



## PENGEMBANGAN METODE DETEKSI BORAX BERBASIS SMARTPHONE DALAM MATRIKS MIE BASAH

Zipora A. Kusmawan<sup>1</sup>, Gregorius Nauledo<sup>1</sup>, Fidelis Nitti<sup>1</sup>, David Tambaru<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang

\*Corresponding author, email: [david\\_tambaru@staf.undana.ac.id](mailto:david_tambaru@staf.undana.ac.id)

### ABSTRACT

Research has been conducted on the development of a smartphone-based sensor for determining boric acid levels in wet noodle matrices. This detection system is based on the reaction between boric acid and curcumin in an acidic environment, which forms the red-colored rosocyanin compound. The color change that occurs is recorded by a smartphone. The reaction is carried out on a circular micro-sized paper medium that has been immobilized with curcumin as a colorimetric reagent for borax detection. The resulting complex compound is then photographed with a smartphone and further processed using digital imaging methods, using Microsoft Visual C# Express 2010 software. The results showed that the red intensity was directly proportional to the boric acid concentration in the range of 0.05-1.0 ppm and 30-100 ppm, with linear regression equations of  $y = 13.24x + 11.63$  and  $y = 0.196x + 45.45$ , respectively, and correlation coefficients ( $R^2$ ) of 0.995 and 0.992, respectively. This method provides a detection limit of 0.00631 ppm, recovery of  $99.03 \pm 0.70\%$ , accuracy (%E) and precision (%RSD) of 1.85% and 0.97%, respectively.

**Keywords:** Digital imaging, paper, curcumin, colorimetry, borax.

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pengembangan sensor berbasis *smartphone* untuk penentuan kadar boraks dalam matriks mie basah. Sistem deteksi ini didasarkan pada reaksi antara boraks dengan kurkumin dalam suasana asam yang akan membentuk senyawa rosocyanin yang berwarna merah. Perubahan warna yang terjadi direkam dengan *smartphone*. Reaksi dilangsungkan di atas media kertas yang didesain berbentuk lingkaran berukuran mikro dan telah diimmobilisasi dengan pereaksi kurkumin sebagai reagen kolorimetrik untuk deteksi boraks. Senyawa kompleks yang terbentuk tersebut kemudian difoto dengan *smartphone* dan selanjutnya diolah dengan metode pencitraan digital, menggunakan program *Microsoft Visual c# expres 2010*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas merah berbanding lurus dengan konsentrasi boraks pada rentang 0,05- 1,0 ppm dan 30 – 100 ppm, dengan persamaan regresi linear masing-masing adalah  $y = 13,24x + 11,63$  dan  $y = 0,196x + 45,45$  dan koefisien korelasi ( $R^2$ ) berturut-turut adalah 0,995 dan 0,992. Metode ini memberikan batas deteksi sebesar 0,00631 ppm, perolehan kembali sebesar  $99,03 \pm 0,70\%$ , akurasi (%E) dan presisi (%RSD) masing-masing sebesar 1,85% dan 0,97%.

**Kata kunci :** Pencitraan digital, kertas, kurkumin, kolorimetri, boraks.

### PENDAHULUAN

Mie merupakan salah satu jenis makanan yang banyak diminati oleh hampir seluruh lapisan masyarakat karena penyajiannya yang praktis, banyak tersedia di berbagai tempat dan harganya yang cukup terjangkau. Pada proses pembuatannya terutama mie basah (kadar air > 52%), sering ditambahkan boraks untuk memperpanjang daya tahannya terhadap kerusakan dan kebasian (Winarno dkk., 1994).



Boraks merupakan senyawa berbentuk kristal putih tidak berbau dan stabil pada suhu dan tekanan normal. Boraks dikenal mempunyai aktivitas sebagai bahan antiseptik (Khamid, 2006), bahan pembuat detergen dan bahan penurun kesadahan air. Dalam obat-obatan, boraks biasanya ditambahkan ke dalam salep, bedak, larutan kompres, obat oles mulut dan pencuci mata (Khamid, 2006). Namun, saat ini, boraks tidak lagi digunakan sebagai antiseptik, tetapi sebagai pengental atau pengawet makanan dengan mengubah tekstur makanan menjadi lebih kenyal atau tidak mudah rapuh (Vepriati, 2007).

Data yang dihimpun oleh Balai Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) pada tahun 2005 menunjukkan bahwa bahan makanan yang menduduki peringkat teratas mengandung formalin dan boraks berturut-turut adalah ikan laut, mie basah, tahu dan bakso (Fardiaz, 2007). Secara khusus, penelitian BPOM NTT terhadap sejumlah sekolah di Kota Kupang juga menunjukkan bahwa beberapa jajanan yang diteliti mengandung bahan pengawet seperti boraks, formalin dan wanteks (Timex, 2010).

Makanan yang mengandung boraks walaupun dalam jumlah kecil, dapat mengakibatkan keracunan terhadap semua sel. Bila tertelan boraks dapat mengakibatkan efek pada susunan syaraf pusat, ginjal dan hati karena tidak mudah larut dalam air. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Suklan (2002) menunjukkan boraks bersifat karsinogenik. Gejala keracunan boraks akut boraks dapat menyebabkan rasa mual, muntah-muntah, kejang perut, bercak-bercak pada kulit, temperatur tubuh menurun, kerusakan pada ginjal dan kematian. Sedangkan pada keracunan kronik boraks dapat menyebabkan demam, gelisah, bingung dan depresi (Haddad dkk., 1990; Dreisbach, 1974). Oleh karena itu, alat pendeteksi boraks sederhana, cepat dan murah sangat diperlukan (Media Industri No. 211, 2006).

Penentuan kadar boraks secara kuantitatif yang sering digunakan di antaranya adalah metode asam-basa, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometric*) dan Spektrofotometer UV-Vis. Metode-metode tersebut membutuhkan waktu analisis yang lama, reagen dan sampel dalam jumlah yang banyak, menggunakan arus listrik, tidak ekonomis, tidak dapat langsung diaplikasikan di lapangan dan membutuhkan tenaga terlatih dalam pengoperasiannya (Indang, 2009). Salah satu alternatif yang telah dikembangkan di Indonesia untuk pendeteksi boraks pada bahan makanan adalah dengan menggunakan kertas tumerik dari cairan kunyit. Namun metode ini hanya bersifat uji kualitatif (Indang, 2009), sehingga perlu pengembangan metode boraks secara kuantitatif yang murah dan sederhana.

Sensor berbasis kertas merupakan salah satu metode kolorimetri sederhana dan praktis yang sedang dikembangkan saat ini. Metode ini tidak memerlukan peralatan yang canggih, tidak membutuhkan biaya yang mahal, ramah lingkungan dan dapat langsung diaplikasikan di lapangan. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Martinez (2007), menggunakan material kertas untuk mendeteksi glukosa dan protein. Untuk meningkatkan kepraktisan dan sensitivitas dari sensor kertas, beberapa peneliti menggunakan kamera telepon genggam sebagai detektornya (Martinez dkk., 2008 dan Delaney dkk., 2011).

Dalam penelitian ini akan dikembangkan sensor kertas dengan pereaksi alami kurkumin. Kurkumin sebagai agen kolorimetri memiliki keunggulan di antaranya tersedia melimpah di alam, mudah dibuat, murah dan bereaksi selektif dengan boraks (William, 2002).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode analisis dengan menggunakan kertas sebagai sensor untuk mendeteksi boraks sebenarnya merupakan suatu pengembangan lebih lanjut dari pereaksi kit tester (pereaksi warna). Tujuan dari pengembangan ini ialah untuk meningkatkan tingkat kemudahan dalam mendeteksi boraks secara kuantitatif pada makanan. Sama halnya seperti metode analisis menggunakan pereaksi kit tester, metode analisis ini lebih menitikberatkan pada pembentukan warna yang menunjukkan hasil positif.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengoptimasi reagen kurkumin dan HCl pada kertas menjadi sensor. Kurkumin digunakan karena dapat bereaksi dengan asam borat atau boraks membentuk kompleks kelat rosocyanin yang berwarna merah dengan bantuan HCl sehingga cocok untuk dikembangkan menjadi sensor.

Penelitian ini diawali dengan mendesain bentuk dan model sensor. Setelah mendapat desain sensor dilanjutkan dengan mengoptimasi pereaksi kurkumin dan HCl pada kertas saring Whatman® no 42 dan analisis pada sampel boraks murni dan mie sintetik.

## Pembuatan Sensor

### Desain Bentuk dan Model Sensor

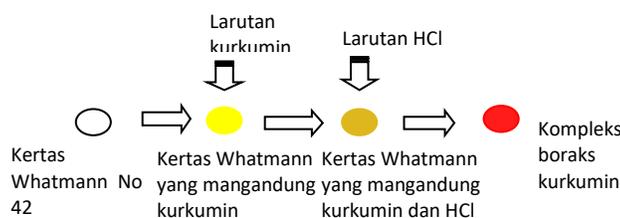
Pemilihan kertas dalam pembuat sensor untuk menganalisis boraks didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Marlina pada tahun 2008, di mana kertas Whatman® no 42 mempunyai tekstur halus, cukup tebal dan memiliki pori yang kecil sehingga banyak pereaksi yang terserap dalam kertas.

Sensor didesain menggunakan kertas saring tunggal, dimana zona hidrofiliknya didasarkan pada metode Fenton (Fenton dkk., 2009) dengan diameter lingkaran 0,6 cm yang dipotong menggunakan pelubang kertas. Desain sensor terlihat seperti gambar 1.



Gambar 1. Desain Sensor Kertas

Sensor kemudian diimobilisasi dengan kurkumin dan HCl dengan volume yang sama yaitu 3 $\mu$ L. Saat diimobilisasi dengan reagen kurkumin dan HCl kertas mengalami perubahan dari kuning menjadi kuning kecoklatan dengan adanya HCl seperti terlihat pada gambar 2.

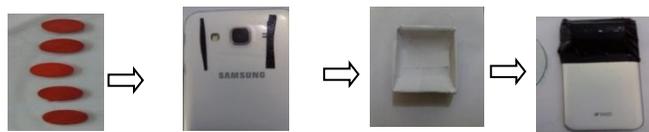


Gambar 2. Sensor diimobilisasi kurkumin dan HCl

Perubahan warna yang terjadi pada sensor (dari kuning menjadi kuning kecoklatan) disebabkan karena gugus karbonil pada kurkumin telah terprotonasi dengan adanya asam (Rohmawati dan Wahyudi, 2010). Perubahan warna yang terjadi pada sensor tidak mengurangi sensitifitas dan selektifitas sensor dalam mendeteksi boraks. Ini terbukti dari hasil penelitian yang menunjukkan adanya perubahan warna sensor dalam mendeteksi boraks pada berbagai variasi konsentrasi.

### Cara pengambilan gambar

Sensor yang telah diinjeksi dengan larutan boraks, setelah mencapai waktu optimum, difoto dengan cara di tempelkan langsung di depan lensa camera , selanjutnya ditutup dengan plastik transparan dengan tujuan agar sensor tidak jatuh saat pengambilan gambar selanjutnya ditutup dengan kotak dan diisolasi menggunakan lakban hitam dengan tujuan cahaya tidak terbias dan tidak ada pengaruh cahaya dari luar (sumbar cahaya hanya berasal dari blits) sehingga gambar yang dihasilkan lebih baik, seperti terlihat pada gambar 3.



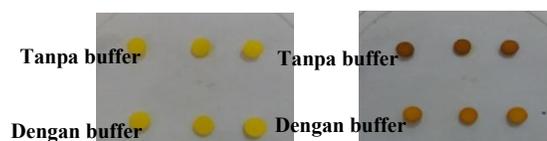
Gambar 3. Bentuk sensor dan cara pengambilan gambar.

Pada penelitian ini pengambilan gambar menggunakan kamera hand phone (HP) dengan resolusi 13 MP dan ini, mampu mengambil hampir seluruh permukaan kertas sehingga gambar yang diambil dapat mewakili seluruh warna yang terbentuk pada sensor.

Kualitas gambar yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh resolusi kamera yang digunakan, semakin besar resolusi kamera yang digunakan maka semakin baik pula gambar yang dihasilkan.

### Pembuatan Larutan Kurkumin

Kurkumin merupakan zat warna alam, selain digunakan sebagai pewarna makanan dan kosmetik, dapat juga digunakan sebagai petunjuk adanya boraks pada makanan. Kurkumin larut dalam alkohol dan asam asetat glasial, tidak larut dalam air. Berdasarkan sifat kelarutannya maka pada penelitian ini digunakan asam asetat glasial sebagai pelarut kurkumin. Asam asetat juga mampu memprotonase kurkumin pada gugus karbonil membentuk karbokation yang reaktif (Rohmawati dan Wahyudi, 2010). Pada perlakuan ini ditambahkan juga buffer asetat (pH 5) karena sifat kimia dari kurkumin yang tidak stabil pada suasana basa (pH 8,5-10,0). Penambahan buffer sangat berpengaruh pada ketahanan warna sensor, hal ini terlihat saat sensor ditambahkan larutan HCl dan dibiarkan selama 10 menit. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, terlihat bahwa larutan kurkumin yang ditambahkan buffer dapat mempertahankan warna sensor dengan tidak terjadi perubahan warna yang signifikan (gambar 4).

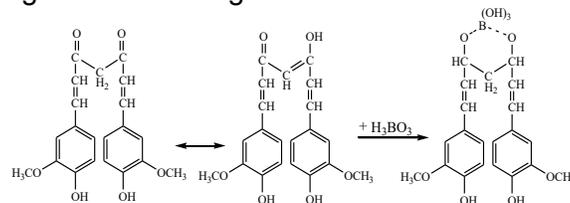


Gambar 4. Pengaruh buffer terhadap ketahanan warna sensor setelah ditambahkan HCl (a) 0 menit (b) 10 menit.

### Optimasi Pereaksi dan Pembantuan Warna

#### Optimasi reagen kurkumin

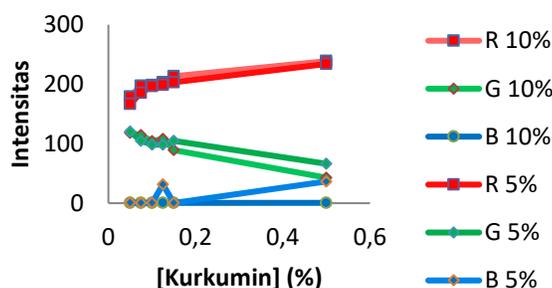
Optimasi reagen kurkumin bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kurkumin terhadap boraks pada konsentrasi rendah melalui perubahan intensitas warna kompleks rosocyanin. Kurkumin akan berikatan dengan asam borat membentuk kompleks warna risa yang sering disebut kelat rosasianin atau senyawa Boron Cyano Kurkumin Kompleks yaitu suatu zat yang berwarna merah, dengan reaksi sebagai berikut:



Gambar 5. Kompleks Rosocyanin (Rusli, 2010)

Pada tahap ini dibuat beberapa variasi konsentrasi kurkumin dalam rentangan 0,05-0,5 % yang diimobilisasi pada sensor dengan konsentrasi larutan HCl yang digunakan 5 % dan 10

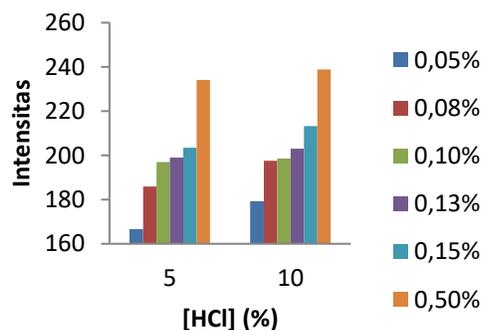
%, kemudian diuji pada larutan boraks murni dengan konsentrasi rendah (0,05ppm). Pengukuran intensitas dilakukan dengan cara memotret sensor menggunakan kamera hand phone *Samsung J5* dengan resolusi 13 MP. Gambar yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan program *Microsoft Visual c# 2010 Express 2010* untuk mengetahui intensitas Red, Green dan Blue (RGB) yang dihasilkan. Dari intensitas yang diperoleh, dibuat kurva perbandingan antara konsentrasi kurkumin dengan intensitas yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Hubungan antara [kurkumin] dengan Intensitas RGB

Dari kurva yang diperoleh pada Gambar 12 terlihat bahwa intensitas yang dinamis terhadap perubahan konsentrasi ialah intensitas *Red*, sedangkan intensitas *Green* dan *Blue* diabaikan karena grafik yang diperoleh tidak dinamis terhadap perubahan konsentrasi. Selain itu warna komplementer dari kompleks rosocyanin adalah merah sehingga pada analisis selanjutnya digunakan intensitas *Red*. Berdasarkan grafik yang diperoleh (Gambar 6) menunjukkan bahwa intensitas *Red* yang memiliki linearitas dan sensitivitas paling baik sehingga yang perlu diperhatikan adalah intensitas dari *Red*.

Untuk melihat lebih jelas melihat pengaruh kurkumin terhadap sensitivitas sensor pada konsentrasi rendah, maka disajikan data dalam diagram batang seperti tersaji pada Gambar 7.

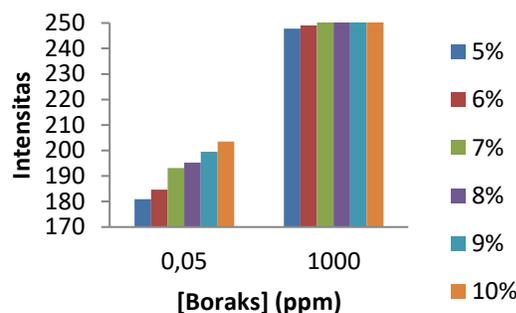


Gambar 7. Kurva hubungan antara konsentrasi kurkumin dan intensitas *Red*.

Berdasarkan kurva pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa intensitas dari reagen kurkumin dalam menganalisis boraks pada konsentrasi rendah berbanding lurus dengan konsentrasi larutan HCl yang ditambahkan. Hal ini terlihat dari semakin besarnya nilai intensitas warna seiring dengan semakin besar konsentrasi kurkumin dan HCl yang digunakan.

#### Optimasi Konsentrasi HCl

Terdapat 6 variasi konsentrasi larutan HCl yaitu 5%-10% yang dicoba pada sampel murni boraks 0,05 ppm (konsentrasi rendah) dan 1000 ppm (konsentrasi tinggi) dengan konsentrasi kurkumin 0,5%. Hasil optimasi konsentrasi kurkumin tersaji pada Gambar 8.



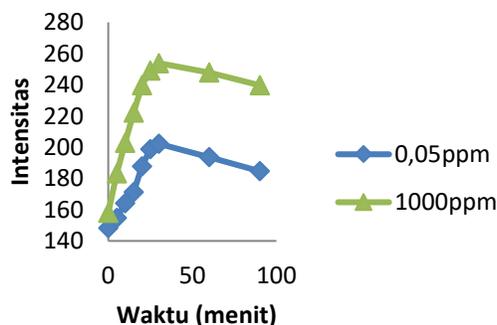
Gambar 8. Kurva Hubungan Konsentrasi HCl dengan Intensitas.

Berdasarkan kurva pada Gambar 8 terlihat bahwa konsentrasi HCl berpengaruh terhadap terbentuknya kompleks warna rosocyanin pada sensor dalam mendeteksi kadar boraks pada konsentrasi rendah. Larutan HCl ditambahkan pada sensor yang telah terimobilisasi kurkumin dengan tujuan memberikan suasana asam pada sensor. Keadaan sensor harus benar-benar asam sebelum proses identifikasi karena dalam keadaan basa sensor yang telah terimobilisasi kurkumin akan berwarna merah kecoklatan dan ini akan menghasilkan sampel positif semu mengandung boraks. Selain itu HCl akan mengubah mengubah larutan boraks menjadi asam borat yang nantinya akan bereaksi dengan kurkumin membentuk kompleks rosocyanin. Reaksinya sebagai berikut:



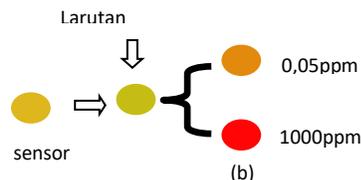
#### Optimasi Pembentukan Warna

Kestabilan warna sensor diuji dengan mengukur intensitas warna dari sensor saat bereaksi dengan sampel boraks murni 0,05 ppm dan 1000 ppm yang diambil difoto pada rentangan waktu 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 dan 90 menit. Pembentukan warna sensor dapat diketahui dari perubahan warna sensor secara visual dan nilai intensitas warna. Hasil penentuan kestabilan dan optimasi warna sensor disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Pembentukan warna yang dihasilkan oleh sensor dengan variasi waktu 0-90 menit menggunakan *Pencitraan Digital*.

Terdapat perbedaan warna sensor dalam menganalisis boraks. Jika konsentrasi boraks rendah (0,05 ppm) warna sensor pada saat optimun merah kecoklatan sedangkan untuk konsentrasi tinggi (1000 ppm) warna sensor merah sampai merah kehitaman seperti terlihat pada gambar 10.

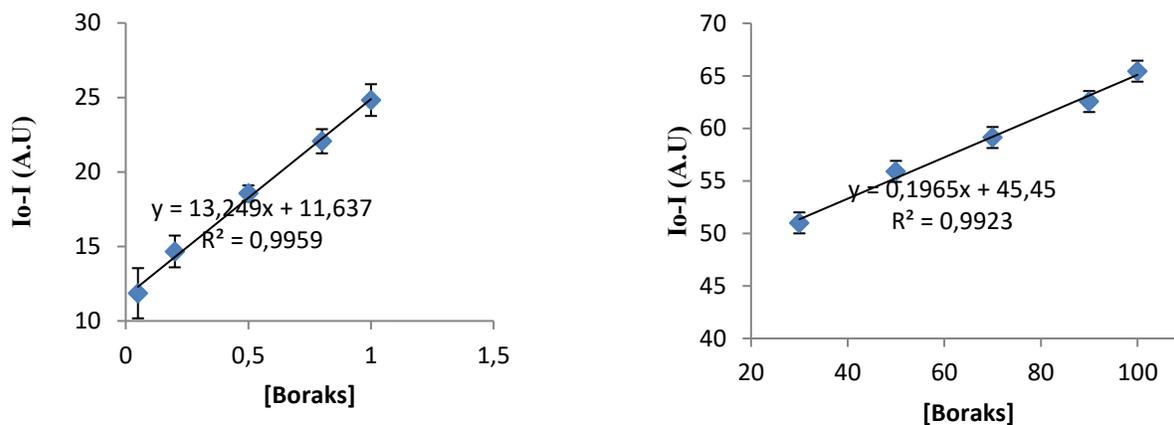


Gambar 10. Perubahan warna sensor untuk [boraks] 0,05ppm dan 1000ppm pada saat (a) 0 menit dan (b) menit ke 30.

Perbedaan warna sensor disebabkan oleh jumlah asam borat yang terdapat pada larutan yang diinjek ke sensor. Jika konsentrasi boraks semakin tinggi maka semakin banyak juga asam borat yang bereaksi dengan kurkumin.

### Penentuan Linearitas

Penentuan linearitas dilakukan dengan mengukur intensitas dari larutan boraks dengan variasi konsentrasi berturut-turut 0,05; 0,2; 0,5; 0,8; 1; 30; 50; 70; 90 dan 100 ppm menggunakan sensor kertas yang telah diimobilisasi dengan reagen kurkumin dan HCl pada konsentrasi optimum. Untuk mengetahui nilai intensitas, maka sensor yang positif mengandung boraks difoto menggunakan kamera HP lalu gambar yang dihasilkan ditransfer ke komputer untuk melihat nilai intensitas warna dengan bantuan aplikasi *Microsoft Visual c# Express 2010*. Penentuan linearitas bertujuan untuk mengetahui sensitivitas dan rentang linearitas hubungan antara intensitas warna dengan konsentrasi larutan standar boraks. Berikut disajikan kurva hubungan antara intensitas dengan konsentrasi larutan boraks.



Gambar 11. Kurva hubungan antara Konsentrasi Boraks dengan  $I_0 - I$  (a) Boraks dengan konsentrasi 0,05-1,0 ppm (b) Boraks dengan konsenrasi 30-100 ppm

Kurva pada Gambar 11 menunjukkan adanya hubungan yang linear antara intensitas *red* dan konsentrasi larutan boraks pada rentang 0,05-1 ppm dan 30-100 ppm. Linearitas dari hubungan antara intensitas dengan konsentrasi boraks terlihat dari besarnya koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,995 dan 0,992 dengan persamaan regresi berturut-turut  $Y = 13,24x + 11,63$  dan  $Y = 0,196x + 45,45$ . Dari nilai ( $R^2$ ) yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa nilai intensitas warna meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi boraks dengan demikian kelinearitasan pencitraan digital dapat diterima.

### Aplikasi Sensor Kertas dalam Penentuan Kadar Boraks Murni



Untuk menguji kinerja sensor kertas dalam menentukan kadar boraks dengan menggunakan metode pencitraan digital maka pada tahap ini, dibuat larutan boraks murni dengan konsentrasi 0,6 dan 80 ppm kemudian di analisis menggunakan sensor kertas yang telah terimobilisasi dengan kurkumin dan HCl (konsentrasi optimum) dengan volume yang sama yaitu 3 $\mu$ L. Hasil analisis menunjukkan kedekatan antara konsentrasi terukur dengan konsentrasi sebenarnya yang diperoleh dari persamaan regresi kurva kalibrasi. Hasil pengukuran konsentrasi yang terukur dengan konsentrasi sebenarnya disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran sampel Boraks Murni

C sebenarnya (ppm)	0,6	80
C terukur (ppm)	0,68	79,82
Skala Warna		

### Penentuan Kadar Mie Sintetik

Larutan mie sintetik dengan konsentrasi boraks 0 ppm, 0,4 ppm dan 33 ppm lalu dianalisis menggunakan sensor kertas, difoto dan citra yang dihasilkan dianalisis menggunakan *Microsoft Visual c# expres 2010*. Hasil analisis menunjukkan kedekatan antara konsentrasi terukur dengan konsentrasi sebenarnya jika dikurangi dengan blanko. Berikut disajikan tabel konsentrasi yang terukur dengan konsentrasi sebenarnya yang dianalisis menggunakan *Microsoft Visual c# expres 2010*.

Tabel 2. Pengukuran Sampel Mie Sintetik

C sebenarnya (ppm)	0	0,4	33
C terukur (ppm) c#	0,339	0,724	34,206
Skala Warna			

### Validasi Metode Sensor Kertas Dengan Metode Pencitraan Digital

Suatu metode penelitian perlu dilakukan validasi untuk membuktikan bahwa hasil yang diperoleh merupakan hasil yang akurat dan memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Dalam penelitian ini, parameter-parameter validasi yang diujikan ialah linearitas, batas deteksi dan batas kuantitasi, kecermatan dan keseksamaan. Menggunakan sampel mie yang dibuat sendiri dengan penambahan boraks dengan kadar tertentu, hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi penyimpangan yang terlalu jauh.

Pada penelitian ini, hasil validasi metode pencitraan digital dibandingkan dengan hasil pengukuran mie basah sintetik menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang dikerjakan oleh Rusli pada tahun 2010. Hasil pengukuran parameter metode analisis tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Metode Analisis

No.	Parameter Metode analisis	Metode	
		Sensor kertas Pencitraan digital ( <i>Microsoft Visual c# 2010 Express</i> )	Spektrofotometri UV-Vis (Rusli, 2010)
1	Presisi (%RSD)	1,857	1,114
2	Akurasi (%Error)	0,97	0,99



3	Perolehan kembali (%R)	$99,029 \pm 0,696$	$99,767 \pm 1,114$
4	LOD (ppm)	0,00631	3,1132

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor kolorimetri boraks berbasis kertas berhasil dibuat dengan mengimobilisasi reagen kurkumin 0,5% dan HCl 10% untuk menentukan kadar boraks menggunakan kamera HP.
2. Sensor kertas yang dibuat memenuhi hukum Lambert Beer dengan nilai derajat determinasi ( $R^2$ ) yang didapat berturut-turut 0,995 dan 0,992, persamaan regresinya  $Y = 13,24x + 11,63$  dan  $Y = 0,196x + 45,45$ .
3. Evaluasi terhadap kinerja sensor kertas menunjukkan presisi, akurasi, persen perolehan kembali dan *Limit of Detection* (LOD) berturut-turut sebesar 1,85 %, 0,97 %,  $99,029 \pm 0,69626$  dan 0,00631 ppm.

## DAFTAR PUATAKA

1. Abe, K., Suzuki, K., Citterio, D., 2008, Inkjet-Printed Microfluidic Multianalyte Chemical Sensing Paper, *Analytical Chemistry*, 80, 6928-6934.
2. Andrade, S. I., Lima, M. B., Barreto, I. S., Wellington, L. S., Almeida, L. F., Araujo, M. C., & Silva, E. C. (2013). A Digital Image-Based Flow-Batch Analyzer for Determining Al (III) and Cr (VI) in Water. *Microchemical Journal*, 106-111.
3. Astawan, M., 1999. *Membuat Mie dan Bihun*. Jakarta : Penebar Swadaya.
4. Basir, 1992, Keberadaan Asam Borat pada Bahan Makanan. *Buletin penelitian dan pengembangan Industri*. 15,39-40.
5. Burger, W., Burge, M.J., 2009, Principle of Digital Image Processing, *Springer-Verlag London Limited*, London.
6. Cazes, J., 2003, *Analytical Instrumentation Handbook* Third Edition, *Ewing's*, 1020-1026.
7. Dibble, W.T., 1965, *Analytical Chemistry* vol.26. 418-421.
8. Dit. Jen. POM., 1994, Penggunaan pengawet, Pewarna dan Pemanis pada Produk Mie, Bakso, Kerupuk, dan Minuman Ringan. *Buletin Direktorat Jendral POM. Departemen Kesehatan Republik Indonesia*, 16, 22, 26, 29.
9. Delaney, J.L., Hogan, C.F., Tian, J.F., Shen, W., 2011, *Electrogenerated Chemiluminescence Detection In Paper-Based Microfluidic Sensors*, *Anal. Chem*, 10. 477-483.
10. Dreisbach, R.H., 1974, *Handbook of Poisoning*, 8<sup>th</sup> ed. Lange Medical Publication, Los Altos, California, 314-315.
11. Fardiaz, S., 2007. *Bahan Tambahan Makanan*. Institut Pertanian Bogor. Bandung. [http://perpustakaan.pom.go.id/KorelasiLainnya/Buletin%20Info%20POM/00 10.pdf](http://perpustakaan.pom.go.id/KorelasiLainnya/Buletin%20Info%20POM/00%2010.pdf). Diakses pada tanggal 18 Mei 2014.
12. Fenton, E.M., Mascarenas, M.R., Lopes, G.P., Sibbett, S.S., 2011, Multiplex Lateral-Flow Test Strips Fabricated by Two-Dimensional Shaping, *Applied Materials and Interfaces*, 1, 124-129.
13. Firdaus, M. L., Alwi, W., Trinoveldi, F., Rahayu, I., Rahmidar, L., & Warsito, K., 2013, Determination of Chromium and Iron Using Digital Image-based Colorimetry. *Procedia Environmental Sciences*, 20 : 298-304.



14. Flanagan, R.J., 1995, Braithwaite, R.A., Brown, S.S., Widdop, B., de Wolff, F.A., *Basic Analytical Toxicology*, World Health Organization. Geneva, 85.
15. Goodman, L.S., 1975, Gilman, A., *The Pharmacological Basis of Therapeutics* 5<sup>th</sup> ed. Macmillan Publishing Co., Inc, NY, 994 – 995.
16. Haddad, L.M., Winchester, J.F., 1990, *Basics on Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose*. WB Saunders Co. Philadelphia-London-Montreal-Toronto-Sydney-Tokyo, 1447-1449.
17. Indang, N.M., Abdulmir, A.S., Bakar, A.A., Salleh, A.B., Lee, Y.H., Azah, N.Y. 2009. A Review: Methods of Determination of Health-Endangering Formaldehyde in Diet. *Medwell Journals*, 2:31-47.
18. Khamid, I.R., 2006. *Bahaya Boraks Bagi Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Kompas.
19. Liana, D., Chow, E., Gooding, J., Raguse, B., 2012, Recent Advances In Paper-Based Sensors, *Sensors* 12, 11505-11526.
20. Lu, Y., Shi, W., Qin, H., Lin, C., 2010, Fabrication And Characterization Of Paper-Based Microfluidics Prepared In Nitrocellulose Membrane By Wax Printing, *Anal. Chem*, 82, 329–335.
21. Marlina, H., 2008, Optimasi Pereaksi Schryver Menjadi Kertas Indikator Untuk Identifikasi Formalin Dalam Sampel Makanan, *Skripsi*, FMIPA-UI, Depok.
22. Martinez, A.W., Phillips, S.T., Butte, M.J., Whitesides, G.M., 2007, Patterned Paper As A Platform For Inexpensive, Low Volume, Portable Bioassays, *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 1318–1320.
23. Martinez, A.W., Phillips, S.T., Carrilho, E., Thomas, S.W., Sindi, H., Whitesides, G.M., 2008, Simple Telemedicine Devices For Developing Region: Camera Phones And Paper-Based Microfluidic Devices For Real-Time, Off-Site Diagnosis, *Anal. Chem*, 80, 3699-3707.
24. Media Industri N0.211. 2006, *Suara industri dan Pemerintah*.
25. Payong, A., 2016, Pengembangan Metode Penentuan Ion Mangan (II) Dalam Air Dengan Nanopartikel Teragregasi L-Agninin Menggunakan Metode Pencitraan Digital, *Skripsi*, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
26. Rusli, R., 2010, Penetapan kadar Boraks Pada Mie Basah yang Beredar Di Pasar Ciputat Dengan Metode Spektrofotometer UV-Via menggunakan pereaksi kurkumin. *Skripsi*, Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan-UNI, Jakarta.
27. Rupilu, R.H., 2016, Pengembangan Sensor Berbasis Kertas Untuk Penentuan Kadar Kreatinin, *Skripsi*, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
28. Reynold, J.E.F., 1982, *Martindale The Extra Pharmacopoeia*, 28<sup>th</sup> ed. The Pharmaceutical press. London, 337,432
29. Rohmawati, N.M., Wahyudi A., 2010, Reaksi Kurkumin dan Etil Amin Dengan Adanya Asam, *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh November.
30. Roth, H. J., 1978, *Pharmaceutische Analytic*. Georje thime Verlag. Sutgart, 22-23.
31. Setiono, L., Pudjaatmaka, A. H., 1985, *Vogel, Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*, ed 5. PT Khalman Media Pustaka. Jakarta, 368.
32. Timex, 2010, *Hasil Survei BPOM NTT untuk Jajanan Berbahaya di Sejumlah Sekolah yang ada di Kota Kupang*.
33. Vepriati, N., 2007, *Surveilans Bahan Berbahaya pada Makanan di Kabupaten Kulon Progo*. Kulon Progo : Dinkes Kulon Progo.
34. Winarno., F.G., Sulistyowati, Titi., 1994, *Bahan Tambahan untuk Makanan dan Kontaminan*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta, 6-10.
35. Wong, G., 2009., Snapshot Hyperspectral Imaging and Practical Applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 178 : 012-051.



36. Wongwalai, W., Lapanantnoppakhun, S., Grupdan, S., & Grupdan, K., 2010, Webcam Camera as a Detector for a Simple Lab-on-Chip Time Based Approach, *Talanta*, 1137-1141.
37. Yu, J.H., Ge, L., Huang, J.D., Wang, S.M., Ge, S.G., 2011. Microfluidic Paper-Based Chemiluminescence Biosensor For Simultaneous Determination Of Glucosa And Uric Acid, *Lab Chip*, 11, 1286-1291.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan

Boraks p.a (Merck), kurkumin p.a (Merck), aquades (Water One), HCl p.a (Merck), asam asetat glasial (Merck), natrium asetat, kertas Whatman® no 42, tepung terigu (kompas), telur, garam dapur (Kapal api), soda kue (Nonik) dan lakban hitam.

### Alat

Alat-alat yang digunakan adalah peralatan gelas, neraca analitik, kaca arloji, mortar, pelubang kertas, pipet volume, pipet mikro, telepon genggam Android Samsung Galaxy J5 dengan resolusi 13 megapixel, program *Microsoft Visual c# expres 2010* dan *Microsoft Office Excel 2007*.

### Prosedur Penelitian

#### Penyiapan Bahan Baku dan Perekasi

#### Pembuatan Larutan Kurkumin 0,05 %; 0,075 %; 0,100%; 0,125 %; 0,150 % dan 0,5%.

Kurkumin ditimbang sebanyak 0,5; 7,5; 100; 125; 150 dan 500, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Dilarutkan dengan asam asetat pekat 80 mL sampai larut kemudian ditambahkan larutan buffer asetat (pH 5) mencapai tanda batas. Selanjutnya larutan kurkumin yang telah dibuat disimpan dalam wadah tertutup rapat dan gelap untuk digunakan untuk analisis selanjutnya.

#### Pembuatan Larutan HCl

Di buat larutan induk HCl 10%, kemudian larutan tersebut diencerkan menjadi beberapa variasi konsentrasi yaitu 5; 6; 7; 8 dan 9% yang selanjutnya digunakan untuk optimasi pada sensor.

#### Pembuatan Larutan Standar Boraks

Dibuat larutan standar boraks dengan konsentrasi 1000 ppm, kemudian larutan tersebut diencerkan menjadi beberapa variasi konsentrasi yaitu 0,05; 0,2; 0,5; 0,8; 1; 30; 50; 60; 70; 90 dan 100 ppm yang selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva standar.

#### Pembuatan Mie Basah Dengan Penambahan Boraks

Tepung terigu ditimbang 250 mg, 1 butir telur ayam, garam 0,5 g, soda kue (natrium karbonat) 0,4 g dan air suling 15 mL. Dicampurkan semua bahan dalam wadah plastik dan diaduk hingga tercampur rata. Adonan ditimbang 20 g sebanyak 2 bagian, kemudian setiap 20 g mie ditambahkan dengan boraks sesuai dengan kadar (0,1 mg boraks untuk 0,4 ppm, 4 mg boraks untuk 33 ppm) kemudian masing-masing adonan dicampur. Analisis juga dilakukan terhadap kontrol (mie tanpa penambahan boraks).

#### Pembuatan Larutan Mie Basah yang Sudah Ditambahkan Boraks

Mie basah yang tercampur boraks dengan kadar 0,4 ppm dan 33 ppm di timbang sebanyak 5 g, kemudian ditambahkan 30 mL aquades mendidih untuk adonan mie dengan kadar 33 ppm dan 60 mL untuk mie dengan kadar boraks 0,4 ppm. Selanjutnya larutan disaring dan filtrat yang didapat dianalisis menggunakan sensor kertas.

### Desain Sensor

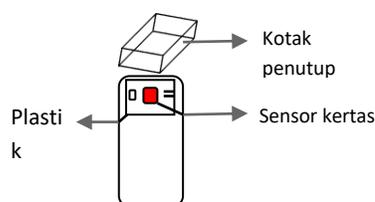
Sensor dibuat menggunakan kertas Whatman® no 42 yang di desain menggunakan metode Fenton dengan cara, kertas dipotong menggunakan pelubang kertas dengan diameter lingkaran



0,6 cm, kemudian diimobilisasi dengan reagen kurkumin sebanyak 3 $\mu$ L dengan variasi 0,05; 0,75; 0,1; 0,125; 0,15 dan 0,5 %. Kertas terimobilisasi, kemudian dikeringkan selama 5 menit, setelah kering dilanjutkan dengan menambahkan larutan HCl dengan variasi konsentrasi 5; 6; 7; 8; 9 dan 10 % kemudian dikering-anginkan selama 10 menit. Selanjutnya sensor kertas diuji dengan mengukur boraks murni pada variasi konsentrasi 0 – 1000 ppm. Perubahan warna yang terjadi pada sensor diamati dan difoto dengan menggunakan hand phone (HP), kemudian diolah menjadi analitikal respons.

### Prosedur Pengambilan Gambar

Pengambilan gambar dilakukan dengan cara menggunakan kamera hand phone (HP) pada keadaan yang sama, di mana untuk menjaga keadaan tersebut dilakukan pengambilan gambar sampel menggunakan sebuah kotak. Ilustrasinya terlihat seperti gambar 12.



Gambar 12. Cara pengambilan gambar.

## Penentuan Kondisi Optimum

### Optimasi Konsentrasi Kurkumin

Optimasi konsentrasi kurkumin dilakukan dengan menvariasikan konsentrasi kurkumin dari konsentrasi 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15 sampai 0,5% dan konsentrasi HCl 5 % dan 10 % yang diimobilisasi ke kertas dengan volume yang sama yaitu 3 $\mu$ L. Selanjutnya sensor kertas dianalisis pada boraks dengan konsentrasi 0,05 ppm, kemudian difoto (sesuai dengan prosedur pengambilan gambar), gambar yang dihasilkan di analisis intensitas *Red*, *Green* dan *Blue* (RGB) menggunakan program *Microsoft Visual c# expres 2010*. Kemudian dibuat kurva hubungan antara konsentrasi kurkumin dengan intensitas warna yang dihasilkan.

### Optimasi Konsetrasi HCl

Optimasi konsentrasi larutan HCl dilakukan dengan menambahkan larutan HCl dengan konsentrasi 5; 6; 7; 8; 9 dan 10% sebanyak 3 $\mu$ L ke kertas saring yang telah terimobilisasi dengan reagen kurkumin 0,5% sebanyak 3 $\mu$ L. Selanjutnya sensor diuji kinerjanya pada larutan boraks murni dengan konsentrasi 0,05 ppm dan 1000 ppm. Kemudian difoto dan gambar yang dihasilkan dianalisis nilai intensitasnya dan dibuat kurva hubungan antara intensitas dan konsentrasi HCl.

### Optimasi Waktu Pembentukan Warna

Pada tahap ini, 3 $\mu$ L larutan HCl 10% (konsentrasi optimum) diinjek ke kertas saring yang telah terdiimobilisasi dengan reagen kurkumin 0,5 % sebanyak 3 $\mu$ L. Kemudian diuji kinerja sensor pada sempel boraks murni 0,05 ppm dan 1000 ppm. Selanjutnya sensor difoto pada menit ke-0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 60 dan menit ke-90. Selanjutnya gambar dianalisis nilai RGB-nya menggunakan program *Microsoft Visual c# expres 2010*. Data yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara intensitas warna dan waktu. Waktu optimum yang diperoleh digunakan untuk analisis selanjutnya .

### Analisis Boraks

### Pembuatan Kurva Kalibrasi



Prosedur ini dilakukan dengan menginjek sampel boraks murni dengan variasi konsentrasi 0,05; 0,2; 0,5; 0,8; 1; 30; 50; 70; 90 dan 100 ppm ke kertas yang telah terimobilisasi dengan regen kurkumin (konsentrasi optimum) dan HCl (konsentrasi optimum) kemudian diambil gambar pada waktu optimum perubahan warna. Gambar yang didapat dianalisis menggunakan program *Microsoft Visual c# expres 2010* untuk mmendapat nilai RGB-nya. Data yang didapat dibuat kurva hubungan antara konsentrasi larutan boraks dengan intensitas RGB yang dihasilkan.

### Penentuan Kadar Boraks dalam Larutan Boraks Murni dan Sampel Mie Sintetik

Sampel boraks murni dan mie sintetik yang telah diketahui konsentrasinya (0,6 dan 80 ppm; 0,4 dan 33 ppm) dianalisis menggunakan sensor kertas yang telah terimobilisasi dengan regen kurkumin dan HCl pada konsentrasi optimum. Selanjutnya diambil gambarnya dan dianalisis nilai RGB-nya menggunakan program *Microsoft Visual c# expres 2010*.

### Validasi Metode

Validasi metode analisis boraks dengan metode sensor berbasis kertas ini dilakukan dengan membandingkan presisi, akurasi, dan % perolehan kembali (% recovery) dan LOD.

a. Presisi dinyatakan sebagai % RSD

$$\%RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

Dimana : S : Standar deviasi

$\bar{x}$  : mean (rata-rata)

b. Akurasi dinyatakan sebagai %Error

$$\%Error = 100\% - \frac{C_t}{C_s} \times 100\%$$

Dimana :  $C_t$  = konsentrasi hasil pengukuran

$C_s$  = konsentrasi sebenarnya

c. % perolehan kembali dinyatakan sebagai %R

$$\%R = \frac{C_s - C_u}{C_a} \times 100\%$$

Dimana :  $C_s$  = konsentrasi hasil pengukuran

$C_u$  = konsentrasi yang sebelum penambahan ion  $Mn^{2+}$

$C_a$  = konsentrasi ion  $Mn^{2+}$  yang ditambahkan

d. Batas deteksi ( LOD)

Batas deteksi ini digunakan untuk menguji batas dimana konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi :

$$LOD = \frac{3 Sb}{a}$$

Dimana : LOD : batas deteksi

Sb : simpangan baku

a : arah garis linear dari kurva antara respon terhadap konsentrasi = slope (persamaan garis  $y = ax + b$ )