

MORFOLOGI CITRA UNTUK ANALISA KUALITAS BERAS MENGUNAKAN METODE KLASIFIKASI *SUPPORT VECTOR MACHINE*

IMAGE MORFOLOGY FOR RICE QUALITY ANALYSIS USING SUPPORT VECTOR MACHINE CLASSIFICATION METHOD

Ardhya Ramadhan Prakoso¹, Ir. Rita Magdalena, M.T

², Sofia Sa'idah, S.T., M.T. ³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹ardhyarp@student.telkomuniversity.ac.id, ²ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id,
³sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ada beberapa jenis beras yang beredar di masyarakat Indonesia, yaitu: beras pandan wangi, rojolele, IR 64, IR 42, dan lain-lain. Jenis beras yang paling banyak beredar di pasaran adalah beras IR 64. Beras memiliki kualitas yang berbeda. dalam tugas akhir ini bertujuan untuk membantu pemeriksa beras dalam pengelompokan mutu beras dalam tiga klasifikasi yaitu kualitas A, B, dan C berdasarkan mutu Standar Nasional Indonesia.

Pada tugas akhir ini, penulis membahas mengenai cara mendeteksi kualitas beras Dimulai dari tahap pertama *pre-processing* yaitu merubah citra RGB menjadi *grayscale* dan merubah ukuran citra, tahap kedua mendeteksi tepian beras menggunakan deteksi tepi *canny*, tahap ketiga memisahkan objek dengan latar dengan operasi morfologi citra, tahap keempat adalah konvolusi perkalian citra *grayscale* dan morfologi, tahap kelima yaitu ekstraksi ciri dengan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan tahap keenam klasifikasi dengan metode *Support Vector Machine* (SVM).

Dengan adanya tugas akhir ini, dapat membantu mempermudah dalam mengetahui kualitas beras yang lebih efektif dan didapatkan tingkat akurasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) kernel polynimial sebesar 96.66% untuk metode klasifikasi *multiclass Support Vector Machine* OAA dan OAO.

Kata Kunci: *Gray Level Co-Occurrence Matrix, Support Vector Machine, beras*

Abstract

There are several types of rice circulating in the people of Indonesia, namely: *pandanus fragrant rice, rojolele, IR 64, IR 42, and others*. The most widely circulated rice on the market is IR 64 Rice. Rice has different qualities. in this final project aims to assist rice inspectors in the classification of rice quality in three classifications of quality A, B, and C based on the quality of Indonesian National Standard.

In this final project, the author discusses how to detect the quality of rice Starting from the first stage of *pre-processing* is to change the image of RGB into *grayscale* and resize the image, the second stage detects the edge of rice using *canny edge detection*, the third stage separates the object against the background with image morphology operation, the fourth stage is the convolution of *grayscale* and morphological image, the fifth stage is characteristic extraction with *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) method and the sixth step of classification by the the *Support Vector Machine* (SVM) method.

With this final project, it can be easier to know the quality of rice more effectively and get the accuracy level using *Support Vector Machine* (SVM) 96.66% polynimial kernel for *Multiclass classification method Support Vector Machine* OAA and OAO.

Keywords: *Gray Level Co-occurrence Matrix, Support Vector Machine, rice.*

1. Pendahuluan

Beras adalah bagian bulir padi yang telah dipisah dari sekam. Sekam (Jawa merang) secara anatomi disebut 'palea' (bagian yang ditutupi) dan 'lemma' (bagian yang menutupi). Sebagaimana bulir sereal lain, bagian terbesar beras didominasi oleh pati (sekitar 80-85%). Beras juga mengandung protein, vitamin (terutama pada bagian aleuron), mineral, dan air. tetapi beras memiliki kualitas yang berbeda berdasarkan oleh karena itu pengawasan dalam menentukan kualitas beras yang akan beredar dipasaran merupakan hal penting karena menyangkut dengan tingkat penjualan dan konsumsi [1].

Terdapat beberapa jenis beras yang banyak beredar di pasaran, yaitu beras setra ramos (IR 64), beras pandan wangi, beras Rojolele, beras IR 42, dan lain-lain. Pada tugas akhir ini diambil satu jenis beras yang paling banyak

dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena harganya yang ekonomis namun memiliki tekstur nasi yang pulen yaitu beras setra ramos (IR 64).

Dalam pengelompokannya mutu beras dibagi menjadi 3 jenis: mutu beras berdasarkan pasar beras, mutu beras berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan mutu beras berdasarkan preferensi konsumen. Untuk mendapat jaminan mutu beras yang ada di pasaran, maka dalam perdagangan beras harus diterapkan sistem standarisasi mutu beras. Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk beras giling bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya manipulasi mutu beras di pasaran, terutama karena pengoplosan atau pencampuran antarkualitas atau antarvarietas. Saat ini pemeriksaan kualitas beras telah dilakukan secara manual oleh inspektur yang berpengalaman. Namun cara ini memiliki kelemahan seperti adanya subjektivitas penilaian kualitas antara pengamat yang satu dengan yang lain, adanya kelelahan fisik jika pengamat bekerja terlalu lama sehingga menyebabkan hasil pengamatan yang tidak konsisten, dan waktu yang digunakan untuk pengamatan kualitas lebih lama.

Dari permasalahan tersebut kita dapat melakukan analisa berdasarkan bidang teknologi sinyal informasi analisa kualitas beras menggunakan image processing . Dimana pengolahan citra sinyal dengan memanfaatkan citra digital yang diolah dengan metode GLCM(*Gray Level Co-occurrence Matrix*) yang dapat menganalisa tekstur dan klasifikasi SVM (*Support Vector Machine*) dengan penambahan canny sebagai deteksi tepi pada tekstur beras yang akan menghasilkan data yang lebih cepat dan akurat.

2. Dasar Teori

2.1 Beras

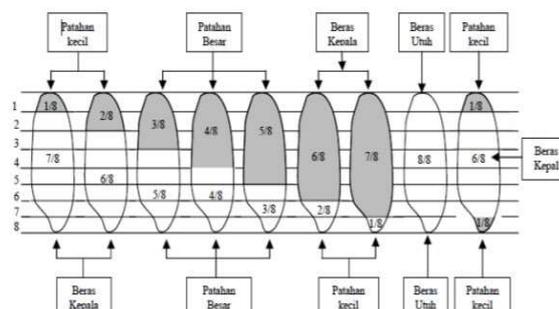
Beras adalah bagian bulir padi (gabah) yang telah dipisah dari sekam. Sekam (Jawa merang) secara anatomi disebut 'palea' (bagian yang ditutupi) dan 'lemma' (bagian yang menutupi). Tahap pemisahan beras bisa melalui penggilingan dan penumbukan sehingga dapat dihasilkan bagian isi dari padi yang berwarna putih, kemerahan, ungu bahkan ada yang berwarna hitam . Sebagaimana bulir sereal lain, bagian terbesar beras didominasi oleh pati (sekitar 80-85%). Beras juga mengandung protein, vitamin (terutama pada bagian aleuron), mineral, dan air [1] .

2.1.1 Jenis Beras IR 64

Berdasarkan produksi beras yang ada di Indonesia, beras dibagi kedalam beberapa jenis pada tugas akhir kali ini hanya menggunakan beras IR64/Setra Ramos adalah beras yang paling banyak beredar di pasaran, karena harganya yang terjangkau dan relatif cocok dengan selera masyarakat perkotaan. Normalnya beras jenis ini pulen jika dimasak menjadi nasi, namun jika telah berumur terlalu lama (lebih dari 3 bulan) maka beras ini menjadi sedikit pera, dan mudah basi ketika menjadi nasi. Beras ini memiliki ciri fisik agak panjang / lonjong, tidak bulat. [2]

2.1.2 Jenis Pengujian Kualitas Beras

Kualitas beras memiliki tingkatan yang berbeda-beda spesifikasinya. Butir utuh, butir kepala, butir patah, butir menir merupakan parameter-parameter utama dari seluruh parameter kualitas dari SNI.[2]



Gambar 2.1 Bagian-bagian Beras.

2.2 Citra Digital

Citra digital merupakan representatif dari citra yang diambil oleh mesin dengan bentuk pendekatan berdasarkan sampling dan kuantisasi. Sampling menyatakan besarnya kotak-kotak yang disusun dalam baris dan kolom. Dengan kata lain, sampling pada citra menyatakan besar kecilnya ukuran *pixel* (titik) pada citra, dan kuantisasi menyatakan besarnya nilai tingkat kecerahan yang dinyatakan dalam nilai tingkat keabuan (*grayscale*) sesuai dengan jumlah bit biner yang digunakan oleh mesin, dengan kata lain kuantisasi pada citra menyatakan jumlah warna yang ada pada citra. [4]

Berdasarkan jenisnya, citra dibagi kedalam tiga jenis yaitu citra biner, citra grayscale, dan citra RGB.

2.3 Operasi Morfologi Citra

Operasi morfologi adalah teknik pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau region dalam citra. Karena difokuskan pada bentuk obyek, maka operasi ini biasanya diterapkan pada citra biner. Biasanya segmen tadi didasarkan pada obyek yang menjadi perhatian. Segmentasi dilakukan dengan membedakan antara obyek dan latar, antara lain dengan memanfaatkan operasi pengambangan yang mengubah citra warna dan skala keabuan menjadi citra biner. Hasil operasi morfologi dapat dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan dengan analisis lebih lanjut. Operasi ini antara lain meliputi: pencarian batas/kontur, dilasi, erosi, penutupan (closing), pembukaan (opening), pengisian (filling), pelabelan, dan pengerangkaan (skeletonization).[10]

2.4 Pendeteksi Tepi

Faktor kunci dalam mengekstraksi ciri adalah kemampuan mendeteksi keberadaan tepi (edge) dari objek di dalam citra. Pendeteksian tepi merupakan langkah pertama untuk melingkupi informasi di dalam citra. Tepi mencirikan batas-batas objek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi di dalam citra. Tujuan pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra. Operator Canny :

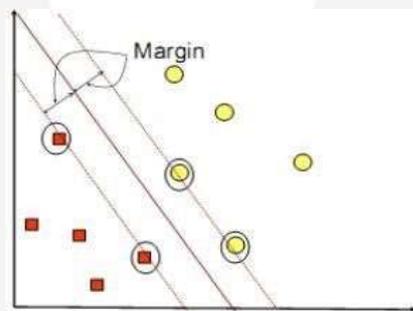
Salah satu algoritma deteksi tepi modern adalah deteksi tepi dengan menggunakan metode Canny. Deteksi tepi Canny ditemukan oleh Marr dan Hildreth yang meneliti pemodelan persepsi visual manusia.

2.5 Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) merupakan metode ekstraksi ciri statistik orde kedua dilakukan dengan matriks kookurensi, yaitu suatu matriks antara yang merepresentasikan hubungan ketetanggaan antar piksel dengan menghitung sudut dan jarak tertentu pada citra digital. GLCM dapat didefinisikan sebagai tabulasi dari data piksel pada citra dimana digambarkan seberapa sering kombinasi yang berbeda pada nilai keabuan yang muncul pada citra.

2.6 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. *Support Vector Machine* (SVM) adalah sistem pembelajaran untuk mengklasifikasikan data menjadi dua kelompok data yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linear dalam sebuah fitur berdimensi tinggi. SVM memiliki sifat yang tidak dimiliki oleh mesin pembelajaran pada umumnya yaitu dalam proses menemukan garis pemisah (*hyperplane*) terbaik sehingga diperoleh ukuran *margin* yang maksimal seperti gambar 2.2 .

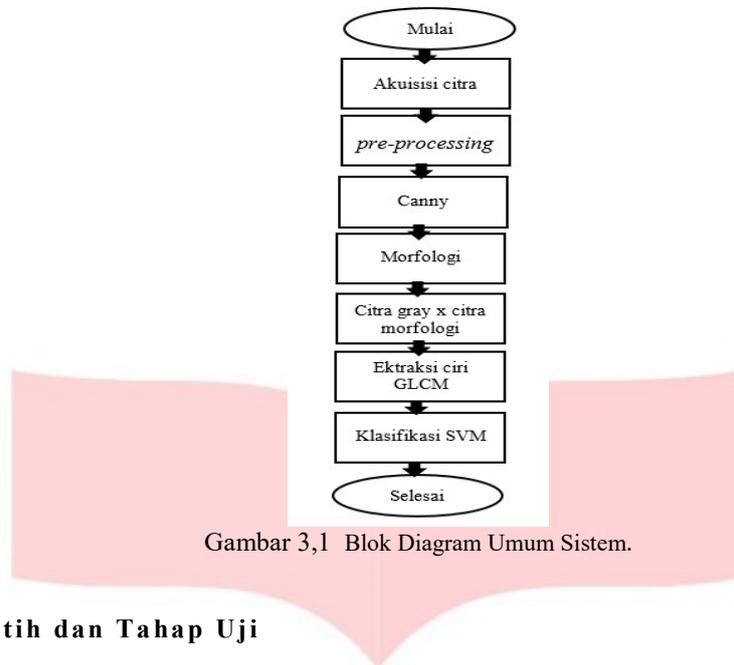


Gambar 2.2 Margin SVM.

3. Pembahasan

3.1 Perancangan sistem

Software untuk perancangan dan implementasi sistem ini menggunakan sistem operasi matlab. Gambar merupakan diagram alur dari proses perancangan sistem.



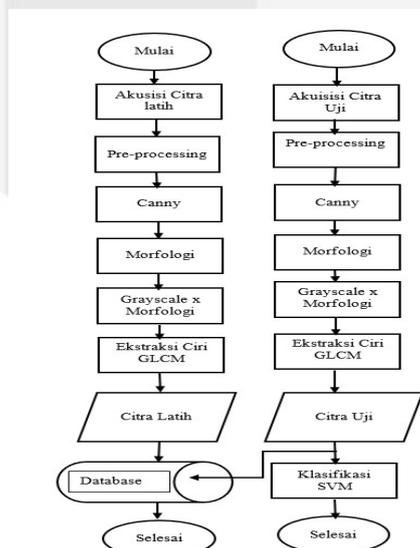
Gambar 3,1 Blok Diagram Umum Sistem.

3.2 Tahap Latih dan Tahap Uji

Pada gambar akan mengalami proses dalam dua tahap, yaitu tahap latih dan tahap uji. Setelah dua tahap tersebut selesai maka akan menghasilkan ciri citra yang membedakan antara beras kualitas A, kualitas B dan kualitas C. Ciri citra tersebut lalu disimpan ke dalam bentuk *database* yang nantinya digunakan sebagai data pembandingan pada proses klasifikasi citra uji.

Tahap latih merupakan proses pencarian nilai piksel yang menjadi acuan untuk *database* di dalam program dimana nilai piksel tersebut akan dicocokkan dengan citra uji untuk mendeteksi citra beras. Setiap proses tahap latih dimulai dari *pre-processing* terhadap data latih citra yang telah dimasukkan, kemudian dilakukan deteksi tepi canny dilanjutkan dengan morfologi citra lalu hasil morfologi citra dikalikan dengan citra grayscale dan selanjutnya ekstraksi ciri terhadap tekstur dengan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix*.

Tahap uji merupakan proses untuk menguji data citra sehingga dapat diklasifikasikan oleh *software*. Setiap proses tahap uji terdiri dari *pre-processing* terhadap data uji yang telah dimasukkan, kemudian dilakukan deteksi tepi canny dilanjutkan dengan morfologi citra lalu hasil morfologi citra dikalikan dengan citra grayscale dan selanjutnya ekstraksi ciri terhadap tekstur dengan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix*. Lalu dilakukan klasifikasi dengan menggunakan metode Support Vector Machine untuk mengetahui kecocokan vektor ciri dari data uji terhadap data latih sehingga didapatkan hasil klasifikasi. Gambar menunjukkan diagram alir tahap latih dan tahap uji.



Gambar 3.2 *Flowchart* sistem pelatihan dan pengujian

3.3 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan pemetaan suatu *scene* menjadi citra kontinu dengan penggunaan suatu sensor sehingga diperoleh citra digital. Penulis menggunakan kamera smartphone dengan mengambil sample citra beras kualitas A , kualitas B dan kualitas C dengan ditaburkan pada latar dengan warna yang berbeda.

3.4 Pre-Processing

Pre-processing merupakan tahap yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra yang diperoleh agar lebih mudah diproses pada tahap selanjutnya. proses dari *pre-processing* adalah *resize* dan perubahan citra RGB menjadi citra *grayscale* .

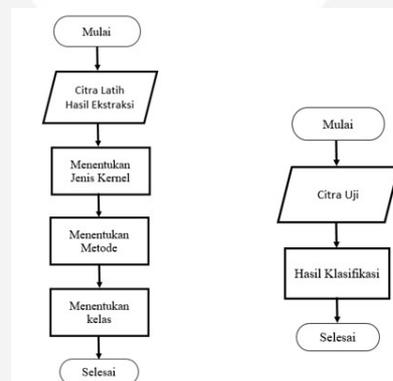
3.5 Ekstraksi Ciri GLCM

Tahap ekstraksi ciri dilakukan untuk memunculkan ciri pada citra digital. Tahap ini merupakan pengambilan informasi-informasi penting yang terdapat pada suatu citra. Metode yang digunakan adalah analisis tekstur.

Input pada proses ini adalah citra beras yang sudah melewati *pre-processing* dengan mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale* , *canny* , morfologi dan final hasil citra morfologi dikali dengan citra *grayscale*. Metode analisis tekstur yang digunakan adalah *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM).

3.6 Klasifikasi SVM

Tahap klasifikasi bertujuan untuk menentukan kelas dari citra yang telah diujikan berdasarkan tahap ekstraksi ciri. Output dari tahap ekstraksi ciri GLCM merupakan lima nilai ciri tekstural yaitu *Energy*, *Contrast*, *Homogeneity*, *entropy* dan *Correlation*. Output data latih dan data uji pada ekstraksi ciri tersebut akan menjadi input untuk tahap klasifikasi dengan menggunakan metode SVM. Maka masing-masing data latih dan data uji .



Gambar 3.3 Proses SVM Latih dan Uji.

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Kinerja Sistem intensitas cahaya Dan Warna Latar.

Pengujian skenario satu adalah dengan membandingkan warna latar pada semua citra yaitu warna hitam ,merah dan putih dengan total citra 360 citra latih dan 360 citra uji yang intensitas cahaya terdiri dari citra terang 180 citra dan redup 180 citra . Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter awal yang nantinya akan di uji kembali yaitu parameter awal dengan size 512x512 ekstraksi ciri homogeneity dan correlation dengan sudut gabungan(0,45,90,135) dengan jarak 1, level kuantisasi 32, kernel option 7 dan kernel polynomial dengan OAO dan OAA.

Tabel 4.1 Hasil pengujian intensitas cahaya.

No	Intensitas Cahaya	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S) OAO
1	Terang	81%	78.8%	0.875092	0.795182
2	Redup	76.6%	75.5%	0.860673	0.777454

Tabel 4.2 Hasil pengujian warna latar.

NO	Warna Latar	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S)OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
1	HITAM	90%	90%	0.921099	0.796375
2	MERAH	73.33%	73.33%	0.814926	0.816011
3	PUTIH	80%	73.33%	0.534318	0.546702

4.2 Pengujian Berdasarkan Size Citra

Pada pengujian selanjutnya setelah mendapatkan citra warna dan intensitas terbaik maka yang dilakukan pada tahap pengujian ini adalah perbandingan size pada setiap citra yang diolah dengan 30 citra latih hitam 30 citra latih uji hitam terang parameter homogeneity dan correlation dengan sudut gabungan (0,45,90,135) dengan jarak 1, level kuantisasi 32, kernel option 7 dan kernel polynomial dengan OAO dan OAA. Hasil yang diperoleh adalah :

Tabel 4.3 Hasil pengujian size citra.

No	Size	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
1	128x128	73,33%	63,33%	0.670303	0.610415
2	256x256	40%	50%	0.655218	0.597232
3	512x512	90%	90%	0.819404	0.801951

4.3 Pengujian Ekstraksi Ciri GLCM

Membandingkan ekstraksi ciri pada citra beras dengan parameter pengujian ekstraksi ciri GLCM orde-2 yaitu energy, homogeneity, correlation, contrast, dan entropy. Pengujian pada tahap ini menggunakan 30 citra latih hitam 30 citra latih uji hitam terang parameter size 512x512, sudut gabungan(0,45,90,135), jarak 1 level, kuantisasi 32, kernel option 7 dan kernel polynomial OAO dan OAA.

Tabel 4.4 Hasil pengujian berdasarkan satu ciri yang digunakan.

NO	Paramater ciri GLCM	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
1	Energy	76,66%	66,60%	0.898896	0.832878
2	Homogenity	50%	16,6%	0.930835	0.866138
3	Correlation	96,6%	90%	0.948546	0.808907
4	Contrast	33,3%	33,3%	1.19851	1.03185
5	Entropy	73,33%	66,66%	1.0027	0.858249

Tabel 4.5 Hasil Parameter Terbaikn GLCM.

No	Paramater ciri GLCM	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
----	---------------------	-------------	-------------	-------------------------	------------------------

1	Ciri 1 dan 3	93,33%	96,6%	0.832926	0.798131
2	Ciri 3 dan 5	93,33%	90%	0.844652	0.805715
3	Ciri 1 dan 5	86,6%	90%	0.854855	0.813147
4	Ciri 1,3 dan 5	96,6%	96,6%	0.832885	0.804857
5	Ciri 1 , 2 ,3 ,4 dan 5	76,66%	66,6%	1.16929	0.905254

4.4 Pengujian Klasifikasi SVM

Perbandingan pada klasifikasi SVM dengan membandingkan kernel option yang digunakan dengan menggunakan 30 citra latih hitam 30 citra latih uji hitam terang parameter size 512x512 ,ciri GLCM energy,correlation,dan entropy , sudut gabungan (0,45,90,135),jarak 1, level kuantisasi 32 dan kernel polynomial OAO dan OAA. Hasil perbandingan pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 hasil perbandingan kernel option

No	Kernel option	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
1	1	76,66	63,33	0.934345	0.868784
2	3	86,66	76,66	0.881619	0.834764
3	5	93,3	93,33	0.86176	0.819485
4	7	96,66	96,66	0.83555	0.81634
5	9	80	90	0.830263	0.817955
6	11	86,66	80	0.830421	0.81178

Dari hasil pengujian sudut pada tabel menunjukkan bahwa kernel option 7 mendapatkan hasil yang optimal karena pada saat pembagian menjadi 7 kernel hasil citra yang di uji mendapat hasil yang terbaik. Dan dilanjutkan dengan perubahan type kernel yang digunakan menggunakan Polynomial dan Gaussian dengan menggunakan 30 citra latih hitam 30 citra latih uji hitam terang parameter size 512x512, ciri GLCM energy, correlation, dan entropy ,sudut gabungan (0,45,90,135), jarak 1, level kuantisasi 32 OAO dan OAA sebagai berikut :

Tabel 4.7 hasil perbandingan type kernel

No	Type kernel	Akurasi OAO	Akurasi OAA	Waktu Komputasi (S) OAA	Waktu Komputasi (S)OAO
1	Polynomial	96,6%	96,6%	0.845291	0.811736
2	Gaussian	70%	63,33%	0.964033	0.962302

Hasil yang yang paling optimal adalah saat Type kernel polynomial karena kernel polynimial sangat optimal pada klasifikasi data berupa citra .

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem identifikasi dan klasifikasi kualitas beras melalui pengolahan citra digital, dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem mampu mengidentifikasi kualitas beras dengan membedakan pada kualiatas A , kualitas B dan kualitas C dengan menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan klasifikasi Support Vector Machine (SVM).
2. Warna latar sangat berpengaruh pada akurasi sehingga warna latar yang terbaik adalah hitam terang .
3. Akurasi sistem sangat optimal didapatkan pada saat warna latar hitam terang , size 512x512, jarak 1 , level kuatisasi 32 , ekstraksi ciri GLCM dengan parameter energy,correlation ,dan entropy , kernel option 7 ,dan type kernel polynomial dengan akurasi 96,6 % untuk OAA dan OAO dan waktu komputasi 0.845291 sec (OAA) dan 0.811736 sec (OAO).

5.1 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, sistem ini masih dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi dalam menganalisa kualitas beras. Adapun saran untuk pengembangan tugas akhir ini dan pengembangan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Memperbanyak butiran beras yang dapat diteliti melalui citra sehingga dapat langsung mengklasifikasi beras dalam jumlah yang besar.
2. Direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya untuk dapat menggunakan jenis beras yang berbeda dan menggunakan citra warna untuk membedakan kualitas berasnya.
3. Membuat aplikasi disistem android.

Daftar Pustaka

- [1] W. Surtika, Pengaruh Berbagai Jenis Beras Terhadap Aktivitas Antioksidan Pada Angkak Oleh *Monascus Purpureus*.
- [2] B. S. N. I. SNI, "foodstation.co.id," 2015. [Online]. Available: <https://www.foodstation.co.id/dov/SNI%206128-2015.pdf>. [Diakses 22 05 2018].
- [3] R. Suminar, *Klasifikasi Kualitas Beras Berdasarkan Ciri Fisik Berbasis Pengolahan Citra Digital Telkom University*, 2012.
- [4] E. D. Ginting, "Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny Dengan Matlab Untuk Membedakan Uang Asli dan Uang Palsu," 2009.
- [5] I. Restyana, *Identifikasi Pola Sidik Bibir Pada Pria dan Wanita Menggunakan Metode watershed dan Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) Untuk Aplikasi Forensik*, 2018.
- [6] S. Nabila, *Identifikasi Pola Sidik Bibir Pada Pria dan Wanita Menggunakan Metode Gray Level co-Occurence Matrix (GLCM) Dan (LVQ) Sebagai Aplikasi Bidang Forensik*, Bandung: Fakultas Teknik Elektro Telkom University, 2017.