

LAPORAN PENELITIAN KOMPETITIF

TAHUN ANGGARAN 2016

PEMBUATAN SENSOR UREA TERINTREGASI ANDROID

BERBASIS KOLORIMETRI UNTUK MONITORING

KONDISI KESEHATAN GINJAL

Nomor DIPA	:	DIPA BLU: DIPA-025.04.2.423812/2016
Tanggal	:	7 Desember 2015
Satker	:	(423812) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Kode Kegiatan	:	(2132) Peningkatan Akses, Mutu, Kesejahteraan dan Subsidi Pendidikan Tinggi Islam
Kode Sub Kegiatan	:	(008) Penelitian Bermutu
Kegiatan	:	(004) Dukungan Operasional Penyelenggaraan Pendidikan

OLEH :

ABDUL HAKIM NIP.

197612142009121002

ABDUL WAFI LB.67004



KEMENTERIAN AGAMA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LP2M)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

2016

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian ini disahkan oleh

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Pada tanggal

Peneliti

Ketua : Abdul Hakim

NIP. 197612142009121002

Tanda Tangan

Anggota I : Abdul Wafi

LB.67004

Tanda Tangan

Ketua LP2M

UIN Mulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Hj. MUfidah Ch., M.Ag.

NIP. 196009101989032001

ABSTRAK

Hakim, A dan Wafi, A. 2016. *Pembuatan Sensor Urea Terintegasi Android Berbasis Kolorimetri Untuk Monitoring Kondisi Kesehatan Ginjal.*

Urea merupakan suatu zat sisa metabolisme yang menjadi salah satu komponen dari darah dengan kadar normal 5 – 25 mg/dL. Urea dapat dijadikan salah satu indikator berbagai masalah kesehatan terutama pada ginjal. Metode penentuan urea secara kolorimetri dengan reagen diasetil monoksim (DAM) dan tiosemikarbazida (TSC) dikembangkan menjadi sebuah sensor kimia berbasis plat silika gel. Sensor ini dapat mendeteksi urea melalui perubahan warna menjadi merah muda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui warna yang dihasilkan pada pengukuran urea yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal dan mengetahui nilai rentang Δ MEAN RGB untuk setiap kondisi kesehatan ginjal yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal.

Warna yang dihasilkan pada pengukuran urea yang merepresentasikan kondisi ginjal berbeda-beda untuk tiap kondisi dibawah normal, normal dan diatas normal ditunjukkan adanya perbedaan nilai RGB yang diperoleh.

Nilai rentang Δ MEANRGB untuk setiap kondisi kesehatan ginjal yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal yaitu : Kondisi ginjal dibawah normal, nilai Δ MEAN RGBnya antara 4,6 – 59; Kondisi ginjal normal, nilai Δ MEAN RGBnya antara 60 – 64 dan Kondisi ginjal diatas normal, nilai Δ MEAN RGBnya antara 64,2 – 69.

Kata Kunci : Urea, RGB, Sensor

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Urea.....	8
2.2 Urea Sebagai Indikator Kesehatan.....	10
2.3 Metode Analisis Urea Secara Kolorimetri dengan Reagen Diasetil Monoksim.....	12
2.4 Sensor Kimia.....	17
2.5 Immobilisasi.....	19
2.6 Parameter Sensor.....	21
2.7 Plat Silika Gel.....	22
2.8 Analisis Warna Digital Dengan Model Warna Δ Mean RGB ..	23
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	27
3.2 Jenis Penelitian.....	27

3.3 Alat Dan Bahan	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan.....	27
3.4 Sekema Kerja Penelitian.....	24
3.5 Deskripsi Langkah Kerja Dan Analis Data.....	38
3.5.1 Pembuatan Plat Silika Gel Terimmobilisasi.....	28
3.5.2 Pembuatan Deret Warna.....	29
3.5.3 Perhitungan Δ MEAN RGB sebagai Dasar Pembuatan Aplikasi Berbasis Android.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Pembuatan Plat Silika Terimmobilisasi.....	31
4.2 Pengambilan Data dan Perhitungan RGBuntuk PengukuranUrea Kondisi Dibawah Normal, Normal dan Diatas Norma.....	32
4.3 Perhitungan Δ MEAN RGB sebagai Dasar Pembuatan Aplikasi Berbasis Android.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 KESIMPULAN.....	46
5.2 SARAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN LAMPIRAN.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Urea merupakan salah satu senyawa hasil akhir dari metabolisme yang dikeluarkan dari tubuh dalam bentuk urin melalui ginjal. Urea dapat berasal dari hasil akhir metabolisme seperti NH_3 yang apabila tidak dieksresikan akan membahayakan sel atau jasad hidup itu sendiri karena bersifat toksik (Martoharsono, 2006). Urea difiltrasi oleh ginjal pada bagian glomerulus kemudian keluar dari tubuh dalam bentuk urin dan sebagian kecil direabsorpsi di tubulus menuju darah sehingga menjadi salah satu komponen yang normal dalam darah (Sherwood, 2006). Urea dalam darah atau disebut juga *blood nitrogen urea* (BUN) memiliki kadar normal sebesar 5 – 25 mg/dL (Shanmugam, dkk., 2010).

Perubahan kadar urea dalam darah dapat dijadikan salah satu indikator untuk berbagai masalah kesehatan. Diagnosis terhadap kelainan pada fungsi ginjal dapat dilakukan dengan mengetahui kadar urea yang biasanya juga dihubungkan dengan kadar kreatinin dalam darah. Kadar urea tidak hanya dapat mencerminkan adanya gangguan terhadap fungsi ginjal, akan tetapi juga merupakan respon normal yang diberikan oleh ginjal terhadap kurangnya volume cairan ekstraseluler maupun terjadinya penurunan aliran darah menuju ginjal (Akcay, dkk., 2010).

Gangguan fungsi ginjal dapat menggambarkan kondisi sistem vaskuler tubuh sehingga mengetahuinya lebih awal dapat membantu upaya pencegahan pasien agar tidak mengalami komplikasi yang lebih parah seperti stroke, jantung koroner, gagal

ginjal kronis, penyakit pembuluh darah perifer dan lain-lain. Komplikasi penyakit yang ditimbulkan oleh gangguan fungsi ginjal tersebut membuat penyakit ginjal menjadi salah satu penyebab utama kematian di dunia. Menurut data yang dilansir oleh *American Kidney Fund* pada tahun 2012, penyakit ginjal berada pada urutan kedelapan sebagai penyebab utama kematian di Amerika Serikat. Sekitar 31 juta orang di Amerika Serikat (10% dari populasi) menderita gagal ginjal kronis. Penyakit gagal ginjal kronis lebih banyak terjadi pada wanita, akan tetapi pria 50% lebih beresiko terkena penyakit ini. Sementara jumlah penderita penyakit gagal ginjal di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Data yang dilansir oleh PT. Askes pada tahun 2010 menunjukkan bahwa jumlah penderita gagal ginjal di Indonesia adalah sebanyak 17.507 orang. Sedangkan menurut data WHO pada tahun 2011, kematian yang disebabkan oleh penyakit ginjal di Indonesia mencapai 30.013 kematian atau 2,11% dari total kematian yang terjadi.

Dugaan terhadap adanya gangguan fungsi pada ginjal dan saluran urin dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan seperti pada kelainan organ lain yaitu dengan anamnesis riwayat sakit, pemeriksaan fisik yang dibantu oleh pemeriksaan laboratorium dan radiologi serta lainnya. Pada keadaan subklinis atau kelainan ginjal tanpa gejala, maka pemeriksaan laboratorium klinik berperan amat penting (Lamb, dkk., 2006; Thomas, 1999)

Selain untuk diagnosis penyakit yang berhubungan dengan ginjal, penentuan kadar urea dalam darah juga berguna untuk mengevaluasi perkembangan status penderita gagal ginjal kronik saat dilakukan terapi seperti hemodialisis. Hemodialisis

merupakan suatu metode terapi untuk penderita gagal ginjal dengan menghilangkan produk-produk sisa metabolisme yang menumpuk dalam darah, salah satunya adalah urea dengan prinsip difusi melalui membran semipermeabel (Amin, dkk., 2014).

Gangguan fungsi ginjal dapat menggambarkan kondisi sistem vaskuler tubuh sehingga mengetahuinya lebih awal dapat membantu upaya pencegahan pasien agar tidak mengalami komplikasi yang lebih parah seperti stroke, jantung koroner, gagal ginjal kronis, penyakit pembuluh darah perifer dan lain-lain. Selain untuk diagnosis penyakit yang berhubungan dengan ginjal, penentuan kadar urea dalam darah juga berguna untuk mengevaluasi perkembangan status penderita gagal ginjal kronik saat dilakukan terapi seperti hemodialisis. Hemodialisis merupakan suatu metode terapi untuk penderita gagal ginjal dengan menghilangkan produk-produk sisa metabolisme yang menumpuk dalam darah, salah satunya adalah urea dengan prinsip difusi melalui membran semipermeabel (Amin, dkk., 2014). Berdasarkan hal tersebut analisis urea menjadi analisis yang perlu dilakukan secara rutin untuk keperluan klinis.

Kebutuhan mengenai pentingnya melakukan analisis urea secara rutin khusuhnya dalam bidang kesehatan mendorong para peneliti untuk mengembangkan berbagai metode analisis urea. Metode konvensional yang biasa dipakai dalam suatu analisis memang dapat menganalisis analit dalam kadar sangat kecil serta memenuhi akurasi dan presisi akan tetapi pada beberapa kasus, metode konvensional membutuhkan instrumen yang relatif rumit dan mahal, frekuensi analisis yang rendah, konsumsi reagen dan sampel yang tinggi, dan membutuhkan teknisi yang

ahli (Plata., dkk, 2010). Hal tersebut tentunya dapat menyulitkan untuk melakukan analisis urea secara rutin. Sensor kimia dapat dijadikan suatu pilihan yang tepat untuk mengatasi berbagai masalah di atas.

Metode analisis urea yang telah dikembangkan sebagai sebuah sensor adalah secara potensiometri. Metode ini menggunakan enzim urease sebagai reseptor pada sensor sehingga disebut biosensor urea. Pembuatan biosensor urea berbasis enzim urease telah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan teknik immobilisasi dan prinsip elektroda potensiometri (Fatima dan Mishra, 2011). Biosensor urea dapat mendekksi urea berdasarkan reaksi hidrolisis urea yang dibantu oleh urease menghasilkan ammonia serta karbon dioksida. Kedua gas tersebut dapat dideteksi menggunakan membran gas permeabel seperti PTFE (politetrafuoroetilen) maupun silikon. Hal ini karena gas tersebut dapat berdifusi melewati membran, yang juga dapat merubah pH, sehingga deteksi juga dapat dilakukan menggunakan sensor pH (Kuswandi, 2010).

Metode penentuan urea secara kolorimetri menggunakan reagen diasetil monoksim merupakan dasar dari berbagai metode penentuan kadar urea dalam cairan-cairan biologis (Wybenga, dkk., 1971). Metode ini didasarkan pada reaksi kondensasi antara urea dan diasetil monoksim dalam kondisi asam yang menghasilkan suatu senyawa yang berwarna. Urea kemudian diukur kadarnya melalui spektrofotometer pada panjang gelombang sekitar 540 nm (Mather dan Roland, 1969; Shanmugam, dkk., 2010). Terdapat banyak permasalahan pada metode Fearon yang asli, meliputi reaksi antara konstituen dari reagen kromogen lain, sensitivitas reaksi

yang rendah, kurva yang non linier, reagen yang sensitif terhadap cahaya, hasil reaksi yang tidak stabil dan lain-lain. Sehingga berbagai modifikasi pun telah dilakukan untuk memperbaiki masalah-masalah tersebut, meliputi penggunaan berbagai jenis asam, zat penstabil warna seperti tiosemikarbazida dan *antipyrine* serta penggunaan ion Fe³⁺ sebagai katalis (Rahmatullah dan Boyde, 1980).

Dalam penelitiannya Feraon menggunakan urea yang direaksikan dengan diasetil pada suasana asam kuat akan menghasilkan senyawa kompleks berwarna merah muda. Namun banyak kekurangan dalam metode ini seperti reaksi yang terjadi dalam medium asam kuat yang dapat mengalami pembentukan *hidroxylamine* sebagai reaksi samping yang dapat menurunkan sensitivitas analisis dan kestabilan warna yang dibentuk. Berbagai variasi reagen asam telah diuji dalam reaksi untuk efektivitasnya dalam menghilangkan *hydroxylamine*, sehingga warna yang timbul tidak terganggu.

Hasil penelitian oleh Coulombe & Favreau (1963) menggunakan asam lemah H₃PO₄ untuk meningkatkan kestabilan reaksinya dengan waktu pemanasan yang dibutuhkan untuk membentuk warna kompleks adalah 20 menit dan kestabilan warna selama 2 jam. Rahmatullah & Boyde (1980) menunjukkan bahwa penggunaan reagen asam kuat H₂SO₄ saja dapat meningkatkan pengembangan warna sampai konsentrasi optimum pada 250 ml per liter asam, akan tetapi warna yang dibentuk sangat sensitif terhadap cahaya, sifat sensitif terhadap cahaya ini akan membuat kestabilan warnanya lebih cepat berkurang. Penggunaan reagen asam H₂SO₄ ini membutuhkan waktu pemanasan untuk pengembangan warna selama 10 menit dengan waktu kestabilannya

selama 1 jam. Dalam Rho (1980) Coloumbe & Favreau menyatakan bahwa penggunaan asam kuat saja dapat memberikan hasil warna yang lebih tinggi dari pada asam lemah, akan tetapi dengan pencampuran kedua jenis asam tersebut kestabilan warna yang dihasilkan jauh lebih baik dibandingkan hanya menggunakan satu jenis asam saja. Seperti dalam penelitian Gazzaniga & Ceriotti (1965) yang mencoba menggabungkan reagen asam H_2SO_4 dengan CH_3COOH yang direaksikan dengan reagen diasetil monoksim dan antipirin membutuhkan waktu pemanasan selama 25 menit dengan kestabilan warna yang terbentuk hanya 0,67 jam.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk analisis urea dalam sampel darah dan urin diantaranya menggunakan metode Reversed-Phase Ultra-Fast Liquid Chromatography (Czauderna and Kowalczyk, 2012); Nuclear Magnetic Resonance (Lui, et.al., 2012); Spektrofotometri (Sharma, et.al., 2013; Fauziyah, et.al., 2015). Namun penelitian tersebut memiliki kelemahan karena sulit diaplikasikan oleh masyarakat luas karena membutuhkan instrumentasi dan keahlian khusus untuk mengoperasikannya. Dalam penelitian ini akan dikembangkan dasar pengukuran yang melibatkan sebuah perangkat (device) sensor urea berbasis reaksi kolorimetri dan warna yang dihasilkan ($\Delta MEANRGB$) akan dibaca oleh aplikasi android yang kemudian secara otomatis akan dikonversi menjadi rentang konsentrasi (kadar) urea dalam urine sehingga setiap orang dapat memonitoring kondisi kesehatan ginjalnya dimanapun dan kapanpun saja.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana warna yang dihasilkan pada pengukuran urea yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal?
2. Berapa nilai rentang $\Delta\text{MEAN RGB}$ untuk setiap kondisi kesehatan ginjal yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal?

1.3 Tujuan Penelitian

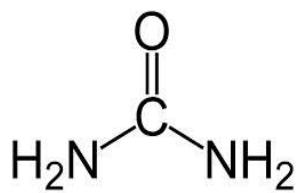
1. Mengetahui warna yang dihasilkan pada pengukuran urea yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal
2. Mengetahui nilai rentang $\Delta\text{MEANRGB}$ untuk setiap kondisi kesehatan ginjal yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Urea

Urea atau karbamida merupakan suatu senyawa organik dengan rumus kimia $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Molekul urea memiliki dua gugus amina ($-\text{NH}_2$) yang digabungkan oleh gugus fungsi karbonil. Urea pertama kali ditemukan dalam urin pada tahun 1773 oleh kimiawan perancis Hilaire Rouelle. Pada tahun 1828, seorang kimiawan Jerman Friedrich Wohler memperoleh urea dengan mereaksikan perak tiosianat dengan ammonium klorida dalam sebuah percobaan yang gagal untuk memperoleh ammonium tiosianat. Urea memiliki peran penting dalam metabolisme senyawa yang mengandung nitrogen pada hewan mamalia. Urea berbentuk padat, tidak berwarna, bersifat netral, sangat larut dalam air dan relatif tidak beracun. Urea disintesis di dalam tubuh berbagai organisme sebagai bagian dari siklus urea, yang dapat berasal dari oksidasi asam-asam amino ataupun ammonia (Shanmugam, dkk., 2010).



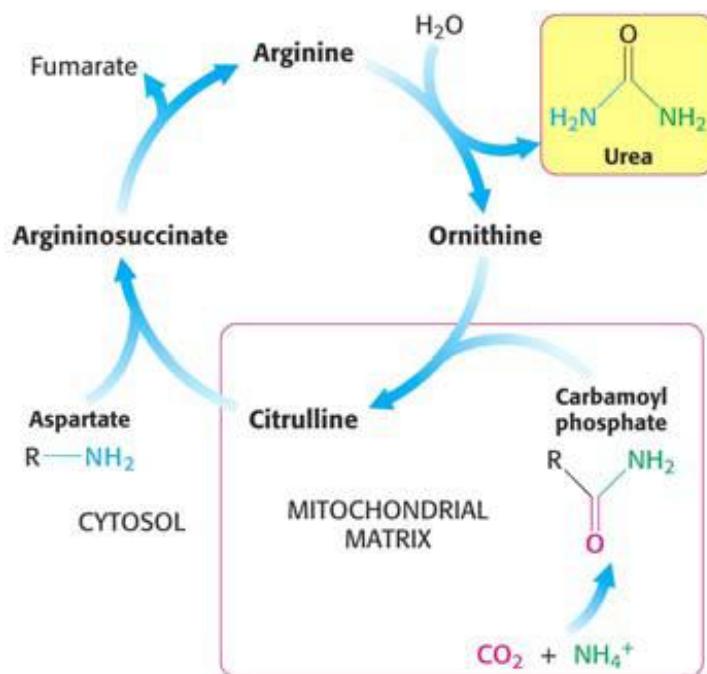
Gambar 2.1 Struktur molekul urea

Protein dalam makanan diperlukan untuk menyediakan asam amino yang akan digunakan untuk memproduksi senyawa nitrogen yang lain, untuk mengganti protein dalam jaringan yang mengalami penguraian dan untuk mengganti nitrogen yang telah dikeluarkan dari tubuh dalam bentuk urea. NH_3 dapat dilepaskan dari asam amino melalui reaksi transaminasi dan deaminasi. Pada reaksi transaminasi gugus $-\text{NH}_2$ yang dilepaskan diterima oleh suatu asam keto, sehingga terbentuk asam amino baru dan asam keto lain, sedangkan pada reaksi deaminasi, gugus $-\text{NH}_2$ dilepaskan dalam bentuk ammonia yang kemudian dikeluarkan dalam tubuh dalam bentuk urea dalam urine. Amonia dengan kadar yang tinggi merupakan racun bagi tubuh manusia (Poedjiadi, 1994).

Hans Krebs dan Kurt Henseleit pada tahun 1932 mengemukakan serangkaian reaksi kimia tentang pembentukan urea. Mereka berpendapat bahwa urea terbentuk dari ammonia dan karbondioksida melalui serangkaian reaksi kimia yang berupa siklus, yang mereka namakan siklus urea. Pembentukan urea ini terutama berlangsung dalam air, bersifat netral, terdapat dalam urine yang dikeluarkan dari dalam tubuh. Biosintesis urea terdiri atas beberapa tahap reaksi yang merupakan suatu siklus sebagai berikut (Poedjiadi, 1994):

1. Sintesis karbamil fosfat
2. Pembentukan sitrulin
3. Pembentukan asam arginosuksinat
4. Penguraian asam arginosuksinat
5. Penguraian arginin

Reaksi keseluruhan siklus urea ditunjukkan pada reaksi 2.1. Sedangkan proses terjadinya siklus urea secara terperinci ditunjukkan gambar 2.2.



Gambar 2.2. Siklus urea

2.2 Urea Sebagai Indikator Masalah Kesehatan

Urea difiltrasi oleh ginjal pada bagian glomerulus kemudian keluar dari tubuh dalam bentuk urin dan sebagian kecil direabsorpsi di tubulus menuju darah sehingga menjadi salah satu komponen yang normal dalam darah (Sherwood, 2006). Urea dalam darah atau disebut juga *blood nitrogen urea* (BUN) memiliki kadar normal

sebesar 5 – 25 mg/dL (Shanmugam, dkk., 2010). Urea terkandung sekitar 75% dari total fraksi nitrogen non protein dalam darah. Filtrasi urea dari darah menuju urin yang dilakukan oleh glomerulus ginjal yang merupakan bagian utama dari eliminasi atau pengeluaran kelebihan nitrogen dari tubuh. Kadar BUN merupakan ukuran dari fungsi ginjal. Diantara penyakit ginjal yang menyebabkan BUN meningkat adalah glomerulonefritis akut, nefritis kronis, nefrosklerosis, nekrosis tubular dan lain-lain. Berbagai tipe kerusakan dari saluran kemih juga dapat menyebabkan kadar BUN meningkat. Kreatinin dan BUN dibersihkan melalui glomeruli ginjal, maka dari itu, urea sebagian direabsorbsi oleh tubulus sementara kreatinin tidak. Maka dari itu, penentuan urea nitrogen dan kreatinin biasanya dilakukan bersamaan untuk diagnosis gangguan fungsi ginjal yang berbeda (Tietz, 1987).

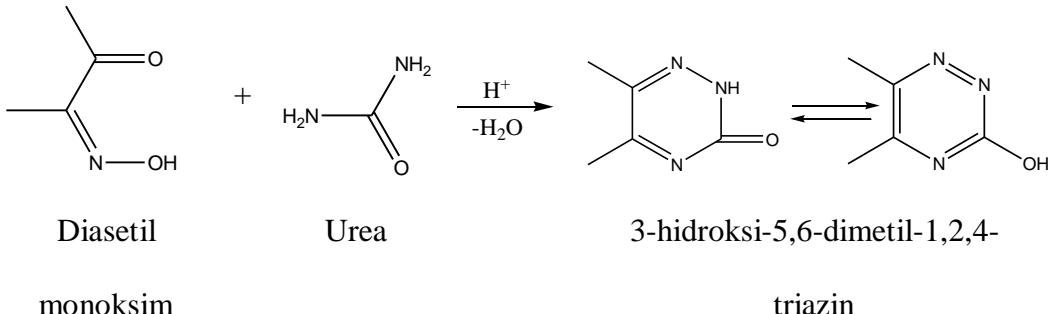
Meskipun urea merupakan suatu zat sisa metabolisme yang harus dikeluarkan dalam tubuh, keberadaannya dalam darah dapat dijadikan suatu indikator masalah kesehatan terutama berhubungan dengan ginjal seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Dengan mengetahui kadar urea dalam tubuh, kondisi kesehatan tubuh dapat dipantau sehingga bila terjadi gangguan, tindakan sedini mungkin dapat dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya gangguan kesehatan yang lebih fatal. Urea memang seharusnya dibuang melalui ginjal akan tetapi sebagian kecil urea juga diserap kembali dan menjadi komponen dari darah dengan rentang yang telah ditentukan yaitu 5 – 25 mg/dL. Jika kadar urea dalam darah berada pada kadar yang kurang atau melebihi kadar normal tersebut, dapat mengindikasikan berbagai masalah kesehatan terutama yang berhubungan dengan ginjal.

2.3 Metode Analisis Urea Secara Kolorimetri dengan Reagen Diasetil Monoksim

Metode penentuan urea secara kolorimetri dengan reagen diasetil monoksim pertama kali ditermukau oleh Fearon pada tahun 1939. Metode penentuan urea secara kolorimetri menggunakan reagen diasetil monoksim merupakan dasar dari berbagai metode penentuan kadar urea dalam cairan-cairan biologis. Penentuan urea dilakukan secara langsung tanpa deproteinisasi maupun dilakukan proteinasi terhadap sampel terlebih dahulu (Wybenga, dkk., 1971).

Beberapa kajian mengenai mekanisme terjadinya reaksi antara diasetil monoksim dan urea telah banyak dilakukan. Beale dan Croft (1961) menyatakan bahwa salah satu kemungkinan reaksi yang terjadi antara diasetil monoksim dan urea adalah kondensasi urea dan diasetil monoksim dengan rasio 1 : 1 membentuk sebuah cincin triazin tersubtitusi. Khramov dan Claav (1961) yang juga melakukan modifikasi terhadap reaksi fearon dengan menggunakan dimetil glioxim serta tiosemikabrazida sebagai reagen warna juga menyatakan reaksi yang berlangsung merupakan reaksi kondensasi pembentukan cincin dengan produk 1,2,4-triazin tersubtitusi.

Dugaan reaksi yang berlangsung ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut



Gambar 2.3 Reaksi kondensasi diasetil monoksim dan urea menghasilkan 1,2,4-triazin tersubtitusi

Produk yang terbentuk dari reaksi antara urea dan diasetil monoksim diketahui tidak stabil terhadap cahaya sehingga mekanisme dari reaksi tersebut sampai saat ini belum diketahui secara pasti selain diketahui bahwa absorbansi maksimum pada 480 nm. Selain itu terdapat masalah lain yang meliputi reaksi antara konstituen dari reagen kromogen lain, sensitivitas reaksi yang rendah, kurva yang non linier, reagen yang sensitif terhadap cahaya sehingga metode ini memerlukan modifikasi untuk memperbaiki masalah tersebut. Berbagai modifikasi pun telah dilakukan untuk memperbaiki masalah-masalah tersebut, meliputi penggunaan berbagai jenis asam, zat penstabil warna seperti tiosemikarbazida dan *antipyrine* serta penggunaan ion Fe(III) (Rahmatullah dan Boyde, 1980).

Tiosemikarbazida dalam kombinasinya dengan FeCl_3 yang digunakan Marsh, dkk. (1965) dalam prosedur telah terbukti menghasilkan reaksi Fearon yang lebih

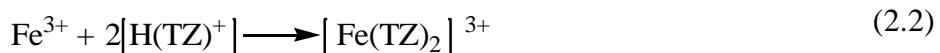
sensitif dengan kebutuhan asam kuat yang lebih sedikit dan dengan memvariasi konsentrasi diasetil monoksim, tiosemikarbazida dan reagen asam serta penggunaan kadmium sulfat dalam campuran reaksi, urea dalam serum dapat dideteksi hingga konsentrasi serendah 5 mg/100 mL (Wybenga, dkk., 1971).

Coulombe dan Favreu menyatakan bahawa asam sulfat memberikan hasil warna yang lebih tinggi daripada asam fosfat akan tetapi dengan pencampuran dua jenis asam tersebut, warna yang dihasilkan lebih baik daripada penggunaan satu asam saja, dengan jumlah optimum 100 ml sampai 300 ml per liter dari asam fosfat dan asam sulfat pekat (Rho, 1972). Hal tersebut juga dibuktikan oleh Rahmatullah dan Boyde (1980) yang melakukan perbandingan terhadap jenis asam yang digunakan dan hasilnya menunjukkan bahwa asam sulfat dan asam fosfat dapat memberikan absorbansi tertinggi diantara asam lain yaitu sebesar 0,90 dengan waktu pemanasan hanya 5 menit serta kestabilan warna akhir yang terbentuk bertahan sampai 2 jam. Maka dari itu, kombinasi reagen terbaik yang digunakan dalam metode kolorimetri berdasarkan reaksi Fearon adalah diasetil monoksim, tiosemikarbazida serta reagen asam yang merupakan campuran asam sulfat dan asam fosfat serta penambahan sedikit ion Fe(III) dari FeCl_3 .

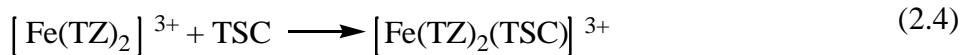
Shanmugam, dkk. (2010) menjelaskan bahwa urea dapat diukur berdasarkan reaksi yang terjadi antara urea dengan diasetil monoksim dengan adanya ion Fe(III) dalam medium asam pada kondisi panas yang menghasilkan senyawa kuning dan selanjutnya dengan penambahan tiosemikarbazida terbentuk produk berwarna merah muda. Pembentukan produk berwarna magenta atau merah muda kemudian diukur

secara spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm. Warna merah muda yang dihasilkan diduga karena telah terbentuk suatu senyawa kompleks dari 1,2,4-triazin (hasil reaksi diasetil monoksim dan urea) dengan tiosemikarbazida dan ion Fe(III) dari FeCl_3 yang ditambahkan.

Berdasarkan penelitian Ratnam dan Anipindi (2012) mengenai studi terhadap mekanisme dan laju reaksi oksidasi tiosemikarbazida, semikarbazida dan hidrosilamin dengan Fe(III) serta adanya triazin (triazin yang digunakan merupakan berbagai senyawa 1,2,4-triazin tersubtitusi). Reaksi yang terjadi antara triazin (TZ), tiosemikarbazida (TSC) dan Fe(III) melibatkan beberapa tahapan reaksi. Triazin terlebih dahulu mengalami protonasi kemudian membentuk kompleks dengan Fe(III) berdasarkan reaksi sebagai berikut:

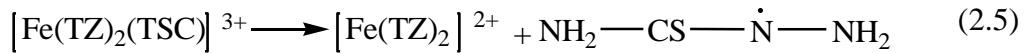


Kemampuan pembentukan kompleks Fe(III) tersebut dijelaskan meningkat karena adanya asam fosfat pekat dalam reaksi. Reaksi selanjutnya yaitu pembentukan kompleks terner antara Fe(III)-TZ-TSC dengan perbandingan 1 : 2 : 1



Reaksi pembentukan kompleks tersebut melibatkan pembentukan ikatan koordinasi dengan penyumbang elektron berasal dari atom nitrogen dan sulfur milik tiosemikarbazida. Akan tetapi, sumbangan elektron lebih cenderung berasal dari atom S karena keelektronegativitinya yang lebih rendah.

Kompleks hasil reaksi (2.4) dinyatakan sangat stabil sehingga reaksi berikutnya yang merupakan reaksi dekomposisi berlangsung sangat lambat. Reaksi dekomposisi ini merupakan tahap penentu laju (*rate-determining step*) dan menghasilkan radikal bebas tiosemikarbazida:



Reaksi (2.5) melibatkan oksidasi TSC oleh Fe(III) menghasilkan radikal bebas TSC sementara Fe(III) mengalami reduksi menjadi Fe(II) dan tetap membentuk kompleks dengan dua molekul triazin. Radikal TSC kemudian diduga mengalami dimerisasi dan menghasilkan disulfida sedangkan Fe(II) membentuk kompleks dengan penambahan satu lagi molekul triazin:

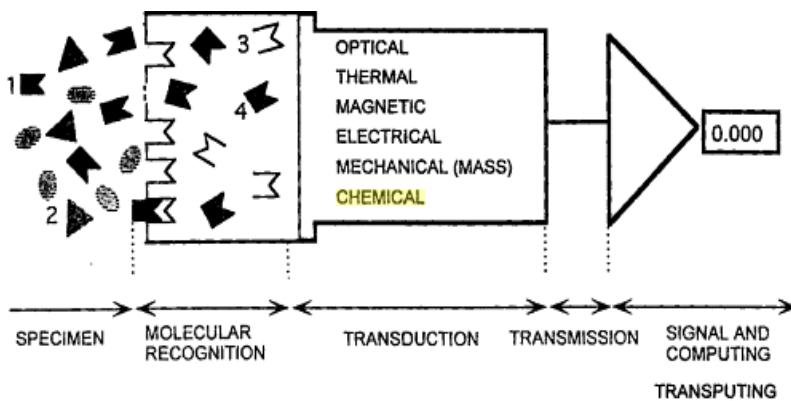


Warna merah muda yang dihasilkan pada reaksi TSC, 1,2,4-triazin dan Fe(III) pada metode penentuan urea ini diduga berasal dari produk akhir dari rangkaian reaksi yang telah disebutkan sebelumnya yaitu kompleks $[\text{Fe}(\text{TZ})_3]^{2+}$. Croof dkk. (2012) dalam penelitiannya mengenai penentuan Fe(II) dengan salah satu senyawa 1,2,4-triazin yang tidak tersulfonasi yaitu *3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine* (PDT) menyatakan bahwa Fe(II) dan PDT membentuk kompleks $[\text{Fe}(\text{PDT})_3]^{2+}$ berwarna magenta atau merah muda dengan panjang gelombang maksimum 555 nm. Hal yang serupa juga dinyatakan oleh Zhu dkk. (2007) yang melakukan penelitian tentang penggunaan PDT dalam penentuan Fe(II) dalam sampel bahan alam dengan HPLC, bahwa Fe(II) juga membentuk kompleks dengan PDT dengan warna magenta.

2.4 Sensor Kimia

Sensor kimia adalah sebuah perangkat yang merubah sebuah informasi kimia seperti konsentrasi menjadi sinyal-sinyal yang dapat dengan mudah dibaca. Informasi kimia ini bisa berupa reaksi kimia atau properti fisik dari bahan yang diselidiki (Hulanicki, dkk., 1991). Jadi, sensor kimia dapat didefinisikan sebagai sebuah alat yang dapat merubah informasi kimiawi dalam sebuah senyawa menjadi sinyal analitik yang berguna. Untuk mengubah informasi kimiawi dari proses kimia maupun biokimia yang terjadi, bagian bahan kimia yang dipakai harus dihubungkan dengan sebuah transduser (Wiley, 2012).

Sensor kimia memiliki 2 komponen dasar, yakni bagian reseptör dan bagian transduser. Bagian reseptör berfungsi sebagai penerima sinyal kimia berupa kondisi lingkungan dan dirubah menjadi energi yang dapat diukur oleh bagian transduser. Sementara bagian transduser adalah bagian yang berfungsi merubah energi menjadi informasi yang dapat dibaca dengan mudah oleh analis (Hulanicki, dkk., 1991). Sensor biasanya diklasifikasi berdasarkan tipe transduser (seperti elektrokimia, optik, suhu). Gambar 2.4 menunjukkan ilustrasi cara kerja sensor kimia mendeteksi analit:



Gambar 2.4 Proses pendektsian sensor dan klasifikasi sensor berdasarkan proses transduksinya (Wiley, 2012)

Sensor kimia adalah perangkat penting pada analisa kimia. Pada penerapannya bukan hanya untuk menganalisa, namun juga sebagai media sampling, transport sampel, pemrosesan sinyal dan pengolahan data. Sensor kimia juga bekerja sesuai dengan rencana yang ingin dilakukan pada suatu analisa tiap sampel (Hulanicki, dkk., 1991). Aplikasi sensor dapat dilakukan untuk monitoring lingkungan, diagnosis medis dan kesehatan dan lain-lain (Plata, dkk., 2010).

Reseptor pada sensor kimia dapat dibedakan dalam beberapa prinsip kerja (Hulanicki, dkk., 1991):

- a. Fisik, pada sensor ini tidak terjadi suatu reaksi kimia, contohnya seperti sensor pada permasalahan untuk mengukur adsorbsi, indek bias, konduktifitas, suhu dan perubahan massa.
- b. Kimia, pada sensor ini reaksi kimia sangat berperan penting pada tersajinya data hasil analisa.
- c. Biokimia, reaksi biokimia adalah hal yang sangat berperan pada tersajinya data untuk analisis, contohnya seperti potensiometri mikroba dan immunosensors. Sensor seperti ini disebut biosensor.

Sebagai suatu alat analisis, kriteria dari kinerja sebuah sensor kimia dapat didefinisikan dari parameter-parameter yang digunakan dalam karakterisasi sebuah metode analisis (Wiley, 2012). Dalam karakterisasi sensor dapat ditentukan sampai

sejauh mana sensor tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali zat yang ingin dideteksinya. Kemampuan mendeteksi zat tersebut diukur meliputi akurasi, presisi, selektivitas, sensitifitas, linier range, waktu pakai, limit deteksi, dan stabilitas.

2.5 Immobilisasi

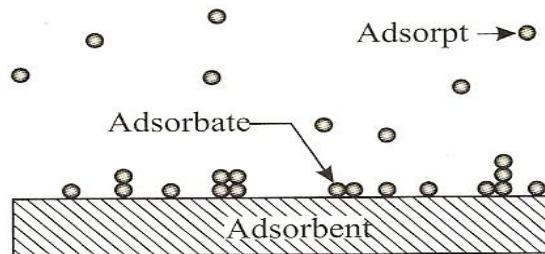
Untuk membuat suatu sensor kimia bisa bekerja dengan baik, maka reagen kimia yang digunakan didalamnya harus bisa terhubung dengan baik pada transduser. Proses ini biasanya dinamakan immobilisasi reagen. Immobilisasi reagen dapat didefinisikan sebagai pengikatan reagen pada fasa padat atau material pendukung secara merata, yang memungkinkan untuk terjadinya pertukaran dengan larutan sampel dimana terdapat analit untuk dideteksi (Kuswandi, 2010). Immobilisasi dapat dilakukan secara fisika yaitu melalui teknik adsorpsi.

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut. Adsorpsi terjadi jika gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan permukaan penyerap dapat mengatasi gaya tarik menarik antara pelarut dengan permukaan penyerap (Oscik, 1982). Menurut Alberty (1938), adsorpsi terjadi pada permukaan padatan yang disebabkan adanya daya tarik atom atau molekul dalam permukaan suatu padatan. Adsorpsi melibatkan dua molekul yaitu molekul adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat tau padatan yang digunakan untuk adsorpsi, sedangkan adsorbat adalah gas (molekul) atau zat yang terlarut (molekul atau ion) dalam larutan. Adsorben dapat berupa cairan sehingga dapat

terjadi antara zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair atau gas dan zat cair (Alberty, 1983).

Teknik immobilisasi secara adsorpsi merupakan sebuah cara yang paling sederhana dalam immobilisasi molekul/reseptor pada permukaan suatu sensor. Beberapa bahan adsorban yang biasa digunakan adalah silika gel, zeolit, karbon aktif, alumina, dan bahan-bahan resin lainnya yang biasanya digunakan sebagai adsorban. Pada teknik ini melibatkan adsorpsi secara fisika dengan gaya van der waals (Kuswandi, 2010).

Untuk mengetahui karakteristik yang terjadi dalam proses adsorpsi dapat diilustrasikan pada Gambar 2.4, padatan berpori (pores) yang menghisap (adsorp) dan melepaskan (desorp) suatu fluida disebut adsorben. Molekul fluida yang dihisap tetapi tidak terakumulasi atau melekat kepermukaan adsorben disebut adsorptive, sedangkan yang terakumulasi atau melekat disebut adsorbat.



Faktor-faktor terpenting yang mempengaruhi adsorpsi adalah meliputi (Armenente, 2010):

- Permukaan area adsorben
- Waktu kontak
- Kelarutan solut (adsorben)

- Ukuran molekul dibandingkan dengan ukuran pori-pori

2.6 Parameter Sensor

Kriteria yang digunakan untuk menganalisis kebenaran suatu metode disebut *figure of merit*. Berdasarkan karakterisasi ini dapat mengetahui apakah metode yang dipilih dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Dalam karakterisasi sensor dapat ditentukan sampai sejauh mana sensor tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali zat yang ingin dideteksinya. Kemampuan mendeteksi zat tersebut diukur meliputi beberapa hal sebagai berikut:

a) Akurasi (Kecermatan)

Kecermatan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (recovery) analit yang ditambahkan.

b) Presisi (Keseksamaan)

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran homogen.

c) Sensitivitas

Merupakan kemampuan suatu sensor untuk mendeteksi suatu analit dalam konsentrasi yang sangat kecil. Nilai sensitivitas dapat ditentukan dari *slope*

kurva kalibrasi dalam rentang konsentrasi tertentu atau biasa disebut sensitivitas kalibrasi.

d) Waktu Respon

Waktu respon merupakan waktu pertama kali reagen bereaksi dengan analit yang ditandai dengan adanya perubahan warna.

e) Stabilitas Warna

Stabilitas warna adalah sejauh mana suatu sensor dapat mempertahankan warna kompleks yang telah terbentuk sampai warna tersebut benar-benar hilang.

2.7 Plat Silika Gel

Silika gel merupakan fase diam kromatografi lapis tipis. Fase diam untuk kromatografi lapis tipis seringkali juga mengandung substansi yang mana dapat berpendar flour dalam sinar ultraviolet (Solihat, 2004).

Silika merupakan penjerat polar yang paling sering digunakan, meskipun demikian silika gel juga banyak dijumpai dalam bentuk yang termodifikasi. Silika gel merupakan padatan pendukung yang ideal karena stabil pada kondisi asam, non swelling, memiliki karakteristik pertukaran sera memiliki daya tahan tinggi terhadap panas dan mudah dimodifikasi dengan bahan lain. Selain itu, silika gel memiliki situs aktif gugus silanol (SiOH) dan silokan (Si-O-Si) di permukaan (Buhani dkk, 2009). Partikel silika gel mengandung gugus hidroksil di permukaannya yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul polar. Air yang terserap dalam gel

mencegah molekul-molekul polar dari pencapaian permukaan. Untuk mengatasinya gel diaktifkan dengan pemanasan sehingga air terserap dapat dikeluarkan.

2.8 Analisis Warna Digital dengan Model Warna Δ MEAN RGB

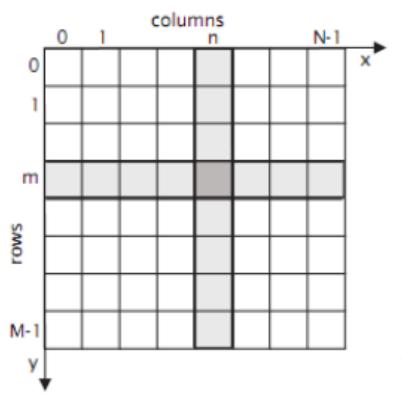
Warna merupakan suatu kesan yang ditimbulkan oleh cahaya terhadap mata. Tiap-tiap warna dihasilkan dari reaksi cahaya putih yang mengenai suatu permukaan benda, sehingga permukaan dari benda tersebut memantulkan sebagian dari spektrum. Bagian dari spektrum yang dipantulkan inilah yang disebut sebagai warna dari permukaan yang terkena cahaya. Terjadinya warna disebabkan oleh vibrasi cahaya putih. Misalnya suatu benda, terlihat merah karena permukaannya berkapasitas menyerap semua komponen dari spektrum-spektrum warna kecuali panjang gelombang warna merah. Sehingga yang terlihat oleh mata kita panjang gelombang yang dipantulkan atau diteruskan ke mata kita (warna komplementer) dari benda tersebut (Sukarjo,1992).

Bila suatu zat menyerap warna atau panjang gelombang tertentu dari sinar tampak, zat tersebut akan meneruskan warna komplementernya sehingga yang tampak oleh mata kita sebagai warna. Bila zat menyerap semua warna dari sinar tampak, zat tersebut berwarna hitam. Sebaliknya bila zat sama sekali tidak menyerap warna dari sinar tampak, zat tersebut berwarna putih (Sukarjo,1992).

Warna yang terbentuk sebagai respon pada sensor dalam penelitian ini dianalisis secara digital menggunakan foto yang diambil. Foto dapat dikategorikan sebagai citra yang dapat berarti gambar diam yang berasal dari webcam atau kamera.

Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer (Mulyanto, dkk., 2009 dalam Tompunu dan Kusumanto, 2011).

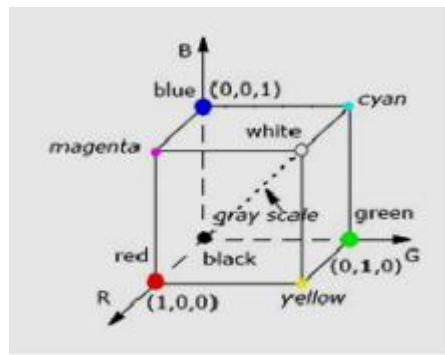
Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinyu (*continue*) dengan intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Repersentasi dari fungsi kontinyu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi citra. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (*pixel = picture element*) atau elemen terkecil dari sebuah citra. Gambar 2.5 berikut menunjukkan represntasi dari citra digital dalam sebuah vektor dua dimensi;



Gambar 2.5 Representasi citra digital (Jahne, 2000)

Aplikasi pengolahan citra digital pada umumnya dapat dibagi menjadi 3 yaitu; *color image*, *black and white image* dan *binary image* (Tompunu dan Kusumanto, 2011). Pada model *color image* atau Δ MEANRGB (Red, Green, Blue) ini masing-

masing piksel memiliki warna tertentu, warna tersebut adalah merah (*Red*), hijau (*Green*) dan biru (*Blue*). Masing-masing warna memiliki rentang 0 – 255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ variasi warna berbeda pada gambar, dimana variasi warna ini cukup untuk gambar apapun. *Color image* ini terdiri dari tiga matriks yang mewakili nilai-nilai merah, hijau dan biru untuk setiap pikselnya. Sebuah jenis warna dapat ditulis sebagai $\Delta\text{MEANRGB}$ (30, 75, 255) putih = $\Delta\text{MEANRGB}$ (255, 255, 255), sedangkan untuk hitam $\Delta\text{MEANRGB}$ (0, 0, 0). Warna sebuah citra digital ditentukan oleh besar intensitas piksel-piksel penyusunnya (Tompunu dan Kusumanto, 2011). Sebuah jenis warna dapat dibayangkan sebagai sebuah vektor 3 dimensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Representasi model warna $\Delta\text{MEANRGB}$ (Ibraheem, dkk., 2012)

Bidang warna $\Delta\text{MEANRGB}$ dideskripsikan sebagai sebuah kubus dengan nilai $\Delta\text{MEANRGB}$ ternormalisasi dalam rentang 0 sampai 1 dengan nilai abu-abu pada diagonal utama dari nilai hitam (0,0,0) serta berseberangan dengan nilai untuk

putih (1,1,1). Hal tersebut dianggap sebagai dasar model warna untuk kebanyakan aplikasi gambar (Ibraheem, dkk., 2012).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Agustus 2016 di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Instrumen Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Jalan Gajayana No. 50 Malang.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah *experimental laboratory*.

3.3 Alat dan Bahan

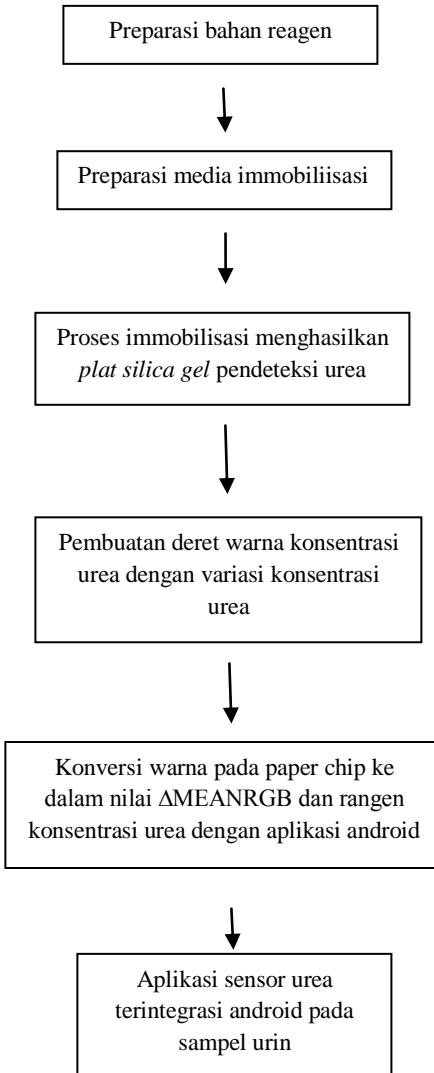
3.3.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, kuvet, *hot plate*, *waterbath*, dan peralatan gelas lain yang biasa digunakan di laboratorium kimia.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah urea, diasetil monoksim (DAM), tiosemikarbazida (TSC), H_2SO_4 p.a, H_3PO_4 p.a, $FeCl_3$, plat silika gel dan aquades.

3.4 Skema Kerja Penelitian



3.5 Deskripsi Langkah Kerja dan Analisis Data

3.5.1 Pembuatan Plat Silika Gel Terimmobilisasi

Disiapkan plat silika gel ukuran 2 x 2 cm serta campuran reagen DAM 160 mmol/L, reagen TSC 8 mmol/L, dan reagen asam sulfat dan asam fosfat (1:1) dengan

perbandingan volume 1:1:2. Campuran reagen tersebut kemudian diimmobilisasikan pada plat silika sebanyak 0,5 mL lalu dikeringkan plat dengan *hairdryer*.

3.5.2 Pembuatan Deret Warna

Disiapkan sebanyak 6 buah plat silika gel terimmobilisasi kemudian ditetes plat dengan 0,5 mL urea masing-masing konsentrasi 0; 5; 6; 25; 26; 80 mg/dL menggunakan pipet tetes. Plat didiamkan selama 5 menit kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 110 °C selama 38 menit. Warna yang terbentuk pada plat difoto menggunakan kamera dalam sebuah box berwarna dengan jarak potret yang sama serta pencahayaan yang konstan. Dilakukan pengulangan sebanyak 15 kali untuk masing-masing plat dengan konsentrasi urea yang berbeda-beda tersebut.

3.5.3 Perhitungan Δ MEAN RGB sebagai Dasar Pembuatan Aplikasi Berbasis Android

Data yang diperoleh dari prosedur 3.3.2 tersebut kemudian ditentukan masing-masing nilai Δ MEAN RGB dan selanjutnya diigunakan sebagai acuan dalam perancangan aplikasi android yang dapat secara langsung mengkonversi warna yang diperoleh dari sensor ke dalam konsentrasi urea dan juga secara otomatis dapat mengklasifikasikan konsentrasi tersebut ke dalam kategori kesehatan ginjal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Plat Silika Terimmobilisasi

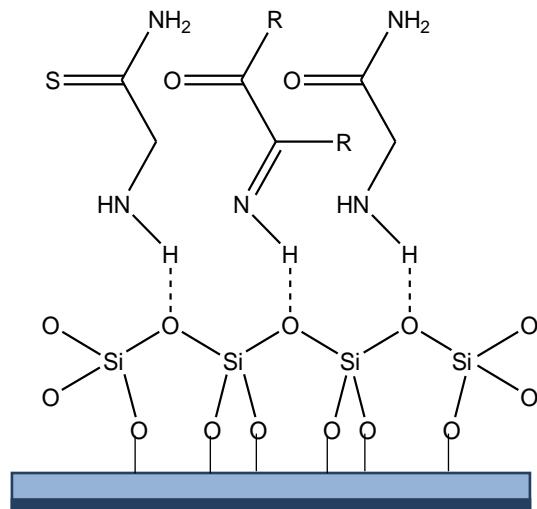
Immobilisasi merupakan tahapan penting dalam pembuatan sebuah sensor kimia karena pada tahapan ini reagen, yang bertindak sebagai reseptor pada sensor, diikat dalam sebuah matriks dengan syarat aktifitas reagen tersebut masih tetap ada. Teknik immobilisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik immobilisasi paling sederhana yang biasa digunakan dalam pembuatan sebuah sensor kimia yaitu secara adsorpsi (Kuswandi, 2010). Adsorpsi yang dilakukan merupakan adsorpsi fisika.

Matriks atau material pendukung yang digunakan adalah plat silika gel GF₂₅₄ yang digunakan sebagai fase diam dalam analisis secara KLT. Plat ini berupa lembaran tipis dimana permukaannya yang berwarna putih merupakan silika gel. Silika gel tersebut berfungsi sebagai adsorben dan sudah terikat pada bahan pendukung sebagai lapisan bawah dari plat sehingga tidak perlu dilakukan fabrikasi. Ukuran plat silika gel yang digunakan adalah 2 x 2 cm. Silika gel dipilih sebagai material pendukung pada pembuatan sensor ini karena silika gel telah memenuhi kriteria khusus yang dibutuhkan dalam reaksi yang terjadi. Silika gel bersifat stabil pada kondisi asam serta memiliki daya tahan tinggi terhadap panas (Buhani dkk, 2009).

Adsorpsi pada permukaan plat terjadi karena adanya gugus aktif silanol (SiOH) serta siloksan (Si-O-Si) pada permukaan (Buhani dkk, 2009) sehingga dapat

mengikat molekul-molekul dari reagen akibat terjadinya interaksi gugus aktif tersebut dengan molekul reagen. Interaksi ini dapat berupa ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil dari silanol dengan atom O dan N dari molekul diasetil monoksim dan molekul tiosemikarbazida atau lainnya. Selain itu, reagen juga dapat terikat akibat *gaya van der walls* yang terjadi antara molekul silika gel dan molekul reagen.

Proses tersebut diatas dapat dilihat pada ilustrasi gambar 4.1 berikut:



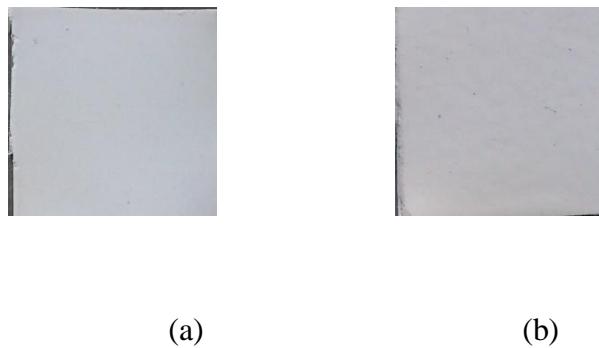
Gambar 4.1 Ikatan Hidrogen antara Reagen dan Plat Silika gel

Menurut Buhani dkk, (2009), silika gel memiliki situs aktif gugus silanol (SiOH) dan siloksan (Si-O-Si) dipermukaan. Partikel silika gel mengandung gugus hidroksil dipermukaannya yang membentuk ikatan hydrogen dengan molekul-molekul polar. Gugus hidroksil tersebut berikatan dengan atom O dan N yang terdapat pada reagen diasetilmonoksim dan tiosemikarbazida membentuk ikatan hidrogen.

Immobilisasi reagen diasetil monoksim-tiosemikarbazida (DAM-TSC) dan reagen asam secara adsorpsi pada plat silika gel ini dilakukan secara penotolan. Plat silika gel yang awalnya berwarna putih pada permukaannya tidak mengalami perubahan warna yang signifikan meskipun telah terimmobilisasi campuran reagen.

Plat silica sebelum immobilisasi dan sesudah immobilisasi ditampilkan dalam

Gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Plat silika gel sebelum immobilisasi (a) dan sesudah immobilisasi
(b) reagen DAM, TSC dan reagen asam

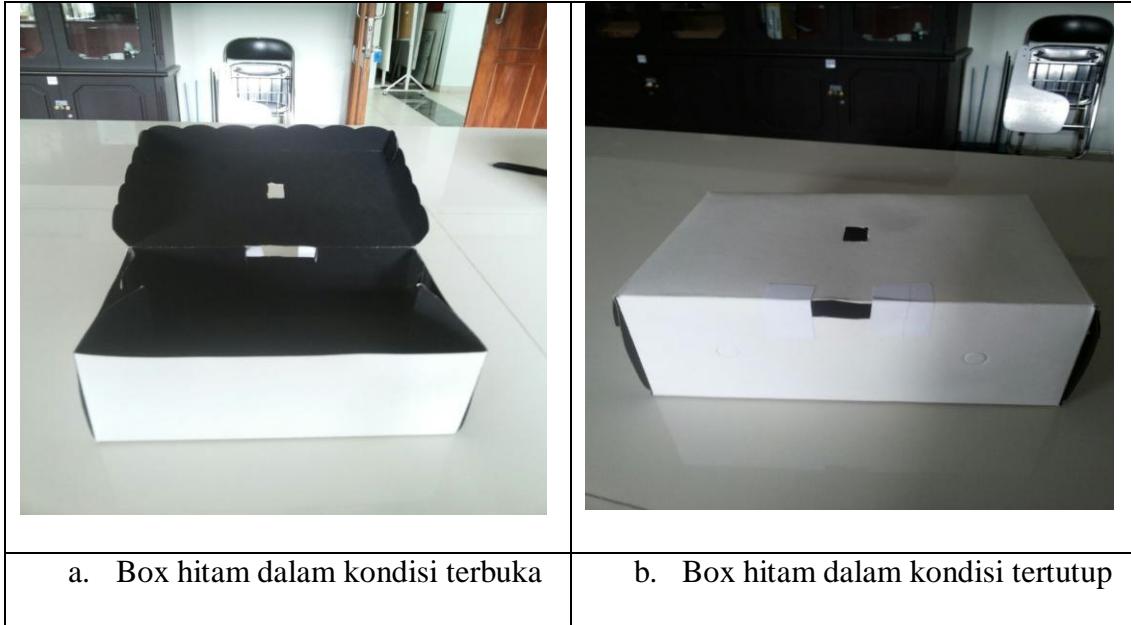
4.2 Pengambilan Data dan Perhitungan RGB untuk Pengukuran Urea Kondisi Dibawah Normal, Normal dan Diatas Normal

Pengambilan data dilakukan dengan meneteskan larutan urea dengan berbagai konsentrasi diatas plat yang telah terimmobilisasi reagen sampai plat silika gel berubah warna menjadi merah muda. Pengambilan data untuk data citra digital software dibagi menjadi tiga kategori yaitu rentang kadar urea dengan konsentrasi rendah atau dibawah normal di tubuh yaitu 0-5 mg/dL, rentang kadar urea dengan konsentrasi normal yaitu 6-25 mg/dL serta rentang konsentrasi urea dengan kadar

tinggi atau diatas normal yaitu 26-80 mg/dL. Pembagian terhadap rentang kadar konsentrasi ini digunakan sebagai acuan dalam pembuatan aplikasi pengukur urea digital di android yang nantinya dapat menggambarkan kondisi kesehatan ginjal.

Setelah ditetesi sampel berbagai konsentrasi dan dipanaskan pada suhu 110 °C selama 38 menit, plat silika gel yang awalnya berwarna putih kemudian berubah menjadi merah muda. Hal ini menandakan bahwa reagen DAM-TSC dan reagen asam telah berhasil terimmobilisasi pada permukaan plat sehingga setelah ditetesi sampel simulasi urea dan dilakukan pemanasan, plat dapat memberikan respon perubahan warna menjadi merah muda. Perubahan warna ini disebabkan terjadinya reaksi antara reagen DAM, TSC, reagen asam dan urea yang menghasilkan suatu kompleks berwarna merah muda. Pembentukan kompleks merah muda tersebut terjadi melalui beberapa tahapan reaksi. Rangkaian reaksi tersebut membutuhkan panas sebagai katalis. Reaksi dimulai dengan reaksi kondensasi antara urea dengan DAM dalam kondisi asam yang berasal dari reagen asam yang ditambahkan (Beale dan Croft, 1961). Triazin tersebut kemudian diduga bereaksi dengan ion Fe^{3+} (Ratnam dan Anipindi, 2012) menghasilkan kompleks berwarna merah muda.

Masing-masing plat silika gel yang telah berubah warna tersebut kemudian dipotret dalam box hitam dengan jarak dan pencahayaan yang konstan. Box hitam didesain secara khusus dalam penelitian ini guna menjaga konsistensi selama proses pengambilan citra digital dengan menggunakan kamera smartphone 12 MP. Berikut adalah gambar box hitam yang digunakan :

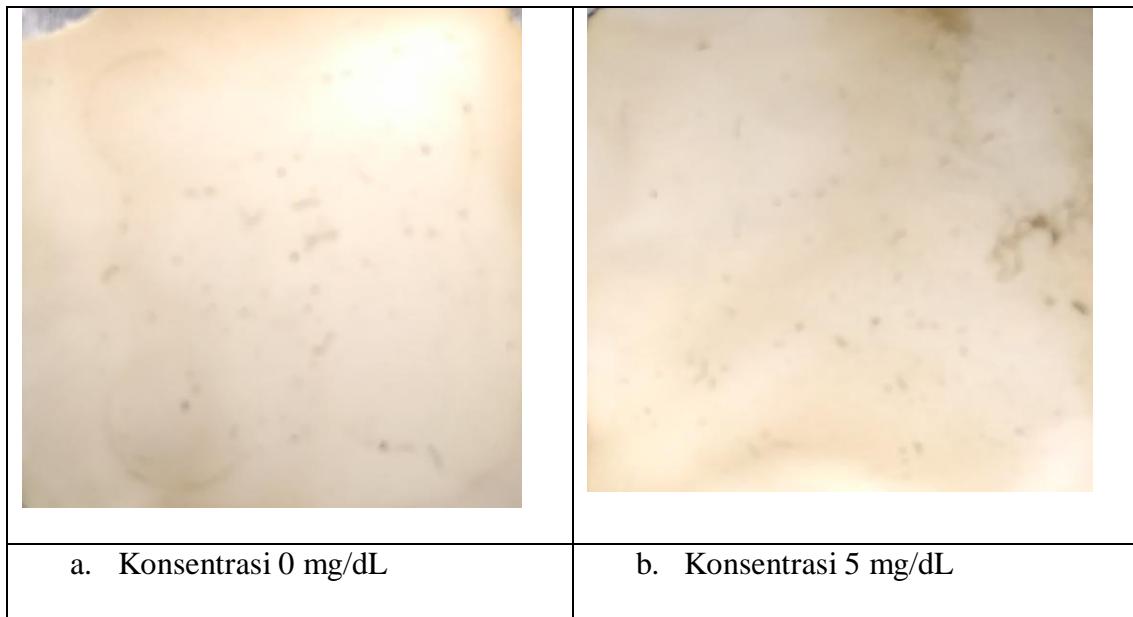


Pada saat proses pengambilan citra digital dengan cara pemotretan, dilakukan dengan kondisi box tertutup. Pada bagian atas box terdapat lubang seukuran lensa kamera yang digunakan. Dan dibagian samping box terdapat lubang untuk penempatan sumber cahaya. Dengan demikian citra diambil dalam jarak konsisten, cahaya konsisten dan cara yang konsisten.

Berikut hasil yang diperoleh dari pemotretan yang dibagi menjadi tiga kategori yang menggambarkan kondisi kesehatan ginjal;

a. Kondisi ginjal dengan kadar urea dibawah normal

Representasi kondisi ginjal dibawah normal diperoleh dari pengukuran urea pada konsentrasi 0 mg/dL dan 5 mg/dL. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Pengukuran urea pada konsentrasi 0 dan 5 mg/dL dilakukan sebanyak 15 kali pengukuran. Dari masing-masing pengukuran tersebut, selanjutnya dilakukan pengukuran nilai RGB dan mean masing-masing. Hasil yang diperoleh ditunjukkan dalam table berikut :

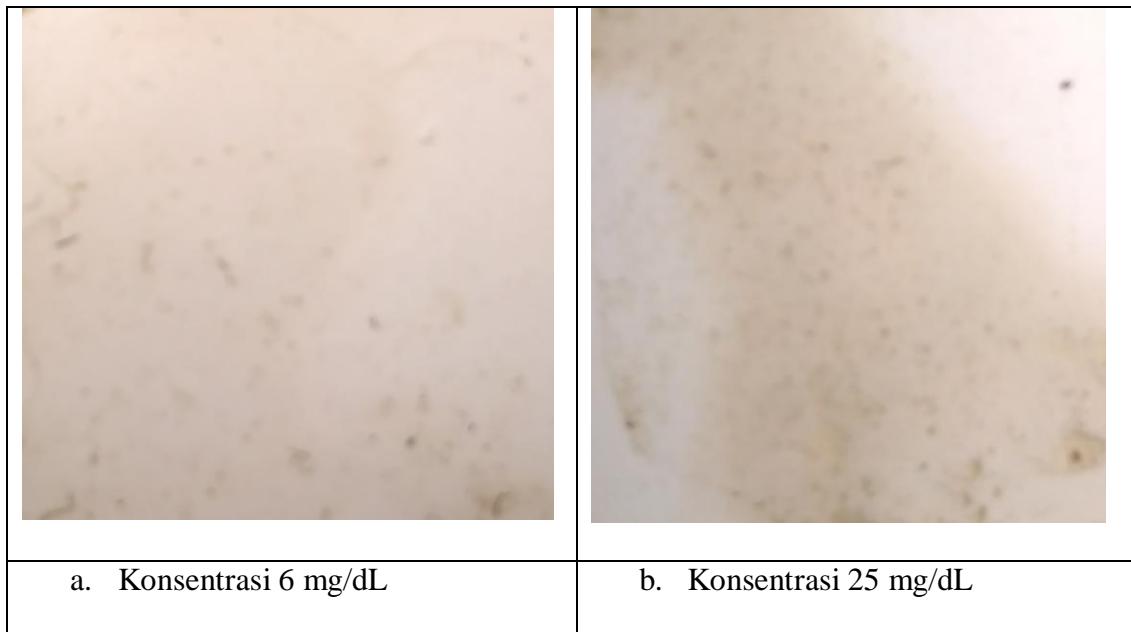
Tabel 4.1 Kondisi ginjal dengan kadar urea dibawah normal

Konsentrasi (mg/dL)	Ulangan	nilai			mean	Δ mean
		R	G	B		
0	1	254	254	254	254	0
	2	253	255	241	249,6667	4,333333
	3	253	254	238	248,3333	5,666667
	4	254	255	250	253	1
	5	254	254	254	254	0
	6	254	254	254	254	0
	7	254	252	240	248,6667	5,333333
	8	254	255	250	253	1

	9	253	255	233	247	7
	10	254	255	238	249	5
	11	254	243	238	245	9
	12	254	255	244	251	3
	13	254	247	228	243	11
	14	255	241	231	242,3333	11,66667
	15	254	255	235	248	6
5	1	216	202	203	207	47
	2	217	208	193	206	48
	3	201	188	171	186,6667	67,33333
	4	212	192	181	195	59
	5	219	205	192	205,3333	48,66667
	6	200	190	175	188,3333	65,66667
	7	222	194	174	196,6667	57,33333
	8	195	173	150	172,6667	81,33333
	9	213	191	170	191,3333	62,66667
	10	217	197	172	195,3333	58,66667
	11	214	193	173	193,3333	60,66667
	12	209	193	170	190,6667	63,33333
	13	221	201	174	198,6667	55,33333
	14	214	187	170	190,3333	63,66667
	15	228	208	181	205,6667	48,33333

b. Kategori ginjal dengan kadar urea normal

Representasi kondisi ginjal normal diperoleh dari pengukuran urea pada konsentrasi 6 mg/dL dan 25 mg/dL. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Pengukuran urea pada konsentrasi 6 dan 25 mg/dL dilakukan sebanyak 15 kali pengukuran. Dari masing-masing pengukuran tersebut, selanjutnya dilakukan pengukuran nilai RGB dan mean masing-masing. Hasil yang diperoleh ditunjukkan dalam table berikut :

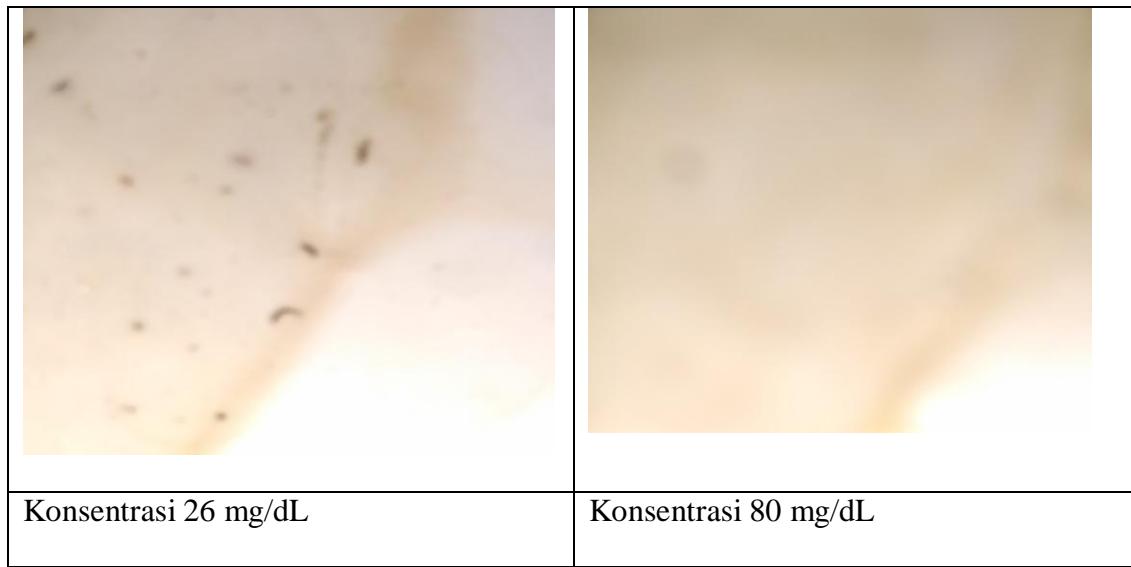
Tabel 4.2 Kondisi ginjal dengan kadar urea normal

Konsentrasi (mg/dL)	ulangan	nilai			mean	Δ mean
		R	G	B		
6	1	213	190	172	191,6667	62,33333
	2	225	208	192	208,3333	45,66667
	3	227	203	179	203	51
	4	220	109	170	166,3333	87,66667
	5	218	196	175	196,3333	57,66667
	6	213	189	161	187,6667	66,33333
	7	209	187	163	186,3333	67,66667

	8	207	181	154	180,6667	73,33333
	9	237	214	183	211,3333	42,66667
	10	208	192	177	192,3333	61,66667
	11	203	187	164	184,6667	69,33333
	12	205	188	172	188,3333	65,66667
	13	226	207	193	208,6667	45,33333
	14	198	184	171	184,3333	69,66667
	15	231	214	204	216,3333	37,66667
25	1	212	190	169	190,3333	63,66667
	2	216	182	165	187,6667	66,33333
	3	212	197	178	195,6667	58,33333
	4	209	198	180	195,6667	58,33333
	5	217	195	172	194,6667	59,33333
	6	204	189	170	187,6667	66,33333
	7	218	196	172	195,3333	58,66667
	8	210	194	178	194	60
	9	217	165	137	173	81
	10	208	191	173	190,6667	63,33333
	11	217	201	176	198	56
	12	211	187	159	185,6667	68,33333
	13	213	198	175	195,3333	58,66667
	14	197	185	169	183,6667	70,33333
	15	201	189	167	185,6667	68,33333

c. Kategori ginjal dengan kadar urea diatas normal

Representasi kondisi ginjal normal diperoleh dari pengukuran urea pada konsentrasi 26 mg/dL dan 80 mg/dL. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Pengukuran urea pada konsentrasi 26 dan 80 mg/dL dilakukan sebanyak 15 kali pengukuran. Dari masing-masing pengukuran tersebut, selanjutnya dilakukan pengukuran nilai RGB dan mean masing-masing. Hasil yang diperoleh ditunjukkan dalam table berikut :

Tabel 4.3 Kondisi ginjal dengan kadar urea diatas normal

Konsentrasi (mg/dL)	ulangan	nilai			mean	Δ mean
		R	G	B		
26	1	209	193	177	193	61
	2	196	179	159	178	76
	3	205	192	175	190,6667	63,33333
	4	209	195	185	196,3333	57,66667
	5	194	170	144	169,3333	84,66667
	6	208	195	179	194	60
	7	205	193	171	189,6667	64,33333
	8	215	201	188	201,3333	52,66667
	9	201	187	174	187,3333	66,66667

	10	218	201	181	200	54
	11	203	184	154	180,3333	73,66667
	12	211	190	171	190,6667	63,33333
	13	207	194	177	192,6667	61,33333
	14	201	188	172	187	67
	15	215	197	177	196,3333	57,66667
80	1	201	184	164	183	71
	2	211	199	185	198,3333	55,66667
	3	194	176	152	174	80
	4	207	182	151	180	74
	5	212	193	176	193,6667	60,33333
	6	207	191	172	190	64
	7	197	184	167	182,6667	71,33333
	8	198	177	150	175	79
	9	209	193	168	190	64
	10	202	188	175	188,3333	65,66667
	11	206	189	171	188,6667	65,33333
	12	191	182	167	180	74
	13	197	184	167	182,6667	71,33333
	14	194	181	172	182,3333	71,66667
	15	215	195	155	188,3333	65,66667

4.3 Perhitungan Δ MEAN RGB sebagai Dasar Pembuatan Aplikasi Berbasis Android

Salah satu informasi medis yang penting dalam penegakan diagnosis adalah citra medis. Citra medis didapat dari proses pencitraan medis untuk membantu dokter

mengamati struktur anatomi atau fisiologi suatu bagian tubuh pasien. Secara prinsip pengolahan citra medis sama dengan pengolahan citra yang lain.

Citra adalah sinyal dua dimensi yang dapat diamati oleh sistem visual. Citra merupakan fungsi kontinyu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek dan objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optic seperti mata, kamera, scanner sehingga bayangan obyek yang disebut citra tersebut terekam.

Citra digital adalah citra yang telah melewati proses digitalisasi. Seperti halnya pada sinyal satu dimensi, proses digitalisasi dilakukan dengan mencuplik sinyal analog. Pada citra, proses pencuplikan dilakukan pada domain spasial, artinya citra analog dicuplik menjadi titik yang mengandung informasi warna dari citra. Unit terkecil dari citra digital ini disebut dengan piksel. Proses digitalisasi ini bisa menggunakan kamera digital atau pemindai.

Keuntungan citra digital ini adalah kemudahan dalam penyimpanan dalam computer dan memudahkan pengolahannya secara digital. Kelemahan dari citra digital adalah keterbatasan dalam jumlah piksel yang dapat membatasi pembesaran citra atau zooming yang bisa dilakukan. Zooming yang berlebihan akan membuat citra digital terlihat pecah atau piksel-pikselnya akan ikut membesar sehingga terlihat blocky.

Dalam penelitian ini data pengukuran urea yang merepresentasikan konsentrasi pada tiap kondisi ginjal diperoleh dengan menggunakan kamera 12MP.

Data yang didapat merupakan citra digital yang diperoleh dari proses pemotretan yang dibuat konsisten didalam tempat kotak khusus yang dibuat agar pengambilan gambar selalu berada pada jarak tetap, sumber cahaya konsisten dan kamera yang tetap. Selanjutnya data disimpan dan dikelompokkan berdasar representasi kondisi ginjal dalam folder di computer, yang selanjutnya diolah dan diproses dengan computer digital.

Pengolahan citra digital dilakukan pada piksel-piksel citra sehingga didapatkan hasil seperti yang diharapkan. Dengan bantuan computer maka algoritma pengolahan citra bias diimplementasikan. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam pengolahan citra digital diperlukan pengetahuan beberapa bidang seperti matematika, desain perangkat lunak, arsitektur, computer dan optic.

Terdapat tiga pemrosesan computer yaitu :

1. Pemrosesan level rendah, dimana operasi termasuk kategori primitif
2. Pemrosesan level menengah, dimana terdapat operasi segmentasi
3. Pemrosesan level tinggi, terdapat fungsi kognitif yang diasosiasikan dengan penglihatan

Pengolahan citra digital mempunyai berbagai tujuan tetapi secara prinsip ditujukan untuk dua hal yaitu visualisasi dan analisis. Citra digital diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal misalnya, warna, sensor dan perangkat yang dipakai.

Citra berwarna merupakan citra dengan informasi warna yang cukup banyak. Biasanya citra berwarna disebut juga dengan citra RGB atau Red, Green, Blue

karena warna dalam citra terbentuk dari komposisi warna merah hijau dan biru yang tersimpan pada bidang warna masing-masing. Tiap piksel dari citra warna RGB mempunyai tiga nilai masing-masing nilai dari lapis warna merah, hijau dan biru.

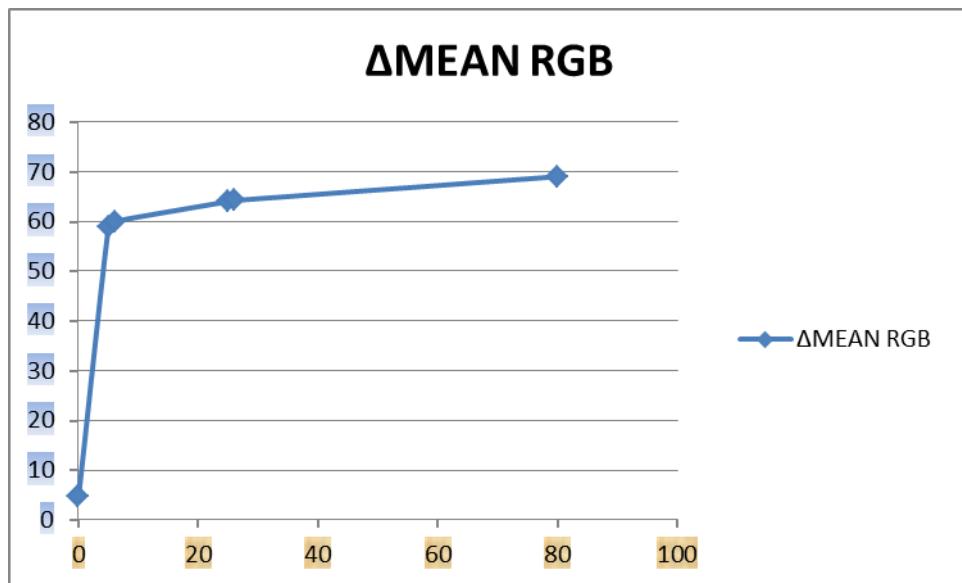
Citra digital dalam penelitian ini adalah berupa foto plat hasil pengukuran konsentrasi urea pada kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal. Citra yang diperoleh selanjutnya dihitung nilai RGB-nya dan nilai C-nya. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Δ MEAN RGB dan Reratanya dari Tiap Konsentrasi

Ulangan ke-	Δ MEAN RGB dari Konsentrasi (mg/dL)					
	0	5	6	25	26	80
1	0	47	62,33333	63,66667	61	71
2	4,333333	48	45,66667	66,33333	76	55,66667
3	5,666667	67,33333	51	58,33333	63,33333	80
4	1	59	87,66667	58,33333	57,66667	74
5	0	48,66667	57,66667	59,33333	84,66667	60,33333
6	0	65,66667	66,33333	66,33333	60	64
7	5,333333	57,33333	67,66667	58,66667	64,33333	71,33333
8	1	81,33333	73,33333	60	52,66667	79
9	7	62,66667	42,66667	81	66,66667	64
10	5	58,66667	61,66667	63,33333	54	65,66667
11	9	60,66667	69,33333	56	73,66667	65,33333

12	3	63,33333	65,66667	68,33333	63,33333	74
13	11	55,33333	45,33333	58,66667	61,33333	71,33333
14	11,66667	63,66667	69,66667	70,33333	67	71,66667
15	6	48,33333	37,66667	68,33333	57,66667	65,66667
Rata-Rata	4,6	59	60	64	64,2	69

Berdasarkan tabel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai ΔMEAN RGB yang diperoleh dari citra digital tiap konsentrasi urea yang diukur berbeda-beda dan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi yang ada. Secara detail, peningkatan nilai ΔMEAN RGB tersebut dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Dengan demikian dapat diperoleh gambaran bahwa pada tiap kondisi pengukuran yang direpresentasikan yaitu kondisi dibawah normal, kondisi normal dan kondisi diatas normal, nilai ΔMEAN RGB yang diperoleh juga bervariasi atau

berbeda. Setiap peningkatan kondisi akan ditampilkan dengan adanya peningkatan nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$. Hal ini mendukung fakta bahwa nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$ dari pengukuran kadar urea dapat digunakan sebagai dasar penentuan kondisi ginjal.

Nilai rentang $\Delta\text{MEAN RGB}$ pada masing-masing kondisi adalah :

- a. Kondisi ginjal dibawah normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$ nya antara 4,6 – 59
- b. Kondisi ginjal normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$ nya antara 60 – 64
- c. Kondisi ginjal diatas normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$ nya antara 64,2 - 69

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Warna yang dihasilkan pada pengukuran urea yang merepresentasikan kondisi ginjal berbeda-beda untuk tiap kondisi dibawah normal, normal dan diatas normal ditunjukkan adanya perbedaan nilai RGB yang diperoleh
2. Nilai rentang $\Delta\text{MEANRGB}$ untuk setiap kondisi kesehatan ginjal yang merepresentasikan kondisi ginjal dibawah normal, normal dan diatas normal yaitu :
 - a. Kondisi ginjal dibawah normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGBnya}$ antara 4,6 – 59
 - b. Kondisi ginjal normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGBnya}$ antara 60 – 64
 - c. Kondisi ginjal diatas normal, nilai $\Delta\text{MEAN RGBnya}$ antara 64,2 - 69

5.2 Saran

Perlu ditambah data citra digital pada konsentrasi yang lebih banyak dengan selisih atau rentang konsentrasi urea lebih rapat sehingga perubahan nilai $\Delta\text{MEAN RGB}$ lebih tergambar signifikansinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akcay, A., Turkmen, K., DongWon, L. dan Edelstein C. L. 2010. Update on The Diagnosis and Management of Acute Kidney Injury. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*. 3: 129 – 140.
- Amin, N., Mahmood, R. T., Asad, M. J., Zafar, M. dan Raja, M. 2014. Evaluating Urea and Creatinine Levels in Chronic Renal Failure Pre and Post Dialysis: A Prospective Study. *Journal of Cardiovascular Disease*. Volume 2. Nomor 2.
- Beale, R. N. dan Croft, D. 1961. A sensitive method for colorimetric determination of urea. *J. Clin Path.* 14: 418 – 424.
- Buhani, Suharsono, dan Sumadi. 2009. Production Of Metal Ion Imprinted Polymer From Mercapto-Silica Through Sol-Gel Process as Selective Adsorbent of Cadmium, Desalination. 251: 83-89.
- Hulanicki, A., Stainslaw, Galb dan Folke. 1991. Chemical Sensor Definition and Classification. *Pure and Appl Chem*. Volume 63. No. 9: 1247 – 1250.
- Ibraheem, N. A., Hasan, M. M., Khan, R, Z., dan Mishra, P. K. 2012. Understanding Color Models: A Review. *ARPN Journal of Science and Technology*. Vol. 2. No. 3: 265 – 275.

- Jahne, B. 2000. *Computer Vision and Applications A Guide for Students & Practitioners*. San Diego: Academic Press.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor*. Jember: Universitas Jember Press.
- Marsh, W. H., Fingehut, B. dan Kirsch, E. 1965. Determination of Urea Nitrogen with Time Diacetyl Method and Automatic Dialyzing Apparatus. *Am. J. Clin. Path.* 28: 681.
- Martoharsono, S. 2006. *Biokimia Jilid 2*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Rahmatullah, M. dan Boyde, T. R. C. 1980. Improvements in the Determination Of Urea Using Diacetyl Monoxime; Method With and Without Deproteinisation. *Clinical Chimica Acta*. 107: 3 – 9.
- Ratnam, S dan Anipindi, N. R. 2012. Kinetic and mechanistic studies on the oxidation of hydroxylamine, semicarbazide, and thiosemicarbazide by iron(III) in the presence of triazines. *Transition Met Chem.* 37:453 – 462.
- Rho, J. H. 1972. Direct Flourometric Determination Of Urea In Urine. *Clinical Chemistry*. Volume 18. Nomor 5.
- Shanmugam, S, T., Kumar, S. dan Selvarn, K. P. 2010. *Laboratory Handbook On Biochemistry*. New Delhi: PHI Learning Private Limited.

Sharma, Khurana1 And Muralidhar. 2012. Spectrophotometric Determination of Urea in Urine Samples by using Bispyrazolone Method. *Proc Indian natn Sci Acad* 79 No. 1 March 2013 pp. 51-56

Sherwood, L. 2006. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Edisi II*. Jakarta: EGC

Sukardjo. 1992. *Kimia Koordinasi*. Jakarta: PT Renika Cipta.

Tietz, N.W. 1987. *Fundamentals Of Clinical Chemistry, 3rd Edition*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.

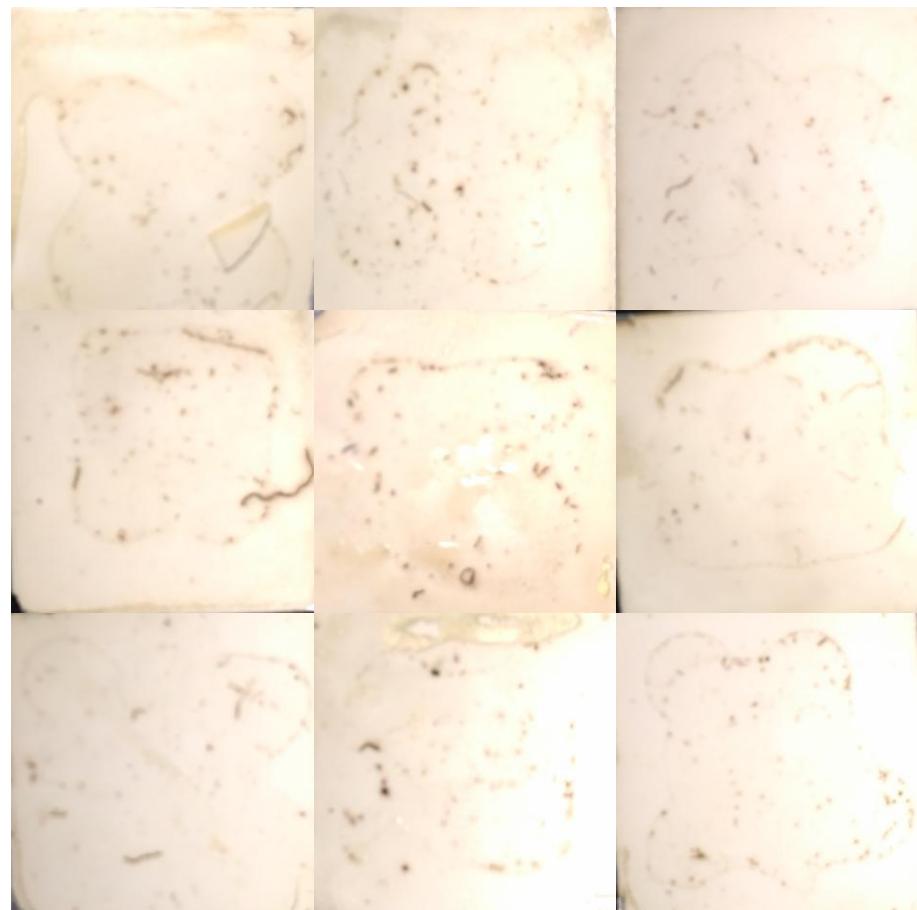
Tompunu, A. N. dan Kusumanto, RD. 2011. Pengolahan citra digital untuk mendekripsi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi Δ MEANRGB. *Seminar Nasional Teknologi dan Informasi Terapan*.

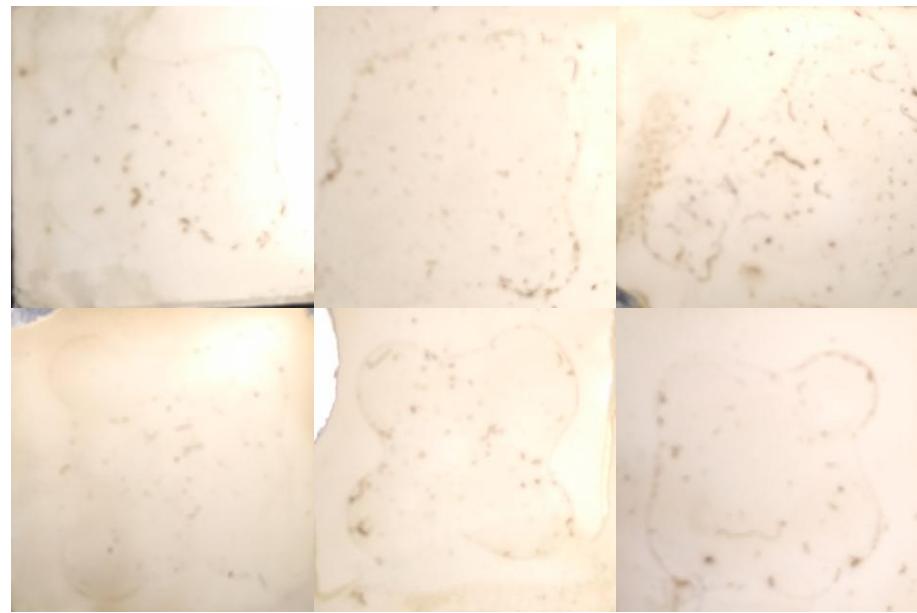
Wiley, J. dan Sons. 2012. *Chemical Sensors and Biosensors: the Fundamentals and Applications*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Wybenga, D. R., Giorgio, D. J. dan Pileggi, V. J. 1971. Manual and Automated Methods for Urea Nitrogen Measurement in Whole Serum. *Clinical Chemistry*. Volume 14. Nomor 9

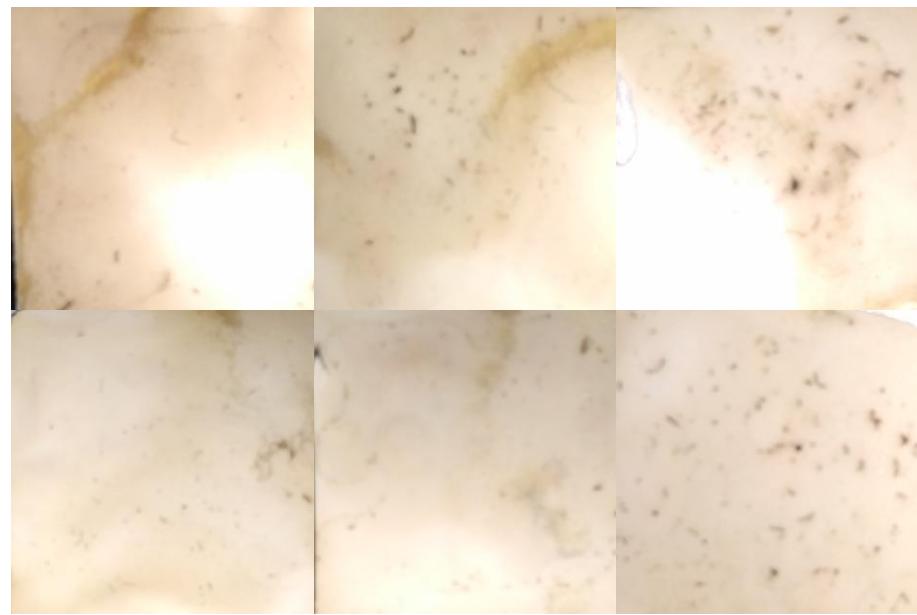
Lampiran 1. Foto Box Hitam (Perangkat Pengambilan Citra)

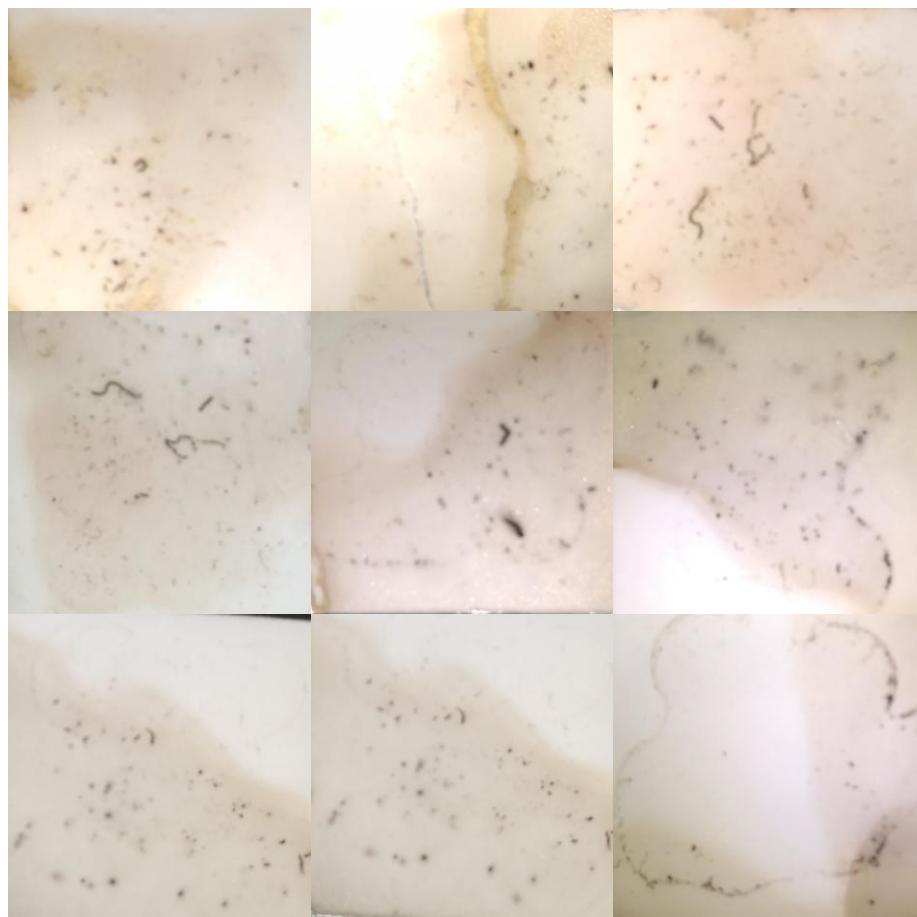
Lampiran 2. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Dibawah Normal (u1-u15) Konsentrasi 0 mg/dL



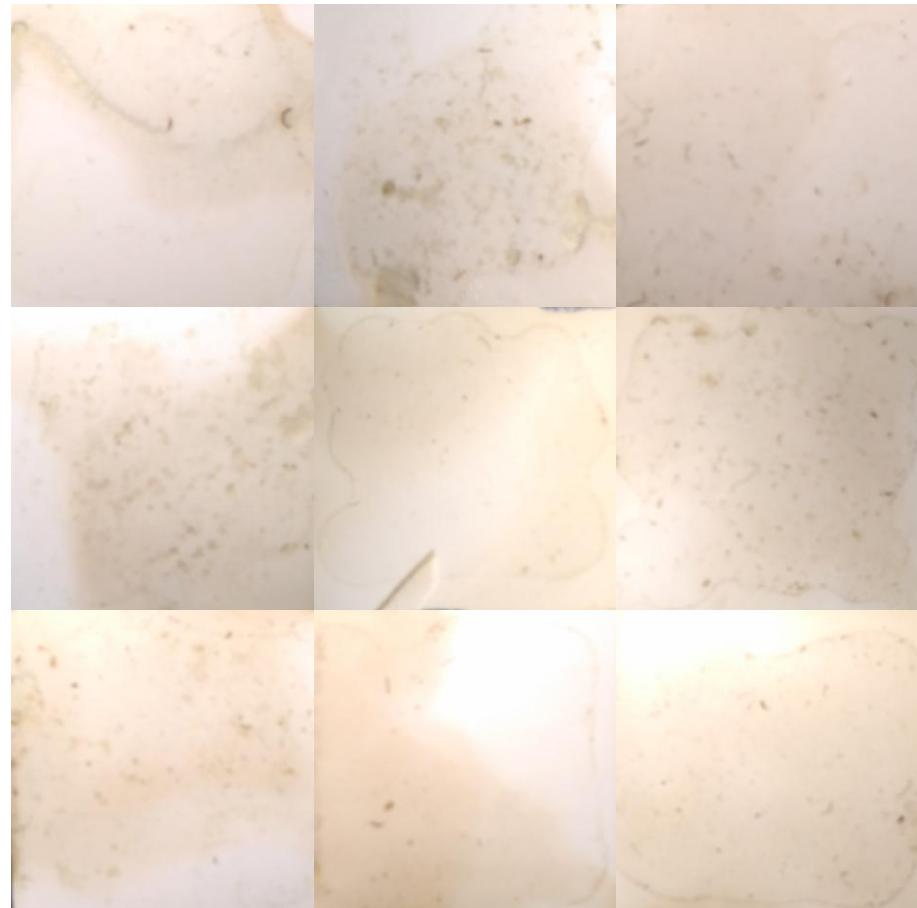


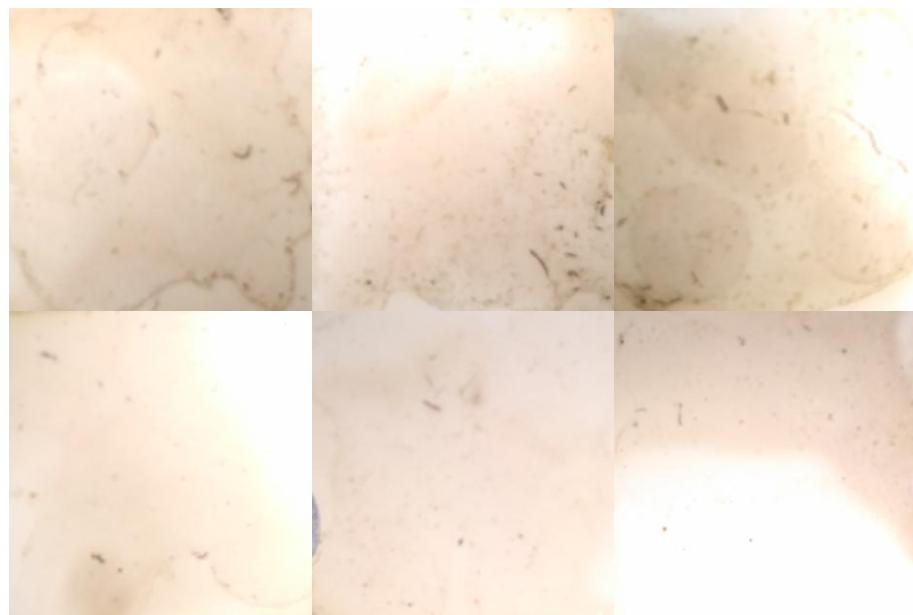
Lampiran 3. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Normal (u1-u15) Konsentrasi 5 mg/dL



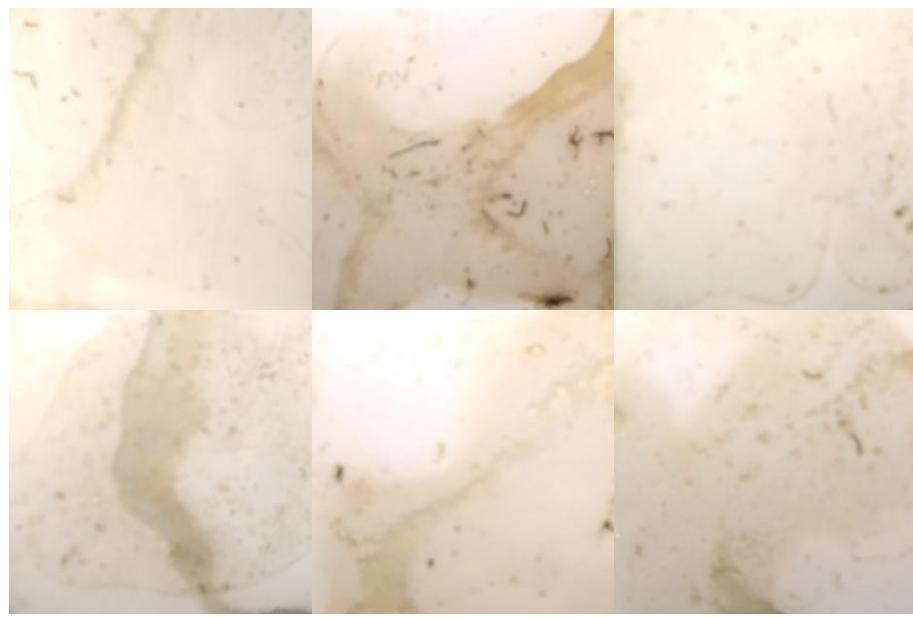


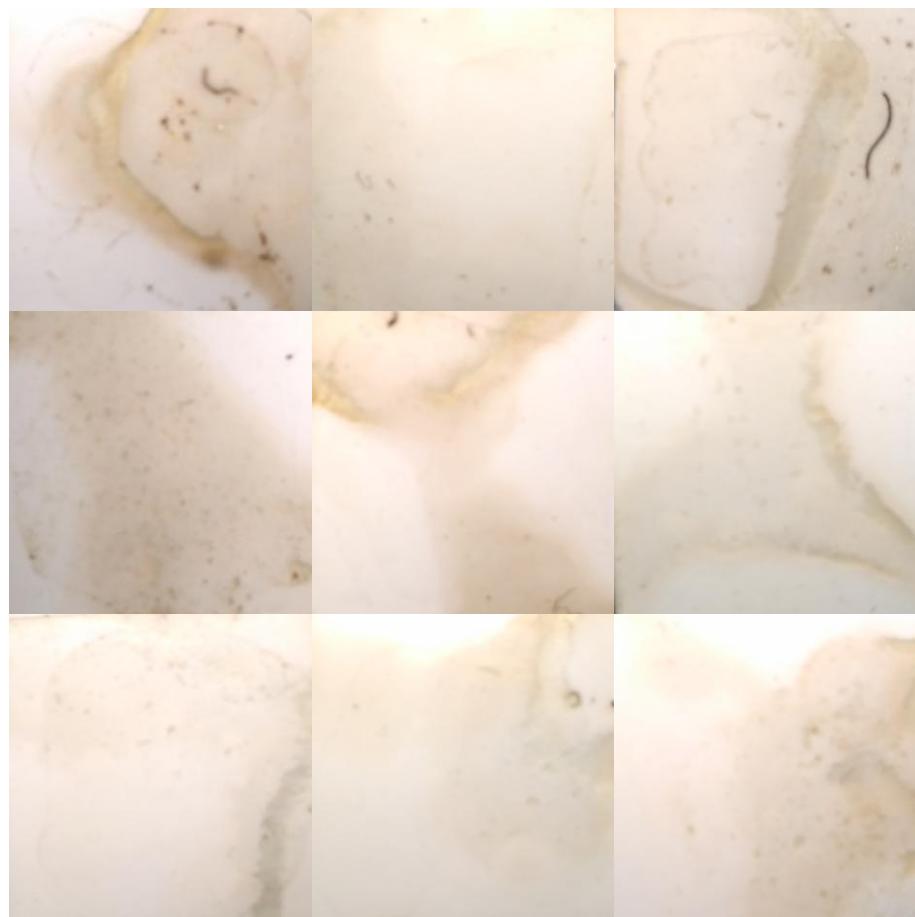
Lampiran 4. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Normal (u1-u15) Konsentrasi 6 mg/dL



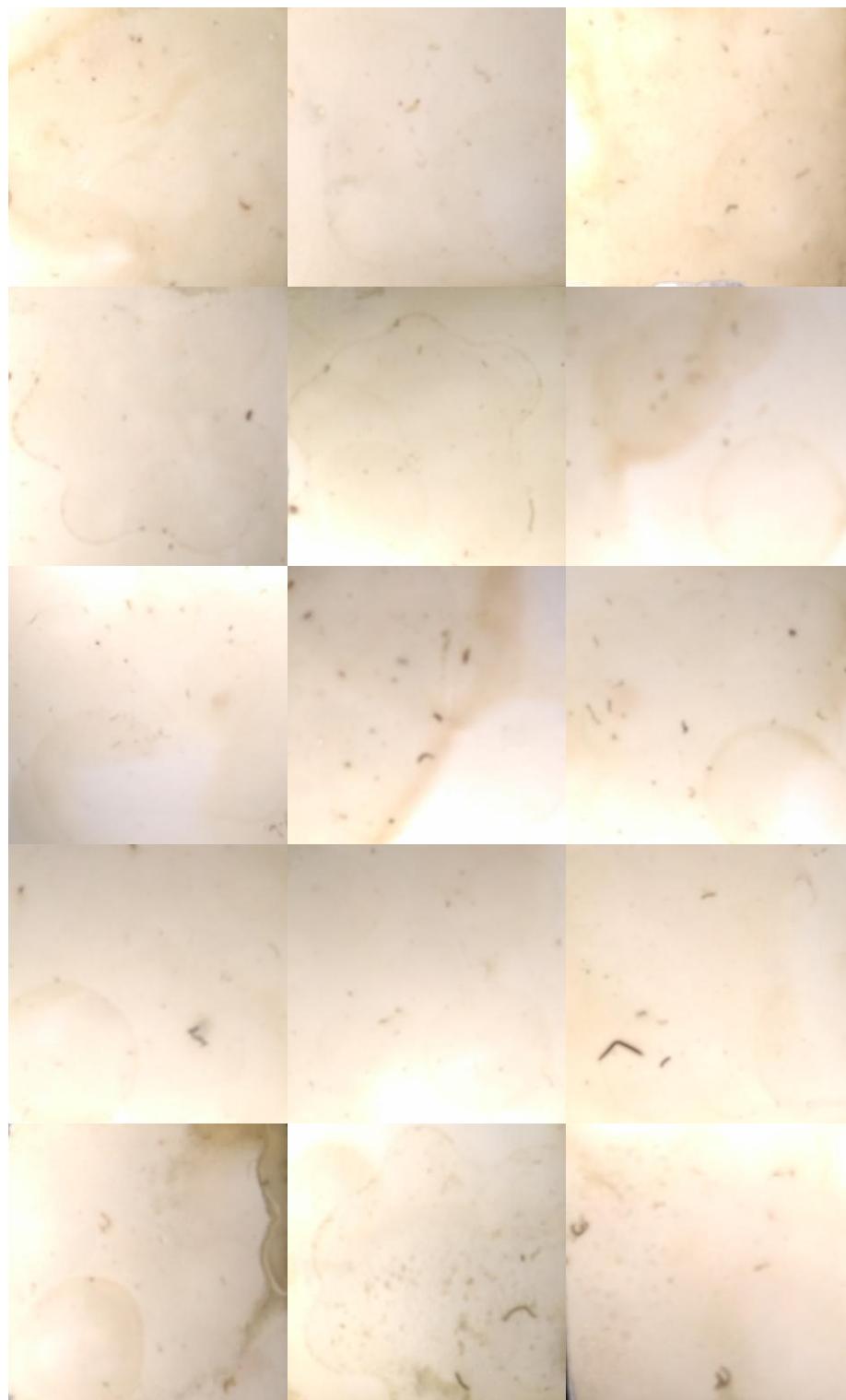


Lampiran 5. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Normal (u1-u15) Konsentrasi 25 mg/dL

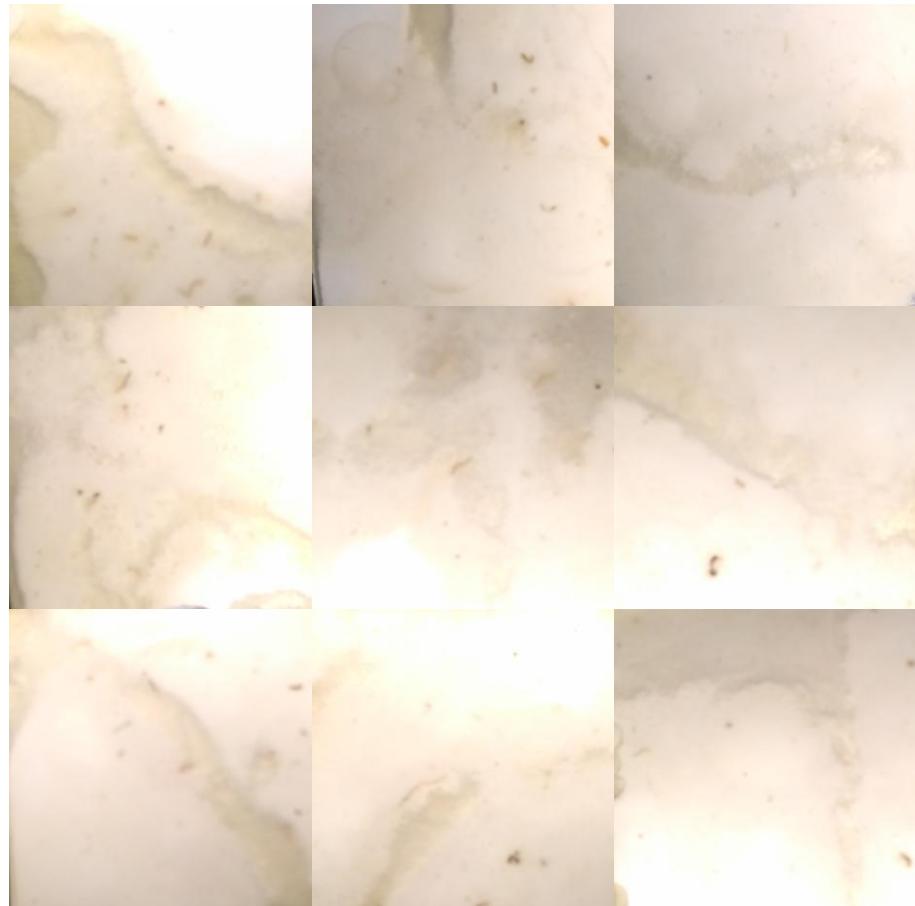


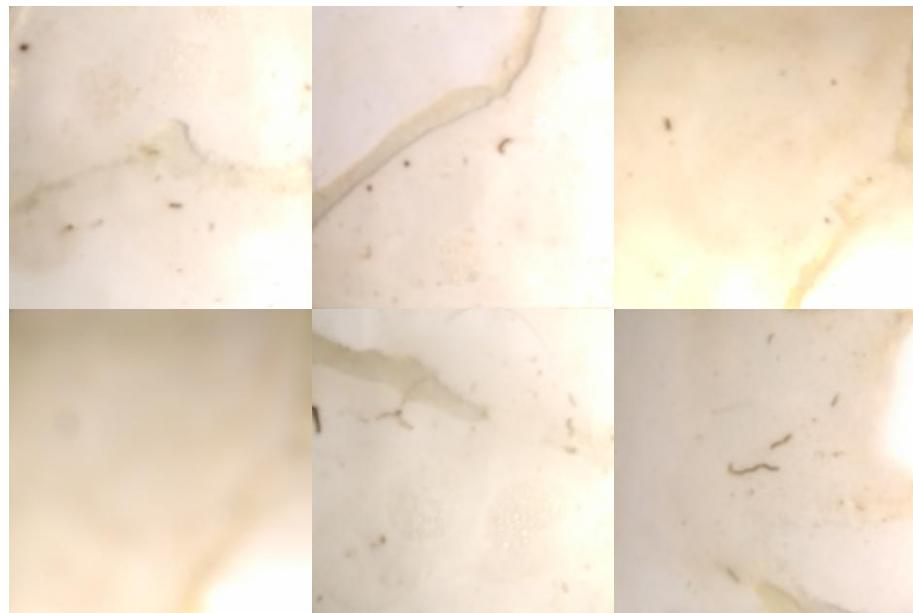


Lampiran 6. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Normal (u1-u15) Konsentrasi 26 mg/dL



Lampiran 7. Foto Plat Setelah Pengukuran Pada Kondisi Ginjal Normal (u1-u15) Konsentrasi 80 mg/dL





Lampiran 8. Hasil Perhitungan RGB dan Rerata RGB pada Konsentrasi 0 dan 5 mg/dL

Konsentrasi (mg/dL)	Ulangan	nilai			mean	Δ mean
		R	G	B		
0	1	254	254	254	254	0
	2	253	255	241	249,6667	4,333333
	3	253	254	238	248,3333	5,666667
	4	254	255	250	253	1
	5	254	254	254	254	0
	6	254	254	254	254	0
	7	254	252	240	248,6667	5,333333
	8	254	255	250	253	1

	9	253	255	233	247	7
	10	254	255	238	249	5
	11	254	243	238	245	9
	12	254	255	244	251	3
	13	254	247	228	243	11
	14	255	241	231	242,3333	11,66667
	15	254	255	235	248	6
5	1	216	202	203	207	47
	2	217	208	193	206	48
	3	201	188	171	186,6667	67,33333
	4	212	192	181	195	59
	5	219	205	192	205,3333	48,66667
	6	200	190	175	188,3333	65,66667
	7	222	194	174	196,6667	57,33333
	8	195	173	150	172,6667	81,33333
	9	213	191	170	191,3333	62,66667
	10	217	197	172	195,3333	58,66667
	11	214	193	173	193,3333	60,66667
	12	209	193	170	190,6667	63,33333
	13	221	201	174	198,6667	55,33333
	14	214	187	170	190,3333	63,66667
	15	228	208	181	205,6667	48,33333

Lampiran 9. Hasil Perhitungan RGB dan Rerata RGB pada Konsentrasi 6 dan 25 mg/dL

Konsentrasi (mg/dL)	ulangan	nilai			mean	Δmean
		R	G	B		
6	1	213	190	172	191,6667	62,33333
	2	225	208	192	208,3333	45,66667
	3	227	203	179	203	51
	4	220	109	170	166,3333	87,66667
	5	218	196	175	196,3333	57,66667
	6	213	189	161	187,6667	66,33333
	7	209	187	163	186,3333	67,66667
	8	207	181	154	180,6667	73,33333
	9	237	214	183	211,3333	42,66667
	10	208	192	177	192,3333	61,66667
	11	203	187	164	184,6667	69,33333
	12	205	188	172	188,3333	65,66667
	13	226	207	193	208,6667	45,33333
	14	198	184	171	184,3333	69,66667
	15	231	214	204	216,3333	37,66667
25	1	212	190	169	190,3333	63,66667
	2	216	182	165	187,6667	66,33333

	3	212	197	178	195,6667	58,33333
	4	209	198	180	195,6667	58,33333
	5	217	195	172	194,6667	59,33333
	6	204	189	170	187,6667	66,33333
	7	218	196	172	195,3333	58,66667
	8	210	194	178	194	60
	9	217	165	137	173	81
	10	208	191	173	190,6667	63,33333
	11	217	201	176	198	56
	12	211	187	159	185,6667	68,33333
	13	213	198	175	195,3333	58,66667
	14	197	185	169	183,6667	70,33333
	15	201	189	167	185,6667	68,33333

**Lampiran 10. Hasil Perhitungan RGB dan Rerata RGB pada Konsentrasi 26
dan 80 mg/dL**

Konsentrasi (mg/dL)	ulangan	nilai			mean	Δ mean
		R	G	B		
26	1	209	193	177	193	61
	2	196	179	159	178	76
	3	205	192	175	190,6667	63,33333
	4	209	195	185	196,3333	57,66667
	5	194	170	144	169,3333	84,66667
	6	208	195	179	194	60
	7	205	193	171	189,6667	64,33333
	8	215	201	188	201,3333	52,66667
	9	201	187	174	187,3333	66,66667
	10	218	201	181	200	54
	11	203	184	154	180,3333	73,66667
	12	211	190	171	190,6667	63,33333
	13	207	194	177	192,6667	61,33333
	14	201	188	172	187	67
	15	215	197	177	196,3333	57,66667
80	1	201	184	164	183	71
	2	211	199	185	198,3333	55,66667

	3	194	176	152	174	80
	4	207	182	151	180	74
	5	212	193	176	193,6667	60,33333
	6	207	191	172	190	64
	7	197	184	167	182,6667	71,33333
	8	198	177	150	175	79
	9	209	193	168	190	64
	10	202	188	175	188,3333	65,66667
	11	206	189	171	188,6667	65,33333
	12	191	182	167	180	74
	13	197	184	167	182,6667	71,33333
	14	194	181	172	182,3333	71,66667
	15	215	195	155	188,3333	65,66667

Lampiran 11. Hasil Perhitungan Δ Mean RGB

Ulangan ke-	ΔMEAN RGB dari Konsentrasi (mg/dL)					
	0	5	6	25	26	80
1	0	47	62,33333	63,66667	61	71
2	4,333333	48	45,66667	66,33333	76	55,66667
3	5,666667	67,33333	51	58,33333	63,33333	80
4	1	59	87,66667	58,33333	57,66667	74
5	0	48,66667	57,66667	59,33333	84,66667	60,33333
6	0	65,66667	66,33333	66,33333	60	64
7	5,333333	57,33333	67,66667	58,66667	64,33333	71,33333
8	1	81,33333	73,33333	60	52,66667	79
9	7	62,66667	42,66667	81	66,66667	64
10	5	58,66667	61,66667	63,33333	54	65,66667
11	9	60,66667	69,33333	56	73,66667	65,33333
12	3	63,33333	65,66667	68,33333	63,33333	74
13	11	55,33333	45,33333	58,66667	61,33333	71,33333
14	11,66667	63,66667	69,66667	70,33333	67	71,66667
15	6	48,33333	37,66667	68,33333	57,66667	65,66667
Rata-Rata	4,6	59	60	64	64,2	69

Lampiran 12. Foto Kegiatan Seminar Hasil



Lampiran 13. Materi Seminar Hasil