

PENGEMBANGAN METODE *IMAGE PROCESSING* UNTUK *GRADING* BUAH SALAK PADANG SIDEMPUAN (*Salacca sumatrana*)

Fachri Ibrahim Nasution¹, Andasuryani², dan Renny Eka Putri²

¹Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Andalas, Padang

²Dosen Pascasarjana Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Andalas, Padang

Email: fnasution62@gmail.com

ABSTRAK

Buah salak merupakan suatu hasil pertanian di Indonesia, daerah Kabupaten Tapanuli Selatan menjadi salah satu sentra produksi buah salak terbesar di Sumatera Utara. Penanganan pascapanen buah salak asal Tapanuli Selatan ini atau yang sering disebut buah salak Padang Sidempuan belum dilakukan secara maksimal, sehingga dibutuhkan suatu penanganan buah salak terutama dalam proses *grading* berdasarkan kualitas buah salak. Penelitian ini memiliki tujuan untuk pengembangan metode *image processing* buah salak Padang Sidempuan dalam pengelompokan ukuran buah salak menggunakan *software* Matlab R2015a, serta mengidentifikasi sifat fisik dan kadar air buah salak Padang Sidempuan dari Desa Parsalakan. Proses *grading* buah salak mengacu pada (SNI 3167, 2009) mengenai bobot buah salak. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah program *grading* model *major* (Bwarea) dengan tingkat kecocokan 65,0% dengan rata-rata kesalahan pada uji validasi 16,37% dan nilai validasi model yang diperoleh antara bobot buah salak dan Bwarea buah salak Padang Sidempuan dengan nilai R^2 0,833. Model *intermediate* (Bwarea) dengan tingkat kecocokan 78,33% dengan rata-rata kesalahan pada uji validasi 18,45% dan nilai R^2 0,882. Model *minor* (Bwarea) dengan tingkat kecocokan 70,0% dengan rata-rata kesalahan pada uji validasi 12,66% dan nilai R^2 0,8879. Model *mean* (Bwarea) dengan tingkat kecocokan 76,67% dengan rata-rata kesalahan pada uji validasi 8,99% dan nilai R^2 0,9528.

Kata Kunci— buah salak padang sidempuan; *grading*; *image processing*; model program

PENDAHULUAN

Salak merupakan salah satu hasil pertanian Indonesia dengan hasil produksi yang cukup besar. Menurut (Widodo & Herawati, 2019), salak atau *snake fruit* merupakan salah satu jenis buah populer yang berasal dari pulau Sumatera dan pulau Jawa. Adapun produksi salak di Indonesia dari data (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020) sebesar 896.504 ton pada tahun 2018 dan 955.763 ton pada tahun 2019. Berdasarkan (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2020), daerah Kabupaten Tapanuli Selatan memiliki produksi salak terbanyak di Sumatera Utara yaitu sebesar 161.150 ton pada tahun 2018 dan 197.026,4 ton pada tahun 2019.

Perbedaan tanaman salak di Indonesia ada tiga jenis secara umum, yaitu salak Bali (*Salacca amboinensis* (Becc) Mogeia), memiliki 1-2 biji, salak Jawa (*Salacca zalacca* (Gaertner) Voss) memiliki 2-3 biji dan salak Padang Sidempuan (*Salacca sumatrana* (Becc) Mogeia) memiliki daging buah berwarna merah (Fransiskus 2010, dalam (Harahap & Andiarini, 2018)). Informasi untuk jumlah biji salak Padang Sidempuan itu sendiri belum ada, namun informasi yang terkait dengan salak Padang Sidempuan lebih banyak mengenai warna daging buah salak tersebut. Pemanenan buah salak diketahui dari umur salak atau dengan melihat aktualisasi dari buah salak tersebut. Menurut (Anarsis, 2009; Gardjito & Saifudin, 2011), bahwa buah salak dipanen setelah matang pada umur 6 bulan setelah bunga mekar (*anthesis*). Tingkat kematangan buah salak ditandai dengan warna dari kulit buah menjadi merah kehitaman atau kuning tua, hilangnya bulu kulit luar, ujung kulit buah (bagian yang meruncing dari buah) akan lunak apabila ditekan dan sisik pada buah salak akan semakin meregang tingkat kerapatannya. Tanda lainnya yaitu warna buah salak mengkilat, bila dipetik mudah terlepas dari tangkai dan beraroma salak. Proses pemanenan melalui penampakan buah salak biasanya dilakukan oleh orang yang telah berpengalaman, sedangkan pemanenan melalui umur buah salak dapat dilakukan oleh siapa saja.

Penanganan pascapanen salak Padang Sidempuan masih dilakukan petani salak secara manual, sehingga proses pascapanen belum dilakukan secara maksimal. Misalnya pada proses pengelompokkan kelas mutu buah salak atau *grading*, umumnya petani salak memisahkan salak

berdasarkan kualitas dari buah salak dan kurang memperhatikan kelas mutu dari buah salak tersebut, sebelum dijual ke pengepul ataupun dijual secara perorangan. Secara umum petani salak menyeragamkan ukuran buah salak pada tiga tingkatan sesuai dengan banyaknya buah per kilogram. Kategori ukuran besar sebanyak 10-12 buah/kg, ukuran sedang sebanyak 13-21 buah/kg dan ukuran kecil sebanyak 22-31 buah/kg.

Upaya peningkatan nilai jual buah salak Padang Sidempuan perlu dilakukan dengan penanganan pascapanen yang baik, hal ini bertujuan untuk meningkatkan ekonomi petani dan kepuasan konsumen terhadap buah salak Padang Sidempuan tersebut. Salah satu kegiatan dalam pascapanen adalah *grading*. Tujuan dari kegiatan *grading* ini untuk memberikan nilai lebih (harga yang lebih tinggi) untuk kualitas produk yang lebih baik. Adapun standar yang digunakan untuk *grading* tergantung dari permintaan pasar. *Grading* (pengelompokan berdasarkan mutu) buah salak Padang Sidempuan umumnya masih dilakukan dengan cara yang manual dengan menggunakan tenaga pekerja untuk proses pengklasifikasiannya. Proses pengkelasan buah salak dengan cara manual (tenaga manusia) ini memiliki kelemahan yakni harus dilakukan oleh orang yang berpengalaman dalam menentukan mutu buah salak. Kelemahan lainnya adalah proses *grading* dalam jumlah besar dapat menyebabkan kejenuhan karena melakukan pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang, sehingga proses pengklasifikasian tidak subjektif dan menghabiskan waktu dalam proses pengklasifikasian buah salak. Metode lain yang dapat meminimalkan tenaga pekerja dalam proses *grading* yaitu dengan menggunakan *image processing*.

Berdasarkan uraian diatas diperlukan suatu sistem yang dapat menentukan tingkat kematangan secara akurat. Citra digital merupakan suatu teknik yang dapat mengolah persepsi visual dalam hal ini luas permukaan area buah salak Padang Sidempuan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengembangkan proses klasifikasi mutu buah salak Padang Sidempuan dengan menggunakan *image processing* (2) Mengembangkan metode metode *grading* buah salak Padang Sidempuan dengan software GUI Matlab R2015a.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2021 di Kota Padang Sidempuan, Sumatera Utara dikarenakan Pandemi Covid-19 (Coronavirus disease 2019). Tempat pengambilan sampel buah salak Padang Sidempuan dilakukan di kebun petani salak Desa Parsalakan.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah buah salak Padang Sidempuan yang baru dipanen sebanyak 60 buah dimana setiap *grade* terdiri dari 20 buah sampel buah salak dan 30 buah untuk uji validasi dimana setiap *grade* terdiri dari 10 buah sampel buah salak. *Grade* buah salak Padang Sidempuan mengacu kepada kode ukuran bobot buah salak berdasarkan (SNI 3167, 2009). Alat yang digunakan untuk pengolahan citra adalah kamera digital canon A2300 16 MP, timbangan digital, kotak akuisisi citra digital, laptop lenovo dengan sistem operasi windows 7 (*Intel core i3*, RAM 2 GB, *Processor 2,50 GHZ*), dan dilengkapi program pengolahan citra yang dirancang menggunakan *Software* Matlab R2015a serta alat pendukung lainnya.

C. Pengambilan Citra

Pengambilan citra dilakukan dengan dua tahapan yaitu tahap penelitian pendahuluan dan penelitian. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan nilai dari (*criterion area*) atau *mean* Bwarea buah salak Padang Sidempuan sesuai dengan kelasnya masing-masing melalui citra digital. Setelah didapat nilai *mean* Bwarea dari masing-masing *grade*, maka di rata-ratakan nilai *mean* Bwarea buah salak tersebut, yang nantinya sebagai acuan *syntax mean* Bwarea buah salak untuk *grading* buah salak Padang Sidempuan pada tahap penelitian *image processing* menggunakan program GUI Matlab R2015a. Pengambilan citra pada tahap penelitian pendahuluan dan penelitian dilakukan dengan mengambil tiga buah sumbu yang saling tegak lurus, a (*major*), b (*intermediate*), c (*minor*) pada kotak citra dengan jarak kamera ke objek adalah 30 cm sesuai dari hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan serta menggunakan *background* berwarna putih (Rosyid, 2018; Seema, 2015). Menggunakan lampu 22 watt sebanyak 4 buah dibagian atas kotak citra digital (Ifmalinda et

al., 2018). Tahapan selanjutnya dipindahkan ke komputer (laptop) untuk mengekstrak ciri morfologi gambar dengan algoritma yang ada pada *software* Matlab. Setelah diperoleh *syntax* untuk setiap *grade* buah salak Padang Sidempuan maka proses tahapan penelitian dilanjutkan dengan mengambil sampel buah salak Padang Sidempuan sebanyak 60 buah dimana setiap *grade* terdapat 20 buah dan untuk uji validasi dari model sebanyak 30 buah dimana setiap *grade* terdapat 10 buah buah salak Padang Sidempuan yang dipanen langsung dari kebun petani salak.

Tahapan pengambilan data citra merujuk kepada penelitian (Mahawar et al., 2019), dimana bobot buah kinnow Mandarin dapat diperkirakan dari dimensi area yang diukur dari buah tersebut. (Garavand & Nasiri, 2011) menyatakan bobot lemon manis dapat diperkirakan dari dimensi area yang diukur dari buah tersebut. Adapun bobot buah kinnow Mandarin dan lemon manis dapat diperkirakan sebagai fungsi satu, dua dan tiga dimensi. Pemodelan dari kedua buah tersebut dapat diestimasi berdasarkan area proyeksi yang saling tegak lurus. Hal ini yang menjadi acuan untuk menduga bobot buah salak berdasarkan area proyeksi pengambilan ketiga sumbu yang saling tegak lurus (*major*, *intermediate* dan *minor*). Adapun kriteria proyeksi area (CPA) merujuk kepada (Mahawar et al., 2019; Mohsenin, 1986), dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$CPA = \frac{PA_1 + PA_2 + PA_3}{3} \quad (1)$$

dimana:

- CPA : *Criteria Projection Area* (Piksel)
- PA₁ : Area Proyeksi *major* (Piksel)
- PA₂ : Area Proyeksi *intermediate* (Piksel)
- PA₃ : Area Proyeksi *Minor* (Piksel)

Pengambilan data citra dilakukan setelah proses segmentasi dan analisis citra dengan *coding* pada aplikasi Matlab R2015a. Proses pengambilan citra dilakukan dengan ketiga sumbu yang saling tegak lurus, a *major* (intersep terpanjang), b *intermediate* (intersep terpanjang normal ke a), c *minor* (intersep terpanjang normal ke a,b). Hasil yang diperoleh dari segmentasi citra tersebut adalah luasan area (piksel) yang diproyeksikan dari ketiga sumbu untuk proses *grading* buah salak Padang Sidempuan.

D. Pengolahan citra

Pengolahan citra dilakukan dalam proses *grading* buah salak Padang Sidempuan dengan menggunakan *software* Matlab R2015a. (Laksono, 2015), menyatakan bahwa pada umumnya matlab digunakan untuk teknik komputasi dan digunakan untuk penyelesaian masalah yang melibatkan operasi matematika, elemen teknik, optimasi apoksimasi dan lain-lain. Matlab juga banyak digunakan untuk matematika dan komputasi, pengembangan dan algoritma, pemograman dan pemodelan, simulasi dan pembuatan prototipe, analisa data, eksplorasi dan visualisasi, analisa numerik dan statistik serta pengembangan aplikasi teknik. Adapun proses pengolahan citra dilakukan dengan proses segmentasi dan analisis citra buah salak tersebut. Adapun langkah proses segmentasi sebagai berikut:

1. Membaca dan menampilkan citra asli (RGB) yang diambil dengan menggunakan kamera digital melalui kotak citra pada ketiga sumbu yang saling tegak lurus (a) *major*, (b) *intermediate*, dan (c) *minor*.
2. Mengubah gambar citra warna asli RGB menjadi gambar intensitas abu-abu (*grayscale*), dengan menghilangkan informasi rona dan saturasi sambil mempertahankan pencahayaan
3. Mengkonversi gambar ke gambar biner, dengan mengubah gambar *grayscale* ke menjadi gambar biner.
4. Menghitung citra komplemen dengan cara mengubah nilai nol menjadi satu dan satu menjadi nol, dimana hitam dan putih dibalik. Adapun ketentuan apabila IM adalah gambar *grayscale* atau RGB dari kelas ganda (*double*) maka menggunakan ekspresi 1- dalam fungsinya, jika IM merupakan gambar biner maka dapat menggunakan ekspresi $\sim IM$ sebagai fungsinya.
5. Melakukan perintah untuk merekonstruksi atau memperbaiki citra kembali dengan mengisi lubang di gambar biner (BW).

6. Melakukan operasi erosi citra *grayscale*, biner atau biner dalam IM serta dapat mengembalikan citra IM2 yang terkikis.
7. Melakukan operasi morfologi yang bertujuan untuk membuat elemen penataan datar berbentuk disk, dimana R menentukan radius. R harus bilangan bulat non negatif. N harus bernilai 0, 4, 6 atau 8. Operasi morfologi akan berjalan lebih cepat apabila menggunakan pendekatan ($N > 0$).
8. Melakukan operasi *thresholding* sehingga diperoleh citra biner yang mempresentasikan area (luasan dari objek). Luas dari objek atau (area) kemudian dihitung dengan cara menjumlahkan seluruh angka 1 (piksel berwarna putih) pada citra biner yang diperoleh. Luas objek dihitung dalam satuan piksel. Kemudian nilai dari ketiga sumbu yang diproyeksikan luasan objek ini akan di jumlahkan untuk mendapatkan hasil dari luas area buah salak tersebut.
9. Langkah selanjutnya setelah mendapatkan luas area buah salak dari setiap *grade* buah, maka dilakukan proses *grading* buah salak dengan *syntax* yang diperoleh dari luas Bwarea sebagai acuan pengkodean *grade* dari buah salak Padang Sidempuan pada penelitian pendahuluan.

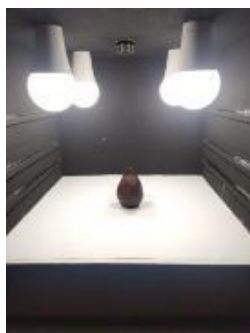
E. Mengetahui hubungan Korelasi Model Pengolahan Citra dengan Bobot buah Salak

1. Analisis korelasi regresi linear antara model (a) *major* Bwarea dengan bobot buah salak Padang Sidempuan
2. Analisis korelasi regresi linear antara model (b) *Intermediate* Bwarea dengan bobot buah salak Padang Sidempuan
3. Analisis korelasi regresi linear antara model (c) *minor* Bwarea dengan bobot buah salak Padang Sidempuan
4. Analisis korelasi regresi linear antara model *mean* Bwarea dengan bobot buah salak Padang Sidempuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Image Processing

Analisa citra buah salak Padang Sidempuan dimulai dari proses pengambilan citra buah salak yang dilakukan di dalam kotak citra. Pengambilan citra buah salak dilakukan dalam keadaan diam dengan menggunakan kamera canon A2300 16 MP dibagian tengah atas kotak citra, lampu 22 watt sebanyak 4 buah dibagian atas kotak citra dan jarak kamera ke objek yaitu 30 cm sesuai dengan penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan terlebih dahulu. Pengambilan citra dilakukan dengan mengambil tiga buah sumbu yang saling tegak lurus a (*major*), b (*intermediate*) dan c (*minor*). Adapun kotak citra pengambilan citra buah salak Padang Sidempuan dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil dari pengambilan citra buah salak Padang Sidempuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kotak Citra



a (*Major*)

c (*Intermediate*)

c (*Minor*)

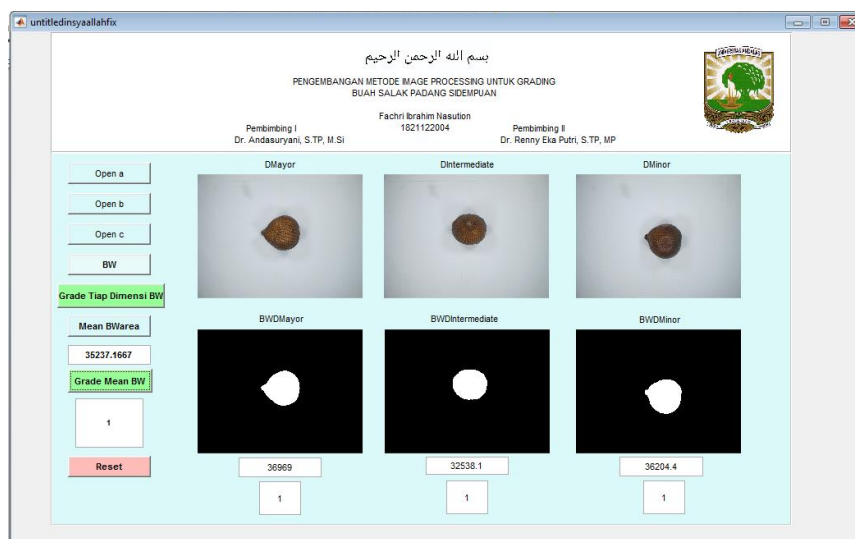
Gambar 2. Hasil Pengambilan Citra Buah Salak Padang Sidempuan

Program pengolahan citra untuk *grading* buah salak Padang Sidempuan menggunakan program GUI Matlab R2015a mengacu pada penelitian (Mahawar et al., 2019), dimana dalam penelitiannya menggunakan regresi variabel berganda bobot buah berdasarkan area proyeksi buah kinnow Mandarin. (Garavand & Nasiri, 2011) dalam penelitiannya menyatakan model pengukuran klasifikasi buah lemon manis dengan menggunakan tiga diameter membuat mekanisme pengukuran (*sizing*) menjadi kompleks dan mahal. Program *grading* buah salak ini didesain untuk menentukan model program *grading* terbaik dari area buah salak dari setiap sumbu yang diproyeksikan (*major, intermediate, minor*) dan *mean Bwarea* buah salak dari hasil pengolahan citra digital dengan meratakan ketiga sumbu yang saling tegak lurus (*major, intermediate* dan *minor*) dari buah salak tersebut. Penentuan area buah salak dari setiap sumbu yang diproyeksikan dan *mean Bwarea* buah salak diperoleh dari hasil operasi *thresholding*. Hasil yang diperoleh dari operasi *thresholding* adalah citra biner yang mempresentasikan area (luasan dari objek). Luasan objek berwarna putih pada citra dihitung dalam satuan piksel, kemudian nilai dari ketiga sumbu yang diproyeksikan (luasan objek) dijumlahkan untuk mendapatkan nilai dari *mean Bwarea* buah salak tersebut. Hal ini mengacu pada penelitian (Mahawar et al., 2019), (Garavand & Nasiri, 2011), dimana dalam klasifikasi bobot buah dapat diperkirakan sebagai fungsi satu, dua dan tiga dimensi. Pemodelan buah kinnow Mandarin dan lemon manis dalam penelitiannya diestimasi berdasarkan area proyeksi yang saling tegak lurus.

Adapun *syntax* untuk program *grading* buah salak diperoleh dari hasil penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan yang dilakukan mengacu pada pengkelasan nilai bobot buah salak berdasarkan (SNI 3167, 2009). Langkah selanjutnya dilakukan proses segmentasi citra buah salak pada ketiga sumbu yang saling tegak lurus (*major, intermediate* dan *minor*) untuk mendapatkan nilai *mean* area permukaan buah salak (*Bwarea*) sesuai dengan kelasnya masing-masing melalui citra digital. Nilai rata-rata area dari sumbu yang diproyeksikan (*major, intermediate, minor*) dan *mean Bwarea* buah salak Padang Sidempuan yang digunakan untuk *syntax* pada program Matlab R2015a dapat dilihat pada Tabel 1. Program *grading* buah salak Padang Sidempuan menggunakan *image processing* dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. *Syntax* Bwarea Buah Salak Padang Sidempuan

Grade	Major (a) (Piksel)	Intermediate (b) (Piksel)	Minor (c) (Piksel)	Mean Bwarea (Piksel)
1	>29911,07	>27740,56	>30348,06	> 29333,23
2	26624,32 - 29911,07	23990,57 - 27740,56	26869,60 - 30348,06	25829,00 - 29333,23
3	23352 - 26624,32	19423,4 - 23990,57	22021,4 - 26869,60	22357,47 - 25828,16



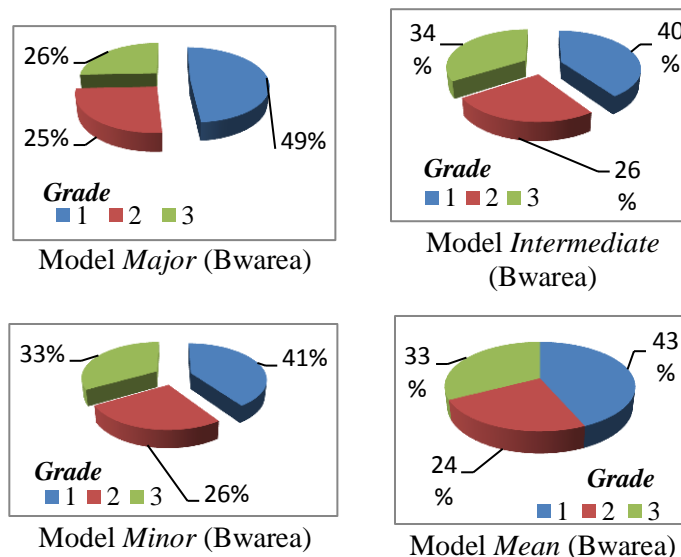
Gambar 3. Program *grading* buah salak Padang Sidempuan

Penelitian menggunakan program *grading* buah salak Padang Sidempuan mengacu pada pengkelasan nilai bobot buah salak sesuai (SNI 3167, 2009) dimana nilai rata-rata yang diperoleh dari area pengolahan citra sumbu *major* (Bwarea) dengan menggunakan program Matlab R2015a pada *grade* 1 yaitu 35.676,20 piksel, *grade* 2 yaitu 30.243,34 piksel dan *grade* 3 yaitu 26.565,77 piksel. Nilai yang diperoleh dari area pengolahan citra sumbu *intermediate* (Bwarea) pada *grade* 1 yaitu 31.312,90 piksel, *grade* 2 yaitu 26.149,21 piksel dan *grade* 3 yaitu 22.450,43 piksel. Nilai yang diperoleh dari area pengolahan citra sumbu *minor* (Bwarea) pada *grade* 1 yaitu 35.986,06 piksel, *grade* 2 yaitu 30.327,63 piksel dan *grade* 3 yaitu 26.173,11 piksel. Nilai yang diperoleh dari rata-rata *mean* Bwarea (Bwarea) buah salak yang diproyeksikan pada *grade* 1 yaitu 34.325,05 piksel, *grade* 2 yaitu 28.906,73 piksel dan *grade* 3 yaitu 25.063,10 piksel. Adapun hasil tingkat kecocokan yang diperoleh dari model program *grading* buah salak Padang Sidempuan dengan *grading* manual sesuai (SNI 3167, 2009) dapat dilihat pada Tabel 2.

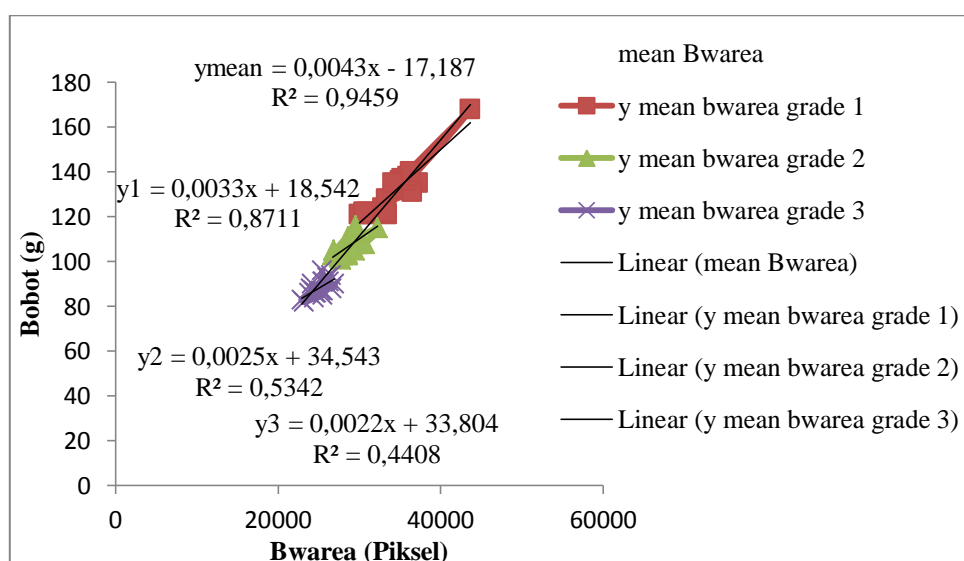
Tabel 2. Hasil Pengujian Tingkat Kecocokan

Model	Sampel	Grade	Sesuai	Tidak Sesuai	Kecocokan (%)		SD	SEM
					Tiap Grade	Mean		
<i>Major</i> (Bwarea)	20	1	19	1	95			
	20	2	10	10	50	65,00	25,98	3,35
	20	3	10	10	50			
<i>Intermediate</i> (Bwarea)	20	1	19	1	95			
	20	2	12	8	60	78,33	17,56	2,27
	20	3	16	4	80			
<i>Minor</i> (Bwarea)	20	1	17	3	85			
	20	2	11	9	55	70,00	15,00	1,94
	20	3	14	6	70			
<i>Mean</i> (Bwarea)	20	1	20	0	100			
	20	2	11	9	55	76,67	22,55	2,91
	20	3	15	5	75			

Hasil yang diperoleh dari tingkat kecocokan antara model program *grading* buah salak Padang Sidempuan dengan *grading* manual yang mengacu pada (SNI 3167, 2009) memiliki tingkat persentase kecocokan yang cukup tinggi yaitu pada model *major* (Bwarea) memiliki persentase kecocokan sebesar 65,00%, dengan nilai koefisien determinasinya (R^2) pada model *major* (Bwarea) = 0,84 model *intermediate* (Bwarea) sebesar 78,33%, dengan nilai (R^2) = 0,88 model *minor* (Bwarea) sebesar 70,00 %, dengan nilai (R^2) = 0,85 dan model *mean* (Bwarea) sebesar 76,67 %, dengan nilai (R^2) = 0,95. Tingkat kecocokan antara (SNI 3167, 2009) dan program *grading* buah salak dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun pada model pengukuran *mean* Bwarea yang merupakan model terbaik sebagai contoh dari kesalahan tingkat kecocokan antara nilai hasil *grading* menggunakan citra dan *grading* dengan (SNI 3167, 2009) terdapat kesalahan pengukuran pada *grade* 2 dan *grade* 3 dimana kesalahan ini disebabkan karena terdapat beberapa buah salak yang memiliki bobot ringan namun memiliki area yang dikategorikan pada *grade* 1. Hal lain yang mempengaruhinya adalah nilai dari koefisien determinasi (R^2) pada *grade* 2 dan *grade* 3 tersebut lebih kecil dibandingkan pada *grade* 1, Hal ini dapat dilihat pada grafik regresi linear pada Gambar 5. Adapun pengukuran dari ketiga area yang diproyeksikan untuk *grading* buah salak Padang Sidempuan menjadikan model *mean* (Bwarea) sebagai model yang paling baik dari model program lainnya. (Garavand & Nasiri, 2011), menyatakan dalam penelitiannya bahwa model pengukuran klasifikasi buah lemon manis dengan menggunakan tiga area yang diproyeksikan mendapatkan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,883$ pada model regresi linear. Tingginya nilai koefisien determinasi ini menjadikan model pengukuran dari tiga area yang diproyeksikan untuk buah lemon manis sebagai model yang lebih baik dari dibandingkan dengan model lainnya.



Gambar 4. Tingkat Kecocokan



Gambar 5. Grafik Regresi Linear Model Mean Bwarea

B. Validasi

Validasi terhadap model regresi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk menguji kevalidan nilai data antara bobot aktual dengan nilai dari model program *grading* buah salak Padang Sidempuan. Hasil regresi linear antara bobot buah salak Padang Sidempuan dengan hasil Bwarea yang diperoleh dari model regresi dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut.

Tabel 3. Persamaan Regresi Linear dari Model Program *Grading*

Model	Persamaan Regresi	R ²
<i>Major (Bwarea)</i>	$y = 0,0038x - 9,0431$	0,844
<i>Intermediate (Bwarea)</i>	$y = 0,0043x - 6,2275$	0,8827
<i>Minor (Bwarea)</i>	$y = 0,0036x - 1,1810$	0,8484
<i>Mean (Bwarea)</i>	$y = 0,0043x - 17,187$	0,9459

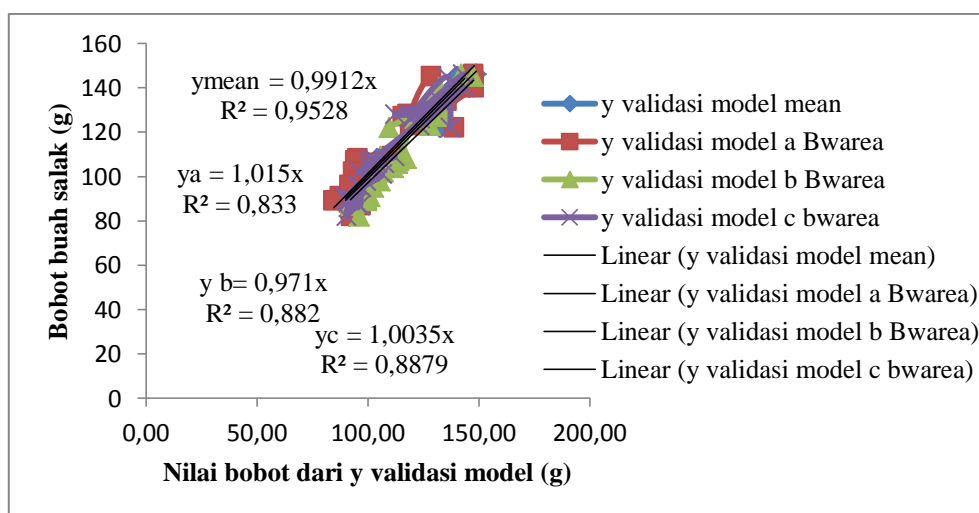
Tahapan selanjutnya adalah memasukkan nilai data validasi dari area yang diproyeksikan oleh ketiga sumbu (*major, intermediate, minor*) dan *mean* Bwarea dari hasil program *grading* buah salak ke dalam persamaan regresi linear hasil penelitian. Nilai yang diperoleh dari persamaan ini adalah

prediksi bobot buah salak melalui program *grading* buah salak Padang Sidempuan. Hasil pengujian validasi program dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Validasi Program *Grading* Buah Salak Padang Sidempuan

Model	Total Bobot Aktual (g)	Total y validasi model (g)	Total Rata2 % Kesalahan
<i>Major</i> (Bwarea)	3.273	3.216,59	16,37
<i>Intermediate</i> (Bwarea)	3.273	3.382,74	18,45
<i>Minor</i> (Bwarea)	3.273	3.264,52	12,66
<i>Mean</i> (Bwarea)	3.273	3.303,72	8,99

Hasil yang diperoleh dari pengujian validasi model program *grading* buah salak Padang Sidempuan adalah total bobot aktual buah salak dari 60 buah sampel sebesar 3.273 g. Total y validasi model *major* (Bwarea) dari program *grading* buah salak sebesar 3.216,59 g dengan persentase total rata-rata kesalahan sebesar 16,37%. Model *intermediate* (Bwarea) sebesar 3.382,74 g dengan persentase total rata-rata kesalahan sebesar 18,45%. Model *minor* (Bwarea) sebesar 3.264,52 g dengan persentase total rata-rata kesalahan sebesar 12,66%. Model *mean* (Bwarea) sebesar 3.303,72 g dengan persentase total rata-rata kesalahan sebesar 8,99%. Hasil dari kevalidan tertinggi terdapat pada model *mean* (Bwarea) program *grading* buah salak Padang Sidempuan, dimana persentase kesalahan antara bobot aktual dengan nilai dari model program *grading* buah salak lebih sedikit dibandingkan dengan model lainnya. Grafik dari hasil pengujian validasi model program *grading* buah salak Padang Sidempuan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Validasi Model

Validasi yang diperoleh dari persamaan nilai regresi linear bobot buah salak dengan *mean* Bwarea buah salak pada pengolahan citra digital memiliki korelasi yang kuat dengan y validasi model dari *mean* Bwarea buah salak. Adapun nilai R^2 yang diperoleh dari hasil validasi model *major* Bwarea (a) sebesar 0,833 dengan nilai persentase y validasi dari model regresi terhadap bobot buah salak Padang Sidempuan sebesar 83,30%. Model *intermediate* Bwarea (b) sebesar 0,882 dengan nilai persentase sebesar 88,20%. Model *minor* Bwarea (c) sebesar 0,8879 dengan nilai persentase sebesar 88,79%. Model *mean* (Bwarea) menjadi model program *grading* yang terbaik dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9528 dan nilai persentasenya sebesar 95,28%. (Purnomo, 2016) menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi berkisar antara 0 sampai -1 atau 0 sampai 1, dimana nilai yang mendekati nilai -1 ataupun 1 maka hubungan korelasi semakin erat, namun apabila nilai mendekati 0 maka hubungannya semakin melemah. Oleh karena itu penggunaan model *mean* (Bwarea) untuk program *grading* buah salak Padang Sidempuan dapat diaplikasikan karena memiliki nilai persentase dari koefisien determinasi sebesar 95,28% serta memiliki hubungan yang erat antara bobot dengan nilai dari area pengolahan *image processing*.

KESIMPULAN

Model program pengembangan *image processing* untuk *grading* buah salak Padang Sidempuan memiliki hasil persentase kecocokan model *major* (Bwarea) sebesar 65,00%, tingkat keakurasian validasi 83,30%. Model *intermediate* (Bwarea) sebesar 78,33% tingkat keakurasian validasi 88,20%. Model *minor* (Bwarea) sebesar 70,00%, tingkat keakurasian validasi 88,79%. Model *mean* (Bwarea) sebesar 76,67% tingkat keakurasian validasi sebesar 95,28%, sehingga bobot buah dengan area hasil pengolahan *image processing* memiliki hubungan yang sangat erat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anarsis, W. (2009). *Agribisnis Komoditas Salak (Hasil Pengalaman Selama 20 Tahun)* (Cetakan ke). PT. Bumi Aksara.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2020). Catalog : 1101001. *Statistik Indonesia 2020, 1101001*, 790. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2020). Catalog : 1102002.12. *Statistik Provinsi Sumatera Utara, 1102002.12*, 1090.
- Garavand, A. T., & Nasiri, A. (2011). Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 433–438.
- Gardjito, M., & Saifudin, U. (2011). *Penanganan Pascapanen Buah-buahan Tropis* (I. sri Utami (ed.)). Kanisius.
- Harahap, G. P., & Andiarini, N. R. (2018). *Keragaman Jenis Salak Padang Sidempuan (Salacca sumatrana) Berdasarkan Karakter Morfologi dan Analisis Isoenzim*. 6(5), 922–929.
- Ifmalinda, I., Fahmy, K., & Fitria, E. (2018). Prediction of Siam Gunung Omeh Citrus Fruit (Citrus Nobilis Var Microcarpa) Maturity Using Image Processing. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 6(3), 335–342. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.335-342>
- Laksono, H. D. (2015). *Pengantar Pemograman dengan Matlab* (H. D. Laksono (ed.); Cetakan Pe). Andalas University Press.
- Mahawar, M. K., Bibwe, B., Jalgaonkar, K., & Ghodki, B. M. (2019). Mass modeling of kinnow mandarin based on some physical attributes. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13079>
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical Properties of Plant and Animal Materials* (Second Rev). Gordon and Breach, Since Publisher.
- Purnomo, R. A. (2016). Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis Dengan SPSS. In P. C. Ambarwati (Ed.), *Cv. Wade Group* (Cet 1). CV. Wade Group
- Rosyid, M. A. (2018). *Identifikasi Bentuk Buah Mangga Gedong dengan Pengolahan Citra*. IPB (Institut Pertanian Bogor).
- Seema. (2015). *Automatic Fruit Grading Using Computer Vision*. National Institute Of Technology Kurukshetra.
- SNI 3167. (2009). *Baca SNI*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/7374>
- Widodo, P., & Herawati, W. (2019). *Distribution of Salacca zalacca ‘ Kelapa .’* 36(1), 10–14. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2019.36.1.634>