

IDENTIFIKASI *NON-DESTRUCTIVE* KANDUNGAN TOTAL KAROTEN PADA BUAH KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUINEENSIS JACQ*) BERBASIS ANALISIS CITRA

Sandra Malin Sutan¹, Ahmad Diyanal Arifin², dan Yusuf Hendrawan³

¹Dosen Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang 65145

²Lab. daya Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya Malang 65145

³Dosen Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang 65145

Email: sandramalinsutan@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses penundaan waktu (inap) terhadap kandungan total karoten pada buah kelapa sawit serta mengetahui hubungan antara indeks warna RGB, HSV dan L^*a^*b terhadap kandungan total karoten pada buah sawit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh proses penundaan waktu terhadap kandungan total karoten pada buah sawit, dimana semakin lama penundaan maka kandungan total karoten juga semakin tinggi. Pola hubungan antara indeks warna RGB, HSV dan L^*a^*b terhadap kandungan total karoten didapatkan trend hubungan terbaik adalah naik secara eksponensial, dimana 4 parameter dengan trend hubungan terbaik adalah Saturation, value, a^* dan b^* .

Katakunci- ANN, Analisis Citra, Buah Kelapa Sawit, Total Karoten

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia terus meningkat setiap tahun bahkan mencapai lebih dari 100% dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, dimana pada tahun 2005 yang masih mencapai 14,07 juta ton menjadi 31 juta ton pada tahun 2014. Sementara nilai ekspor kelapa sawit pun juga terus meningkat dari 4,4 juta ton di tahun 2005 menjadi 20 juta ton pada tahun 2014 atau setara dengan US \$ 21 milyar (FAO dan GAPKI, 2014). Produk utama kelapa sawit yaitu minyak sawit / *Crude Palm Oil* (CPO) memang memiliki nilai ekonomis tinggi serta manfaat yang banyak. Selain sebagai bahan utama dalam pembuatan minyak goreng, *Crude Palm Oil* (CPO) juga dapat dikonversi menjadi biodiesel yang digunakan sebagai energi alternatif pengganti minyak bumi. Dalam industri farmasi dan kimia, CPO juga sering dimanfaatkan untuk pembuatan obat-obatan, antibiotik hingga kosmetik. Minyak sawit kasar atau CPO merupakan salah satu sumber karoten tertinggi yang diekuivalenkan dengan retinol (pro-vitamin A). Kandungan karoten berbeda menurut varietas dan kematangan buah. Kandungan karotenoid CPO dari varietas Tenera berkisar antara 500-700 ppm, sedangkan varietas Dura yang berasal dari Nigeria berkisar antara 800-1600 ppm. Ditinjau dari struktur molekul, karotenoid minyak sawit terdiri atas beberapa senyawa karoten, dengan kandungan utama α dan β -karoten (Corley, 2003). Kandungan karotenoid menjadi sangat diperhatikan setelah adanya persyaratan minimum kadar total karoten sebesar 500 mg/kg CPO dari negara-negara importir seperti India, Belanda, Spanyol dan negara-negara Eropa (Pangaribuan & Asnawi 2005).

Selama ini prediksi kandungan β -karoten yang terkandung pada buah sawit dilakukan secara manual yaitu dengan cara perkiraan dan didasarkan pada pengalaman mandor sortasi. Hal ini tentunya akan sangat merugikan bagi para petani karena penilaian yang cenderung subjektif dan akan dihargai rendah. Sedangkan pengujian kandungan sawit dengan uji aproksimat dinilai mahal dan membutuhkan waktu yang relative lebih lama.

Pemanfaatan analisis Citra Digital (*Image Analysis*) dapat menjadi solusi alternative. Melalui *Image analysis* pengolahan data dilakukan secara visual dengan kemampuan yang lebih objektif sekaligus *non-destructive* terhadap bahan kelapa sawit. Sehingga dapat memprediksi β -karoten yang terkandung pada buah sawit secara cepat dan tepat. Teknik pengolahan citra digital ini akan digabungkan dengan sistem pengambilan keputusan yang akan memberikan akurasi yang tinggi, yaitu dengan menggunakan Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan/ *Artificial Neural Network* (ANN). *Artificial Neural Network* (ANN) terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran yang akan memprediksi kandungan β -karoten yang terkandung dalam buah sawit dengan menggunakan data dari hasil citra yang telah melalui proses *training* dan *validation*.

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2015 – Januari 2016 bertempat di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Jurusan Keteknikan Pertanian. Sedangkan untuk pengujian kandungan total karoten dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

B. Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Laptop Asus X450C, Kamera digital Asus Pixel Master 8 MP dan Kotak / *Chamber*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan buah kelapa sawit segar yang berumur dengan tingkat fraksi kematangan 1. dari mulai munculnya buah. Tandan buah sawit didapatkan dari kawasan Universitas Brawijaya.

C. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan yaitu pengambilan citra buah kelapa sawit, pengujian kandungan total karoten, pengolahan dan analisis citra serta pembentukan model ANN untuk prediksi kandungan total karoten pada buah kelapa sawit.

1). Pengambilan Citra Buah Sawit

Citra buah sawit diambil menggunakan kamera digital dengan resolusi 1920 x 1080 pixels. Buah sawit terlebih dahulu diletakkan pada kotak/chamber untuk memastikan Citra buah sawit diambil dengan menggunakan kamera digital. Pengambilan citra dilakukan di tiga sisi untuk setiap sampel buah dengan total ada 10 sampel untuk setiap kelompok perlakuan. Dengan menggunakan total waktu penundaan sampai hari ke-5 maka digunakan total 30 sampel buah sawit dengan total gambar *acquisition* sebanyak 150 gambar. Buah sawit sendiri diambil dari satu tandan yang sama dengan teknik pengambilan buah untuk setiap sampel dilakukan secara acak (*random*).

2). Analisa Total Karoten dengan Ekstraksi Kromatografi Kolom

Kromatografi Kolom merupakan metode pemisahan yang didasarkan pada pemisahan daya adsorpsi suatu adsorben terhadap suatu senyawa, baik pengotornya maupun hasil isolasinya. Seberapa jauh komponen itu dapat diserap adsorben tergantung pada sifat fisika komponen tersebut. Prinsip kerja kromatografi kolom perbedaan daya serap dari masing-masing komponen, campuran yang akan diuji, dilarutkan dalam sedikit pelarut lalu di masukan lewat puncak kolom dan dibiarkan mengalir kedalam zat menyerap. Senyawa yang lebih polar akan terserap lebih kuat sehingga turun lebih lambat dari senyawa non polar terserap lebih lemah dan turun lebih cepat. Zat yang diserap dari larutan secara sempurna oleh bahan penyerap berupa pita sempit pada kolom. Pelarut lebih lanjut / dengan tanpa tekanan udara masing-masing zat akan bergerak turun dengan kecepatan khusus sehingga terjadi pemisahan dalam kolom (Sastrohamidjojo, 2004).

3). Analisis Citra

Analisis Citra Buah sawit dilakukan dengan program komputer yang telah dibuat terlebih dahulu dengan bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0*. Adapun program yang dibuat yaitu *Features Extraction* memiliki kemampuan untuk memecah warna dari RGB menjadi warna-warna *hue-saturation-value* (HSV), $L^*a^*b^*$ dan warna keabuan.



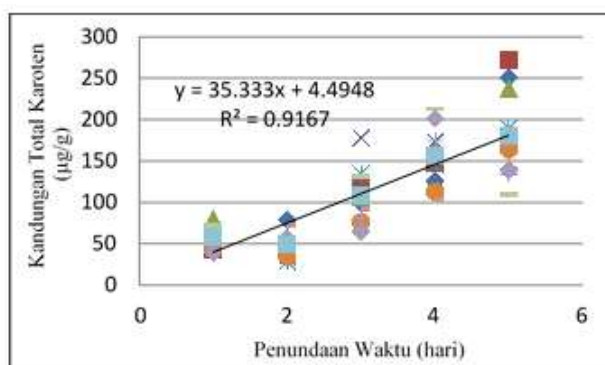
Gambar 1. Software *Feature Extraction*

Dengan menggunakan *features extraction* diatas 150 gambar di ekstrak dan membangun *co-occurrence matrix* untuk setiap golongan warna. Persamaan Harralick dipergunakan untuk menganalisis tekstur dan menghitung *Texture Features*. Didapat 120 *features* total ekstraksi dari *Texture Features*. Angka yang dihasilkan akan masuk kedalam *Microsoft Excel* yang dan akan diseleksi menggunakan *NNpred* untuk dicari nilai *error* yang paling kecil pada tahap selanjutnya. Tekstur analisis dapat dianggap sebagai salah satu teknik untuk mengekstraksi fitur gambar. Proses *co-occurrence matrix (CCM)* terdiri dari 3 proses utama, yaitu mengubah gambar yang repretasinya warna RGB menjadi warna abu-abu,HSV dan $L^*a^*b^*$.

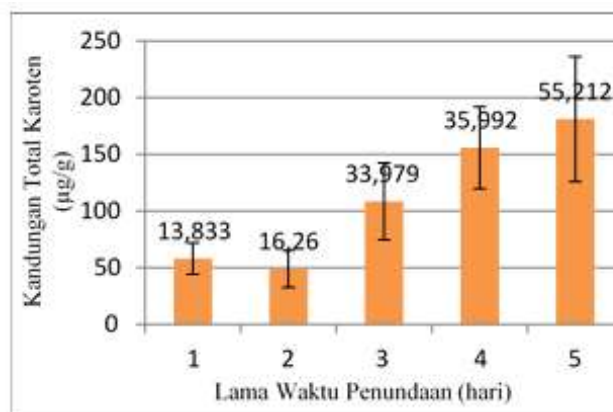
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hubungan Kandungan Total Karoten Terhadap Waktu Penundaan (Inap)

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa selama proses penundaan waktu yang dilakukan selama 5 hari secara berturut – turut kandungan total karoten pada buah kelapa sawit terus mengalami peningkatan. Berdasarkan uji regresi linier didapatkan persamaan linier untuk peningkatan kandungan total karoten selama penundaan waktu adalah $y = 35,555x + 4,495$ dengan nilai ketepatan linieritas mencapai 91,67%. Berdasarkan literatur, β -karoten adalah bentuk provitamin A yang paling aktif (Almatsier, S., 2001). β -karoten memiliki sifat kimia yang mirip dengan vitamin A, yaitu sensitif terhadap oksigen, cahaya, dan lingkungan asam (Ottaway, P.B., 2002). β -karoten mudah teroksidasi oleh cahaya, panas, logam, enzim, dan peroksida. Oksidasi β -karoten merupakan penyebab utama berkurangnya kadar β -karoten dalam bahan pangan (Rodriguez, 1997 dalam Meilinia, 2013).



Gambar 3. Hubungan kandungan total karoten selama proses inap berlanesune



Gambar 4. Nilai standar deviasi pada masing -

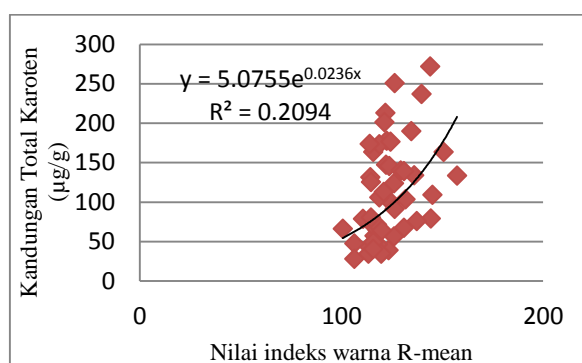
Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh antara penundaan waktu (inap) terhadap kandungan total karoten, dimana semakin lama penundaan waktu maka kandungan total karotennya pun juga akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh umur buah buah kelapa sawit yang

digunakan dimana kelapa sawit di panen pada fraksi panen 1 (12,5 – 25 % buah luar membrondol, buah berwarna kemerahan). Tingkat kematangan buah sawit berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme pada buah sawit. Pada umur buah sawit yang belum matang secara keseluruhan maka akan tetap terjadi proses metabolisme sehingga akan membuat kandungan total karoten yang terdapat pada buah sawit terus meningkat sampai terjadi proses kematangan sempurna.

Sedangkan apabila dilihat dari diagram batang dapat diketahui bahwa besarnya nilai standar deviasi juga berbeda untuk setiap penundaan waktu dari mulai hari pertama sampai hari kelima. Dapat dilihat bahwa nilai standar deviasi terus mengalami kenaikan sampai nilai tertinggi pada hari kelima dengan nilai standar deviasi = 55,212. Nilai standar deviasi yang semakin meningkat ini mengikuti nilai dari hasil uji total karoten pada masing – masing sampel yang juga terus meningkat dari mulai hari pertama sampai hari kelima. Hal ini disebabkan oleh tingkat keragaman sampel serta teknik pengambilan sampel secara random.

B. Hubungan Indeks Warna RGB terhadap Kandungan Total Karoten

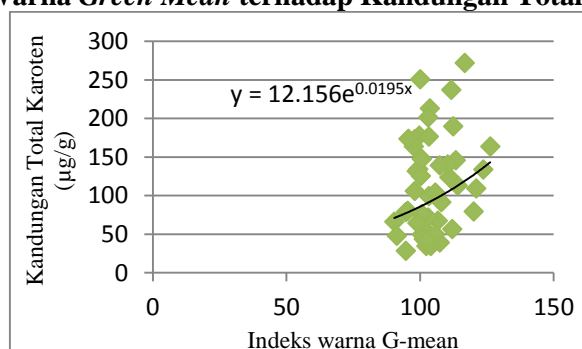
1). Hubungan Indeks *Red Mean* terhadap Kandungan Total Karoten



Gambar 5. Grafik hubungan indeks R-mean terhadap total karoten

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai indeks warna *R-mean* (merah) memiliki kecenderungan *trend* yang naik secara eksponensial terhadap nilai kandungan total karoten dengan persamaan $y = 5,0755 e^{0,0236x}$ dan nilai *R-squared* = 0,2094. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai indeks warna merah (*R-mean*) pada buah kelapa sawit maka kandungan total karoten yang terkandung didalam buah tersebut juga semakin tinggi dengan peningkatan mengikuti persamaan eksponensial seperti diatas. Grafik hubungan antara indeks warna *R-mean* dengan kandungan total karoten yang lebih cenderung dalam bentuk eksponensial menunjukkan bahwa setiap peningkatan taraf indeks warna merah pada buah tidak selalu memiliki taraf peningkatan yang sama terhadap kadar total karoten yang terkandung dalam buah tersebut. Perbedaan taraf peningkatan yang berbeda membuat bentuk hubungan tidak sesuai dengan kaidah linieritas sehingga akan menghasilkan hubungan berbanding lurus secara eksponensial.

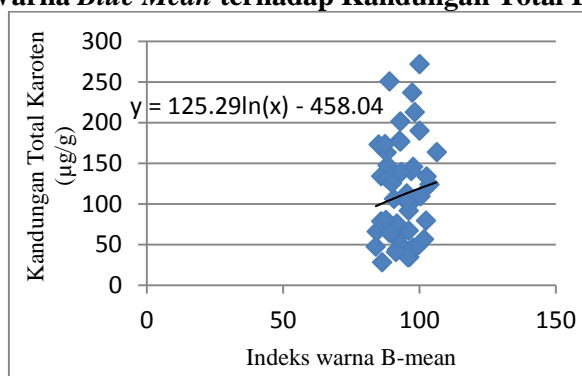
2). Hubungan Indeks Warna *Green Mean* terhadap Kandungan Total Karoten



Gambar 6. Grafik hubungan indeks G-mean terhadap total karoten

Berdasarkan gambar 6 dapat diketahui bahwa hubungan antara indeks warna hijau (*G-mean*) terhadap kandungan total karoten pada buah sawit memiliki *trend* terbaik secara eksponensial. Dalam gambar ini terlihat bahwa tingkat ketepatan nilai *G-mean* sangatlah rendah sehingga *trend* yang dihasilkan pun cenderung justru naik keatas secara stagnan, hal ini dapat dilihat secara kasat mata bahwa kelapa sawit yang digunakan untuk sampel tidak terlihat adanya warna hijau. Dalam pola hubungan seperti perubahan pada satu parameter tidak memiliki pengaruh nyata terhadap parameter lain. Dalam hal ini perubahan pada parameter indeks warna *green mean* (hijau) tidak menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap nilai kandungan total karoten. Pengaruh antar parameter juga dapat diartikan sebagai tingkat sensitivitas perubahan dari satu parameter terhadap perubahan pada parameter lain yang ikut dihubungkan.

3). Hubungan Indeks Warna *Blue Mean* terhadap Kandungan Total Karoten



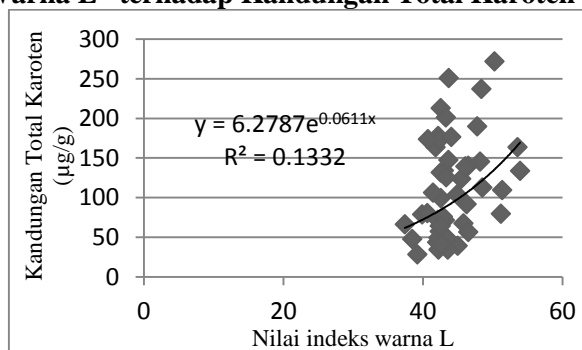
Gambar 7. Grafik hubungan indeks B-mean terhadap total karoten

Sedangkan untuk hubungan antara indeks warna B-mean terhadap kandungan total karoten dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai indeks warna biru stagnan atau kecil sekali terjadi perubahan nilai indeks biru pada buah sawit pada semua jenis sampel dan perlakuan. Pola *trend* hubungan antara indeks warna biru juga sangat rendah. Hal ini membuat hubungan antara indeks warna biru terhadap kandungan total karoten menjadi stagnan dan cenderung membentuk garis lurus ke atas. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa tingkat sensitivitas perubahan pada indeks warna biru terhadap kandungan total karoten sangat rendah. Perubahan nilai pada nilai indeks warna biru (*B-mean*) tidak akan berpengaruh secara signifikan terhadap kandungan total karoten yang diprediksi.

Dari keseluruhan hasil diatas dapat diketahui bahwa di semua parameter *feature* RGB menunjukkan *trend* hubungan yang rendah terhadap kandungan total karoten. Dari ketiga *features* RGB hanya nilai indeks warna *R-mean* (merah) saja yang memiliki *trend* hubungan yang cukup baik.

C. Hubungan Indeks Warna *L*a*b* terhadap Kandungan Total Karoten

1). Hubungan Indeks Warna *L** terhadap Kandungan Total Karoten

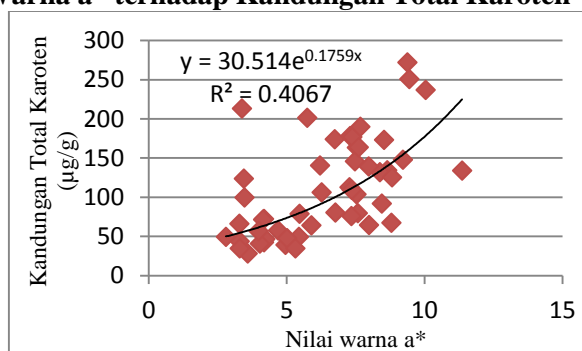


Gambar 8. Grafik hubungan indeks warna *L** terhadap total karoten

Nilai warna *L** (*luminance*) menunjukkan tingkat kecerahan dari suatu citra. Kecerahan yang dimaksud merupakan tingkat tinggi rendahnya cahaya yang terkandung di dalam suatu citra. Pada saat

nilai *luminance* = 100 maka tingkat kecerahannya maksimal atau mata menangkapnya sebagai warna putih. Sebaliknya jika nilai *luminance* = 0 maka tingkat kecerahannya minimal atau mata menangkapnya sebagai warna hitam. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *luminance* berkisar antara 40 – 60 atau keabu-abuan. Setelah dilakukan *plotting* titik – titik hubungan antara warna L^* terhadap kandungan total karoten selanjutnya dilakukan pemilihan *trend* hubungan yang terbaik. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai L^* memiliki kecenderungan *trend* terbaik meningkat secara eksponensial terhadap kandungan total karoten pada buah sawit. Hal ini berarti semakin tinggi tingkat kecerahan dari buah sawit maka kandungan total karotennya juga akan semakin tinggi mengikuti grafik peningkatan secara eksponensial.

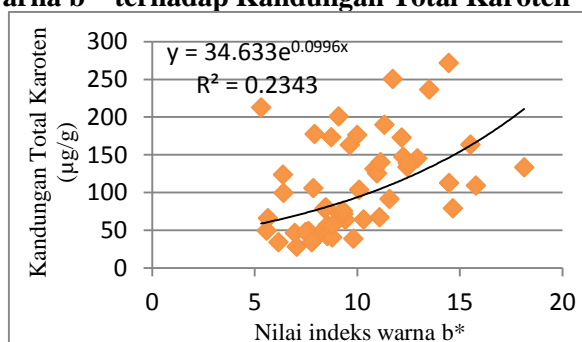
2). Hubungan Indeks Warna a^* terhadap Kandungan Total Karoten



Gambar 9. Grafik hubungan indeks warna a^* terhadap total karoten

Nilai indeks warna a^* menunjukkan nilai kemerahan (*redness*) dari suatu citra. Secara lebih detail nilai warna a^* merupakan warna komponen *chromatic* yang menunjukkan transisi warna dari hijau ke merah (*green-red axis*). Melalui *plotting* titik – titik hubungan antara nilai warna a^* dengan kandungan total karoten maka didapatkan grafik *trend* hubungan yang terbaik adalah garis hubungan eksponensial seperti pada grafik diatas. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan indeks warna a^* terhadap kandungan total karoten adalah berbanding lurus secara eksponensial. Tingkat kemerahan pada buah sawit memiliki nilai ketepatan yang cukup bagus dibandingkan dengan parameter lain, hal ini dimungkinkan karena buah sawit sendiri yang lebih banyak mengandung pigmen warna merah pada warna buah maupun hasil ekstrak minyak sawit. Ekstrak minyak sawit dengan warna merah memiliki kandungan total karoten yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak sawit berwarna kekuningan atau bening.

3). Hubungan Indeks Warna b^* terhadap Kandungan Total Karoten



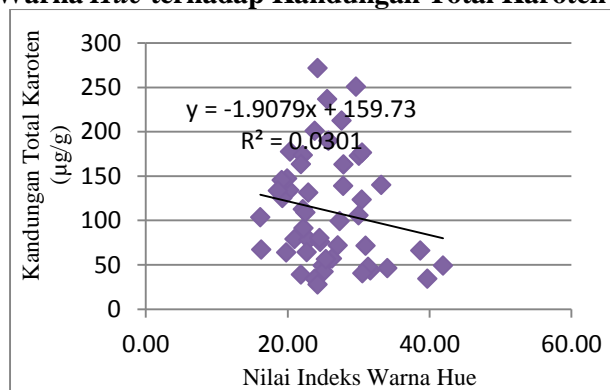
Gambar 10. Grafik hubungan indeks warna b^* terhadap total karoten

Nilai indeks warna b^* merupakan nilai warna yang menunjukkan kekuningan (*yellowness*) dari suatu citra. Secara lebih detail nilai warna b^* adalah nilai komponen warna *chromatic* yang menunjukkan transisi warna dari biru ke kuning (*blue-yellow axis*). Dari hasil ekstraksi gambar buah sawit yang selanjutnya didapatkan nilai b^* lalu dilakukan *plotting* titik – titik hubungan antara nilai indeks warna b^* dengan kandungan total karoten, maka didapatkan grafik hubungan terbaik adalah secara

eksponensial. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat *trend* hubungan antara nilai indeks warna b^* terhadap kandungan total karoten adalah berbanding lurus secara eksponensial dengan nilai ketepatan $R\text{-squared} = 0,2343$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai indeks warna b^* (tingkat kekuningan) dari buah sawit maka semakin tinggi pula kandungan total karoten didalam buah tersebut. Warna kekuningan memang biasa digunakan untuk prediksi kematangan buah bahkan dengan menggunakan mata karena warna dari buah sawit sendiri yang mengandung unsur warna kekuningan yang cukup dominan.

D. Hubungan Indeks Warna HSV terhadap Kandungan Total Karoten

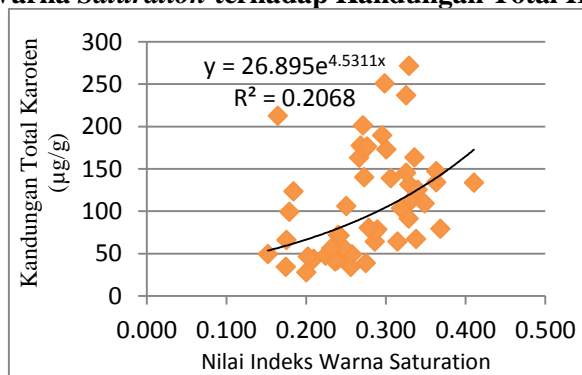
1). Hubungan Indeks Warna *Hue* terhadap Kandungan Total Karoten



Gambar 11. Grafik hubungan indeks warna Hue terhadap total karoten

Indeks warna *Hue* pada model warna HSV merupakan sudut dari warna yang mempunyai rentang dari $0^\circ - 360^\circ$. 0° menyatakan warna merah, lalu memutar nilai-nilai spektrum warna tersebut kembali lagi ke 0° untuk menyatakan warna merah lagi (Hariyanto, 2009). Nilai indeks warna Hue berkaitan dengan panjang gelombang cahaya dari suatu gambar atau citra. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara nilai indeks warna hue dengan kandungan total karoten pada buah sawit memiliki trend yang menyebar tidak beraturan. Pada pola seperti ini maka tidak dapat ditarik kesimpulan hubungan yang jelas antara nilai indeks hue terhadap kandungan total karoten, sehingga *featured hue* tidak layak dijadikan sebagai predictor kandungan total karoten dengan menggunakan pemodelan lanjut.

2). Hubungan Indeks Warna *Saturation* terhadap Kandungan Total Karoten

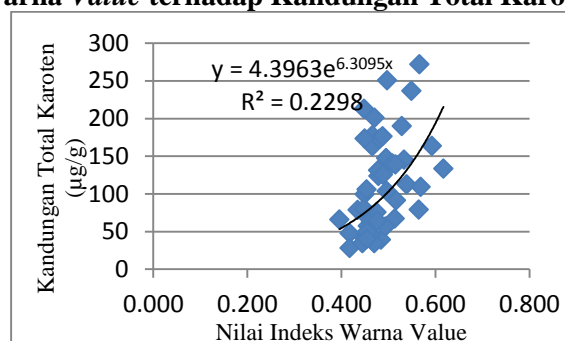


Gambar 12. Grafik hubungan indeks warna *Saturation* terhadap total karoten

Nilai *saturation* pada suatu gambar/citra menunjukkan tingkat kemurnian dari citra/gambar tersebut, yang mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada citra/gambar tersebut. Nilai *saturation* mewakili tingkat intensitas warna pada suatu citra/gambar. Nilai *saturation* juga dapat diartikan sebagai tingkat kedalaman warna dimana warna yang bercampur dengan warna putih dalam intensitas yang cukup tinggi memiliki nilai *saturation* yang rendah. Berdasarkan grafik diatas dapat

dilihat bahwa pola *trend* hubungan terbaik antara nilai indeks warna *saturation* dengan kandungan total karoten adalah pola eksponensial.

3). Hubungan Indeks Warna *Value* terhadap Kandungan Total Karoten



Gambar 13. Grafik hubungan indeks warna *Value* terhadap total karoten

Nilai warna *value* pada suatu gambar/citra menunjukkan tingkat kecerahan warna dari gambar/citra, yaitu tingkat intensitas cahaya yang terkandung dalam suatu gambar/citra. Rentang nilai *value* adalah 0 – 1, dimana *value* = 0 menunjukkan bahwa warna tersebut tidak memiliki atau minim terkandung cahaya sedangkan *value* = 1 menunjukkan warna tersebut memiliki kandungan cahaya yang maksimum. Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa pola trend hubungan terbaik antara indeks warna *value* dengan kandungan total karoten adalah berbanding lurus secara eksponensial. Hal ini berarti bila semakin tinggi nilai indeks warna *value* pada buah sawit maka kandungan total karoten pada buah tersebut juga semakin tinggi dengan mengikuti pola peningkatan secara eksponensial. Pada grafik diatas dapat dilihat nilai R-squared = 0,2298, jika dibandingkan dengan nilai ketepatan pada featured lain maka nilai indeks warna *value* dapat dipertimbangkan digunakan sebagai predictor kandungan total karoten pada pemodelan lanjut.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

- Proses penundaan waktu (*inap*) berpengaruh terhadap kandungan total karoten pada buah kelapa sawit, dimana semakin lama proses penundaan maka kandungan total karoten pada buah sawit juga akan semakin tinggi (berbanding lurus) dengan $R^2 = 0,9167$. Hal ini disebabkan oleh masih adanya aktivitas metabolisme pada buah sawit yang belum matang sempurna.
- Hubungan antara indeks warna RGB, HSV dan L^*a^*b terhadap kandungan total karoten secara umum memiliki kecenderungan pola hubungan naik secara eksponensial, kecuali pada indeks *hue* yang menurun. Pada indeks warna RGB berturut – turut didapatkan nilai *R-square* 0,2094; 0,0674; 0,0145. Pada indeks warna HSV berturut – turut didapatkan nilai *R-Square* 0,0301; 0,2068; 0,2298. Sedangkan pada indeks warna L^*a^*b didapatkan nilai *R-Square* berturut – turut 0,1332; 0,4067; 0,2343.

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. 2001.
Corley, R.H.V. & Tinker, P.B. 2003. *The Palm Oil*. Black Well Science.
Okuy, D.A. dan Oke, O L (1981). *Chemical Changes In Palm Oil At The Early Stages Of Heating*.
Journal of Nigerian Institute for Oil Palm Research 21: 101-113.
Ottaway, P.B. *The Stability of Vitamins During Food Processing in Henry, C. J. K. and Chapman, C. (ed), The Nutrition Handbook for Food Processors*. UK: Berry Ottaway and Associates Ltd. 2002
Pangaribuan, Y. & Aswani, N. 2005. *Studi kadar β -karoten pada minyak kelapa sawit*. Jurnal PPKS 13(2)

- Rodriguez-Amaya, D.B. *Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods*. USA: John Snow, Inc/OMNI Project. 1997.
- Sandra. 2007. *Pengembangan Pemutuan Buah Manggis untuk Ekspor Secara Non Destruktif dengan Jaringan Syaraf Tiruan*. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sandra. 2011. *Pengembangan Evaluasi Mutu Buah Tomat Secara Non Destruktif Berbasis Computer Vision Menggunakan Neural Network*. Jurnal Teknik Pertanian, Unand. Padang.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2004. *Teknik Pemisahan Kromatografi*. Yogyakarta: UGM Press