

**PREDIKSI SIFAT FISIKOKIMIA BUAH KELAPA SAWIT
SECARA NONDESTRUKTIF SELAMA PENUNDAAN
PENGOLAHAN BERBASIS *ELECTRICAL IMPEDANCE
SPECTROSCOPY***

ARIEF AL AKBAR

F1502241011



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul **Prediksi Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Selama Penundaan Pengolahan Berbasis *Electrical Impedance Spectroscopy*** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dari bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 17 Oktober 2025

Arief Al Akbar

RINGKASAN

ARIEF AL AKBAR. Prediksi Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Selama Penundaan Pengolahan Berbasis *Electrical Impedance Spectroscopy*. Dibimbing oleh I WAYAN BUDIASTRA dan IRMANSYAH

Kelapa sawit merupakan komoditas strategis bagi Indonesia. Kontribusi kelapa sawit sangat besar dalam ekspor, penciptaan lapangan kerja, serta mendukung program energi terbarukan melalui biodiesel. Produk utama dari tanaman ini yaitu minyak kelapa sawit *Crude Palm Oil* (CPO) di pasar internasional masih memiliki daya saing yang lebih baik dibandingkan dengan minyak nabati lainnya seperti minyak kelapa, minyak zaitun, dan minyak atsiri. Salah satu masalah utama dalam rantai pasok kelapa sawit adalah penundaan antara panen dan pengolahan. Buah kelapa sawit yang telah dipanen akan mengalami berbagai perubahan fisikokimia yang dapat mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan. Perubahan ini mencakup peningkatan kadar asam lemak bebas dan penurunan sifat fisik buah seperti kekerasan, dan warna.

Penentuan perubahan sifat fisikokimia buah kelapa sawit biasanya dilakukan dengan metode konvensional yaitu secara visual berdasarkan jumlah buah yang lepas dari tandan yang cenderung bersifat subjektif sehingga hasilnya kurang akurat. Salah satu teknik nondestruktif yang berpotensi untuk mendeteksi perubahan sifat fisikokimia buah kelapa sawit setelah pemanenan adalah dengan menggunakan spektroskopi impedansi listrik atau *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS). Penelitian tentang sifat listrik produk buah kelapa sawit sudah banyak dilakukan tetapi penelitian ini dilakukan pada buah kelapa sawit dengan beberapa tingkat umur panen sehingga tidak dapat langsung diterapkan pada pemantauan buah kelapa sawit setelah pemanenan dan penundaan, karena perbedaan karakteristik fisik dan kimia setelah panen yang belum terakomodasi dalam model kalibrasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi perubahan sifat fisikokimia buah kelapa sawit setelah pemanenan secara nondestruktif menggunakan *electrical impedance spectroscopy* (EIS) dengan metode PCR dan PLS. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium biofisika, laboratorium teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, laboratorium pengujian, dan kebun percobaan cikabayan. Alat yang digunakan untuk mengukur sifat listrik yaitu LCR meter Hitester 3532-50 Hioki, dan untuk mengukur sifat fisikokimia menggunakan chromameter CR400 Konica Minolta, rheometer CR 500-DX Sun Scientific, oven, buret, neraca analitik, pipet tetes, cawan, erlenmeyer, serta dua *cold storage*. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kelapa sawit umur

5 bulan 2 minggu. Pengolahan data dilakukan dengan software diantaranya Microsoft Excel dan *The Unscrambler X 10.4*.

Buah kelapa sawit dengan umur panen optimal diambil sebanyak 81 sampel buah kelapa sawit digunakan dalam penelitian ini, yang diperoleh dari 9 kali pengukuran selama periode penyimpanan 60 jam dengan interval waktu masing-masing 6 jam, 6 jam, dan 12 jam. Sampel tersebut dibagi ke dalam tiga kelompok suhu penundaan, yaitu 5 °C, 10 °C, dan suhu ruang, dengan masing-masing kelompok suhu terdiri atas tiga kali ulangan. Pengukuran sifat listrik dilakukan pada frekuensi 50 Hz - 1 MHz. Kandungan fisikokimia berupa kadar asam lemak bebas, kadar air, kekerasan, dan warna (chroma) ditentukan secara destruktif. Prediksi model dilakukan dengan metode *Partial Least Squares* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR). Hasil persamaan kalibrasi dan validasi PCR dan PLS dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (r), *Standard Error Calibration* (SEC), *Standard Error Prediction* (SEP), CV, RPD, dan konsistensi. Pengolahan data sifat listrik impedansi menggunakan *pretreatment* Normalisasi (N), *Standard Normal Variate* (SNV), *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), dan *Baseline*.

Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi terbaik kadar asam lemak bebas menggunakan *pretreatment Standard Normal Variate* (SNV) faktor 7 diperoleh nilai $r = 0,87$; SEC = 2,75%; SEP = 2,82%; CV = 23,81%; RPD = 1,94 dan konsistensi 97,51%. Prediksi terbaik kadar air menggunakan *pretreatment Baseline* faktor 15 diperoleh nilai $r = 0,88$; SEC = 1,95%; SEP = 2,15%; CV = 8,96%; RPD = 1,91 dan konsistensi 90,42%. Prediksi terbaik untuk kekerasan menggunakan *pretreatment Baseline* faktor 11 diperoleh nilai $r = 0,91$; SEC = 0,90 N; SEP = 0,91 N; CV = 10,06 %; RPD = 2,26 dan konsistensi 98,90%. Sementara prediksi terbaik warna (chroma) menggunakan *pretreatment Baseline* faktor 13 diperoleh nilai $r = 0,86$; SEC = 1,97; SEP = 2,32; CV = 9,22 %; RPD = 1,64 dan konsistensi 84,91%. Penelitian ini menunjukkan bahwa monitoring perubahan mutu kelapa sawit dapat dilakukan menggunakan metode EIS, kalibrasi PLS dan *pretreatment* yang sesuai. Penerapan *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk memprediksi sifat fisikokimia buah kelapa sawit selama penundaan telah menunjukkan potensi besar dalam industri. Metode ini menawarkan solusi nondestruktif yang efisien untuk menentukan kualitas buah, sebuah proses yang secara konvensional memerlukan analisis manual dan memakan waktu.

Kata kunci: EIS, kelapa sawit, nondestruktif, PCR, PLS

SUMMARY

ARIEF AL AKBAR Prediction of the Physicochemical Properties of Palm Fruit Nondestructively During Processing Delay Based on Electrical Impedance Spectroscopy. Supervised by I WAYAN BUDIASTRA and IRMANSYAH

Palm oil is a strategic commodity for Indonesia. Palm oil contributes significantly to exports, job creation, and supports renewable energy programmes through biodiesel. The main product of this plant, Crude Palm Oil (CPO), is still more competitive in the international market than other vegetable oils such as coconut oil, olive oil, and essential oils. One of the main problems in the palm oil supply chain is the delay between harvesting and processing. Harvested palm fruit undergoes various physicochemical changes that can affect the quality of the oil produced. These changes include an increase in free fatty acid content and a decrease in the physical properties of the fruit, such as hardness and colour.

Determining changes in the physicochemical properties of oil palm fruit is usually done using conventional methods, namely visually based on the number of fruits that have fallen from the bunch, which tends to be subjective, resulting in inaccurate results. One non-destructive technique that has the potential to detect changes in the physicochemical properties of oil palm fruit after harvesting is electrical impedance spectroscopy (EIS). Research on the electrical properties of palm fruit products has been conducted extensively, but this research was carried out on palm fruit at several stages of harvest maturity, so it cannot be directly applied to the monitoring of palm fruit after harvesting and storage, due to differences in physical and chemical characteristics after harvesting that have not been accommodated in the calibration model.

The objective of this study was to predict changes in the physicochemical properties of oil palm fruit after harvesting in a non-destructive manner using electrical impedance spectroscopy (EIS) with PCR and PLS methods. This study was conducted in the biophysics laboratory, food and agricultural product processing engineering laboratory, testing laboratory, and Cikabayan experimental garden. The equipment used to measure electrical properties was a Hitester 3532-50 Hioki LCR meter, and to measure physicochemical properties, a Konica Minolta CR400 chromameter, Sun Scientific CR 500-DX rheometer, oven, burette, analytical balance, dropper pipette, beaker, Erlenmeyer flask, and two cold storage units were used. The main material used in this study was 5-month-old oil palm fruit. Data processing was carried out using software such as Microsoft Excel and The Unscrambler X 10.4.

A total of 81 samples of oil palm fruit with optimal harvest age were used in this study, obtained from nine measurements during a 60-hour storage period with

time intervals of 6 hours, 6 hours, and 12 hours. The samples were divided into three temperature delay groups, namely 5 °C, 10 °C, and room temperature, with each temperature group consisting of three replicates. Electrical property measurements were carried out at frequencies of 50 Hz - 1 MHz. The physicochemical content, consisting of free fatty acid content, moisture content, hardness, and colour (chroma), was determined destructively. Model prediction was performed using the Partial Least Squares (PLS) and Principal Component Regression (PCR) methods. The results of the PCR and PLS calibration and validation equations were evaluated based on the correlation coefficient (r), Standard Error Calibration (SEC), Standard Error Prediction (SEP), CV, RPD, and consistency values. The electrical impedance data was processed using Normalisation (N), Standard Normal Variate (SNV), Multiplicative Scatter Correction (MSC), and Baseline pretreatment.

The results of this study indicate that the best prediction of free fatty acid content using Standard Normal Variate (SNV) pretreatment factor 7 obtained a value of $r = 0.87$; $SEC = 2.75\%$; $SEP = 2.82\%$; $CV = 23.81\%$; $RPD = 1.94$ and consistency of 97.51%. The best prediction of water content using the Baseline pretreatment factor 15 obtained a value of $r = 0.88$; $SEC = 1.95\%$; $SEP = 2.15\%$; $CV = 8.96\%$; $RPD = 1.91$ and consistency of 90.42%. The best prediction for hardness using the Baseline pretreatment factor 11 yielded a value of $r = 0.91$; $SEC = 0.90$ N; $SEP = 0.91$ N; $CV = 10.06\%$; $RPD = 2.26$ and consistency of 98.90%. Meanwhile, the best prediction for colour (chroma) using the Baseline pretreatment factor 13 obtained a value of $r = 0.86$; $SEC = 1.97$; $SEP = 2.32$; $CV = 9.22\%$; $RPD = 1.64$ and consistency of 84.91%. This study demonstrates that monitoring changes in palm oil quality can be performed using the EIS method, PLS calibration, and appropriate pretreatment. The application of Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) to predict the physicochemical properties of palm oil fruits during storage has shown great potential in the industry. This method offers an efficient, non-destructive solution for determining fruit quality, a process that conventionally requires manual analysis and is time-consuming.

Keywords: EIS, nondestructive, pcr, pls, oil palm.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

**PREDIKSI SIFAT FISIKOKIMIA BUAH KELAPA SAWIT
SECARA NONDESTRUKTIF SELAMA PENUNDAAN
PENGOLAHAN BERBASIS *ELECTRICAL IMPEDANCE
SPECTROSCOPY***

@Hak cipta milik IPB University

ARIEF AL AKBAR

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Pascapanen

**TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

BOGOR

2025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1. Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tesis : Prediksi Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Secara
Nondestruktif Selama Penundaan Pengolahan Berbasis
Electrical Impedance Spectroscopy
Nama : Arief Al Akbar
NIM : F1502241011

Disetujui Oleh

Pembimbing I:

Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr.
NIP. 196110191986011002



Pembimbing II:

Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 196804191994032000



Diketahui Oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr
NIP. 196612281992031003



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian: 17 Oktober 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Prediksi Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Selama Penundaan Pengolahan Berbasis *Electrical Impedance Spectroscopy*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) di Prodi Teknologi Pascapanen, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M. Agr selaku ketua komisi pembimbing atas ilmu, arahan dan bimbingan yang diberikan, bapak Dr Ir. Irmansyah, M.Si selaku anggota komisi pembimbing atas ilmu, arahan dan bimbingan yang diberikan, kepada Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr selaku dosen penguji serta kepada Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr selaku moderator pada saat ujian tesis yang telah memberikan arahan dan masukan, dan kepada Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknologi Pascapanen IPB University serta dosen-dosen luar TPP yang telah mengajar dan berbagi ilmu selama kuliah, serta kepada Bapak Ahmad Mulyawatullah yang senantiasa membantu dalam segala urusan administrasi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua Bapak Mulyadi dan Ibu Siti Nurhanah S.Pd yang telah membiayai, mendoakan, serta memotivasi sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini. Dina Noviyana dan Akmal Hadi Nugraha selaku kakak dan adik dari penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungan selama penulisan tesis. Bapak Ustadz Arif Munandar selaku guru pesantren yang selalu memberi do’a, semangat, motivasi, dan dukungan selama penulisan tesis. Filza Aini Syifa yang selalu memberi dukungan, semangat, bantuan kepada penulis baik secara teknis maupun non teknis dalam penyusunan tesis ini. Ungkapan terima kasih juga penulis ucapkan pada kak Yunisa Tri Suci M. Si dan Kak Verra Mellyana M. Si. yang telah banyak membantu dalam .pengolahan data; serta teman-teman Meister TMB 57, TPP S2, dan Akar Asrama Sylvapinus yang telah memberikan bantuan dan semangat. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada IPB University yang telah memberikan beasiswa Sinergi kepada penulis sehingga penulis bisa mengikuti program fastrack S2.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 17 Oktober 2025

Arief Al Akbar

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA	i
RINGKASAN	iii
SUMMARY	v
LEMBAR PENGESAHAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kelapa Sawit	4
2.2 Mutu dan Standar Buah Kelapa Sawit	6
2.3 Spektroskopi Impedansi	7
2.4 Metode Kalibrasi dan Validasi <i>Partial Least Square</i> (PLS)	9
2.5 Metode Kalibrasi dan Validasi <i>Principal Component Regression</i> (PCR)	10
III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Persiapan dan Penundaan Sampel	13
3.3.2 Pengukuran Sifat Listrik	13
3.3.3 Pengukuran Sifat Fisikokimia	14
3.3.4 Pengolahan Data Spektrum Sifat Listrik	17
3.3.5 Kalibrasi dan Validasi	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Karakteristik Sifat Listrik Impedansi	19
4.2 Perubahan Parameter Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Selama Penundaan	20
4.3 Kalibrasi dan Validasi Data Sifat Impedansi Terhadap Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Selama Penundaan dengan Metode <i>Partial Least Square</i> (PLS)	23
4.4 Kalibrasi dan Validasi Data Sifat Impedansi Terhadap Sifat Fisikokimia Buah Kelapa Sawit Selama Penundaan dengan Metode <i>Principal Component Regression</i> (PCR)	29

4.5 Analisis Perbandingan Kalibrasi dan Validasi Metode PLS dan PCR	33
4.6 Penerapan <i>Electrical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) Prediksi Selama Penundaan Buah Kelapa Sawit	35

V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43
RIWAYAT HIDUP	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Fraksi matang panen pada tanaman kelapa sawit	6
Tabel 2 Aplikasi spektroskopi impedansi	8
Tabel 3 Hasil pengolahan data kadar asam lemak bebas dengan metode PLS	24
Tabel 4 hasil pengolahan data kadar air dengan metode PLS	25
Tabel 5 hasil pengolahan data kekerasan dengan metode PLS	27
Tabel 6 hasil pengolahan data warna chroma dengan metode PLS	28
Tabel 7 hasil pengolahan data kadar asam lemak bebas dengan metode PCR	30
Tabel 8 hasil pengolahan data kadar air dengan metode PCR	31
Tabel 9 hasil pengolahan data kekerasan dengan metode PCR	32
Tabel 10 hasil pengolahan data warna chroma dengan metode PCR	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Susunan buah kelapa sawit	5
Gambar 2 Varietas dura (a), psifera (b), dan tenera (c)	5
Gambar 3 Diagram alir penelitian	12
Gambar 4 (a) posisi TBS; (b) struktur dalam buah sawit	13
Gambar 5 Pengukuran sifat listrik buah kelapa sawit	14
Gambar 6 Pengukuran warna pada buah kelapa sawit	14
Gambar 7 Pengukuran kekerasan pada buah kelapa sawit	15
Gambar 8 Pengukuran kadar air pada buah kelapa sawit	16
Gambar 9 Pengukuran kadar ALB pada buah kelapa sawit	16
Gambar 10 Grafik impedansi buah kelapa sawit selama penundaan	19
Gambar 11 Perubahan kadar asam lemak bebas selama penundaan	20
Gambar 12 Perubahan kadar air selama penundaan	21
Gambar 13 Perubahan kekerasan buah kelapa sawit selama penundaan	22

Gambar 14 Perubahan warna (chroma) buah kelapa sawit selama penundaan	22
Gambar 15 Sebaran data kadar asam lemak bebas metode <i>Partial Least Squares</i> menggunakan <i>pretreatment Standard Normal Variate</i>	24
Gambar 16 Sebaran data kadar air metode <i>Partial Least Squares</i> menggunakan <i>pretreatment Baseline</i>	26
Gambar 17 Sebaran data kekerasan metode <i>Partial Least Squares</i> menggunakan <i>pretreatment Baseline</i>	27
Gambar 18 Sebaran data Warna (chroma) metode <i>Partial Least Squares</i> menggunakan <i>pretreatment Baseline</i>	29
Gambar 19 Sebaran data kadar asam lemak bebas metode <i>Principal Component Regression</i> menggunakan <i>pretreatment Multiplicative Scatter Correction</i>	30
Gambar 20 Sebaran data kekerasan metode <i>Principal Component Regression</i> menggunakan <i>pretreatment Normalisasi</i>	32
Gambar 21 Penerapan prediksi EIS selama penundaan buah kelapa sawit (a) kadar asam lemak bebas, (b) kadar air, (c) kekerasan, (d) warna.	35