

1019

KADAR BESI, SENG, DAN TEMBAGA DALAM KECAP PRODUKSI UJUNG PANDANG



Oleh

LAMANSU LARUHUN

86 03 111



PERPUSTAKAAN UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. terbit	28-04-93
Asal dari	-
Tar. penerbit	16 Satf elis
Karya	Hasan
No. Inventaris	9407 2019
No. Kas	

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1993

SKRIPSI

OLEH

LAMANSU LARUHUN

86 03 111



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
1993

KADAR BESI, SENG, DAN TEMBAGA
DALAM KECAP PRODUKSI UJUNG PANDANG

OLEH

LAMANSU LARUHUN

86 03 111

Skripsi untuk melengkapi tugas dan memenuhi
syarat untuk mencapai gelar sarjana

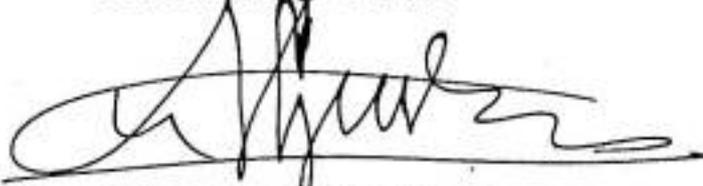
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1993

KADAR BESI, SENG, DAN TEMBAGA DALAM KECAP
PRODUKSI UJUNG PANDANG

Disetujui Oleh

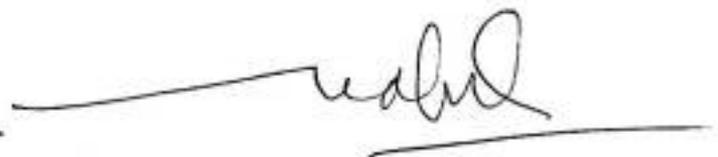
Pembimbing Utama



Ir. Mulyono Hadisuwoyo

Nip : 130 446 087

Pembimbing Pertama



Drs. Syarifuddin Liong

Nip : 130 523 618

Pada tanggal,

1993

" Apakah anda mengira bahwa setetes air yang tidak berarti lebih dari setetes air bagi orang awam, akan kehilangan segala arti di mata seorang ahli ilmu alam, hanya karena ia tahu bahwa unsur pembangunnya diikat oleh suatu gaya yang akan menimbulkan kilat dahsyat bila tidak terikat lagi?"

Herbert Spencer

UCAPAN TERIMA KASIH

Salah satu kewajiban akademik untuk penyelesaian studi guna meraih gelar sarjana adalah penelitian tugas akhir yang selanjutnya dituangkan ke dalam laporan resmi dalam bentuk skripsi. Hal ini merupakan tantangan cukup berat yang penulis rasakan. Oleh sebab itu dengan selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini, tiada kata yang lebih patut untuk diucapkan selain ucapan rasa syukur kehadiran Allah SWT.

Sejak dari perencanaan hingga selesainya penyusunan skripsi ini, tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih serta penghargaan yang sebesar-besarnya dan setulus-tulusnya, kepada :

- Pimpinan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, yang telah memberi izin kepada penulis.
- Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, yang telah memperhatikan agar penulis dapat melakukan tugas-tugas dengan baik dan lancar.
- Bapak Ir. Mulyono Hadisuwoyo dan Bapak Drs. Syarifuddin Liong, sebagai Pembimbing Utama dan Pembimbing Pertama penulis, yang dengan sabar memberikan bimbingan dan petunjuk sejak awal hingga selesainya penyusunan

skripsi ini.

Pada kesempatan ini juga, penulis merasa wajib untuk menyisihkan secara tersendiri, ucapan terima kasih dan hormat, kepada :

- DR. Alfian Noor, M.Sc., yang selama ini bertindak sebagai penasehat akademik penulis, yang lewat diskusi-diskusi dengannya, penulis merasa diperkaya.
- DR. Noor Jalaluddin, yang dengan tulus dan senang hati, menyempurnakan penulisan skripsi ini.
- Bapak Masao Yokoe dan Ibu di Ishikawa, Jepang, yang senantiasa mendorong penulis untuk cepat menyelesaikan studi.
- Bapak Tomu Yamazaki, Presiden Direktur Axon Data Machine Co. Ltd., di Jepang, yang dengan caranya tersendiri telah ikut membantu penulis.
- Tak lupa kepada sahabat-sahabat penulis, Tomoko Asakura, Suichi Kadohara, Ahyar Ahmad, Darwis Said, Nohong, Usman, Abdul azis Latte, Ismail Siaga, Aco Aslam Yusuf, Mashud, yang dengan penuh keramahtamahan memberi dorongan.

Mengakhiri catatan ini, penulis ingin sekali, walaupun dengan cara amat tidak sempurna, menyatakan penghargaan dan rasa hormat yang sedalam-dalamnya kepada Mama dan Papa tercinta, Ita, Bibi, Kakakku Patty dan Yatty serta Paman Abdullah Tajabu yang telah mendahului kami dan oleh karenanya tidak sempat menyaksikan apa

yang diidam-idamkannya. Kepada mereka, penulis hanya dapat memanjatkan doa, agar Tuhan senantiasa melimpahkan rahmat-Nya baik di dunia maupun di akhirat kelak.

Penulis

ABSTRACT

The content of iron (Fe), copper (Cu), and zinc (Zn) in some soy sauces produced in Ujung Pandang have been analyzed. Samples were ashed to remove organic compounds, and then digested by hydrochloric acid 1:1. Further, that digested materials were analyzed by atomic absorption spectrophotometry method to measure concentration of copper and zinc, and by colorimetry method to measure concentration of iron. Results of the analysis showed that concentrations of iron, copper, and zinc were $(6,88 \pm 0,89)$ ppm, $(5,29 \pm 1,26)$ ppm, and $(4,67 \pm 0,45)$ ppm, respectively.

These metals content were sufficiently low that the soy sauce could be consumed without any danger to human health.

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis terhadap kadar besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn) dalam kecap produksi Ujung Pandang. Contoh diabukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa organiknya kemudian dilarutkan dalam asam klorida 1:1. Larutan cuplikan selanjutnya dianalisis menggunakan metode spektrofotometri serapan atom untuk menentukan kadar seng dan tembaga, dan menggunakan metode kolorimetri untuk menentukan kadar besi. Hasil analisis menunjukkan kadar besi, tembaga, dan seng masing-masing $(6,88 \pm 0,89)$ ppm, $(5,29 \pm 1,26)$ ppm, dan $(4,67 \pm 0,45)$ ppm. Kadar logam-logam tersebut masih rendah, sehingga kecap produksi Ujung Pandang dapat dikonsumsi tanpa bahaya bagi kesehatan manusia.

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1. Maksud Penelitian	2
2. Tujuan Penelitian	2
C. Manfaat Penelitian	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Kecap	3
1. Pengantar	3
2. Cara Pembuatan Kecap	4
3. Bahan Dasar Pembuatan Kecap	5
B. Seng	5
1. Pemakaian Seng	6
2. Sifat-sifat Seng	6
3. Toksisitas Seng	7
C. Tembaga	7
1. Pemakaian Tembaga	8
2. Sifat-sifat Tembaga	8
3. Toksisitas Tembaga	9

D. Besi	10
1. Pemakaian Besi	10
2. Sifat-sifat Besi	11
3. Toksisitas Besi	12
E. Spektrofotometer Serapan Atom	12
1. Penggunaan SSA untuk analisis Logam Tembaga dan Seng	13
F. Spectronic-20	16
BAB III. METODE PENELITIAN	17
A. Pengambilan Contoh	17
B. Penentuan Besi, Seng, dan Tembaga	17
C. Pengolahan Data	17
BAB IV. ALAT, BAHAN, DAN CARA KERJA	19
A. Alat yang Digunakan	19
B. Bahan yang Digunakan	20
C. Cara Kerja	20
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	36
1. Kesimpulan	36
2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN-LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Hasil analisis kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap serta bahan dasar pembuatan kecap	31
2.	Kadar rata-rata hasil analisis besi, seng, dan tembaga dalam kecap, serta dalam bahan dasar pembuatan kecap	32
3.	Kadar besi, seng, dan tembaga dalam garam dari air laut.	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
I	Grafik perbandingan kadar rata-rata hasil analisis besi, seng, dan tembaga dalam kecap, kedele, dan air	33

DAFTAR SIMBOL DAN ARTINYA

1. °C	: derajat celcius
2. g	: gram
3. ppm	: part permlion
4. M	: Molar
5. cm ³	: centimeter cubic
6. nm	: nanometer
7. mA	: miliampere
8. Å	: angstrom
9. mm	: milimeter
10. L	: liter
11. PAM	: Perusahaan Air Minum
12. T	: transmittans
13. ml	: mililiter
14. µg	: mikrogram
15. A	: absorbans
16. y	: absorbans, serapan
17. X	: konsentrasi
18. log	: logaritma
19. S	: standar deviasi
20. Σ	: sigma
21. λ	: lambda, panjang gelombang
22. p.a	: pro analysis
23. r	: korelasi
24. DF	: derajat bebas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
I	Pengukuran absorbans dengan SSA Shimadzu AA-640-13	41
II	Pengukuran absorbans dengan Spectronic-20	45
III	Persyaratan kandungan logam-logam berbahaya dalam kecap berdasarkan Standar Industri Indonesia dan Standar Perdagangan	47
IV	Diagram alir pembuatan kecap	48
V	Daftar Industri Kecap di Ujung pandang	49
VI	Tabel hasil Pengujian kecap dilakukan oleh Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia.	50
VII	Kurva panjang gelombang maksimum pengukuran besi	51
VIII	Kurva baku besi	52
IX	Kurva baku tembaga	53
X	Kurva baku seng	54
XI	Contoh perhitungan kadar tembaga dalam kecap	55
XII	Contoh perhitungan kadar besi dalam kecap	56
XIII	Contoh perhitungan kadar seng dalam kecap	57
XIV	Tabel koefisien korelasi, r	58
XV	Perhitungan penentuan panjang gelombang maksimum besi	59
XVI	Perhitungan garis regresi besi	60
XVII	Perhitungan garis regresi tembaga	61
XVIII	Perhitungan garis regresi seng	62
XIX	Analisis kadar besi dalam kecap	63
XX	Analisis kadar tembaga dalam kecap	65
XXI	Analisis kadar seng dalam kecap	67



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kecap merupakan bumbu masakan yang banyak digemari masyarakat Indonesia. Banyak masakan diberi bumbu kecap untuk mendapatkan aroma dan citarasa yang lebih enak.

Industri kecap banyak terdapat di Indonesia. Umumnya industri tersebut berskala kecil dan hanya sedikit yang berskala besar. Hasil observasi yang telah dilakukan di Ujung Pandang menunjukkan bahwa industri kecap di daerah ini semuanya berskala kecil dengan perlengkapan-perengkapan pabrik yang masih tradisional dan sederhana.

Dalam proses pemasakan kecap, digunakan wadah yang terbuat dari baja. Besi adalah bahan utama pembuatan baja, memiliki sifat yang mudah larut dalam asam serta mudah mengalami pengkorosian. Oleh karenanya, dalam proses pemasakan kecap yang berlangsung pada suhu yang relatif tinggi (110°C) selama beberapa jam (± 2 jam), tidak menutup kemungkinan terlarutnya besi dari wadah ke dalam kecap.

Peralatan lain yang digunakan dalam pabrik kecap adalah drum-drum serta guci-guci dari tanah liat, sebagai wadah penampungan gula cair untuk bahan pemanis

kecap dan fermentasi.

Kedele hasil fermentasi bersifat asam, dengan pH berkisar 4 sampai 5. Hasil fermentasi kemudian dicampur dengan larutan garam untuk selanjutnya difermentasi kembali sebelum dimasak. Kondisi ini sangat memungkinkan logam-logam dari wadah larut ke dalam kecap.

Logam besi dan logam-logam berat lainnya, dalam dosis tertentu dapat bersifat racun. Untuk mengetahui sudah seberapa jauh kadar logam-logam berat dalam kecap produksi Ujung Pandang, telah dilakukan analisis dengan metode spektrofotometri serapan atom dan kolorimetri.

B. Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Maksud Penelitian

Untuk mengetahui kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap produksi Ujung Pandang serta pengaruhnya terhadap kesehatan.

2. Tujuan Penelitian

Menentukan kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap produksi Ujung Pandang dengan metode kolorimetri dan spektrofotometri serapan atom.

C. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian akan diperoleh data dasar kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap produksi Ujung Pandang yang dapat merupakan masukan bagi Departemen Perindustrian dalam melakukan pembinaan terhadap produsen kecap.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kecap

1. Pengantar (4,7,14)

Kecap merupakan salah satu hasil pengolahan kedele secara khusus. Di Indonesia, kecap telah lama dikenal sebagai penyedap makanan yang populer dalam masyarakat.

Pada mulanya kecap berasal dari negeri Cina yang kemudian menyebar ke negara-negara lain. Di Cina kecap dikenal dengan nama "chiang-yu", di Jepang disebut "shoyu", di Korea disebut "kanjang", di Filipina disebut "toyo", di Muangthai disebut "see-iew", serta di negara-negara Barat dinamakan "soy sauce".

Meskipun kecap sebenarnya bukan merupakan bahan hasil fermentasi asli Indonesia, tetapi di Indonesia merupakan bahan penyedap masakan yang penting dan banyak dikonsumsi.

Dalam Standar Industri Indonesia, kecap didefinisikan sebagai cairan kental yang mengandung protein yang diperoleh dari perebusan kedele yang telah diragikan dan ditambah gula, garam, dan rempah-rempah. Sedangkan dalam Standar Perdagangan, kecap didefinisi-

kan sebagai bahan penyedap makanan yang berbentuk cairan yang diperoleh dari hasil fermentasi bahan pokok kedele ditambah bahan-bahan lainnya.

2. Cara Pembuatan Kecap 4,14)

Pada umumnya kecap dibuat melalui dua tahap fermentasi. Tahap pertama adalah fermentasi oleh jamur atau proses penjamuran. Pada tahap ini terjadi perombakan senyawa kompleks, yaitu protein, lemak, dan karbohidrat menjadi bentuk yang lebih sederhana. Tahap kedua adalah fermentasi dalam larutan garam yang penting dalam pembentukan flavor (rasa dan aroma).

Di Indonesia umumnya pembuatan kecap masih dilakukan secara tradisional. Kedele yang telah dibersihkan dan direndam, selanjutnya dimasak sampai lunak. Setelah itu ditiriskan dan dihamparkan di atas nyiru yang diletakkan pada rak-rak bambu. Kadang-kadang di atas hamparan tersebut ditutup dengan kain goni.

Oleh karena proses penjamuran, "koji" (kedele yang telah ditumbuhi jamur dengan spora yang berwarna kuning) dijemur untuk memudahkan penghilangan spora. Kemudian dilanjutkan dengan fermentasi tahap kedua, yaitu dengan jalan merendam koji tersebut dalam larutan garam (NaCl). Lama fermentasi untuk tahap ini bervariasi pada berbagai industri kecap. Hasil fermentasi disaring dan ampas kedele dicampur dengan air guna disaring kembali. Biasanya penyaringan dilakukan tiga

sampai empat kali. Filtrat yang dihasilkan dari tiap tingkatan penyaringan tersebut dicampur, kemudian diberi bumbu, gula, serta dididihkan seperlunya. Kecap yang dihasilkan dikemas dengan penambahan asam benzoat sebagai pengawet. Diagram alir pembuatan kecap dapat dilihat pada Lampiran IV.

3. Bahan Dasar Pembuatan Kecap^{4,7,14)}

Bahan dasar pembuatan kecap yang utama adalah kedele. Di Jepang, kecap yang berkualitas baik dibuat dari campuran kedele dengan gandum dalam jumlah yang sama. Di Cina kecap biasanya dibuat dari kedele murni atau kedele yang dicampur dengan gandum dalam jumlah yang relatif sedikit. Di Indonesia kecap dibuat dari kedele murni atau sedikit tambahan tepung beras, terigu atau gandum.

Bahan-bahan lain yang digunakan dalam industri kecap selain kedele adalah air, ragi atau starter kecap (bibit kapang), larutan garam (NaCl), gula, dan rempah-rempah.

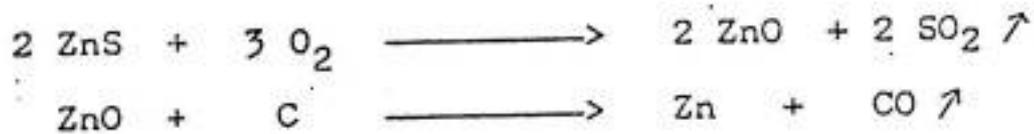
B. Seng

Logam seng, dalam paduan sebagai logam kuningan, telah dikenal sejak jaman prasejarah. Logam ini ditemukan oleh Homberg pada tahun 1695 dan diberi nama Zink.¹²⁾

Seng merupakan logam keempat terbanyak digunakan

setelah besi, aluminium, dan tembaga. Seng tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam. Di alam, seng ditemukan sebagai sulfida seng (ZnS), karbonat seng, atau oksida seng.¹²⁾

Logam seng dapat diperoleh dengan cara mengoksidasi seng sulfida, kemudian direduksi dengan karbon :⁶⁾



1. Pemakaian Seng^{1,12)}

Seng paling umum digunakan sebagai pelapis pada atap, perkakas rumah tangga, pelapis tangki, pelindung besi dan baja, penyusun paduan logam seperti kuningan, dan sebagai pereduksi pada reaksi kimia.

2. Sifat-sifat Seng^{1,12,18)}

Logam seng termasuk unsur transisi golongan dua dalam sistem berkala unsur-unsur. Bobot atom 65,37 dengan titik didih 907 °C, titik leleh 419,5 °C, dan berat jenisnya 6,7 - 7,2 g/cm³. Bentuk oksidanya hanya satu, yaitu ZnO.

Seng oksida mudah larut dalam asam, membentuk garam-garam seng :



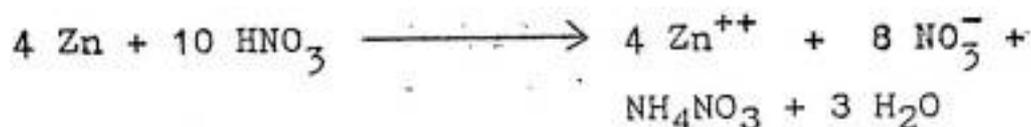
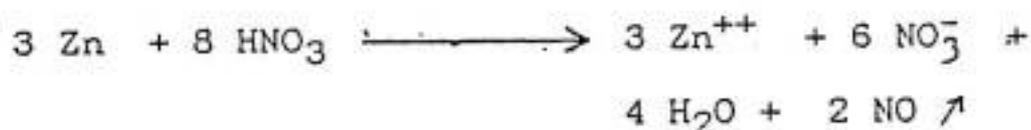
Senyawa-senyawa seng hanya dikenal dengan bilangan oksidasi +2. Ion Zn⁺⁺ mudah membentuk kompleks

yang stabil.

Seng dapat larut dalam asam klorida, asam sulfat, dan asam asetat dengan menghasilkan gas H_2 .



Seng adalah pereduksi kuat, yang dapat dengan mudah mereduksi asam nitrat. Kemampuannya mereduksi bergantung pada kepekatan asam. Dengan asam nitrat yang sangat pekat, dihasilkan NO_2 dimana apabila digunakan asam encer akan direduksi menjadi amonium nitrat.



3. Toksisitas Seng¹⁾

Keracunan seng melalui mulut dilaporkan terjadi pada manusia sebagai akibat mengkonsumsi makanan atau minuman dari wadah yang digalvanisasi. Gejala keracunan ditandai dengan demam, muntah-muntah, kejang perut, dan berak-berak. Tanda-tanda yang sama juga dapat disebabkan karena menghirup uap seng oksida yang masuk ke dalam paru-paru.

C. Tembaga

Logam tembaga telah dikenal sejak jaman prasejarah. Senyawa tembaga mudah membentuk ion kupro dan kupri. Ion-ion ini mudah direduksi menjadi tembaga.

Sifat ini memungkinkan peradaban kuno mudah memperoleh tembaga dari bijihnya.¹²⁾

Tembaga termasuk unsur perunut bumi. Kadarnya pada kulit bumi relatif sedikit. Dalam air laut, kadar tembaga sekitar 0,05 ppm. Nilai ambang batas tembaga dalam air bergantung pada penggunaan air tersebut.

1. Pemakaian Tembaga¹²⁾

Tembaga sangat mudah menghantarkan listrik dan panas. Karena sifat ini, tembaga digunakan sebagai kawat penghantar arus listrik. Peralatan dapur dan industri memanfaatkan sifat tembaga yang mudah menghantarkan panas dalam berbagai bagian yang berperan dalam perpindahan kalor.

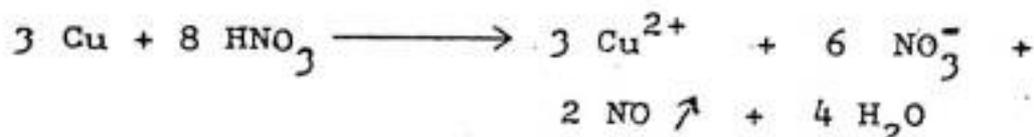
Pipa untuk mengalirkan air atau cairan lain yang panas kebanyakan dibuat dari tembaga atau paduannya. Hasil paduan tembaga terutama dalam bentuk perunggu digunakan untuk bahan pembuatan kunci, engsel, hiasan, dan lain-lain.

2. Sifat-sifat Tembaga^{8,12)}

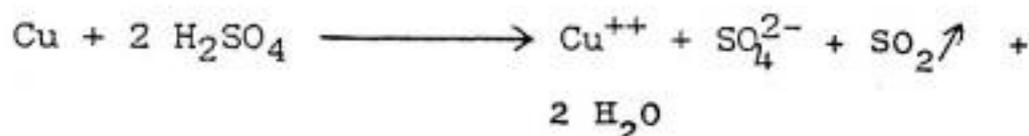
Tembaga berwarna merah kekuning-kuningan, sangat mudah ditempa dan diulur. Penghantar listrik yang baik. Nomor atom 29 dengan lambang atom Cu. Dalam sistem berkala unsur-unsur, tembaga termasuk unsur transisi golongan satu. Bobot atom tembaga 63,54. Isotopnya 63 dan 65. Titik leleh 1083 °C dan bobot

jenisnya 8,93 - 8,95 g/cm³.

Potensial elektroda standar tembaga adalah positif (+ 0,34 volt untuk pasangan Cu/Cu⁺⁺), sehingga tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Asam nitrat dengan kepekatan 8 M mudah melarutkan tembaga :



Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :



Sifat-sifat penting tembaga lainnya adalah jika dipanaskan terbentuk tembaga yang berwarna hitam, dalam udara basah dan mengandung CO₂ berubah menjadi karat tembaga.

3. Toksisitas Tembaga^{6,8)}

Dalam kadar tertentu, logam tembaga diperlukan oleh tubuh manusia, terutama untuk pembentukan sel darah merah.

Pada sisi lain, logam ini dalam dosis yang tinggi bersifat racun. Keracunan akut logam tembaga disebabkan karena masuknya sejumlah garam tembaga melalui mulut secara berlebihan, umumnya CuSO₄ (dosis normal adalah 0,3 gram CuSO₄ dalam 30 ml air hangat), dapat menyebabkan kematian. Gejalanya adalah mual, muntah, dan penyakit kuning.

Tembaga terdistribusi secara luas sepanjang jaringan hati, dengan konsentrasi yang tinggi pada liver, ginjal, sum-sum tulang belakang, otak, dan rambut.

D. Besi

Besi telah dikenal sejak jaman prasejarah. Penggunaan besi dalam pengobatan sudah dimulai sejak abad pertengahan, walau masih sedikit hal yang dipahami tentang zat besi. Tentara Yunani dan India merendam pedang tua dan meminum air rendamannya untuk mendapatkan kekuatan. Pada tahun 1713, Lemerey dan Goeffry menemukan zat besi dalam darah. Sejak itu pengertian tentang metabolisme zat besi berkembang dengan cepat.^{12,16)}

Simbol logam besi diambil dari dua huruf pertama dari bahasa Latinnya, Ferrum. Di alam, besi dijumpai kebanyakan sebagai oksida, misalnya magnetite (Fe_3O_4), hematite (Fe_2O_3), siderite (FeCO_3), dan pyrite (FeS_2).

1. Pemakaian Besi^{1,12)}

Besi jarang dijumpai sebagai logam murni dalam hidup sehari-hari dan lebih sering dijumpai sebagai baja. Logam besi dalam paduan dengan logam lain digunakan untuk berbagai peralatan dan konstruksi. Alat-alat rumah tangga juga banyak dibuat dari besi, seperti sabit, parang, rangka kompor, dan pisau. Wadah-wadah



seperti drum dan tangki penampung juga memanfaatkan besi sebagai bahan dasar pembuatannya. Besi dalam bentuk garam sulfat digunakan untuk pengobatan penyakit anemia.

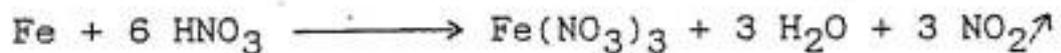
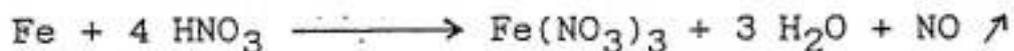
2. Sifat-sifat Besi^{12,17)}

Nomor atom besi 26, termasuk unsur transisi golongan delapan dalam sistem berkala unsur-unsur. Bobot atomnya 55,85. Isotopnya 54, 56, 57, dan 58. Titik leleh besi 1530 °C dan titik didihnya 3200 °C dengan berat jenis 7,86 g/cm³.

Besi mempunyai bilangan oksidasi +2 dan +3 dan dapat larut dalam suasana asam. Dalam asam nitrat encer, terbentuk ion fero dan ion amonium :



Apabila kepekatan asam ditingkatkan, akan terbentuk ion-ion feri :



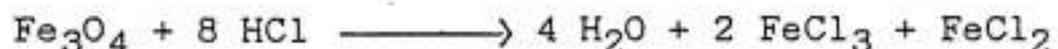
Apabila feroksida dilarutkan dalam asam klorida, dihasilkan feroklorida :



dan dengan ferioksida menghasilkan feriklorida :



Sedangkan bila feroferiklorida yang dilarutkan dengan HCl, akan dihasilkan campuran fero dan feriklorida



3. Toksisitas Besi¹⁾

Keracunan besi secara akut disebabkan oleh masuknya besi melalui mulut dalam kadar yang berlebih (lebih dari 1000 miligram). Gejala pertama adalah muntah-muntah, lesu, gelisah, dan tubuh menjadi kebiru-biruan. Gejala kedua adalah daya ingat menurun, dimana hal ini terjadi beberapa jam setelah keracunan terjadi. Kemudian disusul gejala ketiga yang ditandai terjadinya radang paru-paru, keracunan pada hati, dan akhirnya menyebabkan kematian.

E. Spektrofotometer Serapan Atom 2,3,5,9,10,13)

Pada suhu kamar, semua atom suatu cuplikan berada pada keadaan dasar dengan susunan tingkat energi yang sesuai dengan penyebaran elektron dalam orbital disekeliling inti.

Apabila kepada populasi atom yang berada pada tingkat energi dasar dilewatkan berkas sinar yang spesifik untuk atom itu, maka terjadi penyerapan energi sinar oleh atom-atom tersebut. Penyerapan ini akan menyebabkan terlemparnya elektron dari tingkat energi dasarnya ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan tereksitasi ini hanya berumur 10^{-9} detik atau lebih pendek, kemudian elektron akan kembali ke tingkat energi semula. Pada saat elektron kembali ke tingkat energi semula maka akan dipancarkan sejumlah energi sinar yang sesuai dengan panjang gelombang tertentu.

Fenomena penyerapan sinar oleh atom-atom dalam keadaan dasar merupakan prinsip dasar spektrofotometer serapan atom. Syarat untuk atom-atom yang melakukan penyerapan adalah berada dalam keadaan gas dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau sinar ultra lembayung. Akibat terjadinya penyerapan energi sinar tersebut, maka intensitas sinar yang dilewatkan menjadi berkurang. Berkurangnya intensitas sinar yang dilewatkan sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar.

1. Penggunaan SSA untuk Analisis Cu dan Zn

Analisis secara spektrofotometri serapan atom memerlukan contoh dalam bentuk larutan. Untuk itu contoh-contoh organik harus dilakukan pendekomposisian dan pelarutan sebelum dianalisa. Contoh-contoh organik mempunyai komposisi kimia yang bervariasi, sehingga kadang-kadang memerlukan perlakuan yang berbeda dalam hal penyiapan.

Dengan cara spektrofotometri serapan atom, cuplikan yang dianalisa harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih berada dalam keadaan azasnya. Atom-atom netral yang berada dalam keadaan azas ini harus didispersikan sedemikian rupa didalam berkas sinar yang datang dari lampu katoda berongga.

Untuk memperoleh uap atom-atom netral suatu unsur dalam suatu cuplikan, digunakan nyala api. Sete-

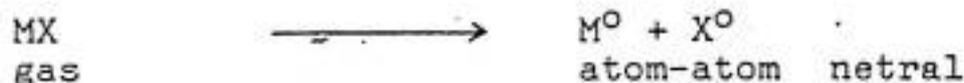
lah cuplikan masuk kedalam nyala api, mula-mula akan terjadi proses "desolvasi" (penguapan pelarut) menghasilkan partikel-partikel padat halus garam.



Pada suhu tinggi, partikel-partikel garam berubah menjadi uap :



Pemanasan lebih lanjut menyebabkan molekul-molekul garam terdisosiasi menghasilkan atom-atom netral :



Gas pengoksidasi yang dipakai untuk menghasilkan nyala adalah udara, oksigen atau N_2O . Sedangkan gas-gas bahan bakar yang digunakan adalah propana, butana, hidrogen, dan asetilen.

Penggunaan kombinasi gas pengoksidasi dan gas bahan bakar tertentu menghasilkan suhu tertentu yang khas. Pemilihan kombinasi gas-gas tersebut bergantung kepada suhu yang dibutuhkan untuk mendisosiasikan senyawa-senyawa serta sifat-sifat kimia unsur yang dianalisa. Penggunaan kombinasi udara asetilen menghasilkan suhu maksimum 2300°C . Tembaga dan seng termasuk unsur-unsur yang mudah diatomkan, sehingga suhu yang dihasilkan dari kombinasi udara-asetilen memenuhi syarat untuk digunakan dalam analisis tembaga dan seng.

Atom-atom netral dalam bentuk gas dapat menyerap sinar dengan panjang gelombang tertentu. Penyerapan sinar ini sesuai dengan konsentrasi atom-atom logam dalam cuplikan. Hubungan antara serapan sinar dengan konsentrasi logam dan panjang gelombang tertentu dinyatakan oleh hukum Lambert Beer sebagai berikut:

$$A = \log \frac{P_0}{P} = a \cdot b \cdot c$$

dimana:

- A = serapan (absorbans)
- P_0 = intensitas cahaya dari sumber cahaya
- P = intensitas cahaya yang sampai pada detektor
- a = konstanta absorptivita
- b = panjang medium absorpsi
- c = konsentrasi

Dalam melakukan pengerjaan dengan spektrofotometer serapan atom, digunakan parameter-parameter tertentu yang khas untuk setiap unsur yang dianalisa. Untuk analisa tembaga dan seng digunakan parameter-parameter sebagai berikut :

- Logam seng :

Panjang gelombang	213,9 nm
Arus lampu	6 mA
Lebar celah	3,8 A°
Tinggi nyala	7 mm
Laju aliran udara	10 L/menit
Laju aliran asetilen	6 L/menit

- Logam tembaga:

Panjang gelombang	324,7 nm
Arus Lampu	7 mA
Lebar celah	3.8 A ⁰
Tinggi nyala	4 mm
Laju aliran udara	10 L/menit
Laju aliran asetilen	2,3 L/menit

F. Spectronic-20⁵⁾

Spectronic-20 digunakan untuk analisis yang didasarkan pada kemampuan senyawa-senyawa dalam larutan untuk menyerap sinar visible yang melewatinya. Jumlah sinar yang diserap bergantung jenis senyawa, konsentrasi senyawa, serta tebal larutan.

Cara kolorimetri ini baik sekali digunakan terhadap penentuan kadar senyawa dalam jumlah yang kecil. Mula-mula ditetapkan panjang gelombang dimana terjadi penyerapan maksimum, setelah itu dengan menggunakan larutan baku dibuat kurva kalibrasi antara absorban dan konsentrasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Contoh

1. Pengambilan Contoh Kecap

Pengambilan contoh kecap dilakukan secara acak. Pada beberapa toko, supermarket, dan pasar di Ujung Pandang.

2. Pengambilan Contoh Air

Dilakukan pengambilan contoh air yang digunakan untuk membuat kecap yaitu air PAM dan air tanah.

3. Pengambilan Contoh Kedele

Kedele untuk bahan dasar pembuatan kecap dihasilkan dari beberapa daerah di Sulawesi Selatan. Dilakukan analisis kedele yang diambil dari beberapa daerah produksi.

B. Penentuan Logam Seng, Tembaga, dan Besi

Analisis kadar tembaga dan seng dalam contoh dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom dan analisis kadar besi dilakukan dengan spectronic-20.

C. Pengolahan Data

Pembuatan kurva baku seng, tembaga, dan besi dari hasil pengukuran dengan spektrofotometer serapan atom dan spectronic-20. Perhitungan kadar seng,

tembaga, dan besi dalam contoh dari hasil pengukuran dengan spektrofotometer serapan atom dan spectronic-20 menggunakan kurva kalibrasi seng, tembaga, dan besi.

BAB IV

ALAT, BAHAN, DAN CARA KERJA

A. Alat yang Digunakan

1. Spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu AA-640-13.
2. Spectronic-20 Bausch & Lomb.
3. Lampu katoda berongga untuk logam seng dan tembaga.
4. Timbangan analitik.
5. Pipet tetes.
6. Krus porselin.
7. Tanur.
8. Pembuka botol.
9. Kertas aluminium foil.
10. Gelas kimia 250 ml, 100 ml, 50 ml, dan 25 ml.
11. Pipet ukur 10 ml.
12. Batang pengaduk.
13. Kertas pH universal.
14. Kertas saring.
15. Pemanas listrik.
16. Kuvet.
17. Rak tabung reaksi.
18. Lap kasar dan lap halus.
19. Kertas tissue.
20. Kertas label.
21. Statif
22. Labu takar 1000 ml, 100 ml, 50 ml, 25 ml.
23. Tabung reaksi.

24. Buret mikro.
25. Corong isi.
26. Erlenmeyer.

B. Bahan yang Digunakan

1. Udara.
2. Asetilen.
3. Besi (II) amonium sulfat.
4. Asam sulfat p.a.
5. Asam klorida p.a.
6. Asam nitrat p.a.
7. Akuades.
8. 1,10-fenantrolin.
9. Hidroksilamin hidroklorida.
10. Natrium asetat.
11. Amoniak.
12. Serbuk tembaga 99,7 %.
13. Serbuk seng 99,9 %.

C. Cara Kerja

1. Penyiapan Larutan untuk Analisis dengan Spectronic-20
 - a. Penyiapan Larutan Contoh Kecap
 - Timbang 4 gram contoh dalam krus porselin.
 - Contoh diabukan dalam tanur pada suhu 550 °C kemudian dinginkan.
 - Larutkan sisa dengan 5 tetes HCl 1:1 kemudian diencerkan dengan 10 ml akuades.

- Larutan contoh disaring ke dalam labu takar 50 ml.
- Tambahkan 2 ml hidroksilamin hidroklorida.
- Tambahkan 5 ml larutan 1,10-fenantrolin.
- Tambahkan 5 ml larutan natrium asetat 1 M.
- Larutan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas.
- Larutan diatur pada pH 5.
- Untuk mencapai warna yang stabil, larutan didiamkan selama minimum 30 menit sebelum pengukuran dilakukan.

b. Penyiapan Larutan Contoh Kedele

- Timbang 5 gram contoh kedele.
- Abukan dalam tanur pada suhu 550 °C selama 2 jam kemudian dinginkan.
- Tambahkan 2 ml HCl 1:1 untuk melarutkan logam-logam yang ada dalam abu tersebut.
- Tambahkan 10 ml akuades.
- Larutan contoh disaring ke dalam labu takar 50 ml.
- Tambahkan 2 ml hidroksilamin hidroklorida.
- Tambahkan 5 ml larutan 1,10-fenantrolin.
- Tambahkan 5 ml larutan natrium asetat 1 M.
- Encerkan larutan dengan akuades sampai tepat tanda batas.
- Larutan diatur pada pH 5.

- Larutan didiamkan selama minimum 30 menit sebelum dilakukan pengukuran.

c. Penyiapan Larutan Contoh Air

- 25 ml contoh air disaring ke dalam labu erlenmeyer.
- Tambahkan 2 ml hidrosilamin hidroklorida.
- Tambahkan 5 ml larutan 1,10-fenantrolin.
- Tambahkan 5 ml larutan natrium asetat 1 M.
- Larutan didiamkan selama minimum 30 menit sebelum dilakukan pengukuran.

d. Penyiapan Larutan Blanko

Untuk setiap larutan contoh, disiapkan masing-masing larutan blankonya. Larutan blanko adalah larutan yang dibuat dengan cara yang sama dengan penyiapan larutan contoh tetapi tanpa menggunakan contoh.

e. Penyiapan Deret Larutan Standar Fe

- Timbang 0,702 gram besi (II) amonium sulfat.
- Larutkan dengan akuades secukupnya.
- Tambahkan 2,5 ml asam sulfat pekat.
- Pindahkan larutan ke dalam labu takar 1 L dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung besi 100 ppm.
- Tempatkan 10 ml larutan besi 100 ppm ke dalam

labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung besi 10 ppm.

- Tempatkan larutan besi 10 ppm ke dalam 5 buah labu takar 100 ml masing-masing 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml dan 10 ml. Tambahkan 2 ml larutan hidroksil amin hidroklorida, 5 ml larutan 1,10-fenantrolin dan 5 ml larutan natrium asetat 1 M . Masing-masing larutan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung besi 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm, dan 1,0 ppm.
- Tempatkan 5 ml larutan besi 1,0 ppm ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung besi 0,05 ppm.
- Larutan diatur pada pH 5.

2. Penyiapan Larutan untuk Analisis dengan SSA

a. Penyiapan Larutan Contoh Kecap

- Timbang 4 gram contoh dalam krus porselin.
- Contoh diabukan dalam tanur pada suhu 550 °C kemudian didinginkan.
- Larutkan sisa dengan 5 tetes HCl 1:1 kemudian diencerkan dengan 10 ml akuades.
- Larutan contoh disaring ke dalam labu takar 50 ml kemudian diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas.

b. Penyiapan Larutan Contoh Kedele

- Timbang 5 gram contoh kedele.
- Abukan contoh dalam tanur pada suhu 550 °C kemudian dinginkan.
- Tambahkan 2 ml HCl 1:1 kemudian diencerkan dengan 10 ml akuades. Larutan contoh disaring ke dalam labu takar 50 ml.
- Encerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas.

c. Penyiapan Larutan Contoh Air

- 50 ml contoh air disaring dengan kertas saring.
- Filtrat siap diukur.

d. Penyiapan Larutan Blanko

Untuk setiap larutan contoh, disiapkan masing-masing larutan blankonya. Larutan blanko adalah larutan yang dibuat dengan cara yang sama dengan penyiapan larutan contoh tetapi tanpa menggunakan contoh.

e. Penyiapan Larutan Induk Seng 1000 ppm

- Timbang 1,0000 gram serbuk seng, dilarutkan dengan 100 ml asam nitrat 1:1 kemudian ditambahkan akuades 10 ml. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 1000 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas .



f. Penyiapan Larutan Induk Tembaga 1000 ppm

- Timbang 1,0000 gram serbuk tembaga, dilarutkan dengan 100 ml asam nitrat 1:1 kemudian ditambahkan 10 ml akuades. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 1000 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas.

g. Penyiapan Larutan Sediaan Seng dan Tembaga 100 ppm

- Pindahkan 10 ml larutan seng 1000 ppm ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung seng 100 ppm.
- Pindahkan 10 ml larutan tembaga 1000 ppm ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung tembaga 100 ppm.

h. Penyiapan Deret Larutan Standar Seng

- Pindahkan 10 ml larutan standar seng 100 ppm ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang dihasilkan mengandung seng 10 ppm.
- Dari larutan standar seng 10 ppm ini dibuat deret larutan standar seng 0,2 ppm, 0,5 ppm, 0,8 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, dan 2,0 ppm.

i. Penyiapan Deret Larutan Standar Tembaga

- Pindahkan 10 ml larutan standar tembaga 100 ppm ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tepat tanda batas. Larutan yang

dihasilkan mengandung tembaga 10 ppm.

- Dari larutan standar tembaga 10 ppm ini dibuat deret larutan standar tembaga 0,2 ppm, 0,5 ppm, 0,8 ppm, 1,0 ppm, dan 1,5 ppm.

3. Teknik Kurva Kalibrasi

a. Pengukuran dengan SSA

- Larutan blanko diaspirasikan ke dalam nyala dan penunjukkan alat dijadikan nol.
- Berturut-turut diaspirasikan larutan standar menurut pertambahan konsentrasi.
- Larutan contoh diaspirasikan.
- Setiap selesai mengaspirasikan larutan contoh atau larutan standar, larutan blanko diaspirasikan untuk menolkan recorder.
- Setiap pengukuran dilakukan minimal 3 kali.
- Nilai-nilai serapan dari deret larutan standar dialurkan terhadap konsentrasi, sehingga diperoleh kurva baku.
- Serapan contoh dialurkan ke kurva baku untuk memperoleh konsentrasi logam seng dan tembaga dalam contoh.

b. Pengukuran dengan Spectronic-20

- Jarum penunjuk pengukuran diatur agar menunjukkan 0 %T (T = transmitans).
- Dengan menggunakan larutan blanko, atur kedudukan jarum penunjuk hasil pengukuran pada 100 %T.
- Pengukuran deret larutan standar dilakukan sesuai

- pertambahan konsentrasi. Nilai %T dicatat minimal tiga kali pengukuran.
- Pengukuran larutan blanko dilakukan setiap kali selesai melakukan pengukuran larutan standar atau larutan contoh.
 - Larutan contoh diukur %T dan setiap hasil pengukuran dicatat. Dilakukan minimal tiga kali pengukuran.
 - Nilai-nilai %T hasil pengukuran standar dan contoh dikonversi kedalam nilai-nilai serapan A.
 - Nilai-nilai serapan larutan standar dialurkan terhadap konsentrasi sehingga diperoleh kurva baku.
 - Nilai-nilai serapan A larutan contoh dialurkan terhadap kurva baku untuk memperoleh konsentrasi besi dalam cuplikan.

4. Analisis Data

Dengan rumus-rumus statistik di bawah ini semua hasil pengukuran dilakukan perhitungan dengan cara berikut :1,6)

Misalkan dari n kali pengukuran serapan sebuah larutan dengan konsentrasi X ppm, didapat data yaitu :

$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, \dots, y_n$

maka harga serapan rata-rata adalah :

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + \dots + y_n}{n}$$

Selanjutnya dibuat grafik kurva baku dengan sumbu X untuk konsentrasi dan sumbu y untuk nilai-nilai serapan. Untuk menarik garis lurus dalam kurva baku tersebut, maka untuk masing-masing pengukuran serapan larutan baku dimasukkan ke dalam persamaan :

$$y = a + b X$$

dimana :
 y = serapan
 X = kepekatan (ppm)
 a = suatu konstanta
 b = $\text{tg} \alpha$

nilai a dan b dihitung dengan persamaan berikut :

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

Untuk garis regresi yang melewati titik (0,0), maka nilai a adalah 0. Dengan demikian persamaan regresi menjadi :

$$y = b' X$$

nilai b' dalam persamaan tersebut di atas dihitung dengan persamaan berikut :

$$b' = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$$

Bila persamaan garis regresi sudah diperoleh maka antara serapan dan konsentrasi diuji korelasinya dengan menggunakan persamaan :

$$r = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

nilai r secara teoritis bisa :

= +1 ; berarti ada korelasi positif

= 0 ; berarti tidak ada korelasi

= -1 ; berarti ada korelasi negatif

Dalam praktek, nilai r ini ditemukan sering tidak tepat sama dengan nilai-nilai tersebut di atas. Untuk mengetahui arti dari setiap nilai r yang diperoleh, maka perlu di uji dengan pertolongan tabel r. Ini dapat kita laksanakan pada nilai p tertentu dengan derajat bebas :

$$DB = N - 2$$

dimana N adalah jumlah pasangan. Apabila dari hasil pengukuran diperoleh nilai r yang lebih kecil dari nilai r dalam tabel pada p tertentu, berarti tidak ada korelasi.

Setelah memeriksa koefisien korelasi data hasil pengukuran standar, konsentrasi contoh ditentukan. Hal ini dilakukan dengan cara mengalurkan serapan contoh ke dalam garis regresi dari larutan standar.

Selanjutnya, kadar logam dalam kecap produksi Ujung Pandang ditentukan dengan persamaan, $(\bar{X} + S)$. Nilai \bar{X} diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

sedang nilai S diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi terhadap logam-logam yang diduga terdapat dalam kecap produksi Ujung Pandang, yaitu besi, tembaga, timbal, merkuri, timah, dan seng, ternyata logam-logam yang ada dalam contoh kecap tersebut adalah besi, tembaga, dan seng.

Hasil analisis besi dalam kecap menunjukkan kadar rata-rata 6,88 ppm. Kadar tertinggi yang diperoleh 7,77 ppm sedangkan kadar terendah adalah 5,99 ppm. Dalam bahan dasar dan bahan pendukung pembuatan kecap, diperoleh kadar rata-rata besi 1,91 ppm pada kedele, 0,11 ppm pada air tanah, dan 0,03 ppm pada air PAM.

Hasil analisis seng dalam kecap menunjukkan kadar rata-rata 4,67 ppm. Kadar tertinggi yang diperoleh adalah 5,12 ppm sedangkan kadar terendah adalah 4,22 ppm. Dalam bahan dasar dan bahan pendukung pembuatan kecap, diperoleh kadar rata-rata seng 0,07 ppm pada air tanah dan 0,02 ppm pada air PAM sedangkan dalam contoh kedele logam ini tidak terdeteksi.

Hasil analisis tembaga dalam kecap menunjukkan kadar rata-rata 5,29 ppm. Kadar tertinggi yang diperoleh adalah 6,55 ppm sedangkan kadar terendah adalah 4,03 ppm. Dalam bahan dasar dan bahan pendukung pembuatan kecap, diperoleh kadar rata-rata tembaga 0,79 ppm pada kedele, 0,08 ppm pada air tanah, dan 0,03 ppm pada air PAM. Hasil

lengkap analisis kadar besi, tembaga, dan seng dalam kecap dan dalam bahan dasar pembuatan kecap dapat dilihat pada Tabel 1 dan kadar rata-rata besi, tembaga, dan seng dalam

Tabel 1 : Hasil analisis besi, tembaga, dan seng dalam kecap serta dalam bahan dasar pembuatan kecap.

Nomor	Kode Contoh	Konsentrasi (ppm)		
		besi	tembaga	seng
1	Kecap A	8,43	7,31	4,41
2	Kecap B	6,85	5,28	4,10
3	Kecap C	6,36	4,48	5,06
4	Kecap D	6,46	4,01	4,57
5	Kecap E	6,32	5,29	5,18
6	Air KA	0,03	0,02	0,03
7	Air KB	0,02	0,02	0,03
8	Air KC	0,03	0,03	--
9	Air KD	0,03	0,04	0,01
10	Air TA	0,12	0,08	0,07
11	Air TB	0,14	0,07	0,07
12	Air TC	0,10	0,07	0,08
13	Air TD	0,10	0,08	0,08
14	Kedele W	1,89	0,73	--
15	Kedele S	1,93	0,85	--
16	Kedele J	1,89	0,82	--

Keterangan :

- A, B, C, D, E : Industri kecap di Ujung Pandang
- KA, KB, KC, KD, : Air PAM dari industri kecap A, B, C, D, dan E
- TA, TB, TC, TD : Air tanah dari industri kecap A, B, C, D, dan E
- Kedele W, S, J : Contoh kedele produksi Bone, Wajo, dan Jeneponto

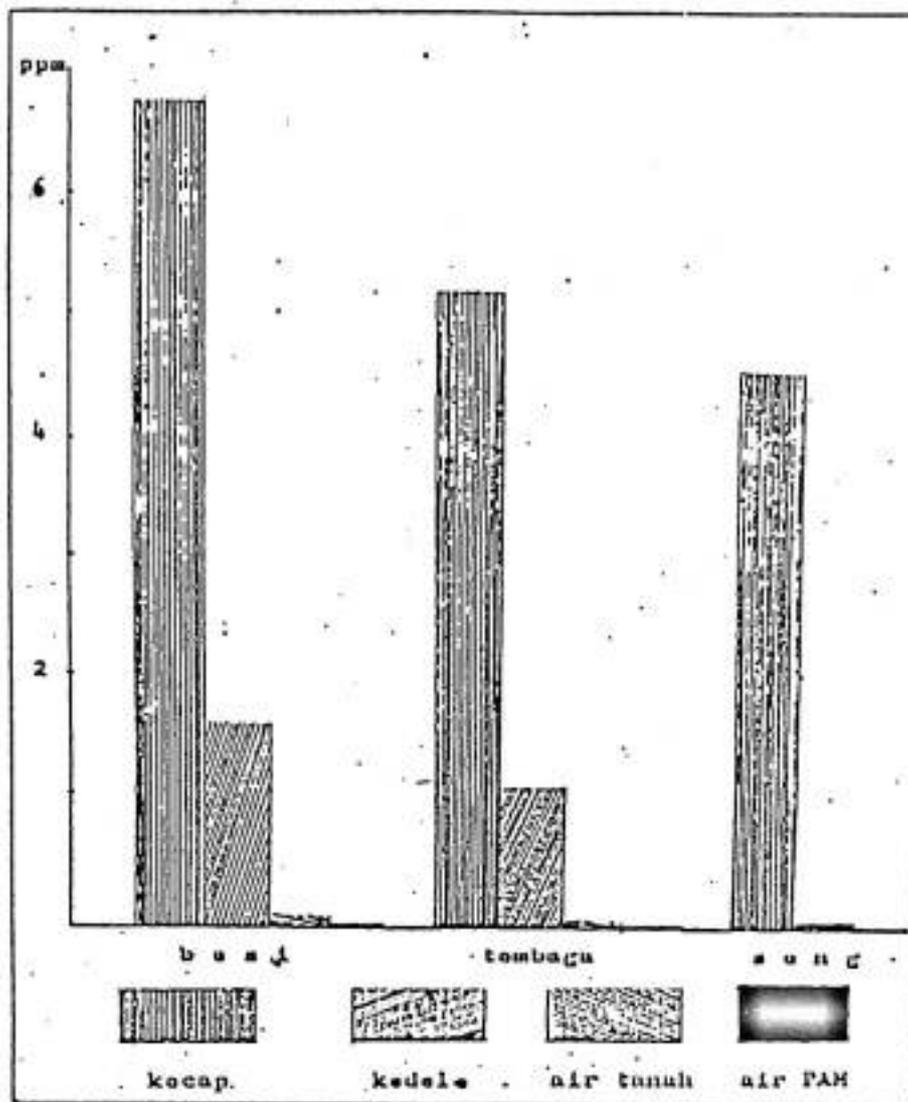
kecap dan dalam bahan dasar pembuatan kecap dapat dilihat pada Tabel 2.

Kadar rata-rata besi, seng, dan tembaga yang ada dalam kecap dibandingkan dengan kadar rata-rata logam-logam tersebut yang diperoleh dari hasil analisis dalam bahan pendukung pembuatan kecap (kedele dan air) lebih besar, yaitu 4 kali lebih besar untuk besi, 7 kali lebih besar untuk tembaga, dan 60 kali lebih besar untuk seng.

Tabel 2 : Kadar rata-rata besi, seng, dan tembaga hasil analisis dalam kecap, kedele, dan air.

Nomor	B a h a n	Konsentrasi (ppm)		
		besi	tembaga	seng
1	K e c a p	6,88	5,29	4,67
2	Air PAM	0,03	0,03	0,02
3	Air tanah	0,11	0,08	0,07
4	K e d e l e	1,91	0,79	-

Proses pemasakan kecap menggunakan wadah yang terbuat dari logam dan dilakukan pada suhu yang relatif tinggi (110°C) untuk waktu yang cukup lama (± 2 jam). Selama proses pemasakan kecap diduga terjadi pelarutan logam-logam dari wadah. Oleh karena itu kadar logam-logam dalam kecap lebih tinggi dibanding hasil analisis yang diperoleh dari kedele dan air.



Gambar I : Grafik perbandingan kadar rata-rata Fe, Cu, dan Zn dalam kecap, kedele, dan air

Besi, seng, dan tembaga secara alamiah terdapat dalam garam (NaCl). Kadar logam-logam tersebut secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Kadar tembaga, besi, dan seng dalam garam dari air laut¹¹⁾

Nomor	Logam Berat	Kadar (ppm)
1	S e n g	0,15
2	Tembaga	20
3	B e s i	100



Meskipun kadar garam yang digunakan dalam proses pembuatan kecap hanya relatif sedikit (sekitar 18 %), tetapi melihat kadar besi dan tembaga yang relatif tinggi (100 ppm dan 20 ppm), maka diduga kadar besi dan tembaga dalam garam tersebut turut menyebabkan tingginya kadar besi dan tembaga dalam kecap. Sumber lain yang diduga turut menyebabkan tingginya kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap adalah terjadinya pelarutan logam-logam dari wadah penutup kemasan kecap, dimana hal ini dapat terjadi karena pengemasan yang kurang sempurna.

Kadar besi, tembaga, dan seng yang diperoleh dari hasil analisis dalam cuplikan kecap terlihat bervariasi. Hal ini diduga disebabkan oleh kondisi alat yang digunakan pada masing-masing pabrik tidak sama.

Berdasarkan hasil analisis kadar tembaga yang dilakukan di Pusat Pengujian Mutu Barang oleh Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia di peroleh kadar rata-rata tembaga 3.0 ppm. Dengan demikian maka kadar tembaga yang diperoleh dari hasil analisis dalam kecap produksi Ujung Pandang (rata-rata 5.29 ppm) lebih besar.

Dalam Standar Industri Indonesia dan Standar Perdagangan ditetapkan bahwa kadar tembaga, timbal, merkuri, dan arsen harus negatif. Adanya kadar tembaga (rata-rata 5.29 ppm) memberi arti bahwa kecap produksi Ujung

Pandang belum memenuhi standar yang diharuskan.

Apabila dibandingkan terhadap kadar maksimum tembaga dalam Standar Industri Indonesia untuk Saus Tomat (20 ppm), maka kadar tersebut masih relatif rendah.

Logam besi dan seng tidak termasuk dalam kelompok logam-logam yang kadarnya harus negatif dalam Standar Industri Indonesia dan Standar Perdagangan. Meskipun besi, tembaga, dan seng dalam kadar yang rendah diperlukan tubuh manusia namun dalam kadar yang tinggi (kadar besi lebih besar dari 1000 miligram, tembaga lebih besar 120 miligram, dan seng lebih besar dari 200 miligram) yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat bersifat racun. Dengan demikian, maka kadar rata-rata hasil analisis yang diperoleh dalam kecap produksi Ujung Pandang masih berada di bawah dari batas kadar yang membahayakan manusia.

Dari hasil analisis kadar besi, seng, dan tembaga dalam kecap produksi Ujung Pandang, dapat disimpulkan bahwa kecap produksi Ujung Pandang belum memenuhi syarat cemaran logam berdasarkan Standar Industri Indonesia dan Standar Perdagangan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari hasil analisis kadar besi, tembaga, dan seng dalam kecap produksi Ujung Pandang diperoleh hasil sebagai berikut :

besi : $(6,88 \pm 0,89)$ ppm,

tembaga : $(5,29 \pm 1,26)$ ppm,

seng : $(4,67 \pm 0,45)$ ppm.

2. Besi, tembaga, dan seng dalam kecap produksi Ujung Pandang dengan kadar lebih tinggi dibanding dalam kedele dan air diduga disebabkan oleh peralatan-peralatan terbuat dari logam yang digunakan dalam proses produksi tidak memenuhi syarat serta adanya kadar besi dan tembaga yang cukup tinggi dalam garam (NaCl).

3. Terdapatnya tembaga (rata-rata 5,29 ppm) dari hasil analisis dalam kecap produksi Ujung Pandang dapat berarti bahwa kecap produksi Ujung Pandang belum memenuhi syarat sesuai Standar Industri Indonesia dan Standar Perdagangan.

B. Saran

1. Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan kecap sebaiknya digunakan alat-alat yang tahan terhadap

perubahan suhu, suasana asam, atau basa sehingga tidak larut selama proses pembuatan kecap.

2. Untuk memperoleh hasil yang baik dengan mutu tinggi sebaiknya digunakan baja tahan karat.
3. Sejalan dengan pemakaian alat yang berulang-ulang dapat menyebabkan kondisi alat menurun, maka perlu dilakukan penetapan kadar besi, tembaga, dan seng secara berkala dalam kecap produksi Ujung Pandang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Basfa, Nuraeni, Analisa Kadar Logam Besi, Seng, dan Timbal dalam Kerang-Kerangan dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Tesis Sarjana Kimia, FMIPA UNHAS, 1986, hal. 5 - 8.
2. Cantle, J. W, "Instrumental Requirements and Optimisation," dalam John Edward Cantle Ed., Atomic Absorption Spectrometry, Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, 1982, Vol. 5, hal. 15 - 36.
3. ———, "Practical Techniques," hal. 52 - 55.
4. Dahlan, M.A dan Sri Esti Rahayu, Kecap Jakarta : Direktorat Jendral Industri Kecil Departemen Perindustrian, 1992, hal. 7 - 22.
5. Day Jr, R. A dan A. L. Underwood, Analisa Kimia Kuantitatif, Terjemahan Oleh R. Sundoro, Bagian Kimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, Jakarta : Erlangga, 1983, hal. 392 - 394.
6. Diananjaya, Indra, Distribusi Logam Berat Cd, Cu, Pb, dan Zn Dalam Sedimen Permukaan Laut Dangkal. Tesis Sarjana Kimia, FMIPA UNHAS, 1989, hal. 11 - 14, 17 - 32.
7. Gani, Abdul, Standarisasi dan Keadaan Mutu Kecap Hasil Produksi Industri Kecap Di Ujung Pandang. Ujung

Pandang: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian Republik Indonesia, 1981, hal. 5.

8. Gani, Kasmiyati, Penentuan Kadar Tembaga dan Timah Putih Dalam Ikan kaleng, Tesis Sarjana Kimia, FMIPA UNHAS, 1986, hal.10 - 11.
9. Hadisuwoyo, Mulyono, Analisis Spektrofotometer Serapan Atom, Ujung Pandang: Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, 1990.
10. Ismono, Cara-Cara Optik Dalam Analisa Kimia, Bandung: Stensil Kuliah Kimia Analitik III Departemen Kimia ITB, IV - V47, 1976/1977 -1978/1979.
11. Kauffman, Dale W, "The Production and Properties of Salt and Brine," dalam Sodium Chloride, New York Reinhold Publishing Corporation, 1960, hal. 276 - 277, 341 - 342.
12. PT Cipta Adi Pustaka, Ensiklopedia Nasional Indonesia, Cetakan Pertama, Jakarta, 1988 Jilid 3 hal. 332, Jilid 16 Hal. 221, Jilid 17 hal. 452.
13. Robinson, J.W, "Basic Principles," dalam John Edward Cantle Ed., Atomic Absorption Spectrometry, Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, 1982, Vol. 5, hal. 1 - 14.
14. Sarjono dan Endang Sutriswati Rahayu, "Industri Kecap dan Permasalahannya," dalam Lanjuran

Simposium Bioproses Dalam Indutri Pangan,
Bioproses Dalam Indistri Pangan, Cetakan Pertama,
 Yogyakarta : PAU Pangan dan Gizi Universitas
 Gajah Mada dan Liberty, 1988, hal. 71 -
 77.

15. Shadily, Hasan (Ed.), Ensiklopedia Indonesia. Jakarta:
 Ichtiar Baru-Van Hoeve, 1984, Jilid 5 hal.
 3079, Jilid 1 hal. 458 - 459, Jilid 6 hal.
 3491 - 3492.
16. Syamsuddin, Udin, "Logam Berat dan Antagonis." dalam
Farmakologi dan Terapi, edisi 3, Jakarta: Uni-
 versitas Indonesia, 1987, hal. 706 - 718.
17. Treadwell, F.P, "Qualitatif Analysis" dalam William
 T. Hall, S.B. Translated and Revised, Analytical
 Chemistry, New York, London: John Wiley & Sons,
 1963, Vol. I hal. 205 - 217, 245 - 250.
18. Wilson, Charles O. and Taito O. Soine, Pharmaceutical
 Inorganic Chemistry. Philadelphia, Lea and Febige
 1961, hal. 335.
19. Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia, Kecapnya si
 Penjual Kecap," dalam majalah Warta Konsumen,
 edisi Maret 1988.

LAMPIRAN I

PENGUKURAN ABSORBANS DENGAN SSA SHIMADZU AA-640-13

A. Langkah Awal

1. Hubungkan alat dengan sumber arus listrik yang distabilkan pada 100 volt.
2. Sebelum menekan tombol POWER aturlah :

<u>Tombol</u>	<u>Kedudukan</u>
MODE	FLAME EMISION
DISPLAY	DIRECT 1
SCAN SPED	MANUAL
EXPANSION	1,00 (X1)
AA ZERO	10,00
LAMP CURRENT	OFF
RECORDER OUTPUT	INTEG/DIRECT
D ₂ LAMP	OFF
D ₂ LAMP INTENSITAS	"4"
AUTO CONC	OFF
CURVE CORRECTION	0,00

3. Sebelum mengalirkan gas

Pemilihan tombol gas	Sesuai gas yang dipakai
Tinggi air tangki penampung	Diatas batas aman
Pengatur tekanan	Maksimum ke kiri/longgar.
Tombol pengatur nyala	Air-C ₂ H ₂ (posisi atas)
Tombol PRESSURE MONITOR	On



Tombol FLAME MONITOR	On
Lubang kepala pembakar	10 cm

4. Menyalakan lampu

- Putar tombol POWER menjadi ON.
- Masukkan lampu hallow cathode ke dalam socket dan pasang lampu pada wadahnya.
- Atur kedudukan lampu pada sumbu optis, dan rapatkan sekrup.
- Pasang kuat arus lampu sesuai dengan keperluan dengan tombol LAMP CURRENT.

5. Pemasangan lebar celah dan panjang gelombang.

- Pasang lebar celah (slit width) sesuai dengan keperluan.
- Pasang AA ZERO control antara 3,00 - 5,00.
- Tepatkan panjang gelombang perlahan-perlahan mendekati garis analisis dengan menggunakan tombol panjang gelombang.
- Atur jarum penunjuk panjang gelombang hingga meter menunjukkan maksimum, kemudian naikan CLAMP level.
- Atur dengan menggunakan AA ZERO control hingga menunjukkan maksimum di atas 500.
- Tunggu 10 - 15 menit untuk memanaskan lampu.

B. Jalankan Blower

6. Penyalaan pembakar

- Jalankan kompresor udara.
- Buka kran gas udara dari kompresor dan gas

asetilen.

Atur tekanannya sesuai tabel. Tekanan persediaan udara pada kompresor adalah $2,5 \text{ kg/cm}^2$ dan tekanan persediaan asetilen pada silinder adalah $0,8 \text{ kg/cm}^2$. Jika tekanan gas-gas cukup, maka PRESSURE WARNING lights 15 akan padam menunjukkan siap untuk penyalaan.

- c. Dengan menggunakan tombol pengatur tekanan, atur tekanan kerja udara pada $1,5 \text{ kg/cm}^2$ dan asetilen pada $0,5 \text{ kg/cm}^2$.
- d. Atur tombol air sampai tanda merah.
- e. Tekanan tombol IGNITE.

Catatan :

Jika laju alir gas bakar tidak cukup, maka pembakar tidak menyala. Dalam hal demikian naikan laju gas C_2H_2 dan nyalakan lagi pembakar dengan menekan tombol IGNITE 8.

7. Setelah pembakar menyala, atur lagi tekanan gas dengan tombol pengatur tekanan. Atur laju alir gas sesuai dengan keperluan dengan tombol alir. Untuk sistim udara - asetilen, cukup digunakan laju udara 10 L/menit dan asetilen antara $2 - 4 \text{ L/menit}$.
8. Dengan tombol DISPLAY atur intergration time pada INTEG 6.

C. Cara Kerja Pengukuran

- a. Pasang tombol MODE pada "HC LAMP". Jika BEAM BALANCE MONITOR menyala, atur tombol AA ERO sehingga lampu padam.

- b. Sambil larutan blanko/pelarut diaspirasikan, tekan tombol ZERO SET. Terus aspirasikan larutan hingga lampu ZERO SET padam, maka meter digital akan menunjukkan "0,00".
- c. Sambil diaspirasikan larutan yang akan diukur, tekan tombol MEASURE. Tunggu sampai padam, meter digital akan menunjukkan suatu nilai absorban (A).
- d. Dengan larutan baku dan cuplikan kerjakan nomor b dan c .

LAMPIRAN II

PENGUKURAN ABSORBANS DENGAN SPECTRONIC-20

1. Penyiapan alat Spectronic-20

- a. Hubungkan alat dengan tegangan stabil.
- b. Hidupkan alat dengan jalan memutar tombol listrik searah jarum jam hingga lampu (E) menyala. Biarkan alat menyala selama kira-kira 30 menit untuk mencapai keadaan stabil.
- c. Pilihlah panjang gelombang yang dibutuhkan dengan memutar pengontrol panjang gelombang .
- d. Dengan tepat sampel yang dalam keadaan kosong dan tertutup, jarum penunjuk serapan diatur tepat menunjuk titik 0 (0%T).
- e. Memasukkan larutan blanko ke dalam tempat sampel dan atur jarum penunjuk serapan sampai jarum menunjuk angka 100 % T dengan memutar tombol pengontrol trans-
mitan.

2. Penetapan panjang gelombang maksimum

- a. Pilihlah salah satu konsentrasi dari deret larutan deret larutan standar yang disiapkan.
- b. Ukur absorbans larutan tersebut pada daerah panjang gelombang antara 400 nm - 550 nm.
- c. Buat kurva hubungan antara panjang gelombang (absis) dengan absorbans (ordinat). Panjang gelombang yang menghasilkan absorbans tertinggi adalah panjang gelom-

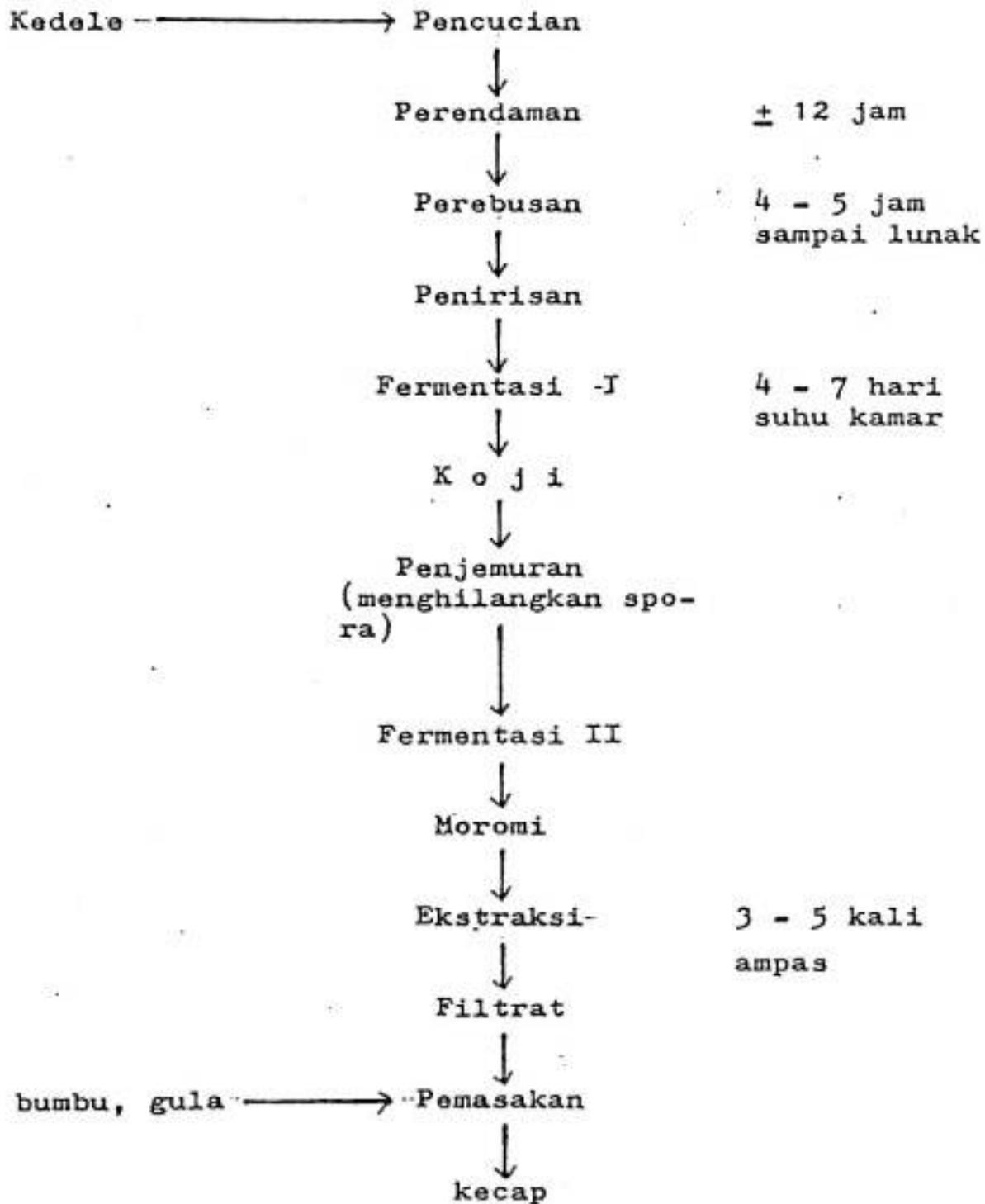
bang maksimumnya. Gunakan panjang gelombang maksimum tersebut untuk mengukur absorbans dari deret larutan baku dan larutan contoh.

LAMPIRAN III

PERSYARATAN KANDUNGAN LOGAM-LOGAM BERBAHAYA DALAM KECAP BERDASARKAN STANDAR INDUSTRI INDONESIA DAN STANDAR PERDAGANGAN.

No.	Jenis logam berbahaya	Kandungan dalam kecap	
		SII 0032-72	SP revisi-97-78
1	Tembaga (Cu)	negatif	negatif
2	Merkuri (Hg)	negatif	negatif
3	Timbal (Pb)	negatif	negatif
4	Arsen (As)	negatif	negatif

LAMPIRAN IV
DIAGRAM ALIR PEMBUATAN KECAP¹⁴⁾



LAMPIRAN V

DAFTAR INDUSTRI KECAP DI UJUNG PANDANG

No.	Nama Perusahaan	Produksi (L/tahun)	Alamat
1	S i n a r	25.000	Jalan Ternate
2	Sumber Baru	60.000	Jalan Ternate
3	Sumber Jaya	48.000	Jalan Kande
4	Sumber Mas	26.325	Jalan T. Pelajar
5	Ayam Panggang	108.000	Jalan Sembilan
6	U.D. Adinata	90.000	Jalan Timor

LAMPIRAN VI

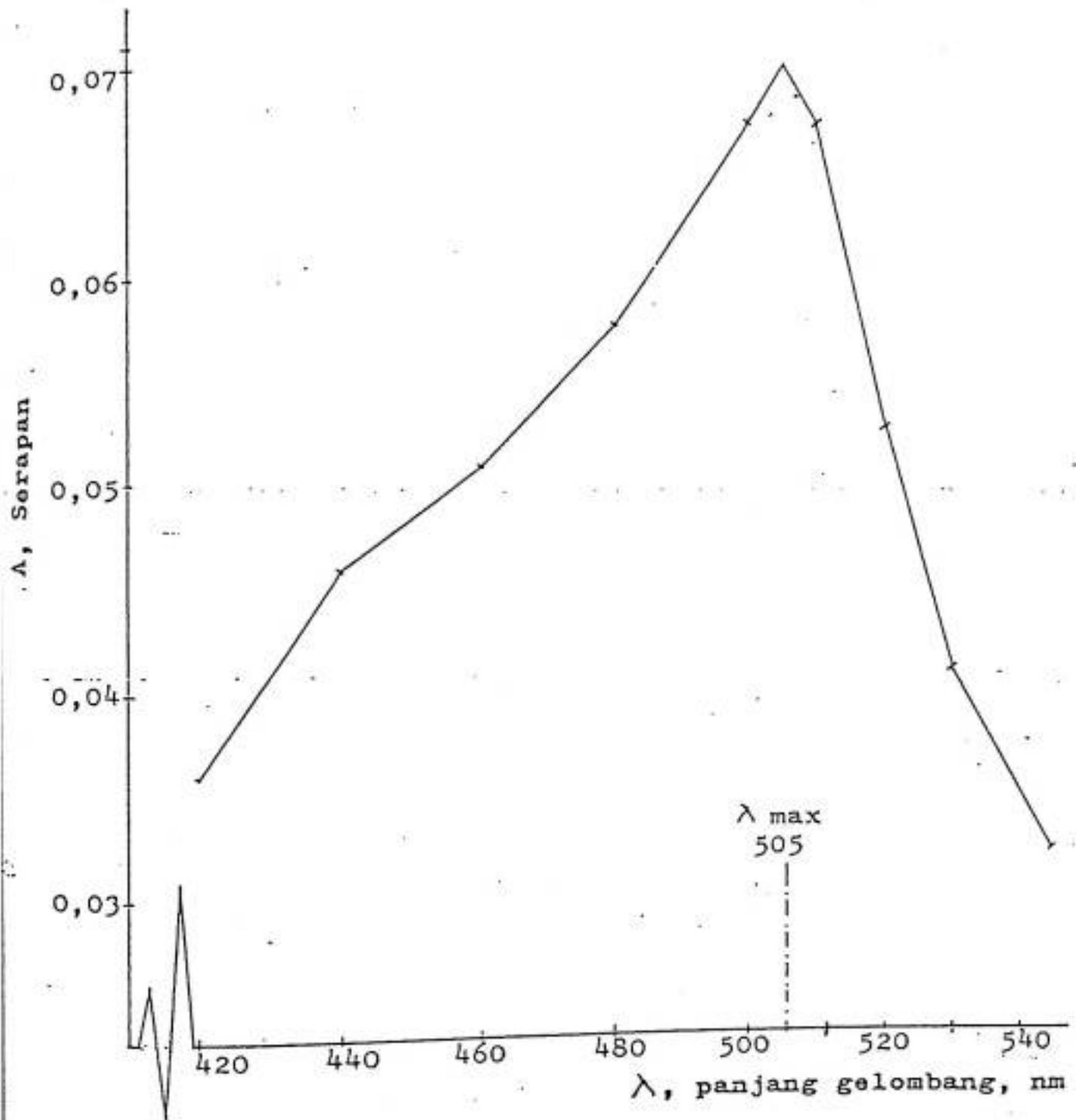
TABEL HASIL PENGUJIAN KECAP OLEH YLKI

No.	Merek Kecap	Kota Pembelian	Cemaran Logam Cu, ppm (mg/kg)
1	ABC	Palembang	3
2	ABC	Samarinda	4
3	Anggur	Bandung	4
4	Bawang	Mataram	2
5	Bintang Mas	Padang	3
6	Bulan	Palembang	1
7	Hati Angsa	Padang	3
8	Jeruk Pecel	Mataram	3
9	Kaki Tiga	Surabaya	4
10	Lombok	Samarinda	3
11	Lowo	Denpasar	1
12	Matahari Potret	Bandung	2
13	Maya	Ujung Pandang	5
14	Mirama	Semarang	9
15	Oedang Sari	Bandung	4
16	Orang Jual Sate	Surabaya	1
17	Parkiet	Ujung Pandang	3
18	Perdamaian	Pontianak	3
19	Phoenix	Pontianak	3
20	Piring Lombok	Semarang	2

Keterangan :

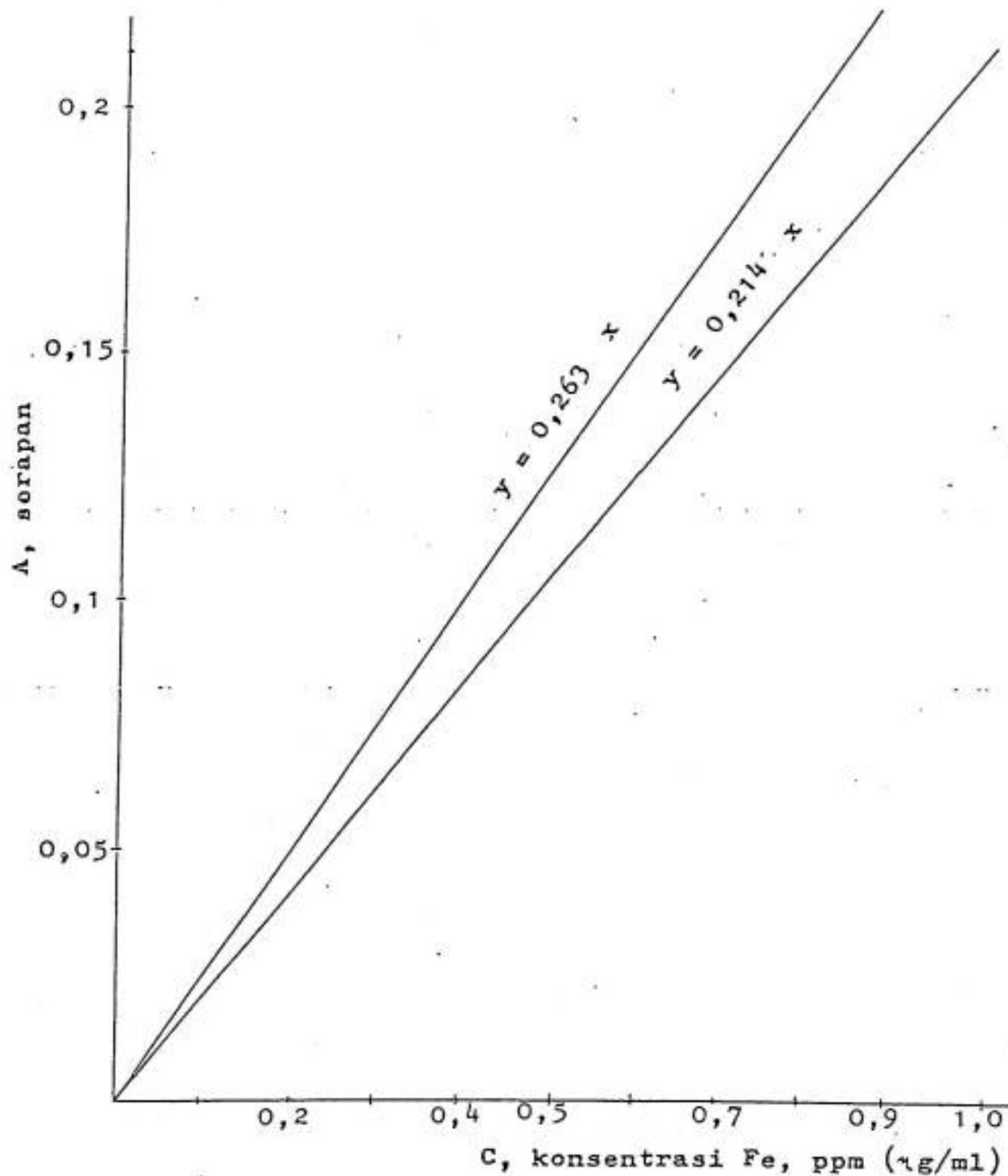
Pengujian dilakukan di Pusat Pengujian Mutu Barang Ciracas dan Balai Besar Industri Hasil Pertanian Bogor tahun 1987.

LAMPIRAN VII



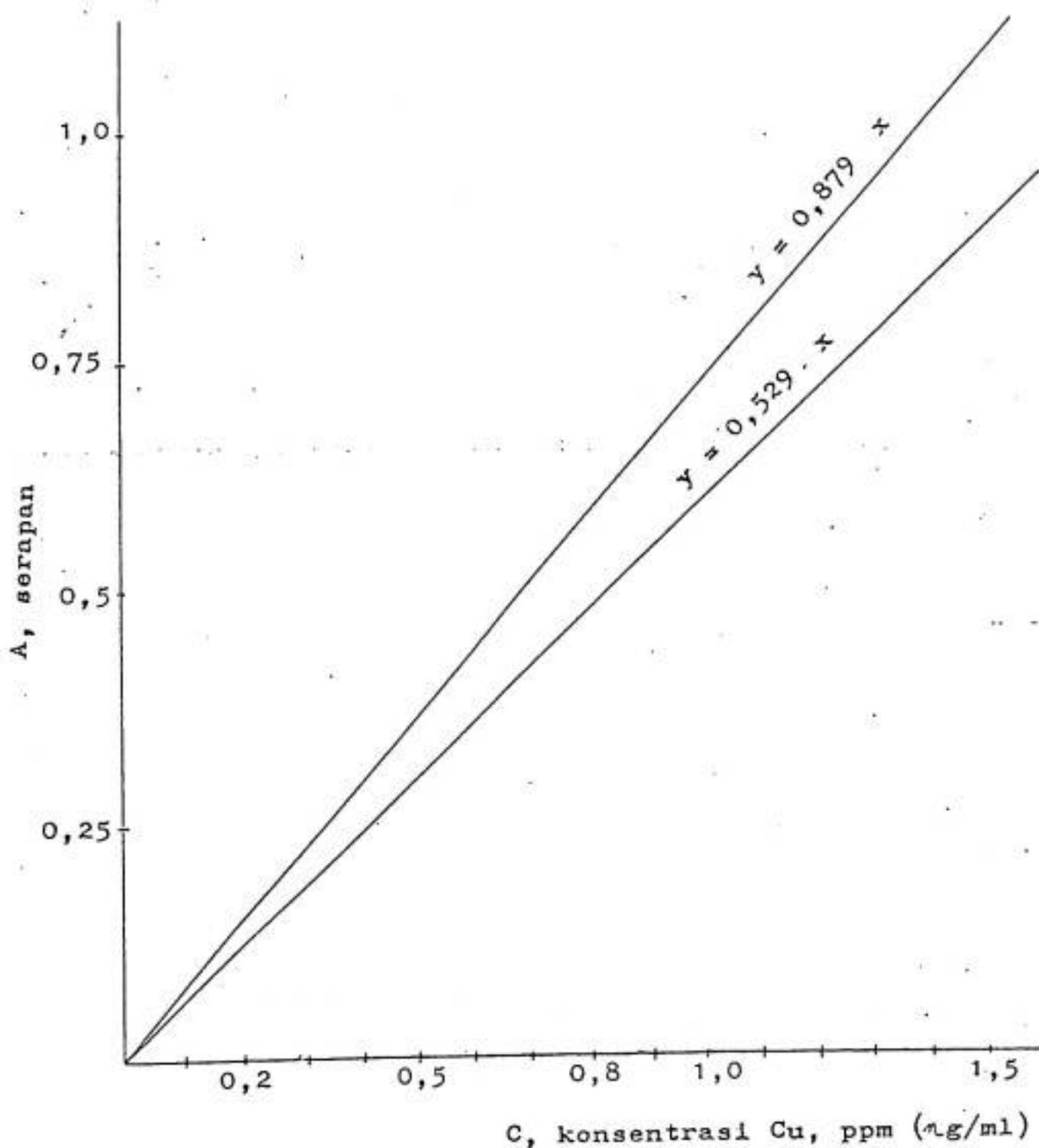
Gambar : Kurva panjang gelombang maksimum untuk pengukuran Fe

LAMPIRAN VIII



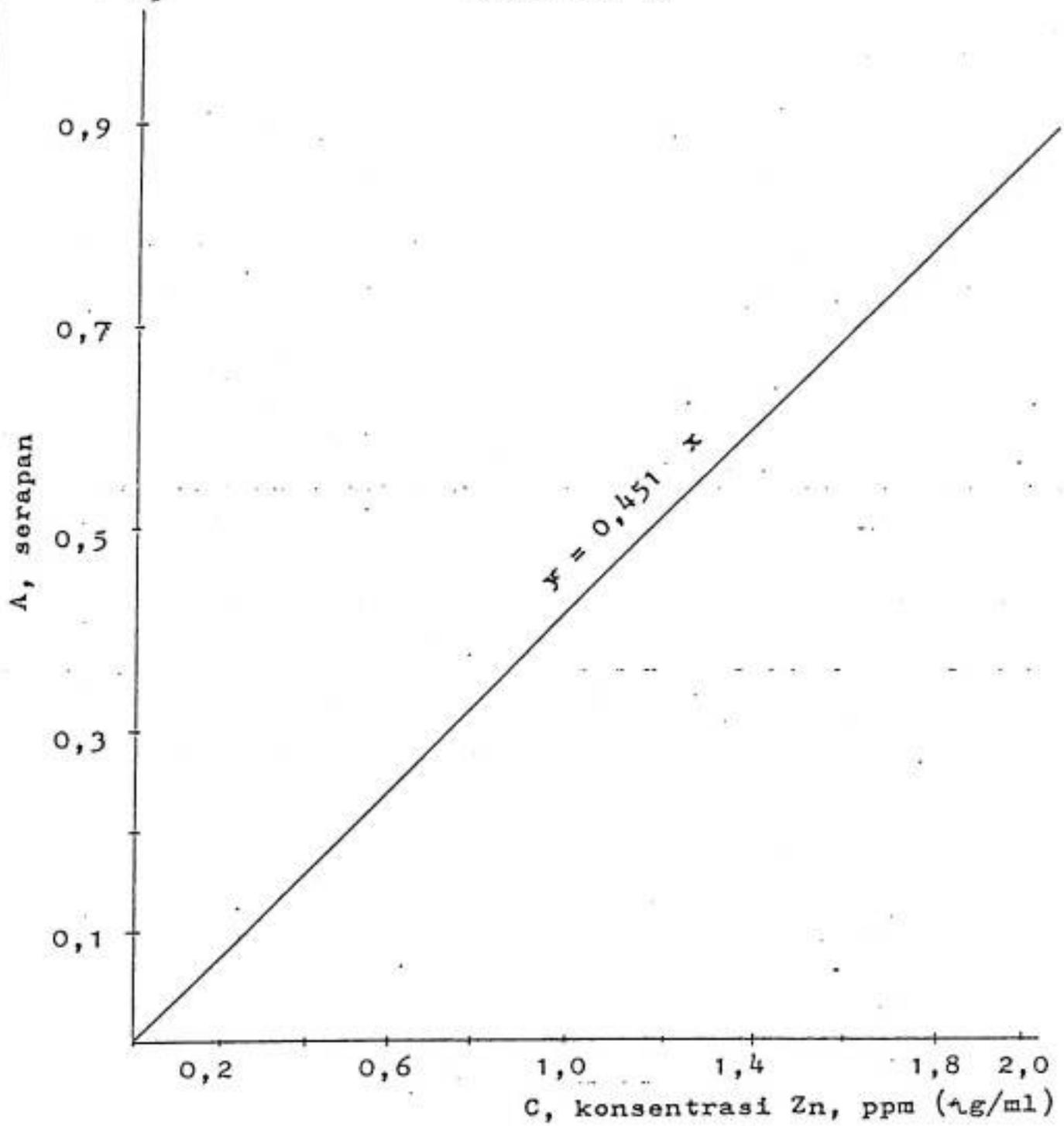
Gambar kurva baku untuk logam Fe

LAMPIRAN IX



Gambar kurva baku untuk logam Cu

LAMPIRAN X



Gambar: kurva baku untuk logam Zn

LAMPIRAN XI

CONTOH PERHITUNGAN KADAR TEMBAGA DALAM KECAP

- Kode cuplikan : A₁
- Berat cuplikan yang ditimbang : 3,9829 gram
- Volume larutan untuk analisis : 50 ml
- Serapan rata-rata cuplikan : 0,61
- Persamaan garis regresi : $y = 0,879 X$

Jadi konsentrasi logam tembaga dari persamaan garis regresi larutan standar tembaga adalah 0,694 ppm ($\mu\text{g/ml}$)
Dalam 50 ml larutan cuplikan kecap yang diukur, maka konsentrasi logam tembaga adalah :

$$50 \text{ ml} \times 0,698 \mu\text{g/ml} = 34,6978 \mu\text{g}$$

Berat cuplikan kecap yang ditimbang adalah 3,9829 gram, dengan demikian maka kadar logam tembaga yang terdapat dalam cuplikan adalah :

$$\begin{aligned} 34,6978 \mu\text{g} / 3,9829 \text{ gram} &= 8,71 \mu\text{g/gram} \\ &= 8,71 \text{ ppm} \end{aligned}$$

LAMPIRAN XII

CONTOH PERHITUNGAN KADAR LOGAM Fe DALAM KECAP

- Kode cuplikan kecap : A₁
- Berat cuplikan yang ditimbang : 3,9818 gram
- Volume larutan yang dianalisis : 50 ml
- Serapan rata cuplikan : 0,14
- Persamaan garis regresi : $y = 0,214 X$
- Jadi konsentrasi logam besi dari persamaan garis regresi

larutan standar besi adalah : 0,65420 ppm ($\mu\text{g/ml}$)

Dalam 50 ml larutan cuplikan kecap yang diukur, maka kadar logam Fe yang ada adalah :

$$0,65420 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml} = 32,71028 \mu\text{g}$$

Berat cuplikan kecap yang ditimbang adalah 3,9818 gram, dengan demikian maka kadar logam besi yang terdapat dalam cuplikan kecap adalah :

$$\begin{aligned} 32,71028 \mu\text{g} / 3,9818 \text{ gram} &= 8,21 \mu\text{g/g} \\ &= 8,21 \text{ ppm} \end{aligned}$$

LAMPIRAN XIII

CONTOH PERHITUNGAN KADAR LOGAM Zn DALAM KECAP

- Kode cuplikan kecap : A₂
- Berat cuplikan yang ditimbang : 4,0382 gram
- Volume larutan yang dianalisis : 50 ml
- Serapan rata-rata cuplikan : 0,19
- Persamaan garis regresi : $y = 0,451 X$

Jadi konsentrasi logam seng dari persamaan garis regresi larutan standar seng adalah 0,4207 ppm ($\mu\text{g/ml}$).

Dalam 50 ml larutan kecap yang diukur, maka kadar logam seng adalah :

$$50 \text{ ml} \times 0,4207 \mu\text{g/ml} = 21,1035 \mu\text{g}$$

Berat cuplikan kecap yang ditimbang adalah 4,0382 gram, dengan demikian maka kadar logam seng yang terdapat dalam cuplikan kecap adalah :

$$\begin{aligned} 21,1035 \mu\text{g} / 4,0382 \text{ gram} &= 5,2090 \mu\text{g/gram} \\ &= 5,2090 \text{ ppm} \end{aligned}$$

LAMPIRAN XIV

KOEFSISIEN KORELASI, r

DB \ P	r				
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,988	0,997	0,999	1,000	1,000
2	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
3	0,805	0,878	0,934	0,959	0,992
4	0,729	0,811	0,882	0,917	0,974
5	0,669	0,754	0,833	0,874	0,951
6	0,621	0,707	0,789	0,834	0,925
7	0,582	0,666	0,750	0,798	0,898
8	0,549	0,632	0,716	0,765	0,872
9	0,521	0,602	0,685	0,735	0,847
10	0,497	0,576	0,658	0,708	0,823
11	0,476	0,553	0,634	0,684	0,801
12	0,457	0,532	0,612	0,661	0,780
13	0,441	0,514	0,592	0,641	0,760
14	0,426	0,497	0,574	0,623	0,742
15	0,412	0,482	0,558	0,606	0,725
16	0,400	0,468	0,543	0,590	0,708
17	0,389	0,456	0,528	0,575	0,693
18	0,378	0,444	0,516	0,561	0,679
19	0,369	0,433	0,503	0,549	0,665
20	0,360	0,423	0,492	0,537	0,652

LAMPIRAN XV

PERHITUNGAN PENENTUAN PANJANG GELOMBANG MAKSIMUM BESI

nomor	(nm)	% T*	serapan, y**
1	400	94	0,027
2	420	92	0,036
3	440	90	0,046
4	460	89	0,051
5	480	87	0,058
6	500	85,5	0,068
7	505	85	0,071
8	510	84	0,061
9	515	87,5	0,051
10	520	85,5	0,053
11	530	91	0,041

Keterangan : % T* : transmitans rata-rata dari 3 kali pengukuran

y** : nilai yang diperoleh dari hasil konversi %T melalui persamaan $y = A = \log 1/T$

Konsentrasi larutan standar yang digunakan untuk penentuan panjang gelombang maksimum adalah 0,5 ppm.

LAMPIRAN XVI
PERHITUNGAN GARIS REGRESI BESI

nomor	konsentrasi, X (ppm)	% T*	serapan, y*
1	0,05	97	0,01
2	0,2	90,5	0,04
3	0,4	81,5	0,09
4	0,6	74	0,13
5	0,8	67	0,17
6	1,0	61	0,22

Keterangan: % T* = transmitans rata-rata
dari 3 kali pengukuran

y* = serapan rata-rata diperoleh dari hasil konversi %T melalui persamaan
 $y = A = \log 1/T$

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada IV.C.4
maka didapatkan :

$$b = 0,214$$

$$r = 0,998$$

LAMPIRAN XVII

PERHITUNGAN GARIS REGRESI TEMBAGA

nomor	konsentrasi, X (ppm)	serapan, y^*
1	0,2	0,15
2	0,5	0,45
3	0,8	0,71
4	1,0	0,90
5	1,5	1,32

Keterangan : y^* = serapan rata-rata yang diperoleh dari 3 kali pengukuran

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada IV.C.4 maka didapatkan :

$$b = 0,879$$

$$r = 0,999$$



LAMPIRAN XVIII
PERHITUNGAN GARIS REGRESI SENG

nomor	konsentrasi, X (ppm)	serapan, y^*
1	0,2	0,09
2	0,5	0,29
3	0,8	0,32
4	1,0	0,47
5	1,5	0,71
6	2,0	0,87

Keterangan : y^* = serapan rata-rata dari
3 kali pengukuran

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada IV.C.4
maka didapatkan :

$$b = 0,451$$

$$r = 0,991$$

LAMPIRAN XIX

ANALISIS KADAR BESI DALAM KECAP

nomor	kode cuplikan	serapan y^*	konsentrasi X^*	
			$\mu\text{g/ml}$	$\mu\text{g/g}$
1	A ₁	0,14	0,65	8,21
2	A ₂	0,15	0,69	8,64
3	B ₁	0,12	0,56	6,77
4	B ₂	0,12	0,55	6,94
5	C ₁	0,06	0,28	3,50
6	C ₂	0,16	0,76	9,22
7	D ₁	0,07	0,34	4,10
8	D ₂	0,16	0,73	8,82
9	E ₁	0,16	0,74	9,05
10	E ₂	0,06	0,30	3,58

Keterangan : y^* = serapan rata-rata dari 9 kali pengukuran

X^* = konsentrasi besi dalam contoh diperoleh dari perhitungan pada Lampiran XII

Perhitungan Standar Deviasi Besi :

nomor	kecap	\bar{X} ppm ($\mu\text{g/g}$)	$(X-\bar{X})$	$(X-\bar{X})^2$
1	A	8,43	1,55	2,4025
2	B	6,85	-0,03	0,0009
3	C	6,36	-0,52	0,2704
4	D	6,46	-0,42	0,1764
5	E	6,32	-0,56	0,3136
5		34,42		3,1637

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{34,42}{5} = 6,88$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{3,1637}{5-1}} = 0,889$$

Dari perhitungan tersebut di atas diperoleh kadar besi dalam kecap produksi Ujung Pandang adalah $(6,88 \pm 0,89)$ ppm.

LAMPIRAN XX

ANALISIS KADAR TEMBAGA DALAM KECAP

nomor	kode cuplikan	serapan y^*	konsentrasi, X^*	
			$\mu\text{g/ml}$	$\mu\text{g/g}$
1	A ₁	0,61	0,69	8,71
2	A ₂	0,42	0,48	5,91
3	B ₁	0,52	0,60	7,14
4	B ₂	0,24	0,27	3,42
5	C ₁	0,41	0,47	5,78
6	C ₂	0,23	0,26	3,19
7	D ₁	0,35	0,40	4,84
8	D ₂	0,24	0,27	3,32
9	E ₁	0,52	0,59	7,40
10	E ₂	0,23	0,26	3,19

Keterangan : y^* = serapan rata-rata dari 9 kali pengukuran

X^* = konsentrasi tembaga dalam cuplikan diperoleh dari perhitungan pada Lampiran XI

Perhitungan Standar Deviasi Tembaga :

nomor	kecap	X ppm ($\mu\text{g/g}$)	$(X-\bar{X})$	$(X-\bar{X})^2$
1	A	7,31	2,02	4,0804
2	B	5,28	-0,01	0,0001
3	C	4,47	-0,81	0,6561
4	D	4,01	-1,28	1,6384
5	E	5,29	0	0
5		26,37		6,375

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{26,37}{5} = 5,29$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{6,375}{4}} = 1,2624$$

Dari perhitungan tersebut di atas diperoleh kadar tembaga dalam kecap produksi Ujung Pandang adalah $(5,29 \pm 1,26)$ ppm.

LAMPIRAN XXI

ANALISIS KADAR SENG DALAM KECAP

nomor	kode cuplikan	serapan y^*	konsentrasi X^*	
			$\mu\text{g/ml}$	$\mu\text{g/g}$
1	A ₁	0,13	0,28	3,61
2	A ₂	0,19	0,42	5,21
3	B ₁	0,12	0,27	3,21
4	B ₂	0,18	0,40	4,99
5	C ₁	0,22	0,49	6,03
6	C ₂	0,15	0,33	4,05
7	D ₁	0,23	0,51	6,20
8	D ₂	0,11	0,24	2,95
9	E ₁	0,15	0,33	6,21
10	E ₂	0,23	0,51	6,21

Keterangan : y^* = serapan rata-rata dari 9 kali pengukuran

X^* = konsentrasi seng dalam contoh diperoleh dari perhitungan pada Lampiran XIII

Perhitungan Standar Deviasi Seng :

nomor	kecap	X ppm ($\mu\text{g/g}$)	$(X-\bar{X})^2$	$(X-\bar{X})^2$
1	A	4,41	-0,26	0,0676
2	B	4,10	-0,57	0,3249
3	C	5,06	0,39	0,1521
4	D	4,57	-0,1	0,01
5	E	5,18	0,51	0,2601
5		23,32		0,8147

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{23,32}{5} = 4,67$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{0,8147}{4}} = 0,4513$$

Dari perhitungan tersebut di atas diperoleh kadar seng dalam kecap produksi Ujung Pandang adalah sebagai berikut : $(4,67 \pm 0,45)$ ppm.