuning. Kemudian citra spekel diubah menjadi citra hitam putih (*grayscale*) dan ditampilkan dalam bentuk histogram. Berdasarkan histogram tersebut dapat

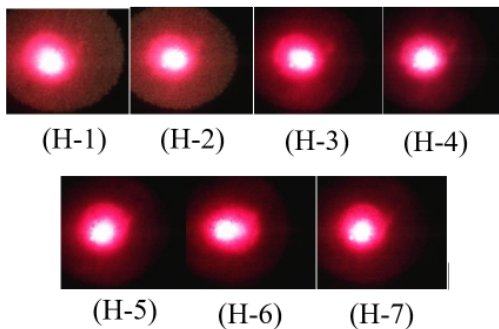
diekstraksi untuk diketahui nilai *mean* dan standar deviasi citra untuk menghitung nilai kontras secara otomatis dalam aplikasi. Nilai kontras dan beras kuning yang sudah diketahui kemudian diolah menggunakan algoritma dari data hasil karakterisasi yang telah didapat sebelumnya. Sehingga didapatkan data persentase beras kuning, kadar air, dan kualitas beras. kemudian dilanjutkan dengan penyimpanan data dalam bentuk *file* Excel. Dalam hal ini, Excel berperan dalam penyimpanan nilai *mean*, standar deviasi, kontras, persentase beras kuning, kadar air, dan kualitas beras. Adapun hasil pengambilan data berupa citra spekel sebagai berikut :



Gambar 8. Hasil Citra Spekel Beras pada Sampel 12,5 %

Pada gambar 8 menunjukkan citra spekel beras pada sampel 12,5 %. Dapat diamati bahwa semakin lama waktu penyimpanan maka citra spekel yang dihasilkan akan semakin terang memusat ke tengah. Hal ini ditunjukkan dengan data kadar air yang semakin cenderung naik. Adapun cahaya mengalami pemantulan baur pada beras

yang mengalami perubahan kadar air sehingga menghasilkan intensitas cahaya terpantul yang tertangkap kamera semakin sedikit. Akibatnya nilai *mean* yang dihasilkan semakin kecil dan menyebabkan nilai kontras semakin besar.

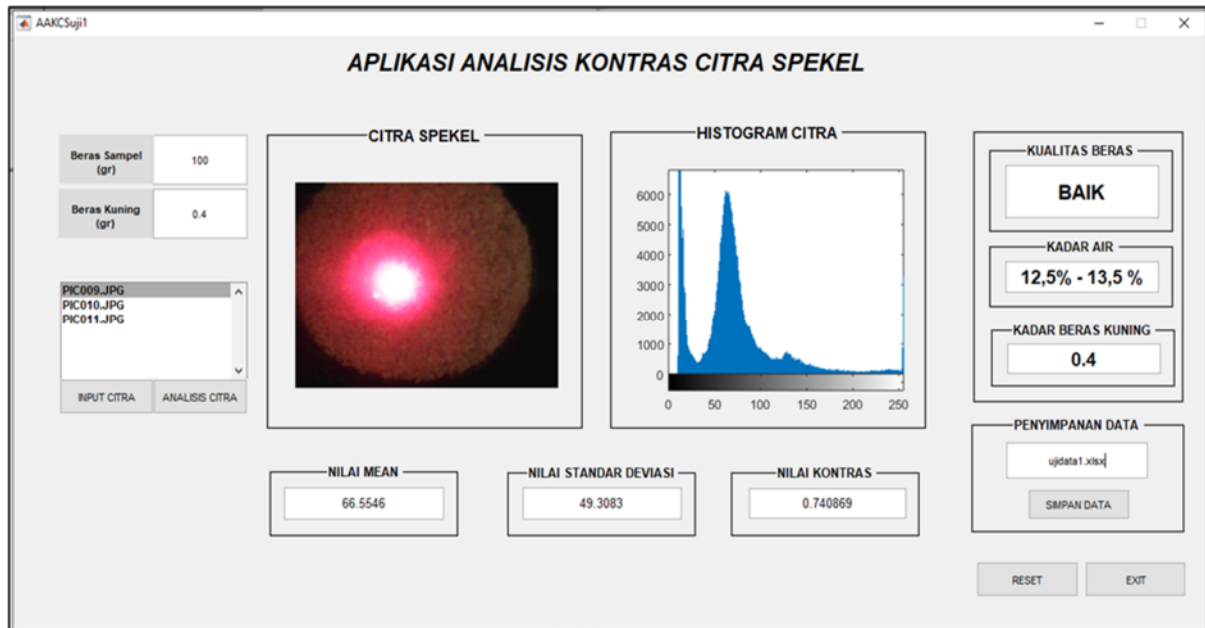


Gambar 9. Hasil Citra Spekel Beras pada Sampel 15 %

Pada gambar 9 menunjukkan citra spekel beras pada sampel 15 %. Dapat diamati bahwa semakin lama waktu penyimpanan maka citra spekel yang dihasilkan juga akan semakin terang memusat ke tengah. Hal tersebut menyebabkan nilai kontras semakin naik akibat semakin sedikit intensitas cahaya yang tertangkap kamera. Adapun apabila dibandingkan dengan data gambar 8 dapat dijelaskan bahwa perbedaan kadar air yang mana memengaruhi spekel pada citra beras dapat ditunjukkan dengan nilai kontras yang semakin tinggi. Nilai kontras yang semakin tinggi tersebut dapat diamati dengan membandingkan tingkat kecerahan pada gambar 8 dengan gambar 9 yang mana pada gambar 9 gambar lebih cerah dengan penampakan kecerahan

cahaya semakin terang memusat dibandingkan dengan gambar 8.

Berdasarkan tabel 3 memuat nilai kadar air dalam satuan persen (%) pada masing-masing baris dan nilai kontras (*a.u*) dilihat pada penambahan hari. Data tersebut dapat dipahami bahwa semakin lama waktu penyimpanan beras maka semakin tinggi kadar airnya. Begitu pula semakin lama waktu penyimpanan beras, maka semakin tinggi nilai kontras yang terukur. Hal tersebut menunjukkan bahwa beras mengalami perubahan secara fisik selama penyimpanan dan juga menurunnya intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera. Pada tabel 4 memuat nilai kadar air dalam satuan persen (%) pada masing-masing baris dan nilai persentase beras kuning (%) dilihat pada penambahan hari. Berdasarkan data tersebut dapat dipahami bahwa semakin lama waktu penyimpanan beras maka semakin tinggi kadar airnya. Begitu pula semakin lama waktu penyimpanan beras, maka semakin tinggi persentase beras kuning yang terukur. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa kadar dan kelembapan ruang penyimpanan memengaruhi faktor penyebab kerusakan fisik pada beras. Sedangkan beras kuning merupakan dampak akibat perubahan kadar air beras.



Gambar 10. Tampilan Aplikasi Ketika Dijalankan

Tabel 3. Data Pengukuran Lama Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Kontras dan Kadar Air

Pengambilan Ke-														
SAMPLER	1		2		3		4		5		6		7	
	4 JUL 2020		06-Jul-20		8 JUL 2020		10-Jul-20		12-Jul-20		14-Jul-20		16-Jul-20	
	%	a.u	%	a.u	%	a.u	%	a.u	%	a.u	%	a.u	%	a.u
M	12,4	0,8787	12,3	0,9170	12,6	1,2547	12,6	1,2997	12,6	1,3949	12,7	1,3367	12,7	1,3668
CB	12,8	0,9044	12,6	0,8587	12,9	1,2248	12,9	1,2144	12,9	1,2871	13	1,3756	13	1,3455
BE	13,3	0,8472	12,9	0,8583	12,9	1,2914	13,1	1,2486	13,1	1,3347	13,1	1,2468	13,2	1,3112
12,5	12,5	0,7438	12,5	0,8355	12,5	1,2392	12,5	1,2143	12,6	1,2505	12,6	1,3473	12,5	1,2747
13	13	0,7446	12,9	0,9219	13	1,1421	13,2	1,2540	13,5	1,2486	13,5	1,2861	13,5	1,2803
13,5	13,5	0,7963	13,8	0,9607	14	1,1453	14	1,2377	13,7	1,3182	13,8	1,3730	14	1,3246
14	14	0,8215	13,5	0,8743	14,2	1,1372	14,5	1,2458	14,3	1,2537	14,5	1,2863	14,5	1,2338
14,5	14,5	0,8649	14,8	0,9061	15,2	1,1990	15,6	1,2628	15,6	1,2596	15	1,3280	15,3	1,2737
15	15	0,8804	15,4	0,9032	15,3	1,1960	15,4	1,2544	15,4	1,3382	15,3	1,3342	15,5	1,2955

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar air yang terukur pada beras maka semakin besar nilai kontras yang diperoleh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai *mean* atau rata-rata intensitas akan lebih kecil dari standar deviasi serta intensitas cahaya dari laser pada citra spekel tampak lebih terang memusat ke tengah. Perubahan nilai kontras tersebut dikarenakan berubahnya penampakan fisik, tekstur, dan permukaan beras akibat kadar air yang berubah. Data kualitas beras didapat dari karakterisasi nilai persentase kadar air dan persentase nilai kontras pada beras. Diperoleh data karakterisasi kadar air beras baik yaitu 12,5 % - 13 % dengan persentase beras kuning $\leq 0,89$ % dan nilai kontras $\leq 1,3183$ *a.u.*, pada beras sedang yaitu 13,5 % - 14 % dan 15 % dengan persentase beras kuning 0,9 % - 1,1 % dan nilai kontras 1,1698 *a.u.* - 1,2542 *a.u.*, dan pada beras buruk yaitu 14,5 % - 15 % dengan persentase beras kuning 0,95 % - 1,186 % dan nilai kontras 1,1818 *a.u.* - 1,259 *a.u.*

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bapak Farid Samsu Hananto, M.T selaku pembimbing,

teman-teman dari *team* beras yang sudah banyak memberikan tenaga dan juga pikiran, serta LP2M UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membiayai penelitian ini dari awal hingga akhir.

6. Referensi

1. Kusuma, T. S. B. (2016). Alat Deteksi Mutu Beras dengan Metode Kapasitif Berbasis Mikrokontroler. Thesis-S1. Program Studi Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
2. Fitrya, N., Harmadi, dan Sandra. (2013). Analisis Kontras Spekel Menggunakan LSI (*Laser Speckle Imaging*) Untuk Mendeteksi Formalin Pada Tomat (*Lycopersicum Esculentum Mill*). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 9(2): 80-85.
3. Tamakai, A., Kawatono, Eugichi, dan Fuji. (1994). Two Dimension Measurement of Retinal Microcirculation Using Laser Speckle Phenomenon. *Vision Science*. 35: pp3825-34.
4. Choi, B., Ramirez, S. J., Lotfi, J., dan Nelson, J. S. (2006). Linear Response Range Characterization and In Vivo Application of Laser Speckle Imaging of Blood Flow Dynamics. *J. Biomed Opt.* 11(4): 0441129.
5. Muchlian, M., Dahyunir, D., dan Harmadi. (2013). Analisis pola dan ukuran bulir spekel menggunakan LSI (laser speckle imaging) pada lapisan

- tipis TiO₂. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 9(2), 52–56.
6. Apsari, E. (2009). Sistem fuzzy Berbasis Speckle Imaging untuk Deteksi Kualitas Enamel Gigi Akibat Paparan Laser ND: YAG. Disertasi-S3, Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya.
 7. Fitriya, N., Wirman S. P., dan Fitri, W. (2018). Identifikasi Karakteristik Buah Kelapa Sawit Siap Panen Dengan Metode Laser Speckle Imaging (LSI). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 9(1):139-142.
 8. Nurcahyani, A. A. dan Saptono, R. (2015). Identifikasi Kualitas Beras dengan Citra Digital. *Science journal of informatics*. 2(1): 63-72.
 9. Amal I. (2017). Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Susan Detection Dan Neurofuzzy Untuk Identifikasi Komponen Kualitas Beras. *Jurnal Matematika*. 4(6):30-45.
 10. Antika, E., Rakhmad, H., dan Ishaq, F. N. (2018). Penentuan Kualitas Mutu Beras Merah Berdasarkan Standart Nasional Indonesia Berbasis Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Informatika Polinema*. 4(2)125-130.
 11. Estiasih, T. dan Ahmadi, K. (2009) Teknologi Pengolahan Pangan. Reading, Jakarta: PT. Bumi Aksara.
 12. Winarno, F. G. (2008) Kimia Pangan dan Gizi. Reading, Jakarta: Gramedia.
 13. Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2015). Beras. *Standar Nasional Indonesia*. SNI No. 6128-2015.
 14. Utama, M. M., Sasmitaninghidayah, W. (2020). Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya pada Nilai Citra Speckle Beras Berbasis GUI MATLAB. *Komunikasi Fisika Indonesia*. 17(3): 120-126.
 15. Khaksari, K. dan Kirkpatrick, S. J. (2017). Laser Speckle Modeling and Simulation for Biophysical Dynamics: Influence of Sample Statistics. *J. Biomed. Opt.* 11: 040302.