



**ESTIMASI KEMASAKAN BUAH PISANG MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITANSI**

SKRIPSI

Oleh

**Haerul Hidayat
NIM 101810201048**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**ESTIMASI KEMASAKAN BUAH PISANG MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITANSI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Haerul Hidayat
101810201048**

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah S.W.T Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, serta sholawat atas Nabi Muhammad S.A.W. skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh cinta, rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. ibunda (Alm) Yuli Astutik dan ayahanda Suwarso tercinta. Terima kasih ibu yang telah tiada, atas doa kasih sayang tanpa batas, perhatian, dan segala kebaikan yang telah diberikan selama 23 tahun, dan terima kasih ayah atas perjuanganmu untukku dapat melanjutkan pendidikan sampai jenjang ini serta selalu mengiringiku dalam meraih cita-cita, semoga Allah selalu mendekap erat dengan kasih sayang-Nya;
2. adikku Yustian Nurdiansyah yang selalu mendukungku dan menyayangiku;
3. bapak Hary Yuswadi dan bapak Rahmat Hidayat yang selalu memberikan motivasi dan nasihat selama ini;
4. sahabat-sahabatku mahasiswa Jurusan Fisika angkatan 2010 dan seluruh angkatan jurusan fisika;
5. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta membimbing dengan penuh kesabaran;
6. Almamater tercinta Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu (menyatu), kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman ?”

(terjemahan QS. Al-Anbiyaa: 30)*)

Kekuatan bukan berasal dari kemenangan. Perjuangan adalah yang melahirkan kekuatan. Ketika anda menghadapi kesulitan dan tak menyerah, itulah kekuatan**).

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al Quran* dan Terjemahannya. Jakarta: CV Jumanatul Ali Art.

***) Koleksi Contoh Motto Hidup Terbaik Sepanjang Masa [on line].
<http://nibroza.blogspot.sg/2015/02/contoh-motto-hidup.html> [1 Mei 2015].

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haerul Hidayat

NIM : 101810201048

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 September 2015

Yang menyatakan,

Haerul Hidayat

NIM 101810201048

SKRIPSI

**ESTIMASI KEMASAKAN BUAH PISANG MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITANSI**

Oleh

Haerul Hidayat

NIM 101810201048

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Misto M.Si
NIP. 195911211991031002

Supriyadi, S.Si., M.Si.
NIP. 198204242006041003

Penguji I,

Penguji II,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 1961020419871110011

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197412152002121001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP. 196101081986021001

RINGKASAN

Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi;

Haerul Hidayat, 101810201048; 2015; 97 Halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Buah pisang merupakan salah satu buah favorit di Indonesia. Warna dan kelembutan merupakan indikator untuk menentukan kemasakan buah pisang berdasarkan warna kulit melalui indra penglihatan manusia dan kelembutan melalui daging buah pisang dengan cara menekannya. Berdasarkan pengalaman, cara tersebut kurang efisien karena bisa jadi tidak sesuai dengan kualitas daging buah pisang. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, Soltani *et al* (2010) dan Jamaludin *et al* (2014) memperkenalkan metode baru untuk perkiraan kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi selama pemasakannya. Gagasan ini akhirnya memberikan pengetahuan dan ide baru pada ilmu fisika dan terapannya yang pada akhirnya mampu mengkarakteristikkan keadaan pisang berdasarkan kemasakan melalui nilai permitivitas relatif dan nilai *chroma*.

Umumnya, proses kemasakan buah pisang dilakukan melalui dua cara yaitu pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida) dan pisang masak secara kimia (diberi kalsium karbida). Proses biokimiawi pada buah pisang umumnya diikuti dengan peningkatan perubahan fisis dalam proses pemasakannya, peningkatan perubahan fisis merupakan fenomena fisis yang disebabkan oleh gas etilen, baik gas etilen yang muncul secara alamiah atau melalui rangsangan kalsium karbida sebagai pemercepat kemasakan buah.

Pada penelitian estimasi kemasakan buah pisang dilakukan menggunakan sensor kapasitansi dengan variasi frekuensi yaitu 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, 50 KHz, dan 500 KHz serta dilakukan uji warna menggunakan *color reader*. Sampel buah pisang yang digunakan adalah pisang lokal Indonesia yang terdiri dari pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas. Perlakuan yang diberikan di antaranya adalah

pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida) dan pisang masak secara kimia (diberi kalsium karbida). Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai permitivitas relatif buah pisang saat kondisi mentah sebesar $(1,8114 \pm 0,0472)$ - $(3,2712 \pm 0,0698)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(9,72 \pm 0,56)$ - $(10,15 \pm 0,46)$ untuk pisang kepok. Pada pisang nangka sebesar $(1,6432 \pm 0,0365)$ - $(2,8232 \pm 0,0680)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(10,68 \pm 0,17)$ - $(10,76 \pm 0,13)$. Pisang susu dengan nilai permitivitas relatif sebesar $(1,7605 \pm 0,0381)$ - $(2,9518 \pm 0,0654)$ dengan nilai *chroma* $(10,53 \pm 0,880)$ - $(10,90 \pm 0,41)$ sementara pisang mas dengan nilai permitivitas relatif sebesar $(1,6951 \pm 0,0367)$ - $(2,8064 \pm 0,0657)$ dengan nilai *chroma* $(9,35 \pm 0,39)$ - $(10,00 \pm 0,39)$. Pada saat kondisi masak diduga buah pisang memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,9956 \pm 0,0296)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(22,84 \pm 0,53)$ - $(28,00 \pm 0,26)$ untuk pisang kepok dan pisang nangka memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,0284 \pm 0,0294)$ - $(1,3708 \pm 0,0374)$ dengan nilai *chroma* $(21,83 \pm 0,97)$ - $(27,38 \pm 0,22)$. Pisang susu diduga dalam kondisi masak saat memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,1368 \pm 0,0213)$ - $(1,6118 \pm 0,0340)$ dengan nilai *chroma* $(24,89 \pm 0,62)$ - $(33,07 \pm 0,37)$ sementara pisang mas dengan nilai permitivitas relatif sebesar $(1,0213 \pm 0,0287)$ - $(1,3455 \pm 0,0255)$ dengan nilai *chroma* $(18,04 \pm 0,67)$ - $(28,38 \pm 0,23)$. Sedangkan saat kondisi sangat masak diduga pisang kepok memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7979 \pm 0,0213)$ - $(1,1499 \pm 0,0298)$ dengan nilai *chroma* $(25,42 \pm 0,24)$ dan pisang nangka dengan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7199 \pm 0,0221)$ - $(1,0062 \pm 0,0284)$ dan nilai *chroma* $(23,38 \pm 0,69)$. Pisang susu memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7753 \pm 0,0204)$ - $(1,0975 \pm 0,0296)$ dengan nilai *chroma* $(25,42 \pm 0,22)$ dan pisang mas memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7663 \pm 0,0157)$ - $(1,0014 \pm 0,0280)$ dengan nilai *chroma* $(24,17 \pm 0,71)$ yang terjadi pada perlakuan pisang masak secara kimia.

Berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa pengukuran estimasi kemasakan pisang lokal Indonesia yaitu pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas menggunakan sensor kapasitansi dengan perlakuan pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida) menunjukkan bahwa pisang mentah memiliki nilai

permitivitas relatif yang lebih tinggi yaitu sebesar $(1,6432 \pm 0,0365)$ - $(3,2712 \pm 0,0698)$ dibandingkan dengan pisang masak dengan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,9956 \pm 0,0296)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$, dengan diikuti perubahan warna berdasarkan nilai *chroma* sebesar $(9,35 \pm 0,39)$ - $(10,76 \pm 0,13)$ dalam kondisi mentah dan menunjukkan peningkatan nilai *chroma* sebesar $(18,04 \pm 0,67)$ - $(33,07 \pm 0,37)$ diduga berada dalam kondisi masak sementara untuk kondisi sangat masak pisang diduga berada dalam rentang nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7199 \pm 0,0221)$ - $(1,1499 \pm 0,0298)$ dan nilai *chroma* $(23,38 \pm 0,69)$ - $(25,42 \pm 0,22)$.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Misto M.Si., selaku dosen pembimbing utama, Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing anggota, Drs. Sujito, Ph.D. selaku dosen penguji I dan Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ibunda (Alm) Yuli Astutik, ayahanda Suwarso sekeluarga yang telah memberikan doa dan dukungan demi terselesainya skripsi ini;
3. Mas Edy Sutrisno selaku teknisi Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang telah membantu dalam perancangan alat;
4. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 15 September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pisang	6
2.1.1 Klasifikasi buah pisang.....	6
2.1.2 Jenis-jenis buah pisang	7
2.1.3 Pemanenan buah pisang.....	9
2.1.4 Proses pemasakan buah pisang.....	11

2.1.5 Jenis-jenis perangsang pemasakan buah pisang	13
2.2 Kapasitor	14
2.2.1 Definisi kapasitor	14
2.2.2 Kapasitansi dua pelat paralel	15
2.2.3 Konstanta dielektrik	17
2.2.4 Kapasitor dalam rangkaian AC (<i>Alternating Current</i>)	21
2.3 Color Reader	23
BAB 3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Tempat dan Waktu	27
3.1.1 Tempat penelitian	27
3.1.2 Waktu penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1 Alat	27
3.2.2 Bahan	28
3.3 Rancangan Penelitian	28
3.4 Tahap Persiapan	29
3.5 Tahap Konstruksi Alat Ukur Estimasi Kemasakan Buah Pisang	31
3.5.1 Skema alat ukur permitivitas relatif sistem sensor kapasitansi	31
3.5.2 Perancangan alat ukur indeks warna pisang	35
3.5.3 Proses pengambilan data	36
3.6 Analisis Data	37

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil	38
4.1.1 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pisang kepok	39
4.1.2 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pisang nangka	42
4.1.3 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pisang susu.....	45
4.1.4 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pisang mas	47
4.2 Pembahasan	50
BAB 5 PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis varietas pisang raja	9
Tabel 2.2 Umur petik varietas pisang di Indonesia	11
Tabel 2.3 Kandungan buah pisang	12
Tabel 2.4 Perubahan warna kulit pada buah pisang	13
Tabel 2.5 Nilai konstanta dielektrik bahan	19
Tabel 2.6 Komponen dan fungsi <i>Color reader</i>	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Simbol kapasitor	13
Gambar 2.2 Kapasitor dua pelat sejajar	14
Gambar 2.3 Prinsip bahan dielektrik	15
Gambar 2.4 Rangkaian kapasitor AC	20
Gambar 2.5 Rangkaian sensor kapasitansi	20
Gambar 2.6 Formulasi sistem CIE $L^*a^*b^*$	22
Gambar 2.7 <i>Color reader</i>	23
Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian	28
Gambar 3.2 Rancangan alat kapasitansi	30
Gambar 3.3 Rangkaian sensor kapasitansi	31
Gambar 3.4 Rancangan pengukur kemasakan buah pisang.....	33
Gambar 3.5 Rancangan pengukur kemasakan buah pisang dengan Kalsium karbida.....	33
Gambar 3.6 Rancangan pengukur indeks warna pisang dengan <i>color</i> <i>Reader</i>	34
Gambar 4.1 Grafik nilai permitivitas relatif pisang kepok	39
Gambar 4.2 Grafik nilai permitivitas relatif pisang kepok menggunakan kalsium karbida	40
Gambar 4.3 Grafik indeks warna pisang kepok.....	41
Gambar 4.4 Grafik nilai permitivitas relatif pisang nangka	42
Gambar 4.5 Grafik nilai permitivitas relatif pisang nangka menggunakan kalsium karbida	43
Gambar 4.6 Grafik indeks warna pisang nangka.....	44
Gambar 4.7 Grafik nilai permitivitas relatif pisang susu	45
Gambar 4.8 Grafik nilai permitivitas relatif pisang susu menggunakan kalsium karbida	46

Gambar 4.9 Grafik indeks warna pisang susu	47
Gambar 4.10 Grafik nilai permitivitas relatif pisang mas	48
Gambar 4.11 Grafik nilai permitivitas relatif pisang mas menggunakan kalsium karbida	49
Gambar 4.12 Grafik indeks warna pisang mas	50



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A.1 Tabel nilai permitivitas relatif pisang kepok	69
A.2 Tabel nilai permitivitas relatif pisang nangka	70
A.3 Tabel nilai permitivitas relatif pisang susu	71
A.4 Tabel nilai permitivitas relatif pisang mas	72
B.1 Tabel indeks warna pisang kepok hari 1	73
B.2 Tabel indeks warna pisang kepok hari 2	74
B.3 Tabel indeks warna pisang kepok hari 3	75
B.4 Tabel indeks warna pisang kepok hari 4	76
B.5 Tabel indeks warna pisang kepok hari 5	77
B.6 Tabel indeks warna pisang nangka hari 1.....	78
B.7 Tabel indeks warna pisang nangka hari 2.....	79
B.8 Tabel indeks warna pisang nangka hari 3.....	80
B.9 Tabel indeks warna pisang nangka hari 4.....	81
B.10 Tabel indeks warna pisang nangka hari 5.....	82
B.11 Tabel indeks warna pisang susu hari 1	83
B.12 Tabel indeks warna pisang susu hari 2	84
B.13 Tabel indeks warna pisang susu hari 3	85
B.14 Tabel indeks warna pisang susu hari 4	87
B.15 Tabel indeks warna pisang susu hari 5	87
B.16 Tabel indeks warna pisang mas hari 1	88
B.17 Tabel indeks warna pisang mas hari 2.....	89
B.18 Tabel indeks warna pisang mas hari 3.....	90
B.19 Tabel indeks warna pisang mas hari 4.....	91
B.20 Tabel indeks warna pisang mas hari 5.....	92
C.1 Pola gelombang sinus sebagai tegangan	93
C.2 Tingkat kemasakan pisang berdasarkan warna kulit	

pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida).....	94
C.3 Tingkat kemasakan pisang berdasarkan warna kulit	
pemasakan secara kimia (diberi kalsium karbida).....	94
C.4 Pengukuran permitivitas relatif pisang.....	95
C.5 Pengukuran indeks warna keramik <i>Color reader</i>	95
C.6 Pengukuran indeks warna pisang menggunakan <i>Color reader</i>	96
C.7 Padatan kalsium karbida.....	96
C.8 Kapasitansi meter	97
C.9 Pengukuran nilai kapasitansi pisang menggunakan Kapasitansi meter.....	97

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya sumber daya alamnya, memiliki tanah yang subur sehingga beragam jenis tumbuhan dapat hidup dan berkembang di Indonesia. Salah satu contohnya adalah pisang. Pisang (*Musa paradisiaca L.*) adalah salah satu tumbuhan berbuah yang mudah tumbuh di daerah tropis. Warna kulit dapat dijadikan sebagai suatu indikator untuk menentukan kemasakan buah pisang karena klorofil dalam kulit berkurang saat pisang mulai masak. Umumnya, tanda pertama kemasakan buah pisang dapat diobservasi dengan melihat perubahan warna dari hijau menjadi kuning. Buah pisang memiliki tekstur yang lembut, memiliki warna hijau untuk mentah, berwarna kuning untuk masak, dan berwarna kuning bintik-bintik coklat untuk sangat masak. Berdasarkan pengalaman, cara tersebut hanya pada indra penglihatan yang bisa jadi tidak sesuai dengan kualitas daging buah.

Umumnya, selain menggunakan indra penglihatan sebagai indikator yang sering digunakan untuk mengukur kemasakan buah pisang dapat diukur tingkat kelembutannya, salah satu cara yang digunakan dengan cara menekan buah pisang untuk mengetahui masak atau belum, namun dengan cara menekan buah pisang ini akan merusak tekstur pada buah pisang yang menimbulkan bercak berwarna coklat akibat tekanan yang diberikan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan metode untuk mengestimasi kemasakan buah pisang melalui pendekatan yang lebih akurat dengan tujuan tanpa merusak tekstur buah pisang.

Buah pisang tergolong buah klimaterik, artinya buah yang dapat dipetik dalam keadaan mentah akan menjadi masak selama penyimpanan. Buah yang cukup tingkat ketuaannya akan masak dalam empat sampai lima hari setelah panen tanpa perlakuan seperti dengan bantuan kalsium karbida yang berfungsi mengontrol dan merangsang zat etilen pada buah pisang sedangkan pemasakan pisang dengan kalsium karbida akan

masak dua sampai tiga hari selama pemasakan (Tambah, 2011). Zat etilen merupakan zat pengatur yang berupa gas dalam buah yang berperan penting dalam proses pemasakan buah secara alami. Kalsium karbida dengan campuran air akan menghasilkan gas asetilen. Gas asetilen inilah yang memicu dan merangsang pembentukan gas etilen secara tidak alami sehingga berperan aktif dalam pemercepat kemasakan buah (Hadiwiyoto dan Soehardi, 1981). Proses biokimiawi pada buah pisang umumnya diikuti dengan peningkatan perubahan fisis dalam proses pemasakannya, peningkatan perubahan fisis merupakan fenomena fisis yang disebabkan oleh gas etilen, baik gas etilen yang muncul secara alamiah atau melalui rangsangan kalsium karbida.

Salah satu cara menentukan kemasakan buah pisang yang bisa dilakukan adalah dengan mengukur tingkat kandungan air serta kelembaban buah pisang. Pengukuran kelembaban pada pisang ini dapat dijadikan sebagai asumsi untuk mengukur tingkat kemasakan buah pisang (Ragni, 2006). Kelembutan tekstur pada buah pisang juga dapat dijadikan indikator yang bagus untuk menentukan kualitas buah pisang serta digunakan untuk mengukur kemasakan buah. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur kelembutan buah pisang yaitu penetrometer (Ragni, 2006), namun metode tersebut dapat merusak tekstur buah pisang. Pengukuran derajat kelembutan atau kekerasan dengan penetrometer dilakukan dengan cara mengelupas atau mengiris buah kemudian memasukkan ujung *probe* penetrometer pada buah pisang hingga terbaca nilai kelembutan pada buah (Katinoja, 2004). Berdasarkan penelitian tersebut maka dibutuhkan metode yang murah dan mudah pengaplikasiannya, salah satunya menggunakan prinsip kerja kapasitor (Mujib dan Muntini, 2013).

Kapasitor umumnya sering digunakan pada rangkaian elektronika. Namun selain itu, kapasitor juga memiliki aplikasi lain untuk digunakan sebagai sensor kapasitansi yang dapat mendeteksi bahan dielektrik tertentu. Prinsip kerja kapasitor yang dirancang sebagai sensor kapasitansi dapat digunakan untuk mengestimasi kemasakan buah pisang. Pada dasarnya sensor kapasitansi adalah sebuah pelat kapasitor terbuat dari dua buah lempengan logam sejajar satu dengan yang lainnya. Di

antara lempengan logam sejajar yang bersifat konduktor terdapat bahan dielektrik yang mempunyai konstanta dielektrik yang berbeda-beda (Johanson, 2001).

Penelitian terkait dengan sistem pengamatan kemasakan buah pisang berdasarkan prinsip kapasitor sebagai sensor kapasitansi telah dilakukan di Iran oleh Soltani dan di Malaysia oleh Jamaludin. Pengamatan yang telah dilakukan oleh Soltani *et al* (2010), menggunakan pelat kapasitor dengan frekuensi 10 kHz-10 MHz. Soltani menganalisa jenis buah pisang dari Equador. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai permitivitas relatif suatu dielektrik atau konstanta dielektrik selama pemasakan buah pisang. Namun pada penelitian ini, pengukuran permitivitas relatif pada pisang masih dipengaruhi oleh faktor eksternal yang terlalu besar yaitu udara sehingga dapat diungkapkan bahwa pengukuran kemasakan buah pisang yang dilakukan oleh Soltani tidak sepenuhnya pada buah pisang. Pengamatan selanjutnya dilakukan oleh Jamaludin *et al* (2014), menggunakan pelat kapasitor pada frekuensi 100 Hz-100 KHz. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa pisang belum masak memiliki nilai permitivitas relatif yang lebih tinggi dibandingkan pisang yang sudah masak. Selain mengukur kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi, Jamaludin menggunakan refraktometer yang merupakan alat untuk mengukur kandungan gula terlarut pada buah pisang akan tetapi metode ini tidak efisien karena dapat merusak tekstur buah pisang.

Pada penelitian berikut akan dilakukan pengamatan kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi dengan sumber tegangan berfrekuensi 50 Hz-500 KHz. Sampel buah pisang yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pisang lokal Indonesia. Penelitian ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Soltani dan Jamaludin. Dalam penelitian ini, parameter utama yang digunakan untuk mengukur kemasakan buah pisang adalah sifat dielektrik yang digunakan untuk mengkarakteristikan permitivitas relatif atau konstanta dielektrik dari buah pisang. Alat dirancang menggunakan kapasitor tersusun seri dengan piringan pelat sejajar dari sensor kapasitansi. Selain itu, kemasakan buah pisang pada penelitian ini juga diukur menggunakan *color reader*. *Color reader* merupakan alat ukur indikator warna yang

dapat dihubungkan dengan kemasakan buah pisang dari hasil sensor kapasitansi yang telah didapatkan. Penggunaan alat ini cukup mudah dan efisien karena tidak merusak tekstur buah pisang.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian adalah bagaimana nilai permitivitas relatif pisang berdasarkan waktu kemasakan dengan perlakuan pemasakan pisang secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida) untuk beberapa buah pisang lokal Indonesia serta nilai *chroma* sebagai indikator kemasakan pisang berdasarkan warna.

1.3 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian sistem estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi memiliki batasan masalah, antara lain:

1. Obyek penelitian ini dilakukan pada beberapa jenis buah pisang yaitu : pisang kepok, pisang nangka, pisang mas, dan pisang susu.
2. Pengukuran dilakukan pada rentang frekuensi yaitu 50 Hz, 500 Hz, 5 kHz, 50 kHz, dan 500 kHz.
3. Penelitian estimasi kemasakan pisang dilakukan dalam kotak penelitian dengan perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida), kelembaban udara dan suhu pada ruangan maupun dalam kotak penelitian tidak diteliti.
4. Penelitian estimasi kemasakan buah pisang dilakukan berdasarkan parameter hari yaitu selama lima hari kemasakan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan diadakannya penelitian yaitu untuk mengetahui nilai permitivitas relatif pisang pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan

secara kimia (diberi kalsium karbida) pada pisang lokal Indonesia serta mengetahui nilai *chroma* sebagai indikator kemasakan pisang berdasarkan warna.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian sistem estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi yang akan dilakukan, yaitu mengetahui nilai permitivitas relatif buah pisang pada keadaan mentah hingga lima hari kemasakan dengan perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida) pada buah pisang lokal Indonesia dengan metode pengukuran kapasitansi. Oleh karena itu, Penelitian ini penting untuk dikembangkan dalam kehidupan sehari-hari yang terkadang mengalami masalah untuk menentukan kualitas kemasakan buah pisang yang dipasarkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang

2.1.1 Klasifikasi buah pisang

Klasifikasi tanaman pisang adalah sebagai berikut (Suyanti dan Supriyadi, 2008):

Devisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Sub divisi	: <i>Spermathophyta</i>
Klas	: <i>Monocotyledonae</i>
Sub klas	: <i>Commelinidae</i>
Ordo	: <i>Zingiberales</i>
Famili	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Species	: <i>Musa paradisiaca L.</i>

Pisang merupakan tanaman raksasa berdaun besar memanjang sari suku *Musaceae*. Budidaya pisang sesuai dengan iklim yang ada di Indonesia, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Pisang dapat ditanam di dataran rendah bersuhu 21-32 °C dan beriklim lembab. Topografi yang dihendaki tanaman pisang berupa lahan datar dengan kemiringan 8 °. Lahan itu terletak di daerah tropis antara 16 °LU–12 °LS. Apabila suhu udara kurang dari 13 °C atau lebih dari 38 °C maka pisang akan berhenti tumbuh dan akhirnya mati (Suyanti dan Supriyadi, 2008).

Pisang merupakan buah yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena mengandung senyawa yang disebut asam lemak rantai pendek, yang memelihara lapisan sel jaringan dari usus kecil dan meningkatkan kemampuan tubuh untuk menyerap nutrisi. Menurut penelitian yang telah dilakukan buah pisang masak sangat efektif dalam mengurangi keparahan klinis dari penyakit diare dan banyak

mengandung vitamin, mineral dan karbohidrat yang baik untuk dikonsumsi untuk tubuh (Elly dan Amrullah, 1985).

Pisang merupakan buah klimaterik yang artinya memiliki fase perkembangan, dengan meningkatnya ukuran buah dan meningkatnya kadar karbohidrat yang terakumulasi dalam bentuk pati. Pertumbuhan terhenti saat buah telah benar-benar ranum dan fase pemasakan buah terhambat. Selama fase pemasakan, kekerasan buah menurun, pati berubah menjadi gula, warna kulit berubah dari hijau menjadi kuning dan tingkat kekerasan pada tekstur buah pisang berkurang, berkembang menjadi *flavor* dengan karakteristik yang khas (Stover dan Simmonds, 1987).

Varietas-varietas pisang di seluruh dunia yang ditanam dapat dibagi dalam empat golongan besar (Ngraho, 2008), yaitu:

- a. Pisang yang dimakan buahnya setelah ranum, misalnya pisang ambon, pisang susu, pisang raja, pisang cavedish, pisang barangan, dan pisang mas.
- b. Pisang yang dimakan setelah direbus atau digoreng, misalnya pisang nangka, pisang tanduk, dan pisang kepok.
- c. Pisang yang berbiji biasanya dimanfaatkan daunnya, misalnya pisang klutuk
- d. Pisang yang diambil seratnya, misalnya pisang manila.

2.1.2 Jenis-jenis buah pisang

Ada berbagai macam jenis pisang yang dapat berkembang di Indonesia:

1. Pisang Kepok

Pisang kepok merupakan jenis pisang berkulit tebal dengan warna kuning yang menarik kalau sudah masak. Biasanya satu tandan terdiri dari 10-16 sisir dengan berat 14–22 kg. Setiap sisir terdapat ± 20 buah. Pisang kepok memiliki banyak jenis, namun yang terkenal adalah pisang kepok berwarna kuning dengan daging buah berwarna kuning juga. Daging buah untuk pisang kepok bertekstur agak keras. Buah pisang ini tidak beraroma harum (Cahyono, 2009).

2. Pisang mas

Pisang mas merupakan jenis pisang yang berkulit tipis dengan warna kuning terang atau kuning keemasan kalau sudah masak. Buah berbentuk silinder, biasanya memiliki panjang antara 6-10 cm dan buah pisang mas ini tidak berbiji. Satu tandan berjumlah 4-6 sisir dan setiap sisirnya berjumlah 6-8 buah, memiliki rasa manis agak kesat dan memiliki aroma khas (Rukmana, 1999).

3. Pisang susu

Pisang susu merupakan jenis pisang yang memiliki ciri fisik hampir sama dengan pisang mas, memiliki panjang 9-11 cm dan buah pisang susu ini tidak berbiji, tekstur pisang susu sangat lembut, memiliki aroma yang khas. Biasanya satu tandan berjumlah 4-6 sisir setiap sisirnya berjumlah 6-8 buah dengan ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan pisang mas. Pisang susu memiliki banyak kesamaan dengan pisang mas karena pisang susu merupakan jenis pisang satu kelompok dengan pisang mas (Hendro, 2004).

4. Pisang ambon




Jenis pisang ini memiliki tinggi pohon 2,5-3 m dengan lingkaran batang 0,4-6 m (kecuali pisang badak) dengan warna hijau bercak kehitaman. Satu tandan biasanya berjumlah 7-10 sisir dan tiap terdiri dari 10-16 buah. Warna daging buah putih atau putih kekuning-kuningan, rasanya manis. Buah berbentuk silinder sedikit melengkung, panjang dan tidak berbiji. Contoh dari pisang ambon antara lain pisang ambon putih, pisang ambon hijau, pisang ambon lumut, pisang ambon badak, pisang ambon angeleng, dan pisang ambon cavedish (Roedyarto, 1997).

5. Pisang raja

Pisang ini termasuk jenis pisang raksasa yang tergolong dalam kelompok pisang tanduk, satu tandan biasanya mencapai 5-8 sisir dengan setiap sisir berjumlah 10-12 buah. Daging buah halus dan bertekstur lembut. Memiliki rasa manis agak masam. Buah pisang raja hampir mirip dengan pisang ambon tetapi kulit lebih tebal. Warna buah beraneka ragam ada yang kuning muda, kuning tua, dan merah daging.

Buah berbentuk silinder, berkulit agak tebal (3 mm) dengan ujung runcing bulat atau bersegi empat. Berikut merupakan varietas dari pisang-pisang raja (Bariot, 2006).

Tabel 2.1 Jenis varietas pisang raja

Nama pisang	Morfologi	Rasa buah	Jumlah sisir/tandan	Jumlah buah/sisir
Raja Kinalun 	Tanaman ramping, tekstur kenyal, panjang buah 10-14 cm, diameter 3,5-4,5 cm.	Manis	8-9 sisir	12-14 buah
Raja Sere 	Ukuran kecil, panjang buah 10-15 cm dan diameter 3-4 cm	Manis	6-8 sisir	12-16 buah
Raja Nangka 	Warna kulit masak kuning kehijauan, panjang buah 24-28 cm, diameter 3,5-4 cm	Asam manis	6-8 sisir	14-24 buah

(Sumber: Kuntarsih, 2012).

2.1.3 Pemanenan buah pisang

Produksi pisang di Indonesia cukup besar. Indonesia termasuk penghasil pisang terbesar di Asia karena 50% produksi pisang Asia dihasilkan oleh Indonesia. Buah pisang juga merupakan buah dengan jumlah produksi paling banyak di Indonesia jika dibandingkan dengan produksi buah lainnya (Ngraho, 2014).

Tingkat kematangan buah pisang ditentukan oleh tingkat tua buah, tingkat tua buah merupakan faktor penting pada mutu buah pisang. Buah yang dipanen dalam keadaan kurang tua, meskipun dapat masak, akan tetapi kualitasnya akan kurang baik karena rasa dan aromanya kurang baik. Rasa buah pisang manis dan aroma buah kuat apabila dipanen terlalu tua, tetapi memiliki daya simpan yang pendek (Kuntarsih, 2012).

Petani seringkali menentukan tingkat umur tua muda buah pisang berdasarkan pengalaman dan ciri-ciri fisik pada buah, meliputi bentuk buah, ukuran, dan warna kulit buah. Analisis komponen penting sebagai penentu untuk memastikan tingkat umur tua buah pisang juga didukung dengan kadar padatan terlarut total, kadar pati dan kadar asamnya. Analisis ini dilakukan dengan menghancurkan buah dan dilakukan penelitian secara kimiawi. Pada umumnya tingkat umur tua buah pisang dihitung sejak bunga mekar yang merupakan cara lain dalam pemanenan buah pisang. Cara ini dikenal dengan cara fisiologis, yang mudah dilakukan. Pisang sudah dapat dipanen pada umur 100 hari setelah bunga mekar (Prabawati *et al*, 2008).

Menurut Kuntarsih (2012) kemasakan buah pisang dapat digolongkan menjadi beberapa tingkatan sebagai berikut:

- a. Tingkat kemasakan buah $\frac{3}{4}$ penuh. Tanda-tandanya bentuk lingir atau tepi buah tampak jelas. Buah ini kurang lebih berumur 80 hari dari keluarnya jantung.
- b. Tingkat tua buah hampir penuh. Beberapa lingir atau tepi buah masih tampak. Umur buah ini kurang lebih 90 hari dari keluarnya jantung.
- c. Tingkat umur tua penuh. Tepi buah sudah tidak tampak lagi. Umurnya kurang lebih 100 hari dari keluarnya jantung.
- d. Tingkat umur tua buah benar-benar penuh. Bentuk lingir atau tepi buah sudah tidak tampak lagi dan kadang-kadang buah pecah dan 1-2 buah berwarna kuning. Buah ini berumur 110 hari dari keluarnya jantung.

Tingkat tua buah juga dapat ditentukan dari umurnya, selain tanda-tanda fisik tadi. Waktu yang diperlukan sejak tanaman ditanam sampai panen adalah sekitar 12-15 bulan. Sekitar 4-6 bulan bila dihitung sejak pisang mulai berbunga atau tergantung varietasnya. Buah pisang dipanen bersama-sama dengan tandannya. Biasanya setelah panen tandan pisang disimpan dalam posisi terbalik supaya getah dari bekas potongan menetes ke bawah tanpa mengotori buah. Dengan posisi ini buah pisang terhindar dari luka yang dapat mengakibatkan oleh gesekan buah dengan tanah. Secara konvensional tandan pisang ditutupi dengan daun pisang kering untuk mengurangi

penguapan dan diangkut ke tempat pemasaran dengan menggunakan kendaraan tertutup (Kuntarsih, 2012).

Tabel 2.2 Umur petik varietas pisang di Indonesia

No.	Varietas	Umur Sampai Berbunga (hari)	Umur Petik (hari)
1	Raja bulu	501	120
2	Kepok	393	167
3	Kapas	384	136
4	Raja sere	390	149
5	Ambon hijau	450	163
6	Ambon lumut	470	157
7	Ambon putih	464	163
8	Badak	375	140
9	Bengkahulu	481	141
10	Lampeneng	394	137
11	Nangka	440	179
12	Udang	383	157
13	Tanduk	-	151
14	Barangan	-	150

(sumber: Suyanti dan Supriyadi, 2008).

2.1.4 Proses pemasakan buah pisang

Buah pisang merupakan jenis buah yang klimaterik seperti apel, pier, dan apokat. Kelas buah-buahan ini dicirikan oleh peningkatan yang besar dalam sintesis etilen pada awal pemasakan dan buah yang mengalami peningkatan laju respirasi yang tinggi selama proses pemasakan. Oleh sebab itu, proses pemasakan buah pisang berlangsung dengan cepat. Seperti halnya buah-buahan klimaterik lainnya, proses pemasakan buah pisang tidak dapat dihentikan tetapi dapat diperlambat sehingga daya simpan buah dapat diperpanjang (Girano, 1991).

Selama proses pemasakan kandungan air meningkat dan mencapai 77,19 % pada buah yang masak (*ripe*) dan 79,2 % pada buah yang sangat masak (*over ripe*). Peningkatan kandungan air selama proses pemasakan buah sangat mempengaruhi

tekstur buah pisang, buah pisang menjadi lebih lunak dengan meningkatnya kandungan air. Selanjutnya kandungan magnesium mengalami penurunan pada buah yang masak dan buah yang sangat masak. Penurunan tersebut berkaitan dengan degradasi klorofil dan pembentukan pigmen karotenoid yang dapat mengeluarkan karakteristik warna pisang yaitu kuning pada buah yang masak. Buah pisang merupakan sumber nutrisi yang seimbang yang mengandung garam-garam mineral, vitamin dan karbohidrat yang tinggi dengan sedikit minyak dan protein (Adeyemi dan Oladiji, 2009).

Tabel 2.3. Kandungan buah pisang








No.	Pisang	Uap air (%)	Abu (%)	Zn (%)	Mn (%)	Co (%)	Mg (%)
1.	Belum masak	73,47	0,68	0,146	0,506	-	333,18
2.	Masak	77,19	0,80	0,271	0,886	-	326,70
3.	Sangat masak	79,22	0,78	0,118	0,756	-	299,48

(Sumber: Adeyemi dan Oladiji, 2009).

Karakteristik perubahan kulit buah pisang ditentukan pada beberapa *stage* pemasakan “*commercial satandard color charts*” yang menunjukkan tujuh perubahan warna kulit yang dimulai mentah, masak, dan sangat masak seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.4 mengenai perubahan warna kulit yang dimulai dari tingkat pisang mentah, masak, dan sangat masak

Perubahan fisis pada buah pisang dalam beberapa tahap, pisang mulai dikatakan masak ditunjukkan oleh *stage 5* yang warna kuning dengan ujung berwarna hijau sedangkan daging buah berwarna putih dan pada *stage 6* kulit buah berwarna kuning seluruhnya dengan daging buah berwarna krim. Pada *stage 7* kulit buah berwarna kuning bintik-bintik coklat (Tapre dan Jain, 2012).

Tabel 2.4 Perubahan warna kulit pada buah pisang

<i>Stage</i>	<i>Tingkat warna</i>	<i>Perubahan warna fisik</i>
1.	<i>all green</i>	
2.	<i>green with trace of yellow</i>	
3.	<i>more green than yellow</i>	
4.	<i>more yellow than green</i>	
5.	<i>yellow with trace of green</i>	
6.	<i>full yellow</i>	
7.	<i>full yellow with brown spot</i>	

(Sumber: Standar warna grafik oleh SH Pratt dan Co (Pisang) Ltd (Luton), [tanpa tahun]).

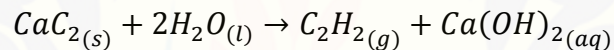
2.1.5 Jenis-jenis perangsang pemasakan buah pisang

Pemasakan buah menggunakan bahan perangsang bertujuan untuk mendapatkan buah dengan warna menarik dalam kurun waktu yang cepat. Pemasakan dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia. Beberapa bahan kimia yang digunakan untuk proses pemasakan buah diantaranya adalah kalsium karbida, sulfur oksida, dan sodium klorida. Pemasakan buah juga dapat dilakukan dengan proses pengasapan (Hadiwiyoto dan Soehardi, 1981).

Kalsium karbida merupakan senyawa kimia dengan rumus CaC_2 . Kalsium karbida biasanya digunakan dalam proses las karbit dan juga digunakan untuk mempercepat kemasakan buah. Kalsium karbida berupa batu berwarna abu-abu dimana bersama air atau ruang lembab, batu kalsium karbida akan terurai menjadi gas asetilen (C_2H_2) dan air kapur yang berwarna putih ($Ca(OH)_2$), gas asetilen akan merangsang kemasakan buah (Sunarjono, 2002).

Asetilen (C_2H_2) merupakan bahan kimia yang berbentuk gas dan tidak berwarna yang dihasilkan oleh reaksi antara kalsium karbida dengan air. Asetilen dihasilkan dari campuran air dan kalsium karbida sebagai perangsang pembentukan etilen dalam buah (Rimando, 1980).

Reaksi dari kalsium karbida (CaC_2) dengan air yang diabsorpsi untuk menghasilkan C_2H_2 seperti ditunjukkan sebagai berikut:

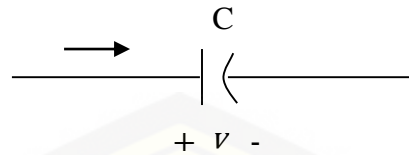


Kegunaan C_2H_2 yang dihasilkan dari CaC_2 sebagai salah satu perangsang kemasakan pada buah pisang, mangga dan apokat (Sarananda, 1990).

2.2 Kapasitor

2.2.1 Definisi kapasitor

Kapasitor merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk tegangan, kapasitor pada dasarnya terbuat dari dua buah pelat logam yang saling sejajar satu dengan yang lainnya dan di antara kedua pelat logam tersebut terdapat bahan isolator yang disebut dielektrik. Bahan dielektrik tersebut dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari kapasitor, dimana bahan dielektrik yang paling sering digunakan adalah keramik, kertas, udara dan metal film. Salah satu fungsinya kapasitor digunakan sebagai rangkaian resonansi pada osilator (Rusmandi, 2001).



Gambar 2.1 Simbol kapasitor (Sumber: William *et al*, 2005).

Kapasitor didefinisikan sebagai kapasitansi (*Capacitance*) C berdasarkan hubungan tegangan-arus:

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (2.1)$$

Dimana v dan i menggunakan konvensi yang digunakan untuk elemen rangkaian pasif, sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 2.1. Penting untuk diingat bahwa nilai-nilai v dan i adalah fungsi dari waktu. Dari persamaan 2.1 dapat diketahui satuan kapasitansi sebagai ampere-detik per volt kemudian didefinisikan sebagai farad (F) yaitu satu coloumb/volt, dan digunakan sebagai satuan kapasitansi. Persamaan 2.1 merupakan definisi model matematis dari kapasitor. Sebuah kapasitor terdiri dari dua buah pelat penghantar (konduktor) yang permukaannya dapat menampung muatan listrik, yang dipisahkan oleh sebuah lapisan bahan penyekat (isolator) yang memiliki nilai tahanan yang tinggi (William *et al*, 2005).

2.2.2 Kapasitansi dua pelat paralel

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = $6,25 \times 10^{18}$ elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coloumb. Dengan rumus dapat ditulis:

$$Q = C \times V \quad (2.2)$$

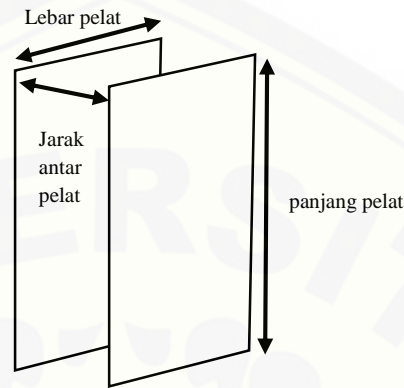
Keterangan:

Q : muatan elektron (C)

C : kapasitansi dalam (F)

V : besar tegangan dalam (V)

Kapasitor dua pelat sejajar seperti pada gambar 2.2. Mempunyai luas pelat A dan mempunyai jarak antar pelat d . (Bisman, 2003).



Gambar 2.2 Kapasitor dua pelat sejajar (sumber: Djaelani, [tanpa tahun]).

Apabila pada salah satu pelat diberikan muatan Q dan pinggiran diabaikan, maka pada permukaan konduktor mempunyai rapat muatan

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (2.3)$$

Menurut Hukum Gauss, besarnya kuat medan E di antara pelat adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{Q}{\epsilon A} \quad (2.4)$$

Tegangan antara dua pelat

$$V = E \cdot d = \frac{Qd}{\epsilon A} \quad (2.5)$$

Sehingga persamaan 2.2 menjadi (Rangan, 1992):

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2.6)$$

Keterangan:

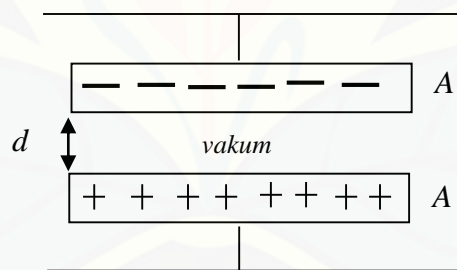
d : Jarak antar pelat (m)

A : Luas pelat (m)

ϵ : Konstanta dielektrik (F)

2.2.3 Konstanta dielektrik

Bahan dielektrik yaitu bahan yang apabila diberikan medan potensial (tegangan) dapat mempertahankan perbedaan potensial yang timbul di antara permukaan yang diberikan potensial tersebut. Fungsi dari bahan listrik dielektrik di antaranya adalah menyimpan energi listrik (dalam bentuk muatan) misalnya pada kapasitor dan memisahkan bagian bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan (isolator). Meskipun isolator juga memiliki konduksi listrik yang rendah, namun istilah dielektrik biasa digunakan untuk bahan-bahan isolator yang memiliki tingkat kemampuan pengutuban yang tinggi yang besarnya diwakili oleh konstanta dielektrik. Umumnya bahan dielektrik adalah bahan isolator atau bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik. Namun akibat adanya aliran listrik yang merupakan aliran elektron, atom penyusun dielektrik menjadi tidak seimbang dan akhirnya menimbulkan muatan-muatan listrik. Sehingga setiap bahan dielektrik memiliki nilai permitivitas relatif masing-masing, yang akhirnya mempengaruhi nilai kapasitansi. Perhitungan kapasitansi adalah sebagai berikut (Fuchs, 2009):



Gambar 2.3 Prinsip bahan dielektrik (Sumber: Fuchs, 2009).

Kapasitor pelat sejajar memiliki luas A yang dipisahkan oleh jarak d yang berisi udara, kapasitansi (C) dinyatakan dengan persamaan 2.3. Kapasitansi pelat sejajar memiliki ketergantungan terhadap luas pelat dan jarak antara kedua pelat (Sutrisno, 1983). Dari gambar 2.3 untuk mendapatkan konstanta dielektrik dirumuskan seperti pada persamaan 2.6 yaitu:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2.7)$$

Dimana ϵ merupakan konstanta dielektrik yang dapat dinyatakan sebagai $\epsilon_0 \epsilon_r$. ϵ_0 merupakan konstanta dielektrik dari udara sedangkan ϵ_r merupakan konstanta dari suatu bahan bersifat isolator. Konstanta dielektrik dari udara dinyatakan sebagai permitivitas tempat/udara sedangkan konstanta dari suatu bahan dinyatakan sebagai permitivitas relatif (Woollard, 1999).

Secara struktur prinsip kapasitor terdiri dari dua buah pelat konduktor yang berlawanan muatan, masing-masing mempunyai luas permukaan A , dan mempunyai muatan persatuan luas σ . Konduktor yang dipisahkan oleh sebuah zat dielektrik yang bersifat isolator sejauh d . Zat inilah yang nantinya akan memerangkap elektron bebas. Muatan berada pada permukaan konduktor yang jumlah totalnya adalah nol. Hal ini disebabkan jumlah muatan negatif dan positif sama besar. Bahan dielektrik adalah bahan yang jika tidak terdapat medan listrik bersifat isolator, namun jika ada medan listrik yang melewatinya, maka akan terbentuk dipol-dipol listrik, yang arah medan magnetnya melawan listrik semula (Fuchs, 2009).

Kapasitor memiliki sifat isolator (kertas atau plastik) yang disebut dielektrik yang diletakkan di antara kedua pelat sejajar. Hal ini dilakukan untuk beberapa tujuan. Pertama, tegangan yang lebih tinggi dapat diberikan tanpa adanya muatan yang melewati ruang antara pelat, walaupun tidak secepat udara, dielektrik terputus (muatan tiba-tiba mulai mengalir melaluinya ketika tegangan cukup tinggi). Secara eksperimental ditemukan bahwa jika dielektrik memenuhi ruang antara kedua konduktor tersebut, kapasitansi akan naik sebesar faktor K yang dikenal sebagai konstanta dielektrik (Giancoli, 2001).

Konstanta dielektrik merupakan bilangan konstanta yang besarnya bergantung pada sistem dan bahan yang digunakan. Sedangkan sistem yang digunakan adalah nilai kapasitor yang dibentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh ruang hampa dengan nilai kapasitor yang terbentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh dua bahan dielektrik (Kamajaya, 1984).

Jika menggunakan sebuah kapasitor pelat sejajar, yang membawa muatan q dan yang tidak terhubung dengan baterai, untuk menyediakan medan listrik luar yang seragam maka ditempatkan sebuah lempengan dielektrik. Efeknya terjadi proses penjarangan dan induksi untuk memisahkan muatan positif dari seluruh lempeng pelat dengan muatan negatif dengan sejauh jarak. Lempengan tersebut, secara keseluruhan bersifat netral secara listrik akan terpolarisasi. (Halliday, 1988).

Sebagian besar kapasitor memiliki lembaran isolator (misalnya kertas atau plastik) yang disebut dielektrik yang diletakkan di antara pelat–pelatnya. Hal ini dilakukan untuk beberapa tujuan. Pertama, tegangan yang lebih tinggi dapat diberikan tanpa adanya muatan yang melewati ruang antar pelat, walaupun tidak secepat udara, dielektrik terputus (muatan tiba–tiba mulai mengalir melaluinya ketika tegangan cukup tinggi). Di samping itu dielektrik memungkinkan pelat diletakkan lebih dekat satu sama lain tanpa bersentuhan, sehingga memungkinkan naiknya kapasitansi karena d lebih kecil (Giancoli, 2001).

Tabel 2.5 Nilai konstanta dielektrik bahan

Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
Vakum	1	~
Udara	1,00054	0,8
Air	78	-
Kertas	3,5	14
Mika merah delima	5,4	160
Teflon	2,1	60
Kwarsa lebur	3,8	8
Gelas pirex	4,5	13
Bakelit	4,8	12
Polietilen	2,3	50
Amber	2,7	90
Neopren	6,9	12
Minyak transformator	4,5	12
Titanium Dioksida	100	6

(Sumber: Halliday, 1988).

Secara eksperimental ditemukan bahwa jika dielektrik memenuhi ruang antara kedua konduktor tersebut, kapasitansi akan naik sebesar faktor K yang dikenal sebagai konstanta dielektrik (Tabel 2.5). Maka untuk kapasitor pelat sejajar,

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.8)$$

Persamaan ini juga dapat dituliskan

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.9)$$

dimana

$$\epsilon = K\epsilon_0 \quad (2.10)$$

merupakan permitivitas bahan tersebut (Giancoli, 2001).

Permitivitas relatif suatu konstanta dielektrik ϵ_r didefinisikan sebagai perbandingan antara permitivitas dielektrik ϵ dengan permitivitas udara/ruang hampa ϵ_0 .

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.11)$$

Jika suatu dielektrik dengan permitivitas relatif ϵ_r disisipkan di antara elektroda kapasitor pelat paralel yang memiliki luas A dan berjarak d , maka kapasitansi paralel yang semula (sebelum disisipkan bahan)

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.12)$$

Saat disisipkan bahan berubah menjadi

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.13)$$

Jadi penyisipan dielektrik pada pelat kapasitor paralel akan meningkatkan kapasitansi sebesar ϵ_r kali (Sudirham, 2002).

2.2.4 Kapasitor dalam rangkaian AC (*Alternating Current*)

Kapasitor jika dihubungkan dengan rangkaian searah, kapasitor terisi oleh tegangan searah dan kemudian menutup aliran arus selanjutnya. Dalam rangkaian AC (*Alternating Current*), kapasitor terisi dan kosong secara kontinu dan arus bolak balik disebut reaktansi kapasitif (bersimbol X_c), dinyatakan dalam satuan Ohm:

$$X_c = V_c / I_c \quad (2.14)$$

dan

$$X_c = 10^6 / 2\pi f C \quad (2.15)$$

Dengan C adalah kapasitansi dalam mikrofara (μF) dan f adalah frekuensi dalam Hertz (Hz). Karakteristik operasi tegangan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam kapasitor karena memberitahukan besar tegangan maksimum yang dapat diberikan di antara pelat kapasitor tanpa memutuskan hubungan dielektrik lewat penyekat. Karakteristik operasi kapasitor searah (Woollard, 1999).

Hukum Ohm dan hukum-hukum Kirchoff dapat diperluas untuk rangkaian-rangkaian arus bolak-balik asal diperhitungkan juga dua sifat rangkaian tambahan yaitu induktansi dan kapasitansi. Impedansi suatu rangkaian didefinisikan sebagai perbandingan dari tegangan V terhadap arus I melalui rangkaian tersebut.

$$Z = \frac{V}{I} = R + jX \quad (2.16)$$

Menurut definisi, R dari impedansi adalah resistansi sedangkan X adalah reaktansinya. Secara fisik rangkaian dapat terdiri dari sebuah resistansi yang terhubung seri dengan suatu reaktansi, yang mungkin merupakan kapasitansi atau induktansi. Dalam menyatakan impedansi ekuivalen dari suatu rangkaian dalam persamaan berikut:

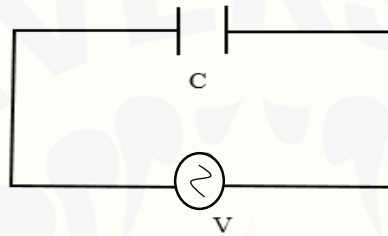
$$Z = R + jX_c \quad (2.17)$$

maka

$$Z = R + j\left(\frac{1}{\omega C}\right) \quad (2.18)$$

Dimana ω adalah frekuensi sudut dari tegangan arus sinusoidal (William *et al*, 2005).

Tegangan dan arus bolak-balik yaitu arus maupun tegangan listrik yang besar dan arahnya selalu berubah. Berikut merupakan rangkaian kapasitor dalam rangkaian AC (*Alternating Current*).

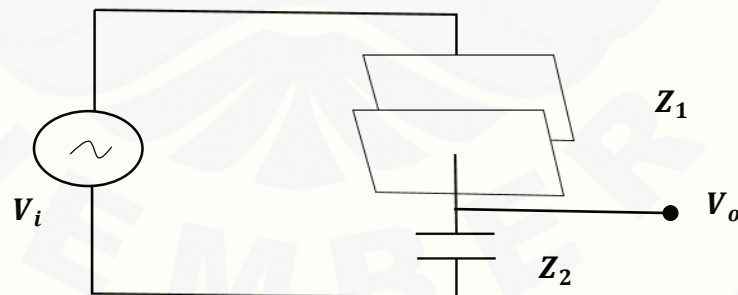


Gambar 2.4 Rangkaian kapasitor AC (Sumber: Margunadi, 1985)

Sifat kapasitor dalam rangkaian arus bolak-balik memberikan hambatan yang sangat kecil, yang dirumuskan (Margunadi, 1985):

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.19)$$

Rangkaian sensor kapasitansi yang terdiri dari pelat kapasitor paralel tersusun seri dengan komponen kapasitor adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Rangkaian pembagi tegangan sensor kapasitansi (Sumber: Soltani *et al*, 2010).

Gambar di atas menunjukkan lintasan pembagi tegangan dengan V_i adalah sinyal tegangan masukan dan V_o adalah sinyal tegangan sensor, Z_2 adalah impedansi. Z_1

adalah impedansi dari bahan dielektrik. impedansi efektif dengan pelat kapasitor paralel dihitung dari persamaan pembagi tegangan (Soltani *et al*, 2010).

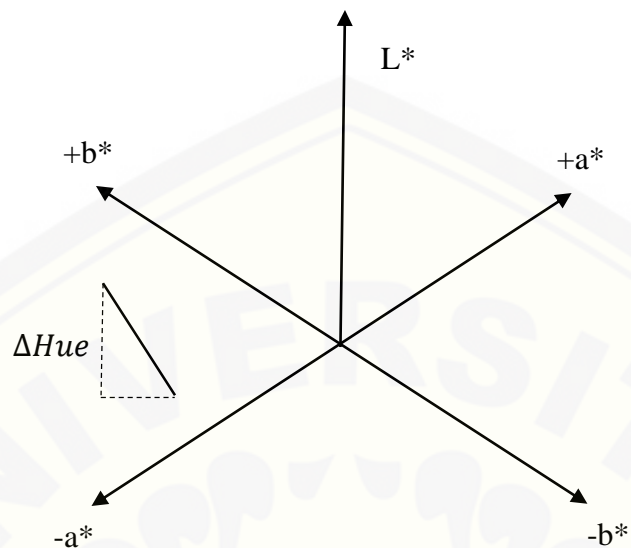
$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.20)$$

2.3 Color Reader

Color reader adalah alat pengukur warna yang didesain dengan tiga reseptor sehingga mampu membedakan warna akurat antara terang dan gelap. Salah satu pengukuran warna menggunakan *color reader* yang umum digunakan adalah *color reader* dengan seri CR-10, dengan ukuran dan lebar sinar, mudah digunakan karena hanya menggunakan satu tangan, dan perbedaan warna dalam bentuk delta (L,a,b), delta (E,a,b) atau delta (L,c,h) (Cingah dan Wiratama, 2010).

Warna bahan biasanya diukur dalam unit L*a*b* yang merupakan standar internasional pengukuran warna, diadopsi oleh CIE (*commission Internationale d'Eclairage*). Karakteristik warna berdasarkan cahaya yang dipantulkan oleh obyek, dalam warna dilihat ukurannya mengikuti tingkatan 0 sampai 359. Sebagai contoh, pada tingkat 0 adalah warna merah, 60 adalah warna kuning, untuk warna hijau pada tingkatan 120, sedangkan pada 180 adalah warna cyan. Untuk tingkat 240 merupakan warna biru, serta 300 adalah warna magenta (Adam dan Ongley, 1972).

Warna adalah persepsi visual yang sesuai pada indra penglihatan manusia yang sering disebut merah, hijau, dan biru dan lain-lainnya. Warna berasal dari spektrum cahaya yang berinteraksi di retina mata dengan kepekaan spektral pada reseptor cahaya. Dengan mendefinisikan warna ruang, warna dapat diidentifikasi dengan koordinat melalui *color reader*. Berikut gambar formulasi untuk mengidentifikasi warna dengan *color reader* (Hutching, 1999).



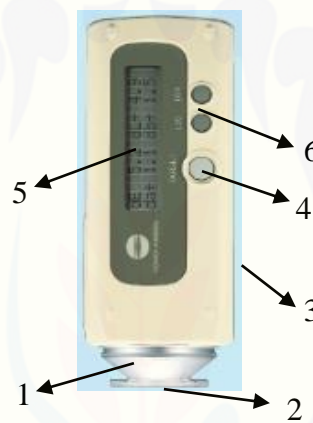
Gambar 2.6 Formulasi sistem CIE $L^*a^*b^*$ (Sumber: Hutching, 1999)

Nilai L menyatakan parameter kecerahan (*lightness*) yang mempunyai nilai dari 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai $+a$ (positif) dari 0-100 untuk warna merah dan nilai $-a$ (negatif) dari 0-(-80) untuk warna hijau. Notasi b menyatakan warna kromatik campuran biru kuning dengan nilai $+b$ (positif) dari 0-70 untuk kuning dan nilai $-b$ (negatif) dari 0-(-70) untuk warna biru (Hutching, 1999). Warna suatu bahan dapat diukur dengan menggunakan *color reader*, cara pengukuran warna terdapat tiga metode yaitu *value*, *hue*, dan *chroma*. Nilai *value* menunjukkan gelap terangnya warna, nilai *hue* menunjukkan panjang gelombang yang dominan yang akan menentukan warna, sedangkan *chroma* menunjukkan intensitas kecerahan dan kualitas suatu warna (Hermawan *et al*, 2007).

Pengukuran warna menggunakan *color reader* merupakan penggambaran warna secara kuantitatif yang menggunakan cara penilaian tristimulus (XYZ), satuan warna (Yxy), $L^*a^*b^*$, L^*C^*h , serta satuan warna Hunter Lab. Satuan warna $L^*a^*b^*$ (juga dikenal sebagai CIELAB) saat ini merupakan satuan warna yang populer untuk pengukuran warna suatu obyek dan secara luas dipakai pada berbagai bidang. Satuan ini merupakan salah satu satuan warna CIE yang didefinisikan pada tahun 1976 dan

dimaksudkan untuk mengurangi masalah dalam penggunaan satuan warna Yxy dimana jarak pada diagram *chromacity* x, y tidak sebanding dengan perbedaan warna. Pada satuan ini L^* menandakan gelap terangnya (*lightness*) benda, sedangkan a^* dan b^* merupakan koordinat *chromacity*, yang menunjukkan arah warna. Nilai $+a^*$ adalah arah merah, $-a^*$ adalah hijau, $+b^*$ adalah kuning, $-b^*$ adalah biru dengan pusatnya merupakan *achromatic* (Hermawan *et al*, 2007).

Pengukuran indeks warna pisang diukur menggunakan *color reader*, gambar berikut adalah *color reader* beserta komponen dan fungsi-fungsinya:



Gambar 2.7 *Color reader* (Sumber: Konica Minolta, 2013)

Tabel 2.5 Komponen dan fungsi *color reader*

No.	komponen	Fungsi
1	Reseptor	sebagai tempat menempelnya sampel yang akan diuji warnanya yang akan membaca warna sampel tersebut
2	Penutup reseptor	untuk menutup reseptor setelah digunakan.
3	Tombol <i>on/off</i>	untuk mengaktifkan dan menonaktifkan <i>color reader</i> .
4	Tombol target	tombol ini ditekan saat sampel ditempelkan pada reseptor.
5	Layar hasil	sebagai tempat hasil pembacaan warna oleh reseptor.
6	Tombol sistem L, a, b dan Lch	metode yang dipakai untuk pembacaan warna yang diinginkan.

(Sumber: Adam dan Ongley, 1972).

Cara kerja alat ini adalah ditempelkan pada sampel, yang akan diuji intensitas warnanya. Color reader dihidupkan dengan cara menekan tombol power, kemudian tombol pengujian ditekan sampai berbunyi atau lampu menyala dan akan memunculkannya dalam bentuk angka dengan sistem CIE L*a*b* untuk mengetahui spesifikasi warna (Adam dan Ongley, 1972).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat penelitian

Terdapat dua tahap kegiatan penelitian yang masing-masing dilakukan pada dua tempat yang berbeda yaitu:

1. Penyusunan alat dan pengukuran nilai permitivitas relatif menggunakan kapasitansi meter dan sensor kapasitansi serta proses pemasakan buah pisang secara alami (tanpa kalsium karbida) dan kimia (diberi kalsium karbida) dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember.
2. Pengamatan dan pengukuran indeks warna buah pisang menggunakan *color reader* dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknik Pertanian, Universitas Jember.

3.1.2 Waktu penelitian

Penelitian dilakukan bulan Februari 2015 hingga Mei 2015, dengan observasi awal yang telah dilakukan pada bulan Desember 2014.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian adalah:

- | | |
|---|--------|
| 1. Kapasitor 10 <i>pF</i> | 2 buah |
| 2. Kapasitansi meter CM8601 ⁺ | 1 buah |
| 3. PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) 0,03 m x 0,03 m | 2 buah |
| 4. PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) 0,04 m x 0,03 m | 6 buah |
| 5. <i>Function generator</i> GW-Instek GPG-8216A | 2 buah |

- | | |
|--|--------|
| 6. Osiloskop <i>CRT-Cathode Ray Tube</i> | 2 buah |
| 7. <i>Color reader CR-10</i> | 1 buah |
| 8. Kotak penelitian | 2 buah |
| 9. Wadah kalsium karbida | 1 buah |

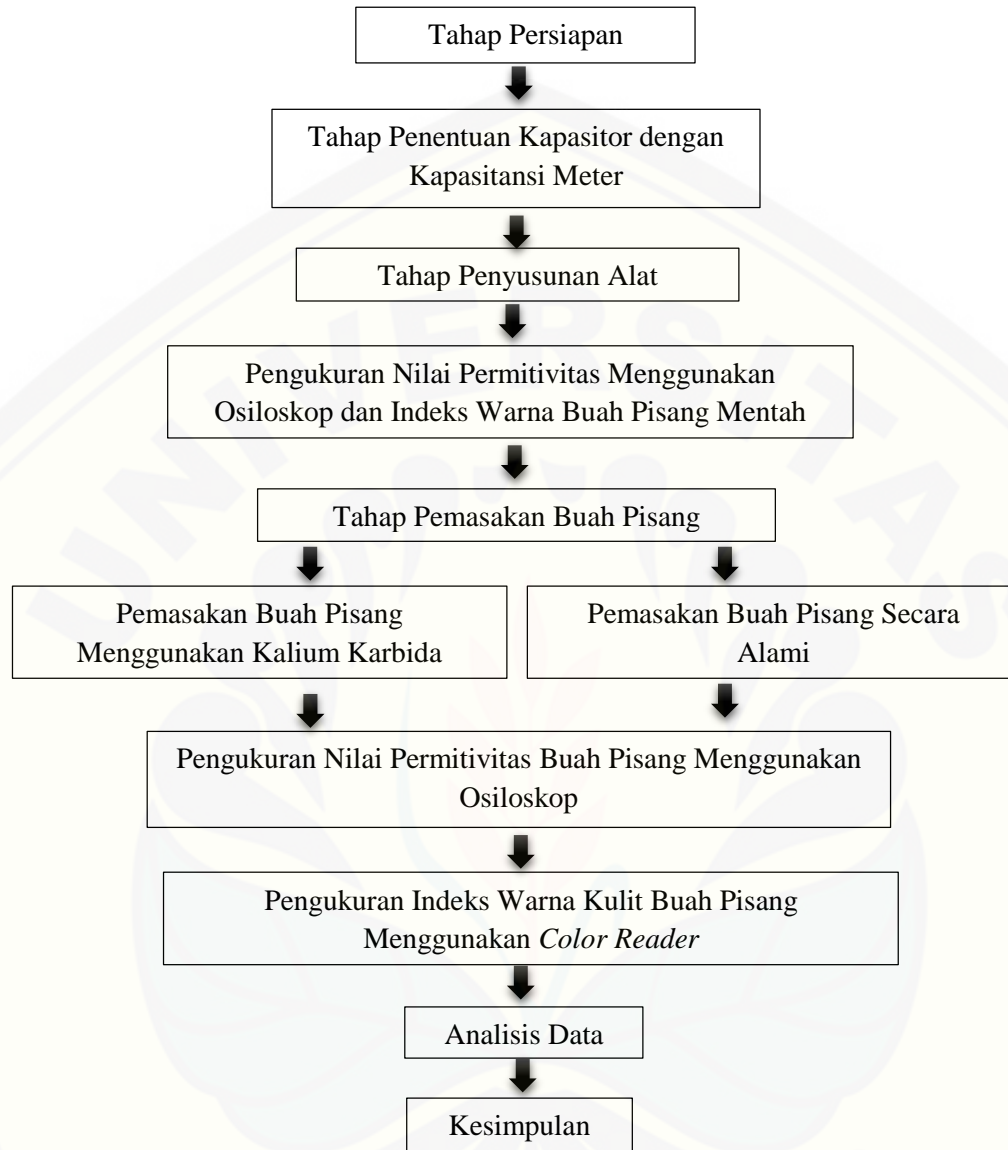
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah:

- | | |
|--------------------------|---------|
| 1. Buah pisang kepok | 12 buah |
| 2. Buah pisang susu | 12 buah |
| 3. Buah pisang mas | 12 buah |
| 4. Buah pisang nangka | 12 buah |
| 5. Kalsium karbida | 1 g |
| 6. Air | 1 g |
| 7. Wadah kalsium karbida | 1 buah |

3.3 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian sistem estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi dilakukan beberapa tahapan. Berdasarkan studi awal yang dilakukan dengan mengukur kapasitansi buah pisang menggunakan kapasitansi meter. Skema penelitian sistem estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitansi ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir skema penelitian

3.4 Tahap Persiapan

Kegiatan penelitian diawali dengan mempersiapkan komponen alat dan bahan yang akan digunakan dalam tahapan pembuatan alat ukur estimasi kemasakan buah pisang di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi serta pada proses pemasakan buah pisang adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan bahan yaitu pisang yang terdiri dari pisang kepok, pisang mas, pisang susu, dan pisang nangka.
- b. Pengukuran nilai kapasitansi pisang menggunakan kapasitansi meter dilakukan selama lima hari kemasakan untuk menentukan nilai komponen kapasitor.
- c. Proses pemasakan buah pisang dilakukan dengan dua cara yaitu :
 - a) Alami (tanpa kalsium karbida)

Dilakukan dengan membiarkan buah pisang pada wadah tertentu seperti pada gambar 3.4, biasanya dengan cara ini buah pisang akan masak setelah lima hari dalam keadaan tua.
 - b) Kimia (diberi kalsium karbida)

Buah pisang akan cepat proses pemasakannya. Berdasarkan studi awal yang telah dilakukan, proses pemasakan dilakukan dengan cara seperti pada gambar 3.5 dilakukan dengan memberi 1 g kalsium karbida kemudian tambahkan 2 g air untuk setiap satu buah pisang. Biasanya buah pisang akan masak setelah tiga hari.
- d. Pengukuran menggunakan sensor kapasitansi seperti pada gambar 3.4 dan 3.5 dilakukan pada frekuensi 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, 50 KHz, dan 500 KHz. Pengulangan dilakukan 5 kali untuk setiap frekuensi.
- e. Pengukuran menggunakan *color reader* seperti pada gambar 3.6 dilakukan dengan mengambil lima titik pengamatan untuk setiap pisang.

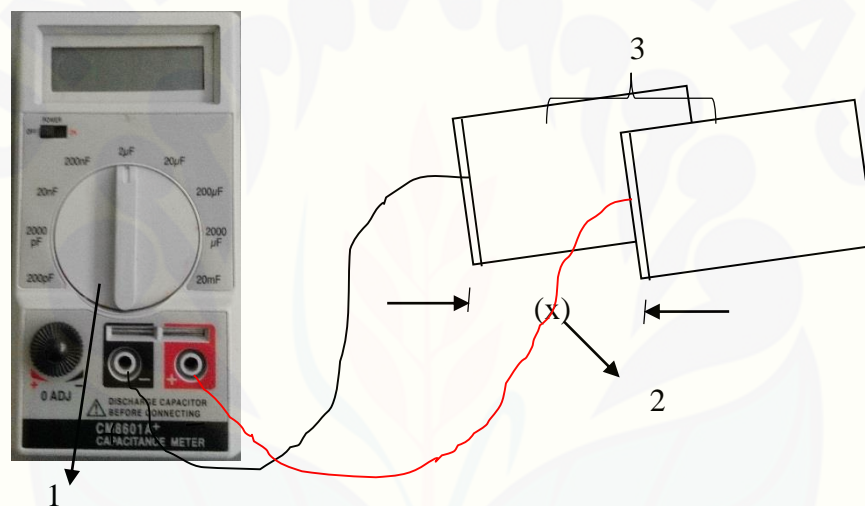
Kalibrasi alat bertujuan untuk mendapatkan kelayakan fungsi alat. Alat ukur besaran listrik seperti kapasitansi meter, osiloskop dan *color reader* sangat perlu dikalibrasi. Kalibrasi bertujuan untuk meningkatkan tingkat presisi pada sebuah alat instrumentasi.

Kalibrasi kapasitansi meter dilakukan dengan cara menyusun peralatan seperti pada gambar 3.2 dengan menggantikan dua pelat sejajar kosong dengan komponen kapasitor, misalkan kapasitor sebesar 10 pF . Setelah kapasitansi meter menunjukkan hasil maka hasil yang diperoleh disesuaikan dengan besar kapasitor 10 pF . Osiloskop juga perlu pengkalibrasian, langkah awal yang harus dilakukan adalah memunculkan

garis lurus mendatar pada layar osiloskop. Beberapa hal yang perlu disetel adalah fokus, intensitas, kemiringan, *x position* dan *y position*. Sedangkan pada *color reader* kalibrasinya dilakukan dengan cara menempelkan reseptor *color reader* pada porselin, dengan nilai standart sebesar $L = 94,35$, $a = -5,75$, dan $b = 6,51$.

3.5 Tahap Konstruksi Alat Ukur Estimasi Kemasakan Buah Pisang

Berikut merupakan skema alat pengukur kapasitansi, digunakan bertujuan untuk menentukan nilai kapasitor pada rangkaian 3.3



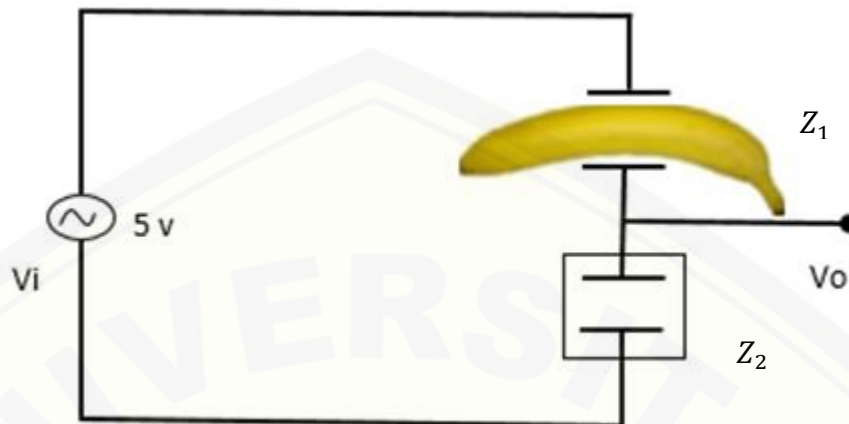
Gambar 3.2 Skema alat ukur kapasitansi

Keterangan:

- 1 : Kapasitansi meter
- 2 : Jarak antar pelat PCB (*Printed Circuit Board*)
- 3 : Pelat PCB (*Printed Circuit Board*)

3.5.1 Skema alat ukur permitivitas relatif sistem sensor kapasitansi

Rangkaian yang digunakan dalam kegiatan penelitian estimasi kemasakan buah pisang sistem sensor kapasitansi ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Rangkaian pembagi tegangan sensor kapasitansi

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (3.1)$$

Rangkaian sensor kapasitansi di atas mengacu pada rangkaian yang dibuat oleh Soltani terdiri dari dua pelat kapasitor paralel dengan dua pasang pelat paralel yang berbeda, yaitu pelat kapasitor paralel direncanakan memiliki panjang dan lebar yang disesuaikan dengan ukuran dan diameter pisang. Gambar 3.3 menunjukkan rangkaian pembagi tegangan, dimana V_i adalah sinyal tegangan masukan sebesar 5 volt, V_0 adalah sinyal tegangan sensor yang dihubungkan ke osiloskop, Z_1 adalah impedansi sensor, sedangkan Z_2 adalah impedansi yang dipilih mendekati Z_1 melalui kapasitor. Pengukuran permitivitas relatif atau konstanta dielektrik dilakukan dengan bahan buah pisang yang diletakkan antara pelat kapasitor dengan seluruh bagian buah pisang berada di dalam pelat kapasitor. Pelat kapasitor inilah sebagai sensor kapasitansi. Gelombang sinus dengan daya 5 volt menggunakan frekuensi rendah yaitu 50 Hz-500 KHz yang diterapkan pada rangkaian gambar 3.4 dan 3.5 dan V_0 diukur dengan osiloskop.

Frekuensi *function generator* diatur dari 50 Hz–500 KHz dengan amplitudo tegangan 5 volt. Kapasitor sebagai tempat sampel adalah Z_1 dengan persamaan berikut:

$$Z_1 = X_{c_1} = \frac{1}{2\pi f C_1} \quad (3.2)$$

Dengan f adalah frekuensi yang diatur dari 50 Hz–500 KHz dari persamaan 2.13 menjadi:

$$C_1 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (3.3)$$

Dengan A dan d masing-masing luas pelat kapasitor dan jarak antar pelat, ϵ_r dan ϵ_0 masing-masing adalah konstanta dielektrik bahan dan permitivitas ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m). Sedangkan Z_2 memenuhi persamaan :

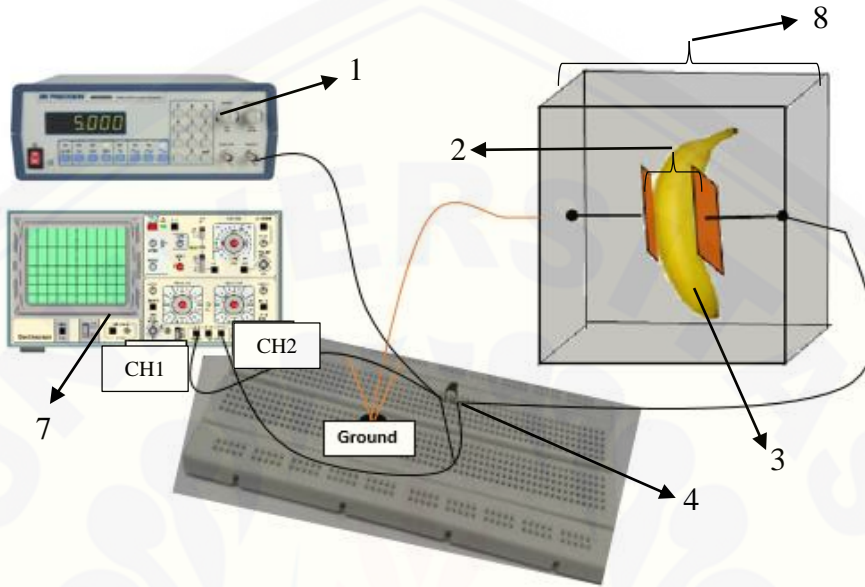
$$Z_2 = X_{c_2} = \frac{1}{2\pi f C_2} \quad (3.4)$$

Dengan C_2 adalah kapasitansi kapasitor yang ditambahkan dan dipasang secara seri dengan C_1 . Nilai C_2 dipilih mendekati nilai C_1 untuk menghindari kesalahan yang tinggi.

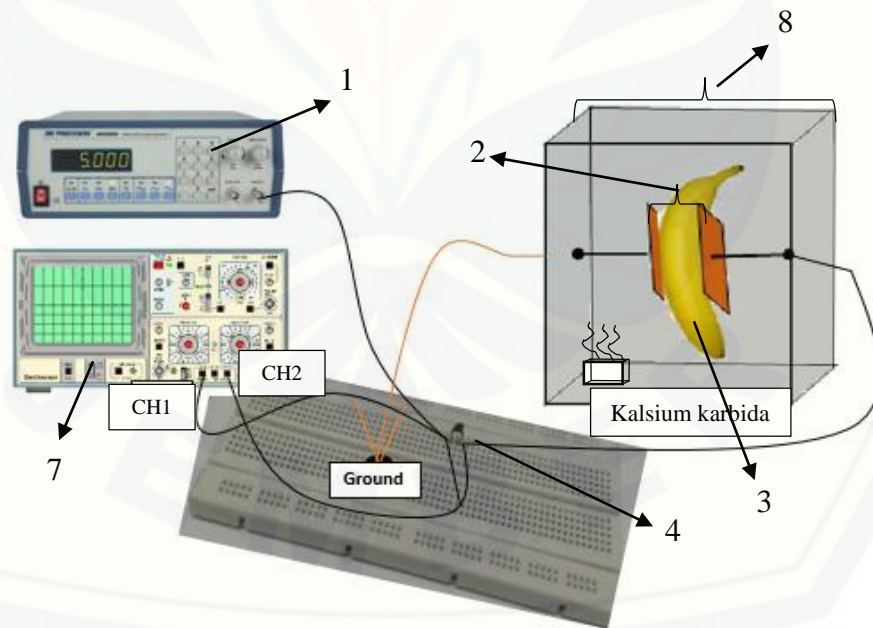
Pada saat C_1 dan C_2 dirangkai seperti pada gambar 3.4 dan frekuensi dipilih dari 50 Hz–100 Hz, V_0 dan V_i dihubungkan ke osiloskop melalui CH1 dan CH2. Amplitudo tegangan dipilih sebesar 5 volt. Hasil pengukuran V_0 dan V_i bergantung pada C_1 dan C_2 yang memenuhi persamaan pembagi tegangan yaitu persamaan 2.20. Karena Z_1 bergantung pada C_2 dan Z_2 bergantung pada C_2 sehingga ϵ_r dapat ditentukan. Jika V_0 , V_i dan Z_1 sudah terukur sehingga ϵ_r menjadi

$$\epsilon_r = \frac{d(2\pi f C_2)}{\left(\frac{1}{V_0/V_i} - 1\right) 2\pi f \epsilon_0 A} \quad (3.5)$$

Adapun skema alat pengukur kemasakan buah pisang berdasarkan rangkaian Soltani *et al* (2014) yang digunakan dalam kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Skema pengukur kemasakan buah pisang



Gambar 3.5 Skema pengukur kemasakan buah pisang dengan kalsium karbida

Keterangan:

- 1 : *Function generator*
- 2 : Jarak antar Pelat PCB (*Printed Circuit Board*)
- 3 : Pisang
- 4 : Kapasitor
- 7 : Osiloskop
- 8 : Kotak pengukuran

3.5.2 Perancangan alat ukur indeks warna pisang

Adapun gambar skema pengukuran indeks warna dengan *color reader*



Gambar 3.6 Rancangan pengukur indeks warna pisang dengan *color reader*

Keterangan:

- 1 : *Color reader*
- 2 : Pisang

Penggunaan *color reader* adalah dengan menyentuhkan monitor *color reader* sedekat mungkin pada permukaan bahan kemudian alat dihidupkan. Indeks warna akan ditunjukkan oleh angka yang terbaca pada *color reader*. Nilai tertera pada *color reader* ditulis dan dilakukan pengolahan data menggunakan rumus berikut:

$$L^* = 94,35 + dL \quad (3.6)$$

$$a^* = -5,75 + da \quad (3.7)$$

$$b^* = 6,51 + db \quad (3.8)$$

$$a = \frac{a_{rata-rata}^* \times a_{standart}}{a_{keramik}} \quad (3.9)$$

$$b = \frac{b_{rata-rata}^* \times b_{standart}}{b_{keramik}} \quad (3.10)$$

$$c^* = [(a)^2 + (b)^2]^{1/2} \quad (3.11)$$

Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan pada beberapa titik yang berbeda pada pisang kemudian dirata-rata (Wardani, 2008).

3.5.3 Proses Pengambilan Data

Setelah kalibrasi alat, dilanjutkan dengan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember. Alat disusun sesuai gambar 3.2 untuk menentukan nilai kapasitor pada C_2 . Jarak antara lempeng pelat bergantung pada diameter pisang. Pengukuran dilakukan pada buah pisang selama lima hari pemasakan. Pengambilan data dilakukan dengan membiarkan kedua pelat kosong (medium udara), nilai kapasitansinya dicatat sebagai C_0 . Kemudian kedua lempeng kapasitor diisi dengan buah pisang, nilai kapasitansinya dicatat sebagai C_a , dilakukan pada pemasakan buah pisang yang berbeda, dengan cara tersebut maka dapat menentukan besar kapasitor.

Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan alat disusun sesuai gambar 3.4 dan 3.5 pelat kapasitor diisi dengan buah pisang, nilai tegangan keluar dapat dilihat menggunakan osiloskop berupa gelombang sinus, nilai tegangan keluar dicatat sebagai V_0 dengan variasi frekuensi antara 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, 50 KHz, dan 500 KHz.

Pengukuran dan pengambilan data selanjutnya menggunakan *Color reader*, pengukuran menggunakan *color reader* merupakan penggambaran warna secara kuantitatif dengan sistem CIE dengan indikasi L^* menandakan gelap terang, a^* menandakan parameter merah-hijau dan b^* menandakan parameter kuning-biru. a^*

dan b^* merupakan koordinat kromatik, yang menunjukkan arah warna, jika nilai $+a^*$ maka menandakan arah warna merah, $-a^*$ adalah arah warna hijau sedangkan $+b^*$ adalah arah warna kuning dan $-b^*$ adalah arah warna biru. Pada penelitian ini, digunakan metode *chroma* untuk mengukur indikator kemasakan buah pisang berdasarkan warna.

3.6 Analisis Data

Berdasarkan hasil pengamatan dalam pengukuran nilai permitivitas relatif dari pisang menggunakan dua pelat sejajar sebagai sensor kapasitansi, selanjutnya akan dilakukan analisis dari data yang didapatkan dengan 5 kali pengulangan yaitu:

$$\Delta \varepsilon_r = \sqrt{\frac{\sum (\bar{\varepsilon}_r - \varepsilon_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_r = (\bar{\varepsilon}_r \pm \Delta \varepsilon_r) \quad (3.13)$$

Keterangan :

$\Delta \varepsilon_r$: standart deviasi konstanta dielektrik

$\bar{\varepsilon}_r$: rata-rata hasil ukur konstanta dielektrik

ε_i : pengukuran konstanta dielektrik ke-i

n : jumlah pengukuran

Dalam penelitian terdapat dua jenis kegiatan pengujian, yakni pengukuran berbasis sistem sensor konstanta dielektrik dan pengukuran indeks warna pisang menggunakan *color reader*. Penentuan warna menggunakan sistem $L^*a^*b^*$ dengan 5 kali pengulangan tiap sampel. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode deskriptif. Data hasil penelitian dari 5 kali pengulangan dijumlahkan dan dirata-rata, untuk mempermudah intepetasi data, selanjutnya digambarkan dalam bentuk diagram batang atau grafik.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

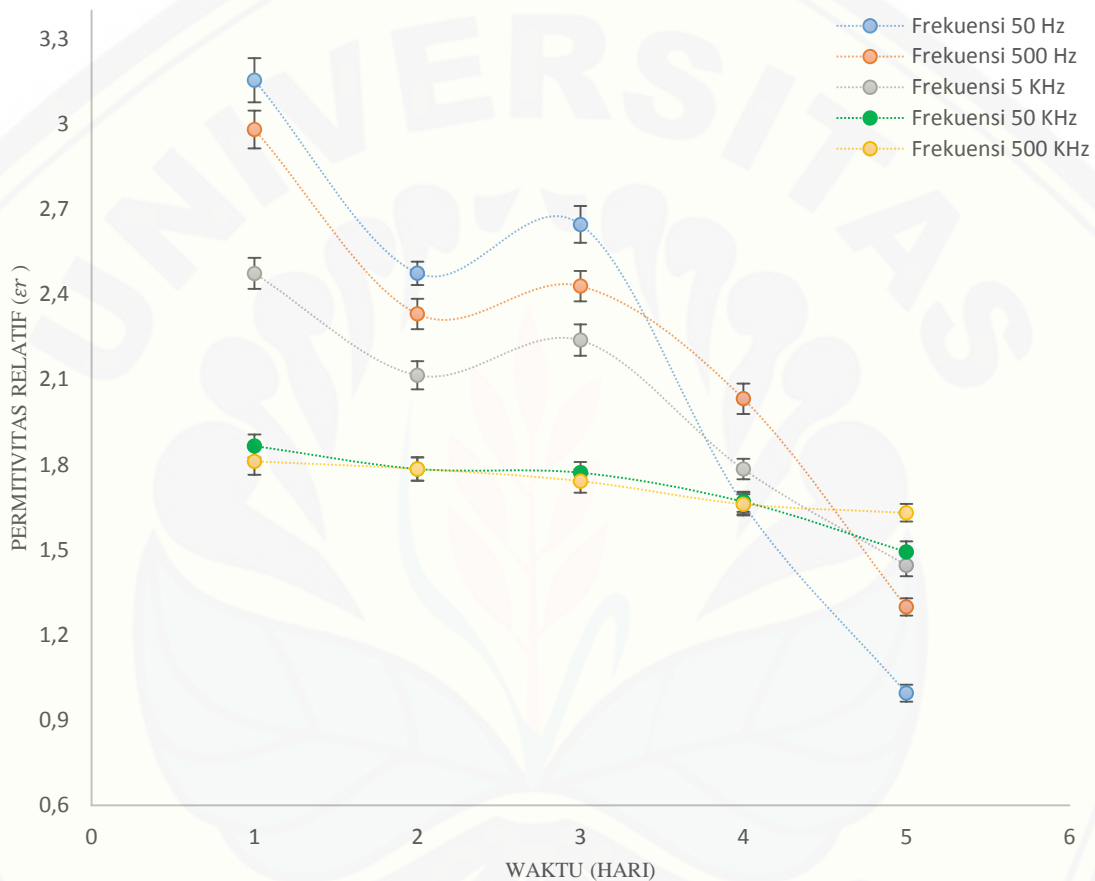
4.1 Hasil

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai permitivitas relatif atau konstanta dielektrik pada empat jenis buah pisang yaitu pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas terhadap waktu pemasakan dengan menggunakan variasi frekuensi yaitu 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, 50 KHz, 500 KHz. Pada masing-masing frekuensi tersebut dilakukan pengukuran dengan dua perlakuan yaitu proses pemasakan pisang secara alami (tanpa kalsium karbida) dan pemasakan pisang secara kimia (diberi kalsium karbida). Pengukuran tersebut menggunakan pelat yang sesuai dengan ukuran dan jenis pisang karena setiap jenis pisang memiliki ukuran yang berbeda. Pisang kepok memiliki diameter 0,031 m dengan luas pelat sebesar 0,0012 m², pisang nangka memiliki diameter 0,028 m dengan luas pelat sebesar 0,0012 m², pisang susu memiliki diameter 0,030 m dengan luas pelat 0,0012 m², dan pisang mas memiliki diameter 0,025 m dengan luas pelat 0,0009 m².

Penelitian ini menggunakan empat jenis pisang yang berbeda. Pada masing-masing jenis pisang dilakukan pengukuran menggunakan sensor kapasitansi dengan sumber tegangan 5 volt. Pengukuran tersebut juga menggunakan lima frekuensi dengan lima kali pengulangan pada setiap frekuensinya. Data yang diperoleh adalah data tegangan keluar (V_o) yang berupa gambar gelombang sinus yang ditampilkan oleh layar pengamatan pada osiloskop. Hasil dokumentasi yang berupa gambar dari gelombang sinus dapat dilihat pada lampiran C1. Nilai tegangan keluar yang diperoleh pada masing-masing frekuensi digunakan untuk mendapatkan nilai permitivitas relatif dengan persamaan (3.4).

4.1.1 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pada pisang kepok

Hasil perhitungan permitivitas relatif (ϵ_r) untuk perlakuan proses pemasakan pisang secara alami (tanpa kalsium karbida) pisang kepok dapat digambarkan dalam bentuk grafik (Gambar 4.1) sebagai berikut:

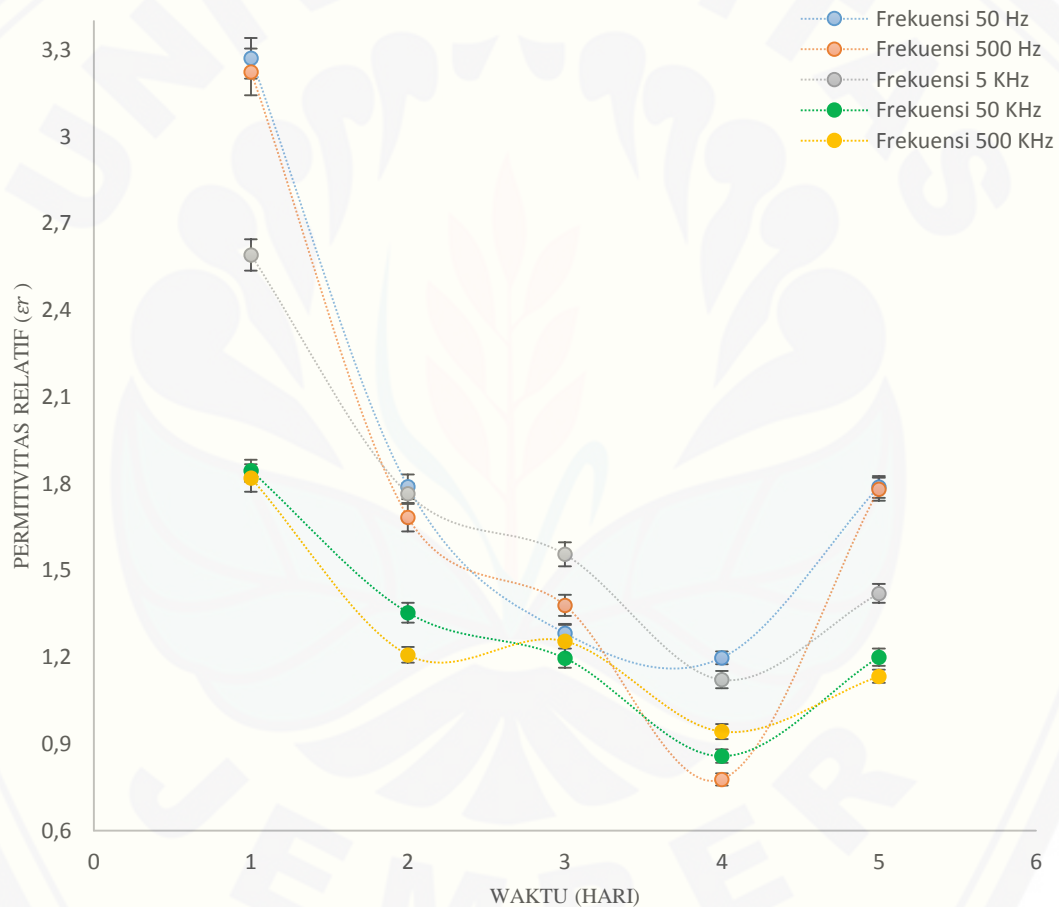


Gambar 4.1 Grafik nilai permitivitas relatif pisang kepok

Grafik pisang kepok di atas, menunjukkan nilai permitivitas relatif pisang kepok pada frekuensi 50 Hz-500 KHz, terjadi penurunan nilai permitivitas relatif selama proses pemasakan pisang. Pada variasi frekuensi 50 Hz-5 KHz menunjukkan penurunan nilai permitivitas relatif seiring bertambahnya frekuensi pada hari pertama sampai hari ketiga sedangkan pada hari ketiga sampai hari kelima menunjukkan nilai permitivitas relatif yang cukup bervariasi. Penurunan nilai permitivitas relatif terjadi pada hari

pertama ke hari kedua, namun terjadi kenaikan nilai permitivitas relatif pada hari kedua ke hari ketiga. Selanjutnya pada hari ketiga sampai kelima terlihat nilai permitivitas relatif yang menurun. Sedangkan pada variasi frekuensi 50 KHz-500 KHz menunjukkan penurunan nilai permitivitas relatif yang kecil.

Sementara untuk grafik hasil perhitungan permitivitas relatif (ϵ_r) pada perlakuan proses pemasakan pisang secara kimia (diberi kalsium karbida) pada pisang kepek sebagai berikut:

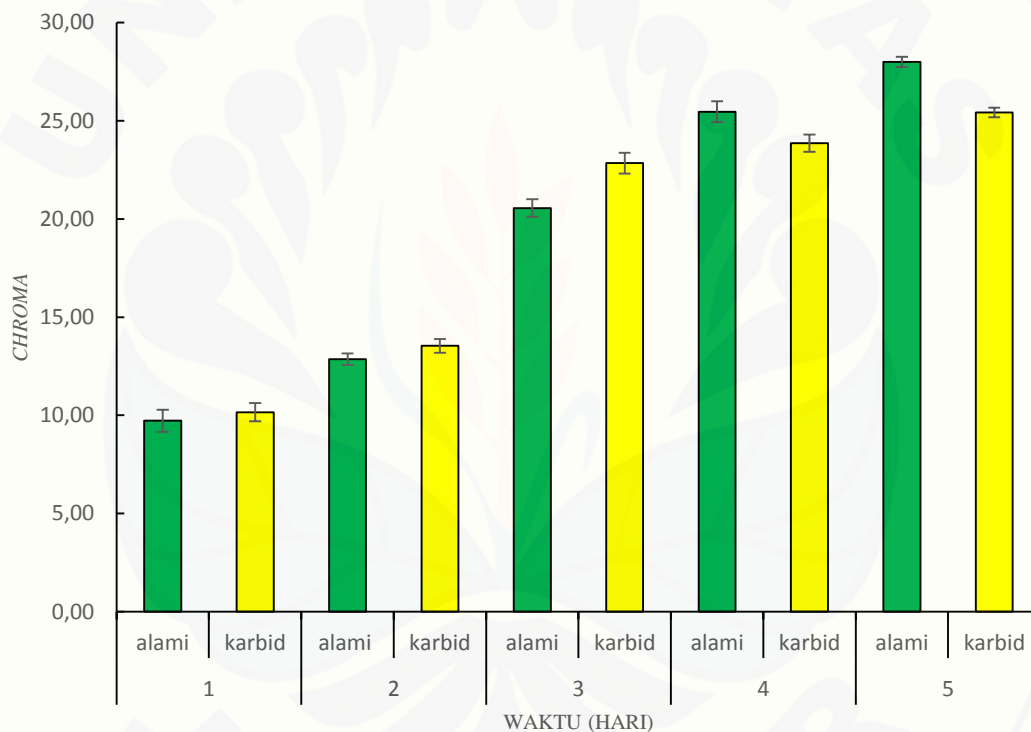


Gambar 4.2 Grafik nilai permitivitas relatif kepek menggunakan kalsium karbida

Gambar 4.2 menunjukkan terjadinya penurunan nilai permitivitas relatif selama pemasakan. Hasil yang diperoleh tidak sama dengan percobaan sebelumnya, perbedaan ini terjadi karena perlakuan proses pemasakan yang berbeda. Berdasarkan hasil yang

diperoleh pada frekuensi 5 Hz hari kelima menunjukkan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,9956 \pm 0,0296)$ sedangkan pada perlakuan secara kimia (diberi kalsium karbida) menunjukkan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,8569 \pm 0,0225)$ pada hari keempat. Hal ini menunjukkan bahwa kalsium karbida memiliki pengaruh terhadap nilai permitivitas relatif pisang kepok.

Penelitian selanjutnya adalah mengukur indeks warna pada masing-masing perlakuan dengan menggunakan *color reader*. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh grafik indeks warna pisang kepok sebagai berikut:



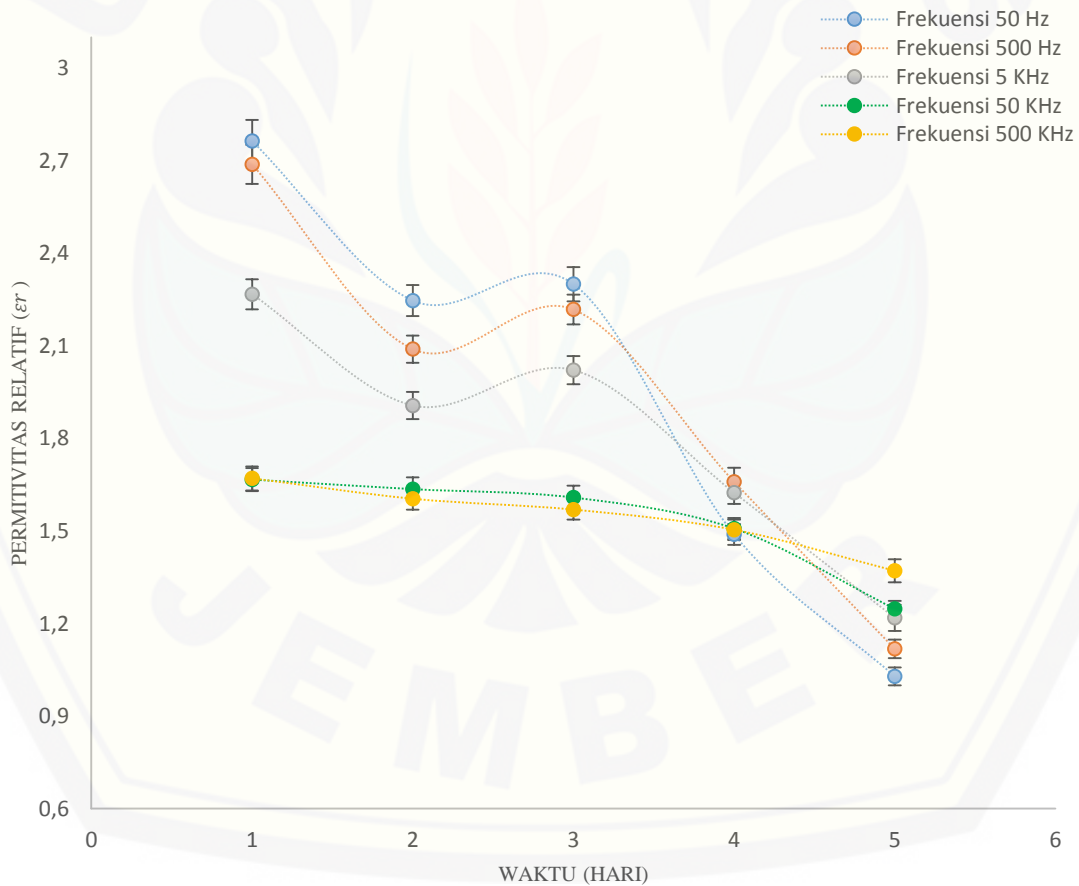
Gambar 4.3 Grafik nilai indeks warna pisang kepok

Gambar 4.3 menunjukkan grafik perbandingan perubahan nilai *chroma* pada pisang kepok dengan perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida). Grafik indeks warna dengan metode *chroma* menunjukkan bahwa pisang masak secara alami mengalami peningkatan nilai *chroma* yang cenderung lebih tinggi mulai hari keempat hingga hari kelima sedangkan pisang kepok masak secara

kimia (diberi kalsium karbida) menunjukkan peningkatan nilai *chroma* yang relatif lebih tinggi dari hari pertama sampai hari ketiga. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemasakan pisang yang disebabkan oleh kalsium karbida memiliki pengaruh terhadap perubahan warna. Nilai *chroma* pada pisang masak secara alami lebih tinggi daripada pisang masak secara kimia (kalsium karbida) pada hari keempat sampai kelima. Nilai *chroma* masak alami sebesar $(28,00 \pm 0,26)$ sedangkan untuk pisang masak secara kimia sebesar $(25,42 \pm 0,24)$ pada hari kelima.

4.1.2 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pada pisang nangka

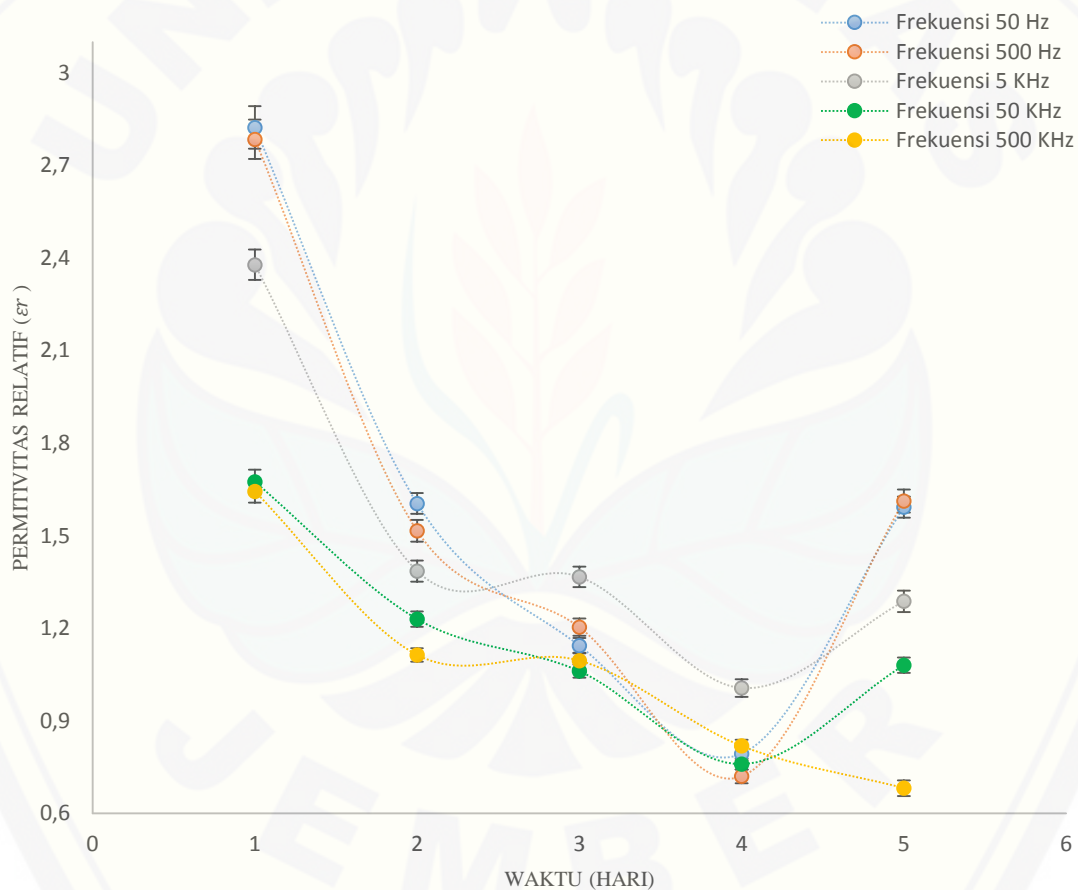
Adapun hasil perhitungan nilai permitivitas relatif (ϵ_r) pisang nangka dengan proses pemasakan tanpa kalsium karbida dinyatakan dalam grafik berikut:



Gambar 4.4 Grafik nilai permitivitas relatif pisang nangka

Grafik nilai permitivitas relatif pada pisang nangka memiliki nilai yang cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai permitivitas relatif pisang kepok pada perlakuan yang sama. Pada pisang kepok, terlihat nilai permitivitas relatif di hari pertama pada frekuensi sama yaitu 500 Hz sebesar $(2,9805 \pm 0,0663)$ hingga hari kelima sebesar $(1,2993 \pm 0,0303)$ sedangkan pada pisang nangka memiliki nilai sebesar $(2,6884 \pm 0,0631)$ hingga hari kelima dengan nilai sebesar $(1,1179 \pm 0,0304)$.

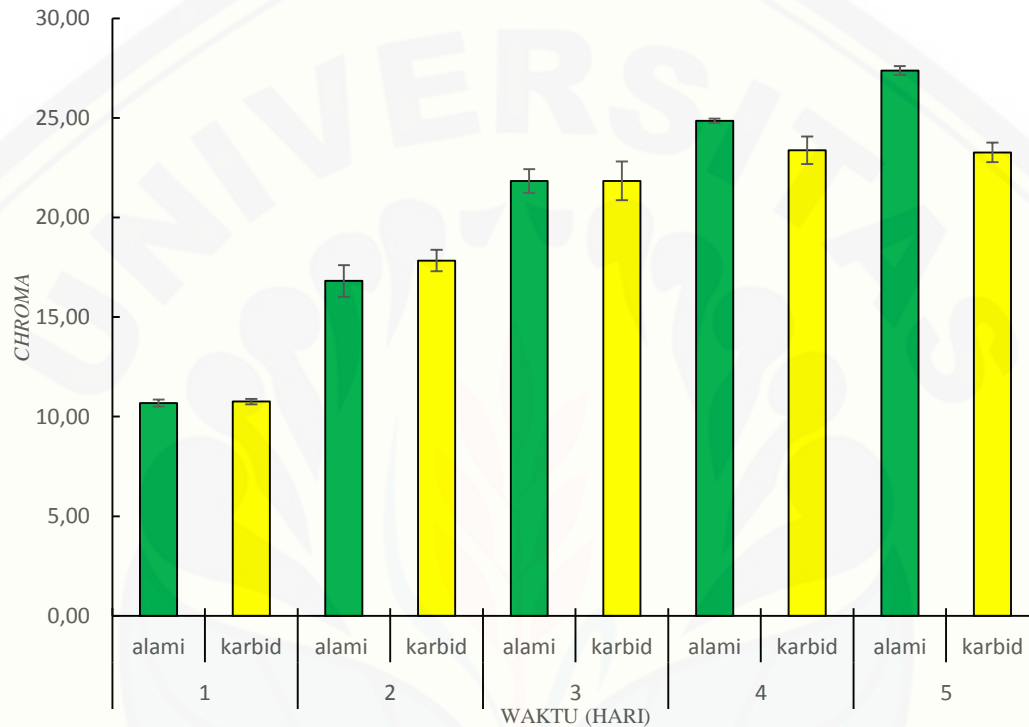
Grafik hasil perhitungan untuk nilai permitivitas relatif (ϵ_r) pisang nangka dengan proses pemasakan secara kimia (kalsium karbida) adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik nilai permitivitas relatif pisang nangka menggunakan kalsium karbida

Grafik pisang nangka yang proses pemasakannya secara kimia (diberi kalsium karbida) menunjukkan *trend* grafik yang cenderung sama dengan grafik pisang kepok yang

menggunakan kalsium karbida, tetapi nilai permitivitas relatif pisang nangka lebih kecil dibandingkan dengan pisang kepok. Hal ini terlihat pada pisang kepok frekuensi 50 Hz nilai permitivitas relatifnya sebesar $(3,2712 \pm 0,0698)$. Sedangkan nilai permitivitas relatif pisang nangka sebesar $(2,8232 \pm 0,0680)$.

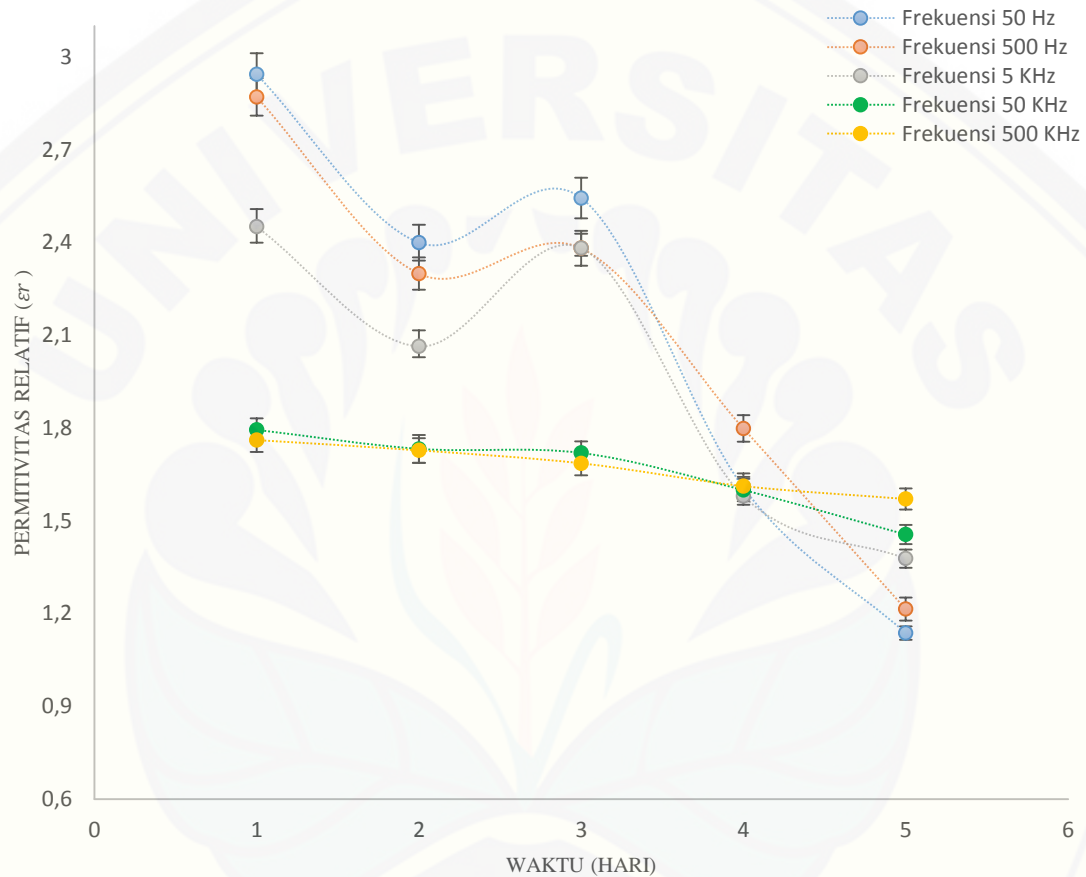


Gambar 4.6 Grafik nilai indeks warna pisang nangka

Gambar 4.6 menunjukkan perubahan nilai *chroma* pada pisang nangka selama waktu proses kemasakannya. Perubahan nilai *chroma* pisang nangka masak secara alami sebesar $(10,67 \pm 0,17)$ untuk hari pertama, $(16,81 \pm 0,79)$ untuk hari kedua, $(21,83 \pm 0,58)$ untuk hari ketiga, $(24,85 \pm 0,11)$ untuk hari keempat, dan $(27,38 \pm 0,22)$ untuk hari kelima. Sedangkan untuk pisang nangka yang diberi perlakuan secara kimia adalah $(10,75 \pm 0,13)$ untuk hari pertama, $(17,83 \pm 0,54)$ untuk hari kedua, $(21,83 \pm 0,97)$ untuk hari ketiga, $(23,38 \pm 0,69)$ untuk hari keempat, dan $(23,27 \pm 0,49)$ untuk hari kelima.

4.1.3 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pada pisang susu

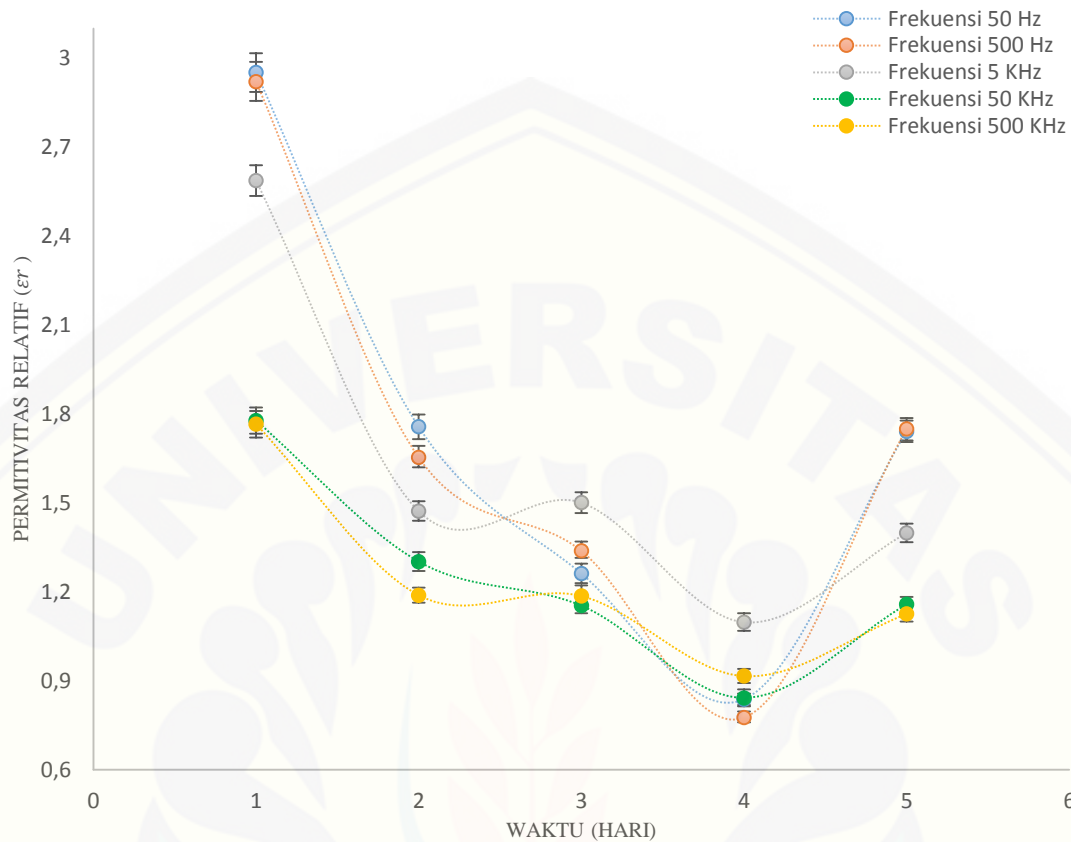
Berdasarkan hasil pengolahan data dari hasil pengukuran nilai permitivitas relatif pisang susu selama proses pemasakannya dapat dilihat dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik nilai permitivitas relatif pisang susu

Pada grafik pisang susu, *trend* grafik yang dihasilkan cenderung sama dengan *trend* grafik yang dihasilkan pada pisang kepok dan pisang nangka, yaitu terjadi penurunan nilai permitivitas relatif selama pemasakan pada variasi semua frekuensi.

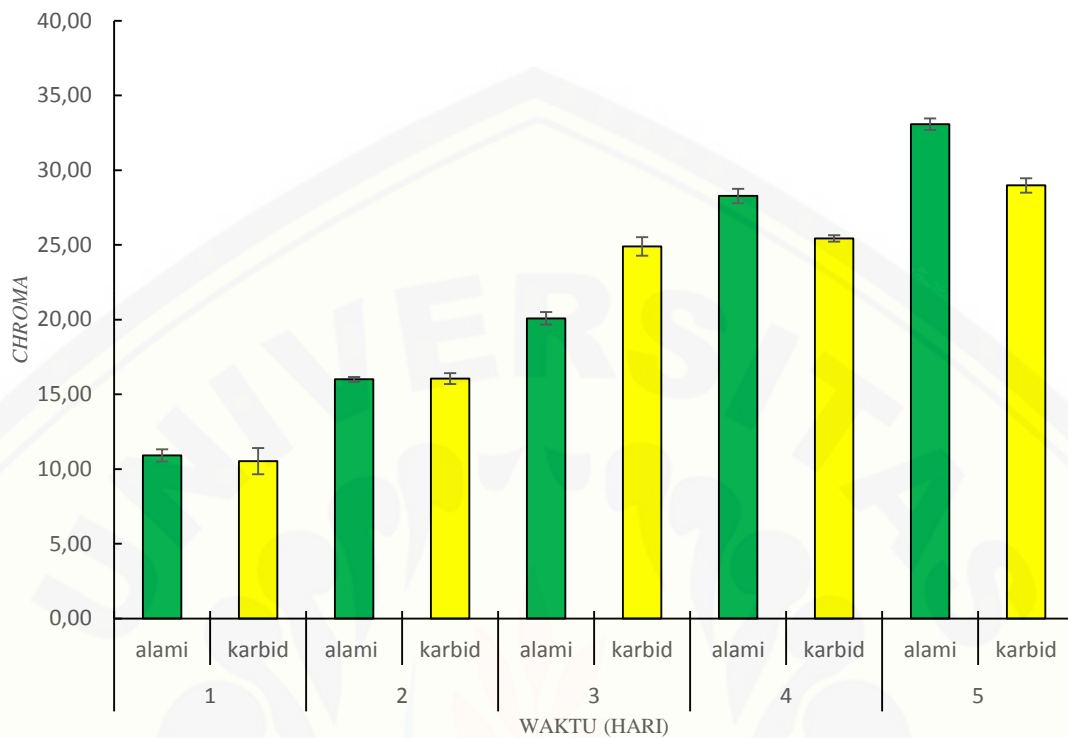
Grafik hasil perhitungan permitivitas relatif (ϵ_r) pada perlakuan proses pemasakan pisang secara kimia (diberi kalsium karbida) pada pisang susu sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik nilai permitivitas relatif pisang susu menggunakan kalsium karbida

Pada grafik nilai permitivitas relatif pisang susu yang menggunakan kalsium karbida, *trend* grafik yang dihasilkan cenderung sama dengan *trend* grafik dua jenis pisang lainnya yaitu pisang kepok dan pisang nangka menggunakan kalsium karbida.

Uji warna kulit pisang susu dilakukan untuk mengetahui kemasakan pisang susu berdasarkan warna dengan perlakuan berbeda yaitu secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida). Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh grafik sebagai berikut:

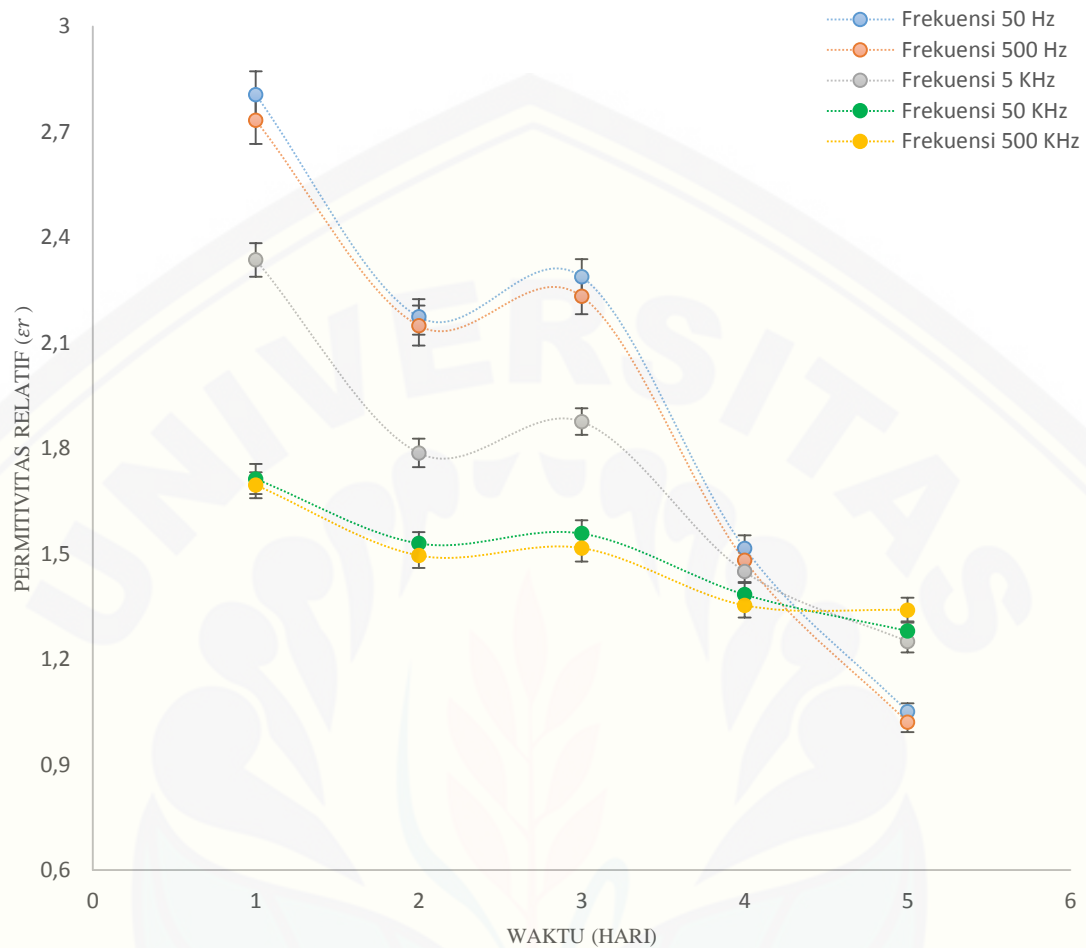


Gambar 4.9 Grafik indeks warna pisang susu

Gambar 4.9 merupakan grafik perubahan indeks warna pisang susu terhadap waktu kemasakan pisang susu secara alami (tanpa kalsium karbida) dan kimia (diberi kalsium karbida). Perubahan nilai *chroma* yang ditunjukkan oleh grafik terus meningkat seiring berjalannya waktu kemasakan pisang susu. Perubahan nilai *chroma* pisang susu tidak jauh berbeda dengan pisang-pisang lainnya. Perbedaan ditunjukkan oleh adanya perbedaan perlakuan pemasakan pisang.

4.1.4 Hasil perhitungan permitivitas relatif dan indeks warna pada pisang mas

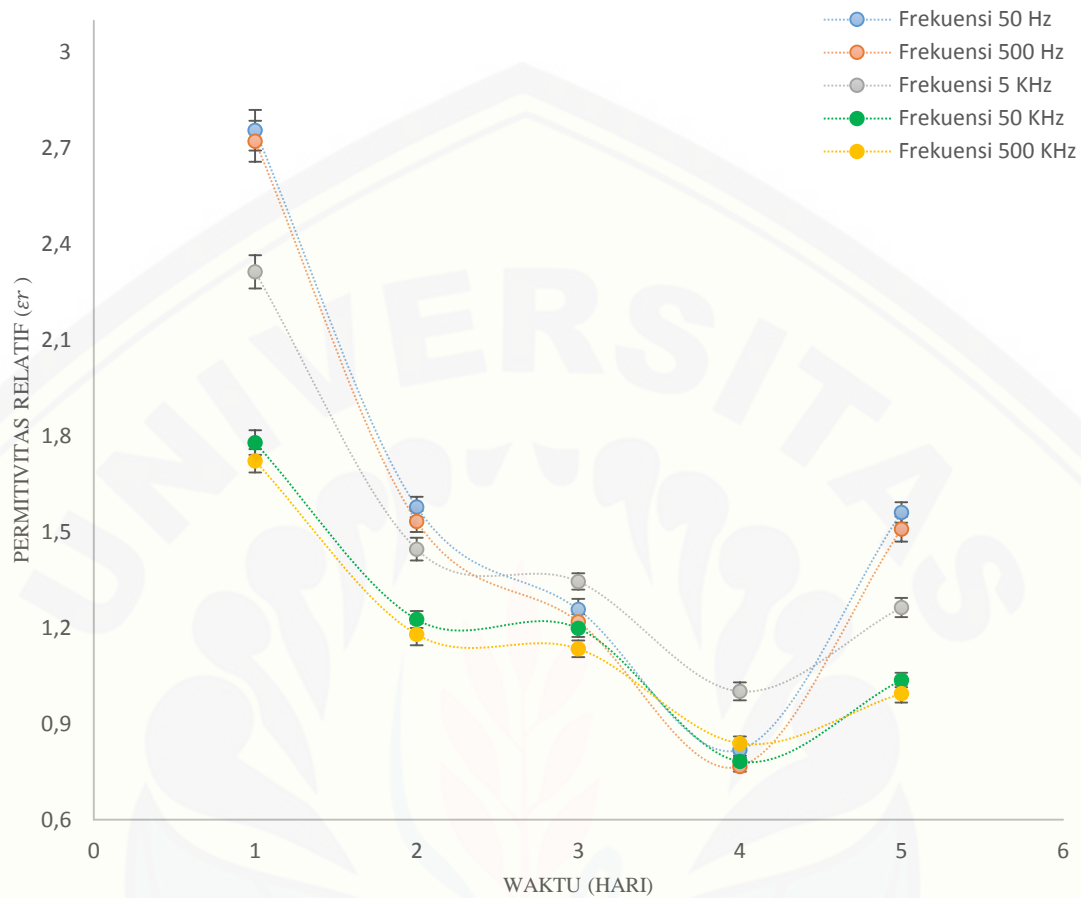
Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh grafik nilai permitivitas relatif kemasakan pisang mas selama proses kemasakannya pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida). Perubahan nilai permitivitas relatif dinyatakan dalam grafik berikut:



Gambar 4.10 Grafik nilai permitivitas relatif pisang mas

Grafik nilai permitivitas relatif pisang mas juga memiliki *trend* grafik yang cenderung sama dengan grafik nilai permitivitas relatif pisang kepok pada frekuensi 500 Hz pada hari pertama hingga hari kelima berkisar $(2,9805 \pm 0,0663)$ - $(1,2993 \pm 0,0303)$, pisang nangka $(2,6884 \pm 0,0631)$ - $(1,1179 \pm 0,0304)$, dan pisang susu $(2,8705 \pm 0,0602)$ - $(1,2141 \pm 0,0373)$ sedangkan pisang mas berkisar $(2,7333 \pm 0,0669)$ - $(1,0213 \pm 0,0267)$.

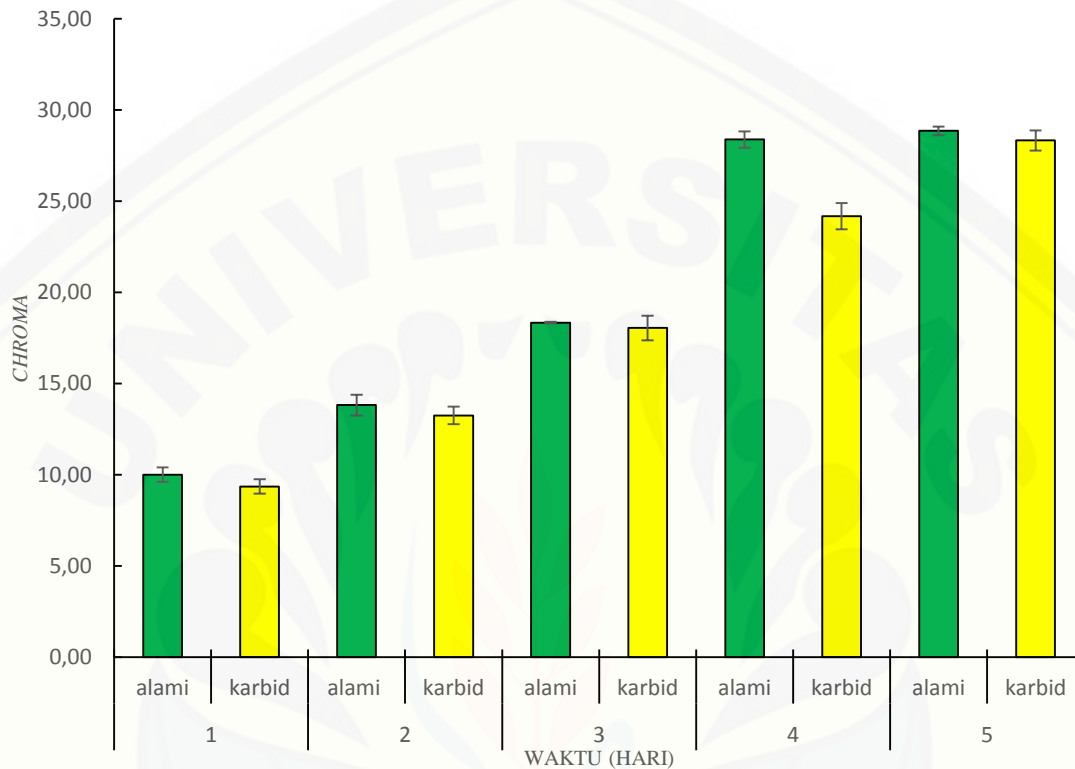
Berdasarkan hasil pengukuran maka diperoleh grafik nilai permitivitas relatif pisang mas dengan diberi kalsium karbida adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Grafik nilai permitivitas relatif pisang mas menggunakan kalsium karbida

Grafik pada pisang mas yang menggunakan kalsium karbida menunjukkan *trend* grafik yang tidak jauh berbeda dengan pengukuran pisang-pisang sebelumnya (pisang kepok, pisang nangka, dan pisang susu). Apabila dibandingkan perubahan nilai permitivitas relatif selama proses pemasakan, pisang kepok merupakan pisang yang mengalami perubahan nilai permitivitas relatif paling besar. Misalkan penurunan nilai permitivitas relatif pisang kepok pada frekuensi 50 Hz dari $(3,1539 \pm 0,0778)$ menjadi $(0,9956 \pm 0,0296)$, pisang nangka dari $(2,7641 \pm 0,0680)$ menjadi $(1,0284 \pm 0,0294)$, pisang susu dari $(2,9432 \pm 0,0687)$ menjadi $(1,1368 \pm 0,0283)$, sedangkan pisang mas dari $(2,8064 \pm 0,0657)$ menjadi $(1,0505 \pm 0,0237)$.

Berdasarkan hasil pengukuran indeks warna pisang mas maka diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik indeks warna pisang mas

Gambar 4.12 menunjukkan indeks warna pisang mas berdasarkan metode *chroma*, menunjukkan hasil nilai *chroma* yang berbeda pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil yang diperoleh untuk indeks warna pisang keseluruhan berturut-turut bahwa pisang susu memiliki indeks warna tertinggi sebesar $(33,07 \pm 0,37)$ diikuti pisang kepok sebesar $(28,00 \pm 0,26)$ dan pisang mas sebesar $(28,37 \pm 0,23)$ serta pisang nangka sebesar $(27,38 \pm 0,22)$ untuk waktu pemasakan hari kelima.

4.2 Pembahasan

Penelitian mengenai estimasi kemasakan buah pisang dilakukan pada empat jenis buah pisang yaitu pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas menggunakan sensor kapasitansi. Uji kemasakan empat jenis buah pisang lokal

Indonesia bertujuan untuk mengetahui nilai permitivitas relatif untuk berbagai jenis pisang. Perlakuan-perlakuan yang diberikan untuk mendapat variasi nilai permitivitas relatif di antaranya adalah proses pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida) pada setiap jenis pisang. Pada penelitian ini sebelumnya dilakukan studi awal untuk menentukan nilai kapasitor sebagai rangkaian pembagi tegangan dengan sensor pelat sejajar. Hasil pengukuran permitivitas relatif yang didapatkan menggunakan kapasitansi meter sebesar 10 pF . Skema rangkaian yang disusun (Gambar 3.4 dan 3.5) berdasarkan rancangan Soltani menggunakan sumber tegangan sebesar 5 volt yang dinyatakan sebagai tegangan masukan. Data yang diperoleh berupa tegangan keluar yang berupa pola gelombang sinus yang ditampilkan oleh osiloskop. Osiloskop digunakan untuk mengukur tegangan yang terukur dapat dilihat di layar pada skala vertikal dan mengalikannya dengan faktor pengali yang tertera pada tombol. Pola gelombang sinus osiloskop dapat dilihat pada lampiran C1.

Pengambilan data yang pertama yaitu pisang kepok yang memiliki ketebalan kulit sangat tebal jika dibandingkan dengan jenis pisang lainnya. Data awal yang diperoleh berupa tegangan keluar yang tergambar pada layar osiloskop. Gambar 4.1 menunjukkan grafik permitivitas relatif pisang kepok dengan pemasakan secara alami, terjadi penurunan nilai permitivitas relatif selama pemasakan. Pada pengukuran pisang kepok yang menggunakan proses pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida) pada frekuensi 50 Hz, untuk hari pertama menghasilkan nilai permitivitas relatif sebesar $(3,1539 \pm 0,0778)$ - $(0,9956 \pm 0,0296)$ untuk hari kelima, frekuensi 500 Hz berkisar $(2,9805 \pm 0,0663)$ - $(1,2993 \pm 0,0303)$, frekuensi 5 KHz berkisar $(2,4736 \pm 0,0546)$ - $(1,4460 \pm 0,0383)$, frekuensi 50 KHz berkisar $(1,8662 \pm 0,0406)$ - $(1,4923 \pm 0,0381)$ dan frekuensi 500 KHz berkisar $(1,8114 \pm 0,0472)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$. Hal ini menunjukkan bahwa pisang mentah memiliki nilai permitivitas relatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan pisang masak seperti yang diungkapkan oleh Soltani *et al* (2010) dan Jamaludin *et al* (2014).

Pengukuran berikutnya dilakukan dengan proses pemasakan pisang secara kimia (diberi kalsium karbida). Pada perlakuan pemasakan pisang secara kimia (diberi kalsium karbida) menunjukkan hasil yang berbeda, perbedaan ini terjadi karena perlakuan proses pemasakan. Misalkan data yang diperoleh pada gambar 4.2 pisang kepek frekuensi 50 Hz menunjukkan penurunan yang cukup tinggi yaitu sebesar $(3,2712 \pm 0,0698)$ untuk hari pertama menjadi $(0,8569 \pm 0,0225)$ pada hari keempat dan mengalami kenaikan nilai permitivitas relatif pada hari kelima sebesar $(1,7159 \pm 0,0377)$. Hal ini menunjukkan bahwa kalsium karbida memiliki pengaruh terhadap nilai permitivitas relatif selama waktu proses pemasakan.

Pengukuran indeks warna pisang kepek menggunakan *color reader* (Gambar 4.3) menunjukkan bahwa pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) memiliki nilai *chroma* yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan secara kimia (diberi kalsium karbida). Nilai *chroma* pada sampel pisang tanpa kalsium karbida mengalami kenaikan yang cukup besar dari hari pertama sampai kelima yaitu $(9,72 \pm 0,56)$, $(12,85 \pm 0,29)$, $(20,55 \pm 0,44)$, dan $(25,27 \pm 0,5)$ hingga mencapai nilai sebesar $(28,00 \pm 0,26)$. Sedangkan nilai *chroma* pisang yang diberi kalsium karbida secara berturut-turut dari hari pertama sampai kelima sebesar $(10,15 \pm 0,46)$, $(13,54 \pm 0,34)$, $(22,84 \pm 0,53)$, $(23,86 \pm 0,44)$, dan $(25,42 \pm 0,24)$. Hal ini menunjukkan bahwa kalsium karbida juga berpengaruh terhadap warna kulit buah pisang kepek.

Jenis sampel kedua adalah pisang nangka. Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik permitivitas relatif pisang nangka dengan pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida). Data yang diperoleh pada pisang nangka memiliki *trend* yang sama dengan pisang kepek yaitu nilai permitivitas relatif semakin turun selama pemasakan pisang tersebut. Nilai permitivitas relatif yang ditunjukkan oleh pisang nangka juga menunjukkan penurunan nilai permitivitas relatif sebesar $(2,7641 \pm 0,0680)$ untuk hari pertama dan $(1,0284 \pm 0,0294)$ untuk hari kelima pada frekuensi 50 Hz. Pada frekuensi 500 Hz berkisar $(2,6884 \pm 0,0631)$ - $(1,1179 \pm 0,0304)$, frekuensi 5 KHz berkisar $(2,2668 \pm 0,0487)$, frekuensi 50 KHz berkisar $(1,6655 \pm 0,0371)$, sedangkan pada frekuensi 500 KHz berkisar $(1,6705 \pm 0,0388)$ - $(1,3708 \pm 0,0374)$.

Gambar 4.5 menunjukkan grafik nilai permitivitas relatif pisang nangka secara kimia (diberi kalsium karbida). Data yang diperoleh juga memiliki *trend* yang sama dengan pisang kepok yaitu terjadinya penurunan nilai permitivitas relatif dari hari pertama hingga keempat dan terjadi kenaikan kembali untuk hari kelima. Pada variasi frekuensi, grafik pemasakan buah pisang tanpa kalsium karbida dan diberi kalsium karbida menunjukkan *trend* grafik yang relatif sama dengan pisang kepok. Selanjutnya pengukuran indeks warna pisang nangka menggunakan *color reader* metode *chroma*. Gambar 4.6 menunjukkan nilai *chroma* pisang nangka tanpa perlakuan memiliki nilai *chroma* yang lebih tinggi daripada yang diberi perlakuan secara kimia (dengan kalsium karbida). Pisang nangka pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida) memiliki nilai *chroma* selama pemasakan sebesar $(10,68 \pm 0,17)$ saat hari pertama dan $(27,38 \pm 0,22)$ saat hari kelima. Sedangkan pisang nangka diberi kalsium karbida memiliki nilai *chroma* sebesar $(10,76 \pm 0,13)$ untuk hari pertama dan $(23,27 \pm 0,49)$ pada hari kelima.

Pengambilan data jenis sampel pisang ketiga adalah pisang susu. Pisang susu merupakan pisang paling digemari masyarakat diantara pisang-pisang lainnya karena pisang ini memiliki cita rasa yang nikmat dan warna yang menarik. Gambar 4.7 menunjukkan grafik nilai permitivitas relatif pisang susu tanpa kalsium karbida. *Trend* grafik yang didapatkan pada pisang susu yaitu terjadinya penurunan nilai permitivitas relatif selama kemasakannya, hal ini juga terjadi pada pisang sebelumnya (pisang kepok dan pisang nangka). Nilai permitivitas relatif pisang susu pada frekuensi 50 Hz berkisar $(2,9432 \pm 0,0687)$ untuk hari pertama sampai $(1,1368 \pm 0,0213)$ untuk hari kelima, frekuensi 500 Hz berkisar $(2,8705 \pm 0,0602)$ untuk hari pertama hingga hari kelima $(1,2141 \pm 0,0340)$, frekuensi 5 KHz berkisar $(2,4511 \pm 0,0563)$ untuk hari pertama dan $(1,3781 \pm 0,0283)$ untuk hari kelima, frekuensi 50 KHz berkisar $(1,7936 \pm 0,0378)$ - $(1,5992 \pm 0,0312)$ untuk hari kelima, frekuensi 500 KHz berkisar $(1,7605 \pm 0,0381)$ - $(1,6118 \pm 0,0340)$ untuk hari kelima. Gambar 4.8 menunjukkan grafik nilai permitivitas relatif pisang susu yang diberi kalsium karbida, *trend* grafik yang didapatkan juga cenderung sama seperti pisang sebelumnya (pisang kepok dan

pisang nangka). Sedangkan pengukuran indeks warna pisang susu menggunakan *color reader* (gambar 4.9) menunjukkan nilai indeks warna metode *chroma* pisang susu tanpa perlakuan dan diberi kalsium karbida. Hasil yang diperoleh menunjukkan *trend* grafik yang cenderung sama dengan pisang kepok dan nangka yaitu pisang yang tanpa diberi kalsium karbida memiliki nilai *chroma* yang lebih tinggi daripada pisang yang diberi kalsium karbida untuk hari kelima. Pisang susu memiliki nilai *chroma* ($10,90 \pm 0,41$) untuk hari pertama meningkat hingga mencapai nilai sebesar ($33,07 \pm 0,37$) pada hari kelima selama pemasakan pisang susu secara alami, sedangkan pada pisang susu yang diberi kalsium karbida memiliki nilai *chroma* sebesar ($10,53 \pm 0,88$) untuk hari pertama dan ($29,55 \pm 0,48$) pada hari kelima. Pisang susu memiliki nilai *chroma* yang paling tinggi di antara pisang kepok dan nangka. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *chroma* maka semakin menarik warna pisang secara visual pandangan manusia.

Jenis sampel selanjutnya adalah pisang mas memiliki ukuran yang kecil dengan warna keemasan. Gambar 4.10 menunjukkan grafik nilai permitivitas relatif pisang mas tanpa diberi kalsium karbida. *Trend* grafik yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan pisang-pisang sebelumnya, pisang mas memiliki nilai permitivitas relatif yang relatif sama dengan pisang susu. Nilai permitivitas relatif pisang mas pada frekuensi 50 Hz berkisar ($2,8064 \pm 0,0657$) untuk hari pertama dan ($1,0505 \pm 0,0237$) untuk hari kelima, frekuensi 500 Hz berkisar ($2,7333 \pm 0,0669$)-(1,0213 \pm 0,0287) untuk hari kelima, frekuensi 5 KHz berkisar ($2,3362 \pm 0,0479$)-(1,2507 \pm 0,0311) untuk hari kelima, frekuensi 50 KHz berkisar ($1,7128 \pm 0,0431$)-(1,2806 \pm 0,0267) untuk hari kelima, sedangkan pada frekuensi 500 KHz berkisar ((1,6951 \pm 0,0367)-(1,3399 \pm 0,0355) untuk hari kelima. Gambar 4.11 menunjukkan grafik nilai permitivitas relatif pisang mas yang diberi kalsium karbida. *Trend* grafik pisang mas yang diberi kalsium karbida juga menunjukkan *trend* yang cenderung sama dengan pengukuran pisang-pisang sebelumnya. Nilai permitivitas relatif pisang mas pada frekuensi 50 Hz berkisar ($2,7565 \pm 0,0635$) untuk hari pertama dan ($1,5609 \pm 0,0320$) untuk hari kelima, frekuensi 500 Hz berkisar ($2,7220 \pm 0,0642$)-(1,5090 \pm 0,0320)

untuk hari kelima, frekuensi 5 KHz berkisar $(2,3143 \pm 0,0521)$ - $(1,2642 \pm 0,0300)$ untuk hari kelima, frekuensi 50 KHz berkisar $(1,7797 \pm 0,0384)$ - $(1,0372 \pm 0,0225)$ untuk hari kelima, sedangkan pada frekuensi 500 KHz berkisar $(1,7228 \pm 0,0362)$ - $(0,9947 \pm 0,0280)$ untuk hari kelima. Selanjutnya pengukuran nilai indeks warna menggunakan *color reader* metode *chroma*. Data yang diperoleh menunjukkan pisang mas memiliki nilai *chroma* yang lebih rendah dari pisang susu dan lebih tinggi dari pisang kepok dan pisang nangka. Indeks warna pisang mas berdasarkan nilai *chroma* didapatkan nilai sebesar $(10,00 \pm 0,39)$ untuk hari pertama beransur-ansur naik selama pemasakan hingga nilai *chroma* sebesar $(28,38 \pm 0,23)$ pada hari kelima untuk pisang pemasakan secara alami, sedangkan pada pisang mas diberi kalsium karbida menunjukkan nilai *chroma* yang lebih rendah, nilai *chroma* pisang mas sebesar $(9,35 \pm 0,39)$ pada hari pertama dan sebesar $(28,32 \pm 0,55)$ pada hari kelima. Pisang susu memiliki nilai *chroma* yang paling tinggi di antara pisang kepok, pisang nangka, dan pisang mas.

Pengukuran estimasi kemasakan pisang dilakukan dengan menggunakan sensor kapasitansi dan *color reader* untuk uji warna kulit pisang selama pemasakannya. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai permitivitas relatif pada berbagai jenis pisang. Pada pisang kepok perlakuan secara alami sebesar $(1,8114 \pm 0,0472)$ - $(3,1539 \pm 0,0778)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(9,72 \pm 0,56)$ sementara pada pisang kepok perlakuan secara kimia sebesar $(1,8197 \pm 0,0472)$ - $(3,2712 \pm 0,0698)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(10,15 \pm 0,46)$ untuk hari pertama. Pada pisang nangka perlakuan secara alami memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,6665 \pm 0,0371)$ - $(2,7641 \pm 0,0680)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(10,68 \pm 0,17)$ sedangkan pada pisang nangka perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,6432 \pm 0,0365)$ - $(2,8232 \pm 0,0680)$ dengan nilai *chroma* $(10,76 \pm 0,13)$. Pada pisang susu perlakuan secara alami memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,7605 \pm 0,0381)$ - $(2,9432 \pm 0,0687)$ dengan nilai *chroma* $(10,90 \pm 0,41)$ untuk hari pertama, pada pisang susu perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,7652 \pm 0,0446)$ - $(2,9518 \pm 0,0654)$ dengan nilai *chroma* $(10,53 \pm 0,88)$ untuk

hari pertama. Pada pisang mas perlakuan secara alami memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,6951 \pm 0,0367)$ - $(2,8064 \pm 0,0657)$ dengan nilai *chroma* $(10,00 \pm 0,39)$ untuk hari pertama. Pada pisang mas perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,7228 \pm 0,0362)$ - $(2,7565 \pm 0,0635)$ dengan nilai *chroma* $(9,35 \pm 0,39)$ untuk hari pertama. Pengukuran dilakukan dalam keadaan kondisi mentah pada berbagai jenis pisang dengan menghasilkan nilai permitivitas relatif yang bervariasi antara $(1,6432 \pm 0,0365)$ - $(3,2712 \pm 0,0698)$ dan nilai *chroma* di antara $(9,35 \pm 0,39)$ - $(10,76 \pm 0,13)$.

Kemasakan pisang dapat diestimasi melalui perubahan nilai permitivitas relatif selama waktu pemasakannya. Pengukuran pada hari kelima menunjukkan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,9956 \pm 0,0296)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$ dengan nilai *chroma* sebesar $(28,00 \pm 0,26)$ untuk pisang kepok. Pada pisang nangka untuk hari kelima memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,0284 \pm 0,0294)$ - $(1,3708 \pm 0,0374)$ dengan nilai *chroma* $(27,38 \pm 0,22)$ sedangkan pisang susu di hari kelima memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,1368 \pm 0,0213)$ - $(1,6118 \pm 0,0340)$ dengan nilai *chroma* $(33,07 \pm 0,37)$. Sementara pada pisang mas di hari kelima memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,0213 \pm 0,0287)$ - $(1,3399 \pm 0,0355)$ dengan nilai *chroma* $(28,38 \pm 0,23)$. Pada perlakuan secara alami, diduga dalam kondisi ini pisang sudah dapat dikategorikan masak dengan nilai permitivitas relatif antara $(0,9956 \pm 0,0296)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$ dan nilai *chroma* $(27,38 \pm 0,22)$ - $(33,07 \pm 0,37)$.

Pengukuran pada perlakuan kemasakan secara kimia menunjukkan nilai permitivitas relatif yang mendekati terjadi di hari ketiga dan keempat. Nilai permitivitas relatif pisang kepok perlakuan secara kimia sebesar $(1,1964 \pm 0,0332)$ - $(1,5556 \pm 0,0418)$ dengan nilai *chroma* $(22,84 \pm 0,53)$ untuk hari ketiga, sementara pisang nangka perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,0610 \pm 0,0214)$ - $(1,3666 \pm 0,0330)$ dengan nilai *chroma* $(21,83 \pm 0,97)$ untuk hari ketiga. Pisang susu perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas sebesar $(1,1532 \pm 0,0260)$ - $(1,5007 \pm 0,0351)$ dengan nilai *chroma* $(24,89 \pm 0,62)$ untuk hari ketiga sedangkan pada pisang mas perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas

relatif sebesar $(1,1350 \pm 0,0260)$ - $(1,3455 \pm 0,0255)$ dengan nilai *chroma* $(18,04 \pm 0,67)$ untuk hari ketiga. Pada kondisi ini pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas dapat diduga berada dalam kondisi masak dengan nilai permitivitas relatif antara $(1,0610 \pm 0,0214)$ - $(1,5556 \pm 0,0418)$ dan nilai *chroma* $(18,04 \pm 0,67)$ - $(24,89 \pm 0,62)$. Pengukuran di hari keempat perlakuan secara kimia menunjukkan nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7979 \pm 0,0213)$ - $(1,1499 \pm 0,0298)$ dengan nilai *chroma* $(25,42 \pm 0,24)$ untuk pisang kepok. Nilai permitivitas relatif pisang nangka perlakuan secara kimia di hari keempat sebesar $(0,7199 \pm 0,0221)$ - $(1,0062 \pm 0,0284)$ dengan nilai *chroma* $(23,38 \pm 0,69)$. Pada pisang susu di hari keempat dengan perlakuan secara kimia sebesar $(0,7753 \pm 0,0204)$ - $(1,0975 \pm 0,0296)$ dengan nilai *chroma* $(25,42 \pm 0,22)$ sedangkan pada pisang mas di hari keempat pada perlakuan secara kimia memiliki nilai permitivitas relatif $(0,7663 \pm 0,0157)$ - $(1,0014 \pm 0,0280)$ dengan nilai *chroma* $(24,17 \pm 0,71)$. Kondisi ini dapat diduga bahwa pisang berada dalam kondisi sangat masak dengan nilai permitivitas relatif antara $(0,7199 \pm 0,0221)$ - $(1,5556 \pm 0,0418)$ dan nilai *chroma* $(23,38 \pm 0,69)$ - $(25,42 \pm 0,22)$. Sementara pada hari kelima pada perlakuan secara kimia, pisang diduga berada dalam kondisi mulai membusuk dengan ditandai kenaikan nilai permitivitas relatif.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengukuran nilai permitivitas relatif pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas menunjukkan bahwa jenis pisang memiliki pengaruh terhadap nilai permitivitas relatif, hal ini ditunjukkan oleh nilai permitivitas relatif yang berbeda untuk setiap jenis pisang selama pemasakan. Kemasakan buah pisang dipengaruhi oleh waktu (hari) dengan ditandai perubahan nilai permitivitas relatif selama pemasakannya. Waktu (hari) merupakan salah satu indikator untuk menentukan kemasakan pisang ditandai dengan penurunan nilai permitivitas relatif selama lima hari kemasakan pisang. Menurut Tambah (2011) pisang akan masak lima hari setelah panen dengan perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida). Data yang diperoleh menunjukkan terjadi penurunan nilai permitivitas relatif selama lima hari proses kemasakan untuk pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida). Kalsium karbida merupakan senyawa kimia yang sering digunakan sebagai pemercepat

kemasakan pisang, menurut Tambah (2011) pisang akan masak dalam waktu tiga hari setelah dipetik dalam keadaan tua. Data yang diperoleh dari pengukuran nilai permitivitas relatif pisang dengan perlakuan secara kimia (dengan kalsium karbida) menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai permitivitas relatif yang cepat karena dipengaruhi oleh kalsium karbida sebagai pemercepat kemasakan pisang. Hasil perhitungan nilai permitivitas relatif pisang dengan perlakuan secara kimia (dengan kalsium karbida) menunjukkan terjadi penurunan nilai permitivitas relatif secara cepat dari hari pertama hingga hari keempat, hal ini dapat diasumsikan bahwa hari ketiga pisang dapat dikategorikan masak dan hari keempat pisang dengan perlakuan secara kimia (dengan kalsium karbida) dapat dikategorikan sangat masak, ditandai dengan nilai permitivitas relatif yang cenderung sama dengan pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida) di hari kelima.

Penelitian tentang kemasakan buah pisang telah dilakukan dengan beberapa bahan yaitu pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas dengan variasi frekuensi 50 Hz, 500 Hz, 5 kHz, 50 kHz, dan 500 kHz. Pengaruh frekuensi terhadap nilai permitivitas relatif pisang dapat terlihat dengan jelas pada beberapa jenis pisang. Pengukuran dilakukan berdasarkan parameter hari, pada frekuensi 50 Hz-5 KHz terjadi penurunan nilai permitivitas relatif yang teratur pada hari pertama hingga hari ketiga dan terjadi penurunan nilai permitivitas relatif bervariasi pada hari keempat hingga hari kelima. Sedangkan pada frekuensi 50 KHz-500 KHz terjadi penurunan nilai permitivitas relatif yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi memiliki peranan dalam pengukuran nilai permitivitas relatif pisang, sesuai dengan pernyataan Rajib *et al* (2014) bahwa kemampuan polarisasi bahan dielektrik berubah sesuai frekuensi yang mengakibatkan nilai permitivitas relatif menghasilkan nilai yang bervariasi. Kemasakan buah pisang juga menunjukkan frekuensi berpengaruh terhadap kapasitansi, dengan naiknya frekuensi maka nilai permitivitas relatif semakin kecil. Hal ini menunjukkan sebelum kapasitor terisi penuh, arah arus listrik sudah berbalik sehingga pengosongan muatan dalam kapasitor sangat cepat, akibatnya muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan

listrik semakin kecil. Pada frekuensi rendah, nilai kapasitansi tinggi karena terjadi penyearahan dipol suatu bahan dielektrik tidak terpengaruh seperti halnya pada frekuensi tinggi. Pada frekuensi tinggi nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik rendah karena dipol-dipol tidak dapat mempertahankan penyearahannya pada arus bolak-balik. Hal ini menunjukkan bahwa variasi frekuensi berpengaruh terhadap konstanta dielektrik pisang. Sedangkan pengukuran permitivitas relatif pisang pada frekuensi rendah memiliki nilai yang lebih besar daripada frekuensi tinggi. Menurut Robby (2013) hal ini terjadi karena penyearahan momen dipol sudah tidak terjadi karena transmisi energi lebih banyak pada frekuensi tinggi. Kemampuan polarisasi bahan dielektrik berubah sesuai frekuensi yang menyebabkan kapasitansi dan konstanta dielektrik menghasilkan nilai yang bervariasi.

Bahan dielektrik dipengaruhi oleh medan listrik pada pelat kapasitor dan akan bersifat insulator sehingga muatan pada bahan akan diam dan tidak bebas bergerak akibat pengaruh medan listrik (Robby, 2013). Hal ini terjadi pada bahan dielektrik buah pisang, akibat adanya medan listrik maka muatan dalam buah pisang akan diam dan tidak bergerak bebas. Konstanta dielektrik pisang dipengaruhi oleh penyusun buah pisang yang terdiri dari glukosa, sukrosa, fruktosa dan air yang umumnya bersifat polar sehingga perubahan nilai permitivitas relatif dipengaruhi oleh kandungan terlarut selama proses pemasakan. Hutching (1999) mengungkapkan bahwa terjadi penguraian karbohidrat menjadi glukosa, sukrosa, fruktosa dan pergerakan air dari kulit pisang menuju daging pisang selama waktu proses pemasakan.

Pengukuran indeks warna pada buah pisang menggunakan metode pengukuran *chroma*, pengukuran *chroma* adalah istilah untuk menyatakan cerah atau suramnya warna. Semakin tinggi nilai *chroma* pada suatu bahan maka semakin tinggi kecerahannya untuk warna tersebut. Uji warna kulit dilakukan untuk mengetahui tingkat *chroma* pada pisang dengan perlakuan pemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (diberi kalsium karbida). Berdasarkan hasil pengukuran warna yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa setiap jenis pisang memiliki indeks warna yang berbeda.

Presepsi visual kemasakan buah pisang ditandai dengan perubahan warna kulit selama waktu (hari) proses kemasakannya. Data yang diperoleh dari pengukuran indeks warna menggunakan *color reader* pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) menunjukkan terjadi peningkatan nilai *chroma* yang relatif tinggi pada hari pertama hingga hari kelima untuk setiap jenis pisang. Sedangkan data yang diperoleh dari perlakuan secara kimia (dengan kalsium karbida) menunjukkan terjadi peningkatan nilai *chroma* yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan pisang pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida), hanya saja pada jenis pisang kepok dan pisang susu untuk hari ketiga menunjukkan nilai *chroma* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pisang pada perlakuan secara alami (tanpa kalsium karbida) hari ketiga. Menurut Girono (1991), terjadi degradasi klorofil dan pembentukan karotenoid yang berbeda untuk setiap jenis pisang berbeda. Degradasi klorofil dan pembentukan karotenoid inilah yang bertanggung jawab bagi perubahan karakteristik warna pada kulit pisang untuk setiap jenis.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas menunjukkan nilai *chroma* yang semakin meningkat selama pemasakan pisang. Hal ini menunjukkan bahwa pisang mentah berwarna hijau semakin berkurang dan warna kuning akan semakin banyak. Perlakuan proses kemasakan pisang berpengaruh terhadap nilai *chroma*, hal ini ditunjukkan oleh grafik pengukuran indeks warna pisang, mengungkapkan bahwa pisang tanpa kalsium karbida memiliki nilai *chroma* yang relatif lebih tinggi dibandingkan pisang diberi kalsium karbida. Menurut Putri (2012) proses pemasakan pisang menggunakan kalsium karbida mengakibatkan warna pisang yang tidak menarik, dan menimbulkan bercak cokelat pada tekstur kulit pisang. Hal ini menunjukkan bahwa pemasakan buah pisang menggunakan kalsium karbida menghasilkan warna pisang tidak sempurna seperti pada pisang masak secara alami.

Berdasarkan hasil penelitian, secara garis besar penelitian ini sesuai dengan penelitian oleh Soltani *et al* (2010) dan Jamaludin *et al* (2013) yang melakukan uji sifat dielektrik dari buah pisang menggunakan sensor kapasitansi dengan

mengembangkan metode perkiraan kemasakan buah pisang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai permitivitas akan semakin turun ketika pisang semakin masak. Soltani mengungkapkan bahwa buah pisang mentah memiliki nilai permitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan buah pisang masak, nilai permitivitas menurun karena terjadi perubahan biokimia dalam kandungan buah pisang. Sedangkan Jamaludin mengungkapkan hal sama dengan Soltani bahwa pisang mentah memiliki nilai permitivitas yang lebih tinggi daripada pisang masak, hal ini disebabkan pisang belum masak memiliki tingkat padatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pisang masak. Kemasakan buah pisang secara kimia (dengan kalsium karbida) memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai permitivitas relatif dan indeks warna pisang. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh nilai permitivitas relatif pisang masak secara kimia (dengan kalsium karbida) menunjukkan penurunan nilai permitivitas relatif yang relatif cepat dengan diikuti perubahan nilai *chroma*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Estimasi kemasakan pisang lokal Indonesia yang terdiri dari pisang kepok, pisang nangka, pisang susu, dan pisang mas menggunakan sensor kapasitansi dan *color reader* dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok kemasakan yaitu mentah, masak, dan sangat masak. Berdasarkan hasil penelitian untuk empat jenis pisang tersebut menunjukkan bahwa pisang mentah memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(1,6432 \pm 0,0365)$ - $(3,2712 \pm 0,0698)$ dengan nilai *chroma* $(9,35 \pm 0,39)$ - $(10,76 \pm 0,13)$, pisang masak diduga memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,9956 \pm 0,0296)$ - $(1,6307 \pm 0,0312)$ dengan nilai *chroma* $(18,04 \pm 0,67)$ - $(33,07 \pm 0,37)$, dan pisang sangat masak diduga memiliki nilai permitivitas relatif sebesar $(0,7199 \pm 0,0221)$ - $(1,1499 \pm 0,0298)$ dengan nilai *chroma* $(23,38 \pm 0,69)$ - $(25,42 \pm 0,22)$. Kemasakan pisang dipengaruhi oleh kalsium karbida, hal ini ditunjukkan perubahan nilai permitivitas relatif yang cepat untuk pisang masak secara kimia (diberi kalsium karbida) jika dibandingkan dengan pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida). Berdasarkan hasil pengukuran, nilai permitivitas relatif pada pisang masak secara alami (tanpa kalsium karbida) untuk hari kelima memiliki nilai permitivitas relatif yang hampir sama dengan pisang masak secara kimia (diberi kalsium karbida) di hari ketiga.

5.2 Saran

Pada penelitian estimasi kemasakan buah pisang menunjukkan pengaruh frekuensi, waktu kemasakan pisang, perlakuan kemasakan secara alami (tanpa kalsium karbida) dan secara kimia (dengan kalsium karbida) serta perubahan indeks warna

selama pemasakan. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan memperhatikan rentang frekuensi yang digunakan untuk pengukuran sifat biolistrik pisang, waktu proses pemasakan pisang, perlakuan-perlakuan selama proses pemasakan, dan pengukuran yang melibatkan parameter lain seperti perubahan kandungan dalam buah pisang selama pemasakannya dan kajian lebih lanjut tentang pengaruh kalsium karbida terhadap pemasakan buah pisang.



DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Bariot, H. 2006. *Meraih Untung dengan Usaha Tani Pisang Raja Nangka*. Lampung: Tabloid Sinar Tani.
- Cahyono, B. 2009. *Pisang (Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen)*. Yogyakarta: Kanisius.
- Elly, I. dan Amrullah, S. 1985. *Ilmu dan Teknologi Pangan*. Ujung Pandang: Perguruan Tinggi Negeri Bagian Timur.
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi ke-5*. Jakarta: Erlangga.
- Girano, J. 1991. *Teknologi Pengembangan Pascapanen Pertanian dan Teknik Pengolahan Buah*. Jakarta: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Hutching, J. B. 1999. *Food Color and Appearance Second Edition*. Maryland: Aspen Publishing, Inc.
- Hadiwiyoto, S. dan Soehardi. 1981. *Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Halliday, D. dan Resnick, R. 1997. *Fisika Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D. 1988. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Hendro, S. 2004. *Budidaya Pisang dengan Kultur Jaringan*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Johanson, 2001. *Capacitive Sensing: Method and Applications*. Austria: Binus University.
- Kamajaya. 1984. *Ringkasan Fisika Edisi Pertama*. Jawa Barat: Ganeca Exact Bandung.
- Margunadi, A. R. 1991. *Teori Rangkaian (Dasar-Dasar)*. Jakarta: Erlangga.

- Prabawati, S. Suyanti dan Setyabudi, D, A. 2008. *Teknologi Pascapanen dan Teknik Pengolahan Buah Pisang*. Jakarta: Balai Besar Penerbitan dan Pengembangan Pertanian.
- Rimando, T. J. 1980. *Physiology of Ripening*. Jakarta: Balai Pengembangan Pertanian.
- Roedyarto. 1997. *Budidaya Pisang Ambon*. Surabaya: Tribus Agrisarana.
- Rusmandi, D, 2001. *Mengenal Komponen Elektronika*, Bandung: Pionir Jaya.
- Rukmana, R. 1999. *Usaha Tani Pisang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Stover, R, H. dan Simmonds, N, W. 1987. *Bananas, Tropical Agricultura Series*. Essex UK: Longman Scientific and Technical.
- Sudirham, S. 2002. *Analisis Rangkaian Listrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sunarjono, H. 2002. *Budidaya Pisang dengan Bibit Kultur Jaringan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sutrisno. 1983. *Fisika Dasar*. Bandung: Institut Teknik Bandung.
- Suyanti, S. dan Supriyadi, A. 2008. *Pisang Budidaya, Pengolahan dan prospek Pasar*. Jakarta: Penebar swadaya.
- William, H. J. Jack, E. K. dan Steven, M. D. 2001. *Engineering Circuit Analysis Sixth Edition*. Tokyo: Mcgraw-Hill.
- Woollard, B. 1999. *Elektronika Praktis*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Jurnal dan Skripsi

- Adam, J.B dan Ongley, M.H. 1972. *Food Proservation. USA : Research Association Technology. Anonymous. 2008. CIE L*a*b* Color Scale*. Insight on Color: Application Note. Vol. 8. No. 7.
- Adeyemi, O. S dan Oladiji, A. T. 2009. *Compositional Changes in Banana (Musa spp.) Fruits During Ripening*. African Journal of Biotechnology, Vol. 8, No. 5. ISSN: 858-859.
- Bisman, 2003. *Rancangan Kapasitansi Meter Digital*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika, Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara: USU Digital Library.

- Cingah, M. dan Wiratama, K. (2007). *The Influence of Usage of White Color Giver Materials Toward the Glaze*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram. Vol. 8, No. 2.
- Fuchs, A. 2009. *Using Capacitive Sensing to Determine The Moisture Content of Wood Pellets-Investigations and Application*. International Journal Vol. 2, No. 2.
- Hermawan, R., Hayati, E.K., Budi, U.S., Barizi, A. 2010. *Effect of Temperature, PH on Total Concentration and Color Stability of Anthocyanins Compound Extract Roselle Calyx (Hibiscus Sabdariffa L.)*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang. Vol. 2, No. 1.
- Jamaludin, D. Aziz, A, S. dan Ibrahim, N, U, A. 2014. *Dielectric Based Sensing System for Banana Ripeness Assessment*. International Journal of Enviromental Science and Development, Vol. 5, No. 3, 05-14. Malaysia.
- Katinoja, L. dan Kader, A, A. 2004. *Small-scale Postharvest Handling Practices : A manual for Holticultural Crops, 4th edn. Davis, CA*. Postharvest Holticulture Series No. 8E, University of California.
- Mujib, S. dan Muntini, M, S. 2013. *Perancangan Sensor Kelembaban Beras Berbasis Kapasitor*. Jurusan Fisika Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Vol. 1, No.1.
- Putri, A. R. 2012. *Pengaruh Kadar Air Terhadap Tekstur dan Warna Pisang Kepok (Musa parasidiaca formatypica)*. Jurusan teknologi pertanian. Fakultas pertanian. Universitas Hasanuddin.
- Ragni, L. Gradari, P. Berardinelli, A. Giunchi, A. dan Guarneri, A. 2006. *Predicting Quality Parameters of Shell Eggs Using a Simple Technique Based on The Dielectric Properties*. Biosystem Engineering, Vol. 94, No. 2. ISSN:255-262
- Rajib, S. Hasan, L, A. Riza, D. Somantri, A,S. *Pengaruh Variasi Dimensi Sampel, Frekuensi, dan Suhu Terhadap Sifat Biolistri Tebu untuk Pengembangan Alat ukur Cepat Redaman Tebu*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya.

- Rangan, C, S. 1992. *Instrumentation Devices and Systems*. New Delhi: Tata Mc Graw-Hill
- Robby, M. H. 2013. *Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (Clarias batrachus) dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sarananda. 1990. *Effect of Calcium Carbide on Ripening of "Embul" banana (Musa spp)*. Tropical Agriculturist, Vol 146. ISSN: 113-119.
- Soltani, M. Alimardani, R. dan Omid, M. 2010. *Prediction of banana quality during ripening stage using capacitance sensing system*. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran. ISSN:1835-2707.
- Tambah, Sri. 2011. *Pengaruh Pemeraman Kulit Pisang Terhadap Kadar Glukosa*. Jurusan Kimia, Fakultas sains dan teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Tapre dan Jain. 2012. *The Biochemistry of Fruit ripenin*. In D nevins, R jones, eds. *Tomato Biotechnology*. New York: Alan R Liss. ISSN: 279-288.
- Wardani, N, W, K. *Deklorofilasi dan Immobilisasi Enzim Protease Biduri Serta Aplikasinya Pada Proses Produksi Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil)*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.

[Serial Online]

- Djaelani, E. [tanpa tahun]. *Simulasi Osilator Blocking Sebagai Sensor Level Dengan Menggunakan LabVIEW*. Pusat Penelitian Informatika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Elan@informatika.lipi.go.id [28 september 2014].
- Konica Minolta, INC. 2014. *Color Reader CR-10* [serial online] <http://konicaminolta.com.instruments/network> [12 oktober 2014].

- Kuntarsih, S. 2012. *Pedoman Penanganan Pascapanen Pisang*. [serial online] <http://ditbuah.hortikultura.deptan.go.id/admin/layanan/pedoman-penanganan-pascapanen-pisang.pdf> [28 september 2014].
- Ngraho. 2014. *Budidaya Tanaman Pisang*. [serial online] <http://www.ngraho.com/2008/02/21/budidaya-pisang> [28 september 2014].
- Pratt, S.H. dan Co (Bananas) [tanpa tahun] . *Standart Colour Chart by SH pratt dan Co (Bananas) Ltd. (Luton)*. [serial online] <http://google.com/standart-colour-banana/figure1> [28 september 2014].



Lampiran A

A.1 Tabel nilai permitivitas pisang kepok

Waktu (hari)	Frekuensi	Pisang kepok	
		ϵ_r	ϵ_r kalsium karbida
1	50 Hz	(3,1539 ± 0,0778)	(3,2712 ± 0,0698)
	500 Hz	(2,9805 ± 0,0663)	(3,2243 ± 0,0804)
	5 kHz	(2,4736 ± 0,0546)	(2,5910 ± 0,0545)
	50 kHz	(1,8662 ± 0,0406)	(1,8446 ± 0,0380)
	500 kHz	(1,8114 ± 0,0472)	(1,8197 ± 0,0472)
2	50 Hz	(2,4744 ± 0,0410)	(1,7895 ± 0,0426)
	500 Hz	(2,3312 ± 0,0536)	(1,6836 ± 0,0493)
	5 kHz	(2,1149 ± 0,0495)	(1,7649 ± 0,0353)
	50 kHz	(1,7850 ± 0,0403)	(1,3538 ± 0,0344)
	500 kHz	(1,7850 ± 0,0414)	(1,2080 ± 0,0266)
3	50 Hz	(2,6463 ± 0,0646)	(1,2829 ± 0,0316)
	500 Hz	(2,4291 ± 0,0533)	(1,3789 ± 0,0361)
	5 kHz	(2,2385 ± 0,0551)	(1,5556 ± 0,0418)
	50 kHz	(1,7850 ± 0,0380)	(1,1964 ± 0,0332)
	500 kHz	(1,7421 ± 0,0412)	(1,2555 ± 0,0564)
4	50 Hz	(1,6607 ± 0,0349)	(0,8569 ± 0,0225)
	500 Hz	(2,0324 ± 0,0535)	(0,7979 ± 0,0213)
	5 kHz	(1,6607 ± 0,0364)	(1,1499 ± 0,0298)
	50 kHz	(1,6694 ± 0,0358)	(0,8459 ± 0,0233)
	500 kHz	(1,6612 ± 0,0402)	(0,9175 ± 0,0258)
5	50 Hz	(0,9956 ± 0,0296)	(1,7159 ± 0,0377)
	500 Hz	(1,2993 ± 0,0303)	(1,7933 ± 0,0395)
	5 kHz	(1,4460 ± 0,0383)	(1,3362 ± 0,0323)
	50 kHz	(1,4923 ± 0,0381)	(1,1625 ± 0,0297)
	500 kHz	(1,6307 ± 0,0312)	(1,1499 ± 0,0229)

A.2 Tabel nilai permitivitas pisang angka

Waktu (hari)	Frekuensi	Pisang angka	
		ϵ_r	ϵ_r kalsium karbida
1	50 Hz	(2,7641 ± 0,0680)	(2,8232 ± 0,0680)
	500 Hz	(2,6884 ± 0,0631)	(2,7847 ± 0,0639)
	5 kHz	(2,2668 ± 0,0487)	(2,3779 ± 0,0492)
	50 kHz	(1,6665 ± 0,0371)	(1,6745 ± 0,0394)
	500 kHz	(1,6705 ± 0,0388)	(1,6432 ± 0,0365)
2	50 Hz	(2,2469 ± 0,0504)	(1,6043 ± 0,0337)
	500 Hz	(2,0894 ± 0,0441)	(1,5158 ± 0,0353)
	5 kHz	(1,9065 ± 0,0439)	(1,3853 ± 0,0330)
	50 kHz	(1,6356 ± 0,0385)	(1,2297 ± 0,0214)
	500 kHz	(1,6043 ± 0,0351)	(1,1131 ± 0,0251)
3	50 Hz	(2,3002 ± 0,0554)	(1,1434 ± 0,0246)
	500 Hz	(2,2180 ± 0,0480)	(1,2035 ± 0,0282)
	5 kHz	(2,0214 ± 0,0454)	(1,3666 ± 0,0330)
	50 kHz	(1,6083 ± 0,0382)	(1,0610 ± 0,0214)
	500 kHz	(1,5691 ± 0,0326)	(1,0949 ± 0,0251)
4	50 Hz	(1,4886 ± 0,0337)	(0,7927 ± 0,0210)
	500 Hz	(1,6595 ± 0,0449)	(0,7199 ± 0,0221)
	5 kHz	(1,6240 ± 0,0366)	(1,0062 ± 0,0284)
	50 kHz	(1,5079 ± 0,0344)	(0,7598 ± 0,0174)
	500 kHz	(1,5039 ± 0,0330)	(0,8182 ± 0,0198)
5	50 Hz	(1,0284 ± 0,0294)	(1,5925 ± 0,0342)
	500 Hz	(1,1179 ± 0,0304)	(1,6123 ± 0,0374)
	5 kHz	(1,2183 ± 0,0424)	(1,2872 ± 0,0345)
	50 kHz	(1,2479 ± 0,0251)	(1,0801 ± 0,0252)
	500 kHz	(1,3708 ± 0,0374)	(0,6814 ± 0,0254)

A.3 Tabel nilai permitivitas pisang susu

Waktu (hari)	Frekuensi	Pisang susu	
		ϵ_r	ϵ_r kalsium karbida
1	50 Hz	(2,9432 ± 0,0687)	(2,9518 ± 0,0654)
	500 Hz	(2,8705 ± 0,0602)	(2,9205 ± 0,0672)
	5 kHz	(2,4511 ± 0,0563)	(2,5874 ± 0,0520)
	50 kHz	(1,7936 ± 0,0378)	(1,7776 ± 0,0445)
	500 kHz	(1,7605 ± 0,0381)	(1,7652 ± 0,0446)
2	50 Hz	(2,3990 ± 0,0579)	(1,7567 ± 0,0417)
	500 Hz	(2,2992 ± 0,0525)	(1,6531 ± 0,0392)
	5 kHz	(2,0640 ± 0,0521)	(1,4722 ± 0,0326)
	50 kHz	(1,7322 ± 0,0452)	(1,3019 ± 0,0319)
	500 kHz	(1,7274 ± 0,0400)	(1,1886 ± 0,0252)
3	50 Hz	(2,5435 ± 0,0655)	(1,2617 ± 0,0328)
	500 Hz	(2,3814 ± 0,0562)	(1,3381 ± 0,0315)
	5 kHz	(2,3821 ± 0,0463)	(1,5007 ± 0,0351)
	50 kHz	(1,7190 ± 0,0372)	(1,1532 ± 0,0260)
	500 kHz	(1,6855 ± 0,0382)	(1,1859 ± 0,0354)
4	50 Hz	(1,6071 ± 0,0350)	(0,8373 ± 0,0196)
	500 Hz	(1,7986 ± 0,0424)	(0,7753 ± 0,0204)
	5 kHz	(1,5796 ± 0,0408)	(1,0975 ± 0,0296)
	50 kHz	(1,5992 ± 0,0361)	(0,8420 ± 0,0288)
	500 kHz	(1,6118 ± 0,0410)	(0,9158 ± 0,0240)
5	50 Hz	(1,1368 ± 0,0213)	(1,7411 ± 0,0360)
	500 Hz	(1,2141 ± 0,0373)	(1,7497 ± 0,0364)
	5 kHz	(1,3781 ± 0,0283)	(1,3982 ± 0,0314)
	50 kHz	(1,5992 ± 0,0312)	(1,1575 ± 0,0249)
	500 kHz	(1,6118 ± 0,0340)	(1,1252 ± 0,0259)

A.4 Tabel nilai permitivitas pisang mas

Waktu (hari)	Frekuensi	Pisang mas	
		ϵ_r	ϵ_r kalsium karbida
1	50 Hz	(2,8064 ± 0,0657)	(2,7565 ± 0,0635)
	500 Hz	(2,7333 ± 0,0669)	(2,7220 ± 0,0642)
	5 kHz	(2,3362 ± 0,0479)	(2,3143 ± 0,0521)
	50 kHz	(1,7128 ± 0,0431)	(1,7797 ± 0,0384)
	500 kHz	(1,6951 ± 0,0367)	(1,7228 ± 0,0362)
2	50 Hz	(2,1741 ± 0,0506)	(1,5783 ± 0,0324)
	500 Hz	(2,1491 ± 0,0566)	(1,5331 ± 0,0333)
	5 kHz	(1,7870 ± 0,0401)	(1,4466 ± 0,0355)
	50 kHz	(1,5295 ± 0,0323)	(1,2266 ± 0,0268)
	500 kHz	(1,4951 ± 0,0352)	(1,1800 ± 0,0344)
3	50 Hz	(2,2881 ± 0,0498)	(1,2576 ± 0,0331)
	500 Hz	(2,2326 ± 0,0507)	(1,2193 ± 0,0240)
	5 kHz	(1,8759 ± 0,0377)	(1,3455 ± 0,0255)
	50 kHz	(1,5577 ± 0,0376)	(1,1992 ± 0,0276)
	500 kHz	(1,5161 ± 0,0379)	(1,1350 ± 0,0260)
4	50 Hz	(1,5157 ± 0,0365)	(0,8190 ± 0,0231)
	500 Hz	(1,4813 ± 0,0387)	(0,7663 ± 0,0157)
	5 kHz	(1,4493 ± 0,0295)	(1,0014 ± 0,0280)
	50 kHz	(1,3842 ± 0,0324)	(0,7823 ± 0,0180)
	500 kHz	(1,3533 ± 0,0350)	(0,8387 ± 0,0220)
5	50 Hz	(1,0505 ± 0,0237)	(1,5609 ± 0,0320)
	500 Hz	(1,0213 ± 0,0287)	(1,5090 ± 0,0320)
	5 kHz	(1,2507 ± 0,0311)	(1,2642 ± 0,0300)
	50 kHz	(1,2806 ± 0,0267)	(1,0372 ± 0,0225)
	500 kHz	(1,3399 ± 0,0355)	(0,9947 ± 0,0280)

Lampiran B

B.1 Tabel nilai indeks warna pisang kepek hari 1

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang kepek tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang kepek dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-124,45	2,85	23,39	-30,1	-2,9	29,9	2,90	10,40	10,79	0,56	-118,65	-0,55	15,59	-24,3	-6,3	22,1	6,42	6,73	9,30	
2	-130,55	3,25	24,89	-36,2	-2,5	31,4					-120,15	3,25	23,19	-25,8	-2,5	29,7				
3	-123,65	3,25	22,09	-29,3	-2,5	28,6					-133,15	0,15	22,57	-38,8	-5,6	29,08				
4	-116,85	3,05	23,59	-22,5	-2,7	30,1					-115,75	-0,75	-3,41	-21,4	-6,5	3,1				
5	-118,75	3,75	25,19	-24,4	-2	31,7					-122,37	-1,25	7,79	-28,02	-7	14,3				
rata-rata				-28,50	-2,52	30,34								Rata-rata	-27,66	-5,58				19,66
1	-114,85	-1,45	6,49	-20,5	-7,2	13	8,63	4,03	9,52		-107,05	-0,75	10,59	-12,7	-6,5	17,1	8,83	5,25	10,27	
2	-130,35	-1,25	6,79	-36	-7	13,3					-110,05	-1,05	18,79	-15,7	-6,8	25,3				
3	-122,53	-2,45	3,09	-28,18	-8,2	9,6					-107,85	-3,15	16,01	-13,5	-8,9	22,52				
4	-109,05	-2,35	4,69	-14,7	-8,1	11,2					-116,25	-2,65	3,49	-21,9	-8,4	10				
5	-119,25	-1,25	6,79	-24,9	-7	13,3					-74,95	-2,05	-2,81	19,4	-7,8	3,7				
rata-rata				-24,86	-7,50	12,08								Rata-rata	-8,88	-7,68				15,72
1	-124,35	-2,65	5,09	-30	-8,4	11,6	7,87	4,20	8,87	-115,35	-2,65	21,39	-21	-8,4	27,9	8,81	6,42	10,90		
2	-125,75	-1,85	6,69	-31,4	-7,6	13,2				-117,35	-0,45	14,29	-23	-6,2	20,8					
3	-121,93	1,35	6,09	-27,58	-4,4	12,6				-115,95	-3,15	16,35	-21,6	-8,9	22,86					
4	-121,45	-2,75	4,69	-27,1	-8,5	11,2				-124,05	-2,75	8,29	-29,7	-8,5	14,8					
5	-120,75	0,45	6,29	-26,4	-5,3	12,8				-117,15	-0,55	3,29	-22,8	-6,3	9,8					
rata-rata				-28,49	-6,84	12,28				Rata-rata		9,73	Rata-rata	-23,62	-7,66				19,23	Rata-rata

B.2 Tabel nilai indeks warna pisang kepok hari 2

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,5, a : 5,5, b : 19,1

titik pengamatan	Pisang kepok tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang kepok dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-123,45	-3,46	14,59	-29,1	-9,21	21,1	10,16	7,27	12,49	0,29	-118,65	-0,55	15,59	-24,3	-11,28	23,45	11,74	7,34	13,84	
2	-117,35	-1,9	18,09	-23	-7,65	24,6					-120,15	3,25	23,19	-25,8	-6,87	21				
3	-116,99	-4,45	13,99	-22,64	-10,2	20,5					-133,15	0,15	22,57	-38,8	-9,18	22,45				
4	-116,85	-4,81	18,09	-22,5	-10,56	24,6					-115,75	-0,75	-3,41	-21,4	-11,4	20,47				
5	-114,85	-5,23	9,29	-20,5	-10,98	15,8					-122,37	-1,25	7,79	-28,02	-12,3	19,67				
rata-rata			-23,55	-2,52	21,32	Rata-rata					21,32	10,21	21,41							
1	-114,85	-1,45	6,49	-20,5	-9,23	19,23	11,39	5,46	12,62		-107,05	-0,75	10,59	-12,7	-9,35	23,2	11,57	7,73	13,91	
2	-130,35	-1,25	6,79	-36	-7,3	10,23					-110,05	-1,05	18,79	-15,7	-9,86	20				
3	-122,53	-2,45	3,09	-28,18	-12,3	15,6					-107,85	-3,15	16,01	-13,5	-11	37,1				
4	-109,05	-2,35	4,69	-14,7	-10,36	10,21					-116,25	-2,65	3,49	-21,9	-12,8	16,2				
5	-119,25	-1,25	6,79	-24,9	-10,32	26,5					-74,95	-2,05	-2,81	19,4	-7,3	19,28				
rata-rata			-24,86	-9,90	16,35	Rata-rata					-8,88	-10,06	23,16							
1	-124,35	-2,65	5,09	-30	-11,21	21,3	11,55	6,87	13,44		-115,35	-2,65	21,39	-21	-6,7	26	10,38	7,57	12,85	
2	-125,75	-1,85	6,69	-31,4	-9,8	12,6					-117,35	-0,45	14,29	-23	-9,12	27,8				
3	-121,93	1,35	6,09	-27,58	-10,78	23,1					-115,95	-3,15	16,35	-21,6	-11,36	21,3				
4	-121,45	-2,75	4,69	-27,1	-9,12	26,5				-124,05	-2,75	8,29	-29,7	-9,47	14,9					
5	-120,75	0,45	6,29	-26,4	-9,32	19,4				-117,15	-0,55	3,29	-22,8	-8,49	23,42					
rata-rata			-28,49	-10,04	20,58	Rata-rata				-23,62	-9,02	22,68	Rata-rata		13,54					

B.3 Tabel nilai indeks warna pisang kepok hari 3

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,2, a : 5,5, b : 19,2

titik pengamatan	Pisang kepok tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang kepok dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-110,85	-10,55	29,19	-16,5	-16,3	35,7	16,45	11,32	19,96	0,44	-111,15	-9,05	27,79	-24,3	-6,3	22,1	22,21	8,67	23,84	
2	-109,85	-9,85	22,59	-15,5	-15,6	29,1					-115,55	-11,65	21,59	-25,8	-2,5	29,7				
3	-111,71	-11,03	20,43	-17,36	-16,78	26,94					-125,35	-19,15	0,29	-38,8	-5,6	29,08				
4	-121,05	-7,75	29,83	-26,7	-13,5	36,34					-110,05	-14,75	24,39	-21,4	-6,5	3,1				
5	-116,75	-10,72	32,39	-22,4	-16,47	38,9					-115,95	-13,21	19,89	-28,02	-7	14,3				
rata-rata				-19,69	-15,73	33,40					Rata-rata			-27,66	-5,58	19,66				
1	-117,85	-13,25	31,29	-20,5	-7,2	13	17,21	10,73	20,28		-114,75	-12,55	14,49	-12,7	-6,5	17,1	21,97	5,59	22,67	
2	-112,85	-12,45	25,79	-36	-7	13,3					-120,65	-14,45	6,29	-15,7	-6,8	25,3				
3	-116,61	-1,71	20,15	-28,18	-8,2	9,6					-119,45	-11,05	11,69	-13,5	-8,9	22,52				
4	-111,25	-8,75	27,99	-14,7	-8,1	11,2					-60,35	-16,45	5,29	-21,9	-8,4	10				
5	-118,75	-9,92	22,89	-24,9	-7	13,3					-65,01	-12,27	13,47	19,4	-7,8	3,7				
rata-rata				-24,86	-7,50	12,08					Rata-rata			-8,88	-7,68	15,72				
1	-117,35	-9,92	14,89	-30	-8,4	11,6	19,18	9,56	21,43	-127,15	-13,35	7,59	-21	-8,4	27,9	21,75	3,43	22,01		
2	-111,05	-12,05	26,69	-31,4	-7,6	13,2				-131,75	-13,81	-2,81	-23	-6,2	20,8					
3	-118,11	-6,59	16,35	-27,58	-4,4	12,6				-129,45	-11,63	2,69	-21,6	-8,9	22,86					
4	-116,55	-10,43	29,09	-27,1	-8,5	11,2				-125,95	-12,25	4,39	-29,7	-8,5	14,8					
5	-117,75	-15,65	23,61	-26,4	-5,3	12,8				-124,63	-14,77	6,95	-22,8	-6,3	9,8					
rata-rata				-28,49	-6,84	12,28				Rata-rata			-23,62	-7,66	19,23				Rata-rata	

B.4 Tabel nilai indeks warna pisang kepok hari 4

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang kepok tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang kepok dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-121,75	-8,75	23,05	-27,4	-14,5	29,56	22,14	11,87	25,12	0,52	-123,75	-13,48	21,9	-29,4	-19,23	28,41	22,16	8,11	23,59	
2	-117,95	-8,65	33,09	-23,6	-14,4	39,6					-126,45	-17,17	28,16	-32,1	-22,92	34,67				
3	-115,35	-15,76	32,07	-21	-21,51	38,58					-124,85	-16,45	27,49	-30,5	-22,2	34				
4	-122,75	-19,95	22,89	-28,4	-25,7	29,4					-120,45	-10,46	-16,51	-26,1	-16,21	-10				
5	-117,89	-14,4	29,62	-23,54	-20,15	36,13					-121,83	-10,03	24,69	-27,48	-15,78	31,2				
rata-rata			-28,50	-19,25	34,65	Rata-rata					-29,12	-19,27	23,66							
1	-129,55	-18,84	23,59	-35,2	-24,59	30,1	24,01	11,21	26,49		-126,65	-13,59	31,99	-32,3	-19,34	38,5	19,87	12,41	23,43	
2	-126,35	-12,81	24,05	-32	-18,56	30,56					-128,25	-13,06	28,69	-33,9	-18,81	35,2				
3	-124,49	-15,92	30,27	-30,14	-21,67	36,78					-126,45	-7,7	30,49	-32,1	-13,45	37				
4	-123,75	-10,7	24,28	-29,4	-16,45	30,79					-128,85	-14,39	31,38	-34,5	-20,14	37,89				
5	-122,45	-17,37	33,18	-28,1	-23,12	39,69					-127,71	-8,91	30,8	-33,36	-14,66	37,31				
rata-rata			-30,97	-20,88	33,58	Rata-rata					-33,23	-17,28	37,18							
1	-130,85	-12,54	28,07	-36,5	-18,29	34,58	21,91	11,53	24,75	-122,05	-6,71	35,49	-27,7	-12,46	42	17,67	13,42	22,18		
2	-130,75	-11,48	23,16	-36,4	-17,23	29,67				-120,55	-5,46	31,7	-26,2	-11,21	38,21					
3	-130,73	-16,23	33,64	-36,38	-21,98	40,15				-123,55	-11,52	36,89	-29,2	-17,27	43,4					
4	-127,75	-13,48	24,08	-33,4	-19,23	30,59				-126,45	-16,75	34,89	-32,1	-22,5	41,4					
5	-122,45	-12,79	31,12	-28,1	-18,54	37,63				-124,39	-7,63	29,51	-30,04	-13,38	36,02					
rata-rata			-34,15	-19,05	34,52	Rata-rata				25,46	Rata-rata			-23,62	-15,36				40,20	Rata-rata

B.5 Tabel nilai indeks warna pisang kepok hari 5

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang kepok tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang kepok dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-124,95	-16,35	33,49	-30,6	-22,1	40	25,69	9,76	27,47	0,26	-121,75	-14,44	33,49	-27,4	-20,19	40	21,61	12,51	24,96	
2	-123,95	-15,81	21,83	-29,6	-21,56	28,34					-117,95	-13,71	32,05	-23,6	-19,46	38,56				
3	-123,35	-18,35	12,7	-29	-24,1	19,21					-115,35	-13,25	30,19	-21	-19	36,7				
4	-123,65	-13,95	22,65	-29,3	-19,7	29,16					-122,75	-11,29	28,77	-28,4	-17,04	35,28				
5	-116,25	-18,47	19,16	-21,9	-24,22	25,67					-117,89	-12,5	25,49	-23,54	-18,25	32				
rata-rata			-28,08	-22,34	28,48	Rata-rata					-24,79	-18,79	36,51							
1	-127,05	-16,45	22,4	-32,7	-22,2	28,91	26,83	8,99	28,29		-110,75	-15,65	32,61	-16,4	-21,4	39,12	22,05	13,40	25,79	
2	-120,45	-18,75	18	-26,1	-24,5	24,51					-114,85	-11,7	33,49	-20,5	-17,45	40				
3	-125,73	-12,45	18,19	-31,38	-18,2	24,7					-109,05	-12,95	36,61	-14,7	-18,7	43,12				
4	-117,45	-20,85	21,56	-23,1	-26,6	28,07					-115,55	-12,15	32,61	-21,2	-17,9	39,12				
5	-123,35	-19,41	-21,94	-29	-25,16	28,45					-123,11	-14,65	32,81	-28,76	-20,4	39,32				
rata-rata			-28,46	-23,33	26,93	Rata-rata					-20,31	-19,17	40,14							
1	-122,35	-20,45	23,61	-28	-26,2	30,12	26,39	10,01	28,22	-119,35	-13,64	30,46	-25	-19,39	36,97	22,09	12,79	25,52		
2	-124,75	-18,95	22,83	-30,4	-24,7	29,34				-122,25	-16,84	30,27	-27,9	-22,59	36,78					
3	-123,47	-14,3	21,1	-29,12	-20,05	27,61				-118,15	-11,79	34,72	-23,8	-17,54	41,23					
4	-129,85	-16,56	19,83	-35,5	-22,31	26,34				-117,75	-9,31	31,69	-23,4	-15,06	38,2					
5	-124,75	-15,74	30	-30,4	-21,49	36,51				-58,15	-15,7	31,9	36,2	-21,45	38,41					
rata-rata			-30,68	-22,95	29,98	Rata-rata				28,00	Rata-rata			-12,78	-19,20				38,31	Rata-rata

B.6 Tabel nilai indeks warna pisang nangka hari 1

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang nangka tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang nangka dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-125,25	-4,05	9,8	-30,9	-9,8	16,31	8,85	6,00	10,69	0,17	-126,05	-3,75	4,59	-31,7	-9,5	11,1	10,03	3,08	10,49	
2	-129,15	1,25	11,49	-34,8	-4,5	18					-125,65	-3,43	-0,71	-31,3	-9,18	5,8				
3	-125,15	-0,95	11,18	-30,8	-6,7	17,69					-121,75	-2,41	3,19	-27,4	-8,16	9,7				
4	-124,75	-2,4	10,49	-30,4	-8,15	17					-119,35	-1,85	5,69	-25	-7,6	12,2				
5	-130,05	-3,59	12,12	-35,7	-9,34	18,63					-124,97	-3,43	-0,39	-30,62	-9,18	6,12				
rata-rata				-32,52	-7,70	17,53					Rata-rata			-29,20	-8,72	8,98				
1	-128,35	-0,95	12,49	-34	-6,7	19	8,49	5,95	10,36		-124,25	-4,05	3,73	-29,9	-9,8	10,24	9,62	5,02	10,85	
2	-124,45	-0,15	10,83	-30,1	-5,9	17,34					-131,65	-0,95	3,98	-37,3	-6,7	10,49				
3	-124,85	-3,74	9,19	-30,5	-9,49	15,7					-127,55	-3,43	11,49	-33,2	-9,18	18				
4	-125,05	-1,15	11,05	-30,7	-6,9	17,56					-128,35	-2,42	12,7	-34	-8,17	19,21				
5	-125,65	-2,18	13,03	-31,3	-7,93	19,54					-126,47	-14,65	10,72	-32,12	-7,98	17,23				
rata-rata				-31,32	-7,38	17,83					Rata-rata			-33,30	-8,37	15,03				
1	-128,55	-0,95	12,74	-34,2	-6,7	19,25	9,16	6,04	10,97		-125,15	-4,65	3,84	-30,8	-10,4	10,35	10,48	3,07	10,92	
2	-129,85	-2,05	9,83	-35,5	-7,8	16,34					-128,65	-4,05	2,19	-34,3	-9,8	8,7				
3	-127,85	-3,81	13	-33,5	-9,56	19,51					-125,85	-3,42	2,62	-31,5	-9,17	9,13				
4	-128,65	-0,35	9,79	-34,3	-6,1	16,3				-126,25	-2,95	2,62	-31,9	-8,7	9,13					
5	-129,85	-3,93	12,49	-35,5	-9,68	19				-125,63	-1,75	2,16	-31,28	-7,5	8,67					
rata-rata				-34,6	-7,96	18,08				Rata-rata			31,95	-9,11	9,19	10,76				

B.7 Tabel nilai indeks warna pisang nangka hari 2

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,5, a : 5,5, b : 19

Titik pengamatan	Pisang nangka tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang nangka dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-124,05	-7,81	22,99	-29,7	-13,56	29,5	13,75	8,34	16,07	0,79	-118,65	-10,75	13,66	-24,3	-16,5	20,17	17,70	6,68	18,91	
2	-123,55	-9,04	15,99	-29,2	-14,79	22,5					-120,15	-12,95	14,89	-25,8	-18,7	21,4				
3	-126,23	-7,66	19,16	-31,88	-13,41	25,67					-133,15	-8,82	16,19	-38,8	-14,57	22,7				
4	-119,35	-5,25	16,49	-25	-11	23					-115,75	-7,65	12,13	-21,4	-13,4	18,64				
5	-120,25	-7,23	15,18	-25,9	-12,98	21,69					-122,37	-8,03	8,05	-28,02	-13,78	14,56				
rata-rata			-28,34	-13,15	24,47	Rata-rata					-27,66	-15,39	19,49							
1	-122,25	-6,55	14,94	-27,9	-12,3	21,45	14,34	7,00	15,95		-124,45	-6,59	10,09	-30,1	-12,34	16,6	16,04	6,31	17,24	
2	-119,65	-5,65	15,49	-25,3	-11,4	22					-120,75	-9,59	14,07	-26,4	-15,34	20,58				
3	-121,89	-4,92	15,14	-27,54	-10,67	21,65					-123,65	-5,84	12,19	-29,3	-11,59	18,7				
4	-118,05	-4,81	13,49	-23,7	-10,56	20					-125,55	-12,14	13,68	-31,2	-17,89	20,19				
5	-120,85	-11,68	13,16	-26,5	-17,43	19,67					-122,29	-6,85	11,99	-27,94	-12,6	18,5				
rata-rata			-26,19	-12,47	20,95	Rata-rata					-28,99	-13,95	18,91							
1	-120,75	-8,84	13,49	-26,4	-14,59	20	17,04	6,97	18,41	-122,75	-8,81	10,99	-28,4	-14,56	17,5	16,45	5,50	17,34		
2	-126,25	-6,55	14,95	-31,9	-12,3	21,46				-122,05	-11,75	9,89	-27,7	-17,5	16,4					
3	-122,13	-10,95	15,99	-27,78	-16,7	22,5				-122,35	-6,55	12,49	-28	-12,3	19					
4	-120,95	-10,25	14,49	-26,6	-16	21				-120,25	-5,73	9,39	-25,9	-11,48	15,9					
5	-123,55	-8,75	12,99	-29,2	-14,5	19,5				-123,61	-9,95	7,01	-29,26	-15,7	13,52					
rata-rata			-28,37	-14,81	20,89	Rata-rata				16,82	Rata-rata			-27,85	-14,30				16,46	17,84

B.8 Tabel nilai indeks warna pisang nangka hari 3

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5,5, b : 19,2

titik pengamatan	Pisang nangka tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang nangka dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-128,95	-8,84	8,99	-34,6	-14,59	15,5	19,49	6,83	20,65	0,58	-124,05	-12,59	23,03	-29,7	-18,34	29,54	19,23	8,89	19,30	
2	-127,05	-21,55	13,69	-32,7	-27,3	20,2					-123,05	-9,94	17,99	-28,7	-15,69	24,5				
3	-126,07	-9,85	13,67	-31,72	-15,6	20,18					-125,95	-8,55	22,12	-31,6	-14,3	28,63				
4	-121,15	-14,38	14,89	-26,8	-20,13	21,4					-120,05	-10,61	20,59	-25,7	-16,36	27,1				
5	-123,25	-9,85	16,99	-28,9	-15,6	23,5					-121,13	-13,15	13,45	-26,78	-18,9	19,96				
rata-rata			-30,94	-18,64	20,16	Rata-rata					-28,50	-16,72	25,95							
1	-122,35	-28,25	5,99	-28	-34	12,5	22,00	4,26	22,40		-128,95	-18,05	14,99	-34,6	-23,8	21,5	22,22	8,39	15,35	
2	-122,15	-6,59	14,29	-27,8	-12,34	20,8					-128,65	-21,95	13,49	-34,3	-27,7	20				
3	-123,99	-8,91	9,81	-29,64	-14,66	16,32					-131,15	-8,25	23,29	-36,8	-14	29,8				
4	-119,85	-8,75	2,39	-25,5	-14,5	8,9					-125,05	-7,75	22,25	-30,7	-13,5	28,76				
5	-122,95	-14,39	-1,21	-28,6	-20,14	5,3					-128,01	-11,85	19,09	-33,66	-17,6	25,6				
rata-rata			-27,91	-19,13	12,76	Rata-rata					-34,01	-19,32	25,13							
1	-130,45	-11,85	9,69	-36,1	-17,6	16,2	21,39	6,79	22,43	-120,05	-9,85	15,06	-25,7	-15,6	21,57	19,32	7,11	17,34		
2	-131,25	-15,38	20,28	-36,9	-21,13	26,79				-120,05	-7,83	13,68	-25,7	-13,58	20,19					
3	-133,79	-19,71	14,94	-39,44	-25,46	21,45				-120,45	-8,75	15,09	-26,1	-14,5	21,6					
4	-128,75	-12,75	10,29	-34,4	-18,5	16,8				-122,55	-8,05	17,29	-28,2	-13,8	23,8					
5	-128,05	-4,55	13,94	-33,7	-10,3	20,45				-121,39	-20,75	12,89	-27,04	-26,5	19,4					
rata-rata			-36,10	-18,59	20,33	Rata-rata				-26,54	-16,79	21,31	Rata-rata						21,83	

B.9 Tabel nilai indeks warna pisang nangka hari 4

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang nangka tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang nangka dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-128,65	-19,85	25,94	-34,3	-25,6	32,45	22,52	10,36	24,79	0,11	-123,75	-8,75	27,99	-29,4	-14,5	34,5	20,79	12,68	24,34	
2	-126,75	-13,85	27,2	-32,4	-19,6	33,71					-126,45	-4,95	30,39	-32,1	-10,7	36,9				
3	-125,75	-11,85	23,05	-31,4	-17,6	29,56					-124,85	-6,59	31,38	-30,5	-12,34	37,89				
4	-121,15	-12,59	21,97	-26,8	-18,34	28,48					-120,45	-14,4	30,27	-26,1	-20,15	36,78				
5	-123,25	-11,03	20,49	-28,9	-16,78	27					-121,83	-26,93	32,39	-27,48	-32,68	38,9				
rata-rata			-30,76	-19,58	30,24	Rata-rata					-29,12	-18,07	36,99							
1	-129,55	-23,55	25,59	-35,2	-29,3	32,1	22,47	11,11	25,06		-126,65	-11,03	27,99	-32,3	-16,78	34,5	20,58	11,88	23,76	
2	-126,35	-8,95	26,49	-32	-14,7	33					-128,25	-12,95	23,66	-33,9	-18,7	30,17				
3	-124,49	-12,75	28,19	-30,14	-18,5	34,7					-126,45	-9,85	31,1	-32,1	-15,6	37,61				
4	-123,75	-12,75	29,09	-29,4	-18,5	35,6					-128,85	-12,55	33,29	-34,5	-18,3	39,8				
5	-122,45	-10,95	24,49	-28,1	-16,7	31					-127,71	-14,35	29,29	-33,36	-20,1	35,8				
rata-rata			-39,97	-19,54	33,28	Rata-rata					-33,23	-17,90	35,58							
1	-130,85	-12,85	25,27	-36,5	-18,6	31,78	22,75	9,61	24,70		-122,05	-8,81	30,28	-27,7	-14,56	36,79	18,18	12,45	22,03	
2	-130,75	-6,61	22,39	-36,4	-12,36	28,9					-120,55	-21,35	33,49	-26,2	-27,1	40				
3	-130,73	-15,85	22,68	-36,38	-21,6	29,19					-123,55	19,87	32,65	-29,2	14,12	39,16				
4	-127,75	-20,95	20,69	-33,4	-26,7	27,2					-126,45	-22,25	31,03	-32,1	-28	37,54				
5	-122,45	-13,92	20,4	-28,1	-19,67	26,91					-124,39	-17,75	26,49	-30,04	-23,5	33				
rata-rata			-34,15	-19,78	28,79	Rata-rata					24,85	-29,04	-15,80	37,29						

B.10 Tabel nilai indeks warna pisang nangka hari 5

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang nangka tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang nangka dengan kalsium karbida									St. deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-124,95	-16,35	24,89	-30,6	-22,1	31,4	25,10	11,58	27,64	0,22	-121,75	-8,75	23,89	-27,4	-14,5	30,4	21,37	6,65	22,37	
2	-123,95	-13,25	32,05	-29,6	-19	38,56					-117,95	-13,25	7,79	-23,6	-19	14,3				
3	-123,35	-18,35	22,89	-29	-24,1	29,4					-115,35	-18,35	4,79	-21	-24,1	11,3				
4	-123,65	-13,95	33,78	-29,3	-19,7	40,29					-122,75	-13,95	5,19	-28,4	-19,7	11,7				
5	-116,25	-18,47	22,89	-21,9	-24,22	29,4					-117,89	-9,85	22,89	-23,54	-15,6	29,4				
rata-rata			-28,08	-21,82	33,81	Rata-rata					-24,79	-18,58	19,42							
1	-127,05	-16,45	23,61	-32,7	-22,2	30,12	25,13	11,36	27,57		-110,75	-17,75	11,39	-16,4	-23,5	17,9	23,64	4,54	24,07	
2	-120,45	-18,75	33,49	-26,1	-24,5	40					-114,85	-18,75	3,89	-20,5	-24,5	10,4				
3	-125,73	-12,45	32,99	-31,38	-18,2	39,5					-109,05	-12,45	18,19	-14,7	-18,2	24,7				
4	-117,45	-20,85	16,97	-23,1	-19,2	23,48					-115,55	-14,65	3,99	-21,2	-20,4	10,5				
5	-123,35	-19,41	30,49	-29	-25,16	37					-123,11	-10,45	-1,97	-28,76	-16,2	4,54				
rata-rata			-28,46	-21,85	34,02	Rata-rata					-20,31	-20,56	13,61							
1	-122,35	-13,6	24,39	-28	-19,35	30,9	23,74	12,70	26,92		-119,35	-10,55	23,99	-25	-16,3	30,5	21,55	9,01	23,36	
2	-124,75	-15,65	32,99	-30,4	-21,4	39,5					-122,25	-18,95	24,79	-27,9	-24,7	31,3				
3	-123,47	-14,73	34,99	-29,12	-20,48	41,5					-118,15	-8,75	8,69	-23,8	-14,5	15,2				
4	-129,85	-14,65	32	-35,5	-20,4	38,51					-117,75	-13,85	21,99	-23,4	-19,6	28,5				
5	-124,75	-15,84	33,27	-30,4	-21,59	39,78					-58,15	-12,85	22,99	36,2	-18,6	29,5				
rata-rata			-30,68	-20,64	38,03	Rata-rata					27,38	-12,78	-18,74	27	23,27					

B.11 Tabel nilai indeks warna pisang susu hari 1

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang susu tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang susu dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-125,25	0,95	24,39	-30,9	-4,8	30,9	5,47	10,1	11,56	0,41	-126,05	1,15	4,59	-31,7	-4,6	11,1	7,50	6,65	10,02	
2	-129,15	2,45	22,09	-34,8	-3,3	28,6					-125,65	-1,45	15,79	-31,3	-7,2	22,3				
3	-125,15	2,55	22,99	-30,8	-3,2	29,5					-121,75	-0,65	14,89	-27,4	-6,4	21,4				
4	-124,75	1,85	22,79	-30,4	-3,9	29,3					-119,35	-0,95	15,59	-25	-6,7	22,1				
5	-130,05	-2,85	23,89	-35,7	-8,6	30,4					-124,97	-1,95	13,59	-30,62	-7,7	20,1				
rata-rata				-32,52	-4,76	29,74					Rata-rata			-29,20	-6,52	19,40				
1	-128,35	0,85	21,09	-34	-4,9	27,6	5,82	8,32	10,15		-124,25	-2,65	13,59	-29,9	-8,4	20,1	8,99	8,32	12,25	
2	-124,45	0,15	16,89	-30,1	-5,6	23,4					-131,65	-0,95	19,09	-37,3	-6,7	25,6				
3	-124,85	1,05	19,09	-30,5	-4,7	25,6					-127,55	-0,55	20,89	-33,2	-6,3	27,4				
4	-125,05	1,55	18,09	-30,7	-4,2	24,6					-128,35	-2,75	22,89	-34	-8,5	29,4				
5	-125,65	-0,15	16,89	-31,3	-5,9	23,4					-126,47	-3,45	15,59	-32,12	-9,2	22,1				
rata-rata				-31,32	-5,06	24,92					Rata-rata			-33,30	-7,82	24,92				
1	-128,55	-0,95	19,89	-34,2	-6,7	26,4	6,79	8,67	11,00		-125,15	1,25	13,09	-30,8	-4,5	19,6	7,13	6,02	9,33	
2	-129,85	-0,75	16,89	-35,5	-6,5	23,4					-128,65	-0,65	10,89	-34,3	-6,4	17,4				
3	-127,85	-0,15	15,89	-33,5	-5,9	22,4					-125,85	-0,05	12,89	-31,5	-5,8	19,4				
4	-128,65	0,65	21,99	-34,3	-5,1	28,5				-126,25	-1,85	8,89	-31,9	-7,6	15,4					
5	-129,85	0,45	22,59	-35,5	-5,3	29,1				-125,63	-0,95	11,89	-31,28	-6,7	18,4					
rata-rata				-34,06	-5,9	25,96				Rata-rata			-31,95	-6,20	18,04	Rata-rata				10,53

B.12 Tabel nilai indeks warna pisang susu hari 2

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang susu tanpa kalsium karbida									St. deviasi	Pisang susu dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-113,75	-4,75	23,89	-19,4	-10,5	30,4	13,01	9,25	15,95	0,16	-116,55	-5,35	22,09	-22,2	-11,1	28,6	14,15	8,89	16,70	
2	-113,55	-9,85	22,99	-19,2	-15,6	29,5					-112,35	-8,95	23,29	-18	-14,7	29,8				
3	-109,07	-6,65	26,89	-14,72	-12,4	33,4					-111,25	-9,45	16,49	-16,9	-15,2	23				
4	-123,05	-5,65	14,89	-28,7	-11,4	21,4					-111,85	-5,45	14,59	-17,5	-11,2	21,1				
5	-110,25	-6,55	14,49	-15,9	-12,3	21					-114,07	-3,55	20,79	-19,72	-9,3	27,3				
rata-rata			-19,58	-12,44	27,14	Rata-rata					-18,86	-12,30	25,96							
1	-113,95	-5,55	19,69	-19,6	-11,3	26,2	14,70	7,05	16,30		-110,45	-3,75	23,09	-16,1	-9,5	29,6	13,53	8,59	16,02	
2	-120,75	-7,55	21,59	-26,4	-13,3	28,1					-122,25	-3,35	17,79	-27,9	-9,1	24,3				
3	-123,95	-10,85	15,27	-29,6	-16,6	21,78					-107,25	-4,75	24,79	-12,9	-10,5	31,3				
4	-118,65	-4,65	2,09	-24,3	-10,4	8,6					-106,75	-4,25	14,89	-12,4	-10	21,4				
5	-107,95	-6,55	14,39	-13,6	-12,3	20,9					-108,95	-13,99	15,49	-14,6	-19,74	22				
rata-rata			-22,70	-12,78	21,12	Rata-rata					-16,78	-11,77	25,72							
1	-109,15	-10,65	23,19	-14,8	-16,4	29,7	13,32	8,39	15,73		-121,05	-3,25	21,99	-26,7	-9	28,5	12,35	9,27	15,44	
2	-116,35	-5,15	20,99	-22	-10,9	27,5					-125,05	-5,45	18,59	-30,7	-11,2	25,1				
3	-114,29	-4,05	24,59	-19,94	-9,8	31,1					-113,85	-5,15	21,99	-19,5	-10,9	28,5				
4	-111,15	-5,85	12,79	-16,8	-11,6	19,3				-108,75	-6,55	20,39	-14,4	-12,3	26,9					
5	-109,05	-3,45	11,49	-14,7	-9,2	18				-109,59	-4,55	23,29	-15,24	-10,3	29,8					
rata-rata			-17,64	-11,58	25,12	Rata-rata				-21,30	-10,74	27,76	16,05							

B.13 Tabel nilai indeks warna pisang susu hari 3

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang susu tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang susu dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-112,95	-12,25	23,79	-18,6	-18	30,3	15,95	10,90	19,31	0,41	-107,75	-11,95	32,39	-13,4	-17,7	38,9	22,50	12,89	25,93	
2	-111,15	-11,35	23,09	-16,8	-17,1	29,6					-106,45	-12,15	29,59	-12,1	-17,9	36,1				
3	-115,49	-9,25	25,99	-21,14	-15	32,5					-106,45	-14,79	33,29	-12,1	-20,54	39,8				
4	-107,65	-8,35	29,09	-13,3	-14,1	35,6					-104,25	-13,05	30,69	-9,9	-18,8	37,2				
5	-108,55	-6,35	26,17	-14,2	-12,1	32,68					-105,57	-17,15	29,59	-11,22	-22,9	36,1				
rata-rata			-16,81	-15,26	32,14	Rata-rata					-11,74	-19,57	37,62							
1	-114,85	-5,45	25,19	-20,5	-11,2	31,7	16,95	10,96	20,18		-103,45	-14,95	30,39	-9,1	-20,7	36,9	22,22	11,43	24,98	
2	-112,35	-12,55	30,19	-18	-18,3	36,7					-109,15	-9,85	27,99	-14,8	-15,6	34,5				
3	-117,19	-9,65	25,69	-22,84	-15,4	32,2					-108,05	-11,55	24,69	-13,7	-17,3	31,2				
4	-122,65	-7,45	25,89	-28,3	-13,2	32,4					-109,15	-13,65	29,39	-14,8	-19,4	35,9				
5	-119,35	-9,85	24,71	-25	-15,6	31,22					-106,75	-17,85	26,19	-12,4	-23,6	32,7				
rata-rata			-22,93	-14,74	32,86	Rata-rata					-12,96	-19,32	34,24							
1	-108,65	-6,81	29,29	-14,3	-12,56	35,8	17,22	11,58	20,75		-105,15	-9,75	30,39	-10,8	-15,5	36,9	20,05	12,77	23,77	
2	-107,65	-5,65	28,49	-13,3	-11,4	35					-113,35	-13,25	30,59	-19	-19	37,1				
3	-118,17	-12,25	31,49	-23,82	-18	38					-106,65	-10,63	32,49	-12,3	-16,38	39				
4	-106,85	-9,35	23,09	-12,5	-15,1	29,6				-107,85	-10,11	31,69	-13,5	-15,86	38,2					
5	-115,15	-12,05	28,55	-20,8	-17,8	35,06				-107,91	-14,68	33,59	-13,56	-20,43	40,1					
rata-rata			-16,94	-14,97	34,69	Rata-rata				-13,83	-17,43	38,26	24,89							

B.14 Tabel nilai indeks warna pisang susu hari 4

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

Titik pengamatan	Pisang susu tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang susu dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-119,35	-16,35	29,67	-25	-22,1	36,18	27,40	6,03	28,05	0,48	-123,75	-15,55	32,99	-29,4	-21,3	39,5	21,63	12,60	25,02	
2	-116,95	-15,81	7,79	-22,6	-21,56	14,3					-126,45	-12,55	32,05	-32,1	-18,3	38,56				
3	-116,43	-18,35	4,79	-22,08	-24,1	11,3					-124,85	-13,25	30,19	-30,5	-19	36,7				
4	-121,15	-21,38	10,19	-26,8	-27,13	11,7					-120,45	-11,48	28,61	-26,1	-17,23	35,12				
5	-123,25	-18,47	3,07	-28,9	-24,22	9,58					-121,83	-12,45	27,49	-27,48	-18,2	34				
rata-rata			-25,08	-23,82	17,61	Rata-rata					-29,12	-18,81	36,78							
1	-125,25	-16,45	11,39	-30,9	-22,2	17,9	26,83	6,26	27,55		-126,65	-15,65	32,61	-32,3	-21,4	39,12	22,05	13,40	25,79	
2	-120,65	-18,75	3,89	-26,3	-24,5	10,4					-128,25	-11,7	33,49	-33,9	-17,45	40				
3	-119,11	-12,45	18,19	-24,76	-18,2	24,7					-126,45	-12,95	36,61	-32,1	-18,7	43,12				
4	-123,75	-20,85	3,99	-29,4	-26,6	10,5					-128,85	-12,15	32,61	-34,5	-17,9	39,12				
5	-122,45	-19,41	23,77	-28,1	-25,16	30,28					-127,71	-14,65	26,19	-33,36	-20,4	39,32				
rata-rata			-27,89	-23,33	18,76	Rata-rata					-33,23	-19,17	40,14							
1	-122,65	-20,45	23,96	-28,3	-26,2	30,47	28,50	6,35	29,20	-122,05	-14,59	30,39	-27,7	-20,34	36,9	21,89	12,99	25,45		
2	-123,75	-18,95	24,05	-29,4	-24,7	30,56				-120,55	-14,44	30,59	-26,2	-20,19	37,1					
3	-123,31	-23,7	8,69	-28,96	-29,45	15,2				-123,55	-11,79	35,79	-29,2	-17,54	42,3					
4	-127,75	-15,73	4,29	-33,4	-21,48	10,8				-126,45	-9,92	31,69	-32,1	-15,67	38,2					
5	-122,45	-16,35	1,61	-28,1	-22,1	8,12				-124,39	-15,7	33,59	-30,04	-21,45	40,1					
rata-rata			-29,63	-24,78	19,03	Rata-rata				-29,04	-19,03	38,92	25,42							

B.15 Tabel nilai indeks warna pisang susu hari 5

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang susu tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang susu dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-124,95	-20,95	41,72	-30,6	-26,7	48,23	30,04	15,55	33,82	0,37	-121,75	-16,35	37,79	-27,4	-22,1	44,3	25,10	12,56	28,06	
2	-123,95	-22,92	39,14	-29,6	-28,67	45,65					-117,95	-13,25	36,69	-23,6	-19	43,2				
3	-123,35	-18,75	39,09	-29	-24,5	45,6					-115,35	-18,35	36,16	-21	-24,1	42,67				
4	-123,65	-21,37	34,79	-29,3	-27,12	41,3					-122,75	-13,95	36,99	-28,4	-19,7	43,5				
5	-116,25	-17,85	39,69	-21,9	-23,6	46,2					-117,89	-18,47	3,07	-23,54	-24,22	9,58				
rata-rata			-28,08	-26,12	45,40	Rata-rata					-24,79	-21,82	36,65							
1	-127,05	-22,95	42,99	-32,7	-28,7	49,5	28,69	15,89	32,79		-110,75	-16,45	34,36	-16,4	-22,2	40,87	26,83	11,45	27,17	
2	-120,45	-21,05	43,49	-26,1	-26,8	50					-114,85	-18,75	34,72	-20,5	-24,5	41,23				
3	-125,73	-18,89	33,69	-31,38	-24,64	40,2					-109,05	-12,45	32,54	-14,7	-18,2	39,05				
4	-117,45	-15,95	41,99	-23,1	-21,7	48,5					-115,55	-20,85	39,27	-21,2	-26,6	45,78				
5	-123,35	-17,15	43,27	-29	-22,9	49,78					-123,11	-19,41	-1,97	-28,76	-25,16	4,54				
rata-rata			-28,46	-24,95	47,60	Rata-rata					-20,31	-23,33	34,29							
1	-122,35	-17,45	42,05	-28	-23,2	48,56	28,37	16,08	32,60	-119,35	-20,45	33,05	-25	-26,2	39,56	28,33	8,88	29,69		
2	-124,75	-17,25	39,09	-30,4	-23	45,6				-122,25	-18,95	23,08	-27,9	-24,7	29,59					
3	-123,47	-20,59	42,09	-29,12	-26,34	48,6				-118,15	-15,7	8,69	-23,8	-21,45	15,2					
4	-129,85	-19,37	42,49	-35,5	-25,12	49				-117,75	-16,75	4,29	-23,4	-22,5	10,8					
5	-124,75	-19,92	42,62	-30,4	-25,67	49,13				-58,15	-22,59	31,31	36,2	-28,34	37,82					
rata-rata			-30,68	-24,66	48,17	Rata-rata				-12,78	-24,63	26,59	29,55							

B.16 Tabel nilai indeks warna pisang mas hari 1

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang mas tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang mas dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-114,15	2,85	23,39	-19,8	-2,9	29,9	2,90	10,40	10,79	0,39	-27,1	2,15	15,79	-27,1	-3,6	22,3	4,01	7,66	8,64	
2	-114,65	3,25	24,89	-20,3	-2,5	31,4					-28,3	0,85	15,69	-28,3	-4,9	22,2				
3	-114,25	3,25	22,09	-19,9	-2,5	28,6					-28,8	1,95	15,59	-28,8	-3,8	22,1				
4	-115,05	3,05	23,59	-20,7	-2,7	30,1					-27,2	3,25	17,19	-27,2	-2,5	23,7				
5	-111,95	3,75	25,19	-17,6	-2	31,7					-26,8	3,13	14,97	-26,8	-2,62	21,48				
rata-rata			-19,66	-2,52	30,34	Rata-rata					-27,64	-3,48	22,36							
1	-113,85	-1,45	6,49	-19,5	-7,2	13	8,63	4,03	9,52		-120,75	0,15	14,09	-26,4	-5,6	20,6	5,94	7,32	9,42	
2	-112,45	-1,25	6,79	-18,1	-7	13,3					-123,95	2,75	13,79	-29,6	-3	20,3				
3	-116,65	-2,45	3,09	-22,3	-8,2	9,6					-122,15	-1,05	17,19	-27,8	-6,8	23,7				
4	-114,65	-2,35	4,69	-20,3	-8,1	11,2					-122,25	1,85	18,39	-27,9	-3,9	24,9				
5	-112,75	-1,25	6,79	-18,4	-7	13,3					-122,55	-0,77	13,67	-28,2	-6,52	20,18				
rata-rata			19,72	-7,50	12,08	Rata-rata					-27,98	-5,16	21,49							
1	-115,05	-2,65	5,09	-20,7	-8,4	11,6	8,79	4,10	9,69		-120,45	-0,75	9,89	-26,1	-6,5	16,4	8,14	5,79	9,98	
2	-113,85	-1,85	6,69	-19,5	-7,6	13,2					-118,95	-1,15	6,49	-24,6	-6,9	13				
3	-113,25	-2,65	6,09	-18,9	-8,4	12,6					-126,65	-0,15	13,99	-32,3	-5,9	20,5				
4	-116,85	-2,75	4,69	-22,5	-8,5	11,2				-118,65	-2,15	9,59	-24,3	-7,9	16,1					
5	-113,25	0,45	6,29	-18,9	-5,3	12,8				-122,09	-2,45	14,17	-27,74	-8,2	20,68					
rata-rata			-20,1	-7,64	12,28	Rata-rata				10,00	Rata-rata			-27,00	-7,08	17,33				9,35

B.17 Tabel nilai indeks warna pisang mas hari 2

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang mas tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang mas dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-120,15	-4,15	20,79	-25,8	-9,9	27,3	10,24	7,47	12,67	0,56	-115,35	-2,05	24,29	-21	-7,8	30,8	7,24	9,96	12,31	
2	-119,25	-4,15	19,79	-24,9	-9,9	26,3					-118,15	0,75	21,29	-23,8	-5	27,8				
3	-119,07	-4,67	18,35	-24,72	-10,42	24,86					-113,55	-0,95	22,99	-19,2	-6,7	29,5				
4	-111,85	-1,55	9,69	-17,5	-7,3	16,2					-115,95	-1,05	23,39	-21,6	-6,8	29,9				
5	-114,05	-5,7	8,39	-19,7	-11,45	14,9					-113,55	0,59	20,83	-19,2	-5,16	27,34				
rata-rata			-22,52	-9,79	21,91	Rata-rata					-20,96	-6,29	29,07							
1	-118,45	-7,45	22,09	-24,1	-13,2	28,6	12,03	7,85	14,36		-116,45	-2,95	24,19	-22,1	-8,7	30,7	9,22	10,42	13,91	
2	-120,25	-5,25	21,39	-25,9	-11	27,9					-115,35	-1,25	24,49	-21	-7	31				
3	-119,45	-9,57	21,23	-25,1	-15,32	27,74					-115,35	-2,55	25,69	-21	-8,3	32,2				
4	-111,05	-0,85	10,99	-16,7	-6,6	17,5					-115,25	-1,35	25,09	-20,9	-7,1	31,6				
5	-111,45	-0,45	9,29	-17,1	-6,2	15,8					-116,21	-3,25	23,99	-21,86	-9	30,5				
rata-rata			-21,78	-10,46	23,51	Rata-rata					-21,37	-8,20	31,20							
1	-117,95	-7,65	22,99	-23,6	-13,4	29,5	11,99	7,97	14,39		-113,35	-2,25	26,89	-19	-8	33,4	8,97	10,12	13,52	
2	-119,95	-10,25	21,99	-25,6	-16	28,5					-117,45	-0,65	22,89	-23,1	-6,4	29,4				
3	-120,65	-10,33	20,41	-26,3	-10,45	26,92					-113,35	0,65	20,89	-19	-5,1	27,4				
4	-111,15	-0,55	10,79	-16,8	-6,3	17,3					-116,95	-4,25	24,59	-22,6	-10	31,1				
5	-111,85	-0,25	10,59	-17,5	-6	17,1					-116,53	-3,75	23,77	-22,18	-9,5	30,28				
rata-rata			-21,9	-10,43	23,86	Rata-rata					-21,17	-7,8	30,31	13,24						

B.18 Tabel nilai indeks warna pisang mas hari 3

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

Titik pengamatan	Pisang mas tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang mas dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-112,25	-13,45	27,79	-17,9	-19,2	34,3	15,88	9,26	18,38	0,03	-113,75	-10,85	26,99	-19,4	-16,6	33,5	15,07	11,52	18,96	
2	-114,25	-11,71	28,39	-19,9	-17,46	34,9					-112,45	-9,65	29,09	-18,1	-15,4	35,6				
3	-113,57	-16,45	27,33	-19,22	-22,2	33,84					-111,25	-7,95	30,59	-16,9	-13,7	37,1				
4	-111,25	-2,35	10,39	-16,9	-8,1	16,9					-119,75	0,95	20,39	-25,4	-4,8	26,9				
5	-112,45	-3,25	10,09	-18,1	-9	16,6					-112,39	-9,27	28,53	-18,04	-15,02	35,04				
rata-rata			-18,40	-15,19	27,31	Rata-rata					-19,57	-13,10	33,63							
1	-115,15	-5,48	27,49	-20,8	-11,23	34	15,80	9,37	18,36		-106,55	-10,55	30,99	-12,2	-16,3	37,5	13,97	12,02	18,42	
2	-115,05	-13,95	27,99	-20,7	-19,7	34,5					-109,85	-12,45	30,79	-15,5	-18,2	37,3				
3	-115,05	-13,41	27,67	-20,7	-19,16	34,18					-107,65	-7,45	33,79	-13,3	-13,2	40,3				
4	-107,65	-2,55	13,59	-13,3	-8,3	20,1					-115,85	-1,95	21,39	-21,5	-7,7	27,9				
5	-109,75	-4,55	11,09	-15,4	10,3	17,6					-108,29	0,43	30,49	-13,94	-5,32	37				
rata-rata			-18,18	-13,74	28,08	Rata-rata					-15,29	-12,14	36,00							
1	-115,35	-16,85	29,99	-21	-22,6	36,5	15,57	9,54	18,25		-110,35	-10,85	28,09	-16	-16,6	34,6	11,32	12,32	16,72	
2	-115,75	-13,45	28,29	-21,4	-19,2	34,8					-110,85	-0,85	30,69	-16,5	-6,6	37,2				
3	-115,07	-11,43	29,81	-20,72	-17,18	36,32					-77,05	0,35	29,89	17,3	-5,4	36,4				
4	-110,65	5,95	12,59	-16,3	0,2	19,1				-110,95	-1,15	28,49	-16,6	-6,9	35					
5	-112,05	-3,15	9,69	-17,7	-8,9	16,2				-106,09	-7,97	34,75	-11,74	-13,72	41,26					
rata-rata			-19,42	-13,53	28,58	Rata-rata				-8,70	9,84	36,89	Rata-rata			18,04				

B.19 Tabel nilai indeks warna pisang mas hari 4

Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

titik pengamatan	Pisang mas tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang mas dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*	
1	-101,05	-16,75	23,99	-6,7	-22,5	30,5	28,21	8,62	29,49	0,44	-109,75	-12,7	31,89	-15,4	-18,45	38,4	23,93	9,06	25,58	
2	-107,75	-25,45	32,09	-13,4	-31,2	38,6					-105,85	-17,15	29,69	-11,5	-22,9	36,2				
3	-107,91	-15,53	29,63	-13,56	-21,28	36,14					-109,15	-16,45	27,49	-14,8	-22,2	34				
4	-111,75	-23,72	33,07	-17,4	-29,47	39,58					-118,95	-11,74	-15,51	-24,6	-17,49	-9				
5	-113,05	-12,45	-25,61	-18,7	-18,2	-19,1					-107,79	-17,25	26,03	-13,44	-23	32,54				
rata-rata			-13,95	-24,53	25,14	Rata-rata					-15,95	-20,81	26,43							
1	-114,75	-23,35	23,79	-20,4	-29,1	30,3	26,08	10,16	27,98		-107,05	-14,35	31,99	-12,7	-20,1	38,5	19,68	12,48	23,29	
2	-109,65	-22,75	31,59	-15,3	-28,5	38,1					-110,15	-13,05	28,69	-15,8	-18,8	35,2				
3	-116,63	-8,25	27,03	-22,28	-14	33,54					-107,35	-8,85	31,49	-13	-14,6	38				
4	-111,85	-12,54	11,99	-17,5	-18,29	18,5					-111,65	-11,65	31,29	-17,3	-17,4	37,8				
5	-108,65	-17,75	25,19	-14,3	-23,5	31,7					-109,47	-8,91	30,83	-15,12	-14,66	37,34				
rata-rata			-17,96	-22,68	30,43	Rata-rata					-14,78	-17,11	37,37							
1	-107,95	-25,05	34,49	-13,6	-30,8	41	26,71	11,48	29,06	-106,15	-8,75	36,49	-11,8	-14,5	43	19,40	13,49	23,63		
2	-105,65	-25,45	33,61	-11,3	-31,2	40,12				-106,65	-11,03	31,69	-12,3	-16,78	38,2					
3	-108,59	-13,56	28,07	-14,24	-19,31	34,58				-106,35	-11,45	36,89	-12	-17,2	43,4					
4	-106,75	0,85	16,59	-12,4	-4,9	23,1				-106,65	-16,75	34,89	-12,3	-22,5	41,4					
5	-109,35	-24,15	26,59	-15	-29,9	33,1				-113,97	-7,63	29,51	-19,62	-13,38	36,02					
rata-rata			-13,30	-23,22	34,38	Rata-rata				-13,60	-16,87	40,40	24,17							

B.20 Tabel nilai indeks warna pisang mas hari 5

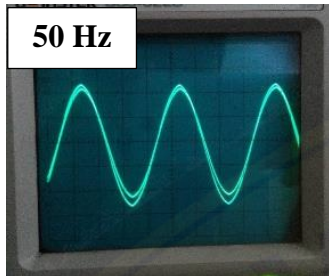
Standart L : 94,35, a : -5,75, b : 6,51

Keramik L : 62,6, a : 5, b : 19

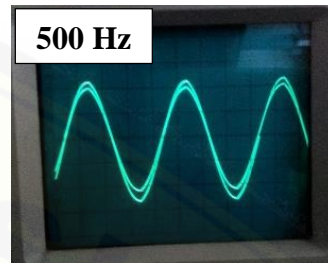
titik pengamatan	Pisang mas tanpa kalsium karbida									St. Deviasi	Pisang mas dengan kalsium karbida									St. Deviasi
	Pengamatan			pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma				pengamatan			Hasil pengamatan			Analisa warna berdasarkan Chroma			
	dL	da	db	L*	a*	b*	a	b	C*		dL	da	db	L*	a*	b*	A	b	C*	
1	-112,05	-23,75	15,59	-17,7	-29,5	22,1	27,67	6,73	28,47	0,23	-121,75	-16,35	11,94	-27,4	-22,1	18,45	28,63	4,48	28,97	
2	-115,15	-30,05	23,19	-20,8	-35,8	29,7					-117,95	-23,63	7,79	-23,6	-29,38	14,3				
3	-113,69	-29,55	22,57	-19,34	-35,3	29,08					-115,35	-18,35	4,79	-21	-24,1	11,3				
4	-123,65	8,15	-3,41	-29,3	2,4	3,1					-122,75	-18,92	5,19	-28,4	-24,67	11,7				
5	-116,25	-16,35	7,79	-21,9	-22,1	14,3					-117,89	-18,47	3,07	-23,54	-24,22	9,58				
rata-rata			-21,81	-24,06	19,66	Rata-rata					-24,79	-24,89	13,07							
1	-124,25	-24,75	20,59	-29,9	-30,5	27,1	27,98	6,52	28,73		-110,75	-16,45	11,39	-16,4	-22,2	17,9	26,83	4,54	27,21	
2	-115,65	-27,15	18,79	-21,3	-32,9	25,3					-114,85	-18,75	3,89	-20,5	-24,5	10,4				
3	-120,83	-26,21	16,01	-26,48	-31,96	22,52					-109,05	-12,45	18,19	-14,7	-18,2	24,7				
4	-117,45	-22,75	12,49	-23,1	-28,5	19					-115,55	-20,85	3,99	-21,2	-26,6	10,5				
5	-123,35	7,95	-2,81	-29	2,2	3,7					-123,11	-19,41	-1,97	-28,76	-25,16	4,54				
rata-rata			-25,96	-24,33	19,52	Rata-rata					-20,31	-23,33	13,61							
1	-118,35	-27,35	21,39	-24	-33,1	27,9	27,11	6,69	27,92	-119,35	-19,45	-0,91	-25	-25,2	5,6	28,62	2,99	28,77		
2	-120,05	-22,35	14,29	-25,7	-28,1	20,8				-122,25	-17,95	-1,51	-27,9	-23,7	5					
3	-116,81	-23,63	16,35	-22,46	-29,38	22,86				-118,15	-12,74	8,69	-23,8	-18,49	15,2					
4	-129,85	-23,85	12,29	-35,5	-29,6	18,8				-117,75	-23,95	4,29	-23,4	-29,7	10,8					
5	-124,75	8,05	3,29	-30,4	2,3	9,8				-58,15	-21,59	1,61	36,2	-27,34	8,12					
rata-rata			-27,61	-23,57	20,03	Rata-rata				-12,78	-24,88	8,94	Rata-rata		28,32					

Lampiran C

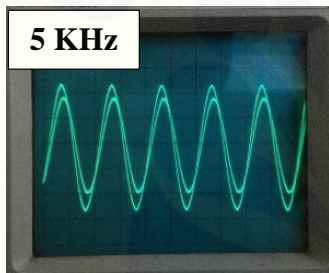
C.1 Pola gelombang sinus sebagai tegangan



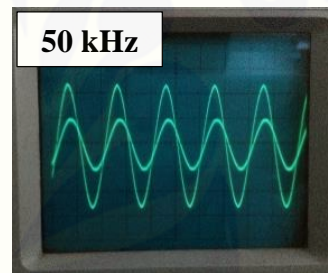
CH_1 : 5 div
 $volt/div$: 0,1 volt
 CH_2 : 4,8 div
 $volt/div$: 0,1 volt



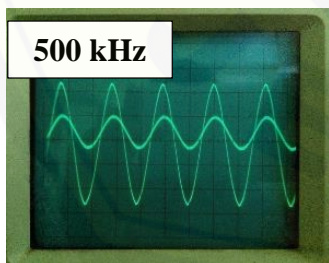
CH_1 : 5 div
 $volt/div$: 0,1 volt
 CH_2 : 4,7 div
 $volt/div$: 0,1 volt



CH_1 : 5 div
 $volt/div$: 0,1 volt
 CH_2 : 4 div
 $volt/div$: 0,1 volt



CH_1 : 5 div
 $volt/div$: 0,1 volt
 CH_2 : 2 div
 $volt/div$: 0,1 volt



CH_1 : 5 div
 $volt/div$: 0,1 volt
 CH_2 : 1,1 div
 $volt/div$: 0,2 volt

C.2 Tingkat kemasakan pisang berdasarkan warna kulit pemasakan secara alami
(tanpa kalsium karbida)



Tingkat 1



Tingkat 2



Tingkat 3



Tingkat 4



Tingkat 5

C.3 Tingkat kemasakan pisang berdasarkan warna kulit pemasakan secara kimia
(diberi kalsium karbida)



Tingkat 1



Tingkat 2



Tingkat 3



Tingkat 4



Tingkat 5

C.4 Pengukuran permitivitas relatif pisang



C.5 Pengukuran indeks warna keramik *color reader*



C.6 Pengukuran indeks warna pisang menggunakan Color reader



C.7 Padatan kalsium karbida



C.8 Kapasitansi meter



C.9 Pengukuran nilai kapasitansi pisang menggunakan kapasitansi meter

