

LAPORAN PENELITIAN

**PENGUJIAN KUANTITATIF KANDUNGAN LOGAM DALAM
CAT DENGAN TEKNIK RADIOGRAFI SINAR X**



**Disusun Oleh:
Elok Fidiani, M.Sc
Thori Setradianshah Y**

**Pembina :
Dr. Aloysius Rusli**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2015**

DAFTAR ISI

Daftar Isi.....	1
Abstrak.....	2
Bab 1 Pendahuluan.....	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Hipotesis	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Bataan Masalah	5
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	6
Bab 3 Metode Penelitian.....	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Bahan & Alat Penelitian	8
3.3 Tata Laksana Penelitian	9
3.4 Diagram Alir Penelitian	11
Bab 4 Jadwal Pelaksanaan.....	12
Bab 5 Hasil dan Pembahasan.....	13
Bab 6 Kesimpulan dan Saran.....	17
Daftar Pustaka.....	18

Pengujian Kandungan Logam dalam Cat dengan Teknik Radiografi Sinar-X

ABSTRAK

Cat merupakan suatu bahan yang sering digunakan dalam kehidupan manusia sehari-hari. Meski demikian, cat banyak mengandung logam berat yang tidak bersahabat dengan manusia seperti timbal (Pb) dan merkuri (Hg). Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian kandungan logam dengan teknik radiografi sinar-x. Radiografi sinar-x bekerja berdasarkan penurunan intensitas sinar-x setelah melalui bahan yang dilewatinya. Dalam hal ini bila sampel cat yang digunakan mengandung lebih banyak kandungan logam, maka sampel tersebut akan menahan lebih banyak sinar-x, dimana perbandingan intensitas sinar-x yang diteruskan dan ditahan ditunjukkan dalam kontras citra radiografi.

Citra radiografi yang dihasilkan melalui teknik ini telah menunjukkan perbedaan kecerahan / kontras dari masing-masing sampel cat. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi nomor atom berat dalam masing-masing cat seperti timbal (Pb) dan merkuri (Hg). Pengujian menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) menunjukkan tingginya kandungan Pb dan Hg dari sampel cat tersebut. Ada beberapa jenis cat yang mempunyai kandungan Pb jauh diatas ambang batas minimum yang ditetapkan oleh WHO yaitu 90 *part per million* (ppm). Walaupun kecerahan citra radiografi yang dihitung menggunakan densitometer tidak menunjukkan keselarasan dengan kadar Pb, namun dari beberapa sampel menunjukkan adanya keselarasan nilai kecerahan dengan kandungan Hg di dalam cat. Untuk itu analisa lebih lanjut perlu dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui logam berat lain yang terkandung di dalam cat sekaligus pengembangan software *image processing* menggunakan MATLAB yang akan dilakukan dalam penelitian selanjutnya.

Kata kunci : radiografi, kandungan logam, timbal dalam cat.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan cat tidak pernah lepas dari kehidupan manusia sehari-hari. Mulai dari cat tembok, cat kayu, cat besi hingga pilox berada sangat dekat dengan manusia. Polesan cat warna-warni pada rumah dan *furniture* dapat memberikan nilai lebih serta memberikan kenyamanan pada penghuninya. Sehingga tidak bisa dipungkiri bahwa kebutuhan manusia akan cat semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pertumbuhan pasar cat Indonesia termasuk paling pesat di dunia, antara lain sebesar 10% dari 2011 hingga 2012, setelah sebelumnya meningkat 8% per tahun antara 2006 dan 2011. Potensi peningkatan di tahun-tahun mendatang masih tinggi, mengingat besarnya populasi dan angka pertumbuhan ekonomi yang tinggi [1]. Meski demikian, tidak banyak masyarakat kita yang mengetahui bahwa di dalam cat terkandung banyak zat-zat berbahaya yang tidak bersahabat dengan manusia seperti timbal, krom, pelarut / solvent dan tidak sedikit pula cat yang menggunakan campuran merkuri sebagai anti jamur. Diantara semua bahan berbahaya yang ada di dalam cat, timbal yang paling besar presentasinya [2].

Timbal (Pb) atau timah hitam adalah logam berat (nomor atom 82) beracun yang banyak terkandung dalam cat sebagai pigmen atau pemberi warna pada cat khususnya warna-warna terang seperti kuning, hijau dan merah. Senyawa timbal juga dapat digunakan sebagai agen pengering dan katalis pada cat berdasar minyak, agar cat lebih cepat kering dan tersebar merata. Agen anti korosi berdasar timbal kadang digunakan dalam cat yang berfungsi menghambat perkaratan pada permukaan logam, pada umumnya berupa timbal tetroksida yang kadang disebut timbal merah atau *minium* [3]. Cat bertimbal dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan setelah lapisan cat lapuk atau terkikis karena penggunaan atau jika sengaja dikikis untuk pengecatan kembali. Anak-anak beresiko lebih tinggi menderita dampak cat bertimbal. Pada anak, jalur paparan utama terkait dengan perilaku umum anak kecil yang kerap memasukkan apapun ke mulut, sehingga debu atau tanah yang tercemar timbal masuk ke pencernaan. Hal tersebut diperparah dengan banyaknya mainan anak yang juga mengandung timbal seperti warna-warni cat pada mainan anak.

Paparan logam berat seperti timbal pada dosis tinggi dapat merusak sistem pencernaan, sistem saraf yang menyebabkan vertigo dan kejang hingga kematian. *World Health Organization* (WHO) telah menyatakan bahaya paparan timbal: “Anak lebih rentan terhadap efek timbal pada saraf otak, dan paparan dosis rendah sekalipun dapat menyebabkan kerusakan pada saraf otak yang serius dan dalam beberapa kasus permanen”. Karena itu Standard International telah menentukan jumlah timbal yang dilepaskan tidak boleh lebih dari 90 *part per million* (ppm) [4]. Namun sebuah penelitian yang dilakukan oleh BaliFokus pada tahun 2013 menyatakan bahwa “Mayoritas dari sampel cat yang dijual di Indonesia tidak akan diizinkan untuk dijual di Amerika Serikat atau kebanyakan negara maju lainnya, karena lebih dari sepertiga sample dapat digolongkan sangat berbahaya karena mengandung timbal diatas 600 ppm, jauh diatas batas maksimum yang ditetapkan yaitu 90 ppm”. Meski demikian pengawasan pemerintah terhadap produk-produk cat berbahaya masih sangat minim, sehingga

masih banyak produsen-produsen cat nakal yang tidak mematuhi peraturan untuk menggunakan batas maksimum penggunaan timbal dalam produk cat mereka. Hal ini menuntut kita para konsumen supaya lebih cerdas dan teliti dalam membeli produk-produk cat yang lebih aman untuk kesehatan dan ramah lingkungan.

Selain timbal, cat pada umumnya juga mengandung merkuri (Hg) sebagai bahan anti jamur. Merkuri merupakan logam berat dengan nomor atom 80. Walaupun tidak berbahaya bila dipegang secara langsung namun akumulasi merkuri yang terhirup atau masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan ginjal. Karena itu kandungan merkuri diberi batasan maksimum 0,5 ppm di dalam cat [2].

Mahalnya biaya uji kandungan logam dalam cat, menjadi kendala utama bagi para konsumen untuk menguji apakah cat yang mereka gunakan cukup aman. Selama ini, untuk melakukan uji kandungan suatu zat digunakan *X-Ray diffraction* (XRD) ataupun metode spektroskopi seperti *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) yang terdapat di laboratorium penelitian seperti : BATAN, LIPI, B4T dan PUSPIPTEK. Misalkan pengujian menggunakan AAS, untuk menguji 1 sampel membutuhkan biaya Rp. 100.000 – 200.000. Meskipun proses analisa 1 sample sendiri biasanya hanya membutuhkan waktu beberpa jam, untuk mengerjakannya harus dilakukan oleh teknisi yang ahli. Sehingga untuk menganalisa sampel dengan jumlah yang cukup banyak akan memakan waktu yang cukup lama. Selain itu AAS biasanya hanya terdapat di beberapa laboratorium penelitian di kota-kota besar. Sehingga keterbatasan tempat dan waktu juga menjadi faktor kendala. Untuk itu dalam penelitian ini, akan dicoba untuk melakukan pengujian cat menggunakan teknik pengambilan gambar menggunakan sinar-X (radiografi) yang dianggap lebih efisien karena keterdapatannya mesin sinar-X yang lebih banyak di setiap rumah sakit ataupun klinik kesehatan.

Dalam penelitian ini teknik pengambilan gambar menggunakan sinar-X (radiografi) akan diuji cobakan pada cat untuk menentukan kandungan logam yang terkandung di dalamnya. Sebagaimana sifat sinar-X yang dapat berinteraksi dengan material yang dilaluinya, maka saat sinar-X ditembakkan pada beberapa sampel cat sekaligus, diperkirakan citra radiografi yang dihasilkan akan menunjukkan perbedaan kontras antara sampel cat yang mengandung logam (timbal & merkuri) dengan konsentrasi lebih kecil dan yang lebih besar [5]. Dengan metode ini diharapkan tidak hanya diperoleh hasil secara kualitatif tapi juga hasil secara kuantitatif menggunakan pengukuran lebih lanjut dengan densitometer. Sehingga metode ini bisa dikembangkan sebagai metode baru yang lebih mudah, cepat dan ekonomis untuk pengujian kandungan logam dalam suatu zat.

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum rumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana cara menguji kandungan logam dalam cat dengan teknik pengambilan gambar menggunakan sinar-X radiografi, sehingga didapatkan hasil secara kualitatif.
2. Bagaimana cara melakukan analisis radiograf dari sampel cat tersebut untuk mendapatkan hasil secara kuantitatif sesuai dengan hasil yang diperoleh melalui pengujian menggunakan AAS

1.3 Hipotesis

Dalam penelitian ini teknik pengambilan gambar menggunakan sinar-X (radiografi) akan diuji cobakan pada cat untuk menentukan kandungan logam yang terkandung di dalamnya. Sinar-X dapat berinteraksi dengan material yang dilauinya. Sinar-X meneruskan energinya bila melalui benda-benda yang lunak atau bernomor atom kecil seperti air, kertas, dsb. Energi sinar-X akan diserap dan dipantulkan bila melalui benda-benda padat atau bernomor atom besar seperti besi, baja, timbal dsb. Maka saat sinar-X ditembakkan pada beberapa sampel cat sekaligus, diperkirakan citra radiografi yang dihasilkan akan menunjukkan perbedaan kontras antara sampel cat yang mengandung timbal dengan konsentrasi lebih kecil dan yang lebih besar. Perbedaan kontras pada citra yang didapatkan akan dianalisis menggunakan densitometer dan analisis lebih lanjut akan dilakukan melalui *image processing* menggunakan MATLAB untuk mendapatkan presentase kecerahan kontras yang merepresentasikan konsentrasi kandungan logam berat di dalam masing-masing cat.

1.4 Tujuan

Secara garis besar tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengujian kandungan timbal di dalam cat yang merupakan logam berat cukup berbahaya bagi kesehatan manusia dengan teknik baru yang lebih mudah dan efisien.
2. Mengembangkan teknik baru pengujian kandungan logam berat dalam suatu zat dengan metode dan biaya yang bisa dijangkau oleh semua kalangan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini teknik pengambilan gambar menggunakan sinar-X (radiografi) dan analisis radiograf menggunakan densitometer akan diuji cobakan pada cat untuk menentukan kandungan logam di dalamnya secara kualitatif dan kuantitatif. Pengujian dilakukan hanya pada cat, dengan jenis dan warna cat akan divariasikan 7-8 jenis dan range harga paling murah hingga paling mahal. Untuk kalibrasi sampel, akan dilakukan pengujian awal menggunakan AAS yang akan digunakan sebagai pembanding atau patokan saat dilakukan analisis radiograf menggunakan densitometer.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Logam berat masih menjadi topik yang menarik untuk diulas. Pasalnya logam berat senantiasa hadir dalam kehidupan sehari-hari. Baik dari udara, makanan dan minuman atau dalam kondisi tertentu. Cat merupakan material yang sangat dekat dengan kehidupan manusia sehari-hari yang mana di dalamnya terkandung logam berat yaitu timbal. Timbal terdapat dalam pigmen yang digunakan sebagai bahan untuk pemberi warna pada cat. Timbal bersifat toksik dan toksisitas timbal bersifat kronis dan akut. Paparan timbal yang berat dan lama yakni lebih dari 10 tahun akan menimbulkan kerusakan fungsi ginjal yang terkadang irreversible, dan sering disertai dengan hipertensi. Sebenarnya penggunaan timbal pada cat sudah dibatasi sejak 1970, namun penggunaan cat yang memakai bahan dasar timbal ini masih terus berlanjut. Ini dikarenakan selain timbal bisa menghasilkan warna-warna yang cerah, timbal juga tahan korosif .

Penelitian BaliFokus (2013) yang berjudul “Timbal dalam Cat Enamel Rumah Tangga di Indonesia” menyatakan bahwa mayoritas dari sampel cat yang dijual di Indonesia tidak akan diizinkan untuk dijual di Amerika Serikat atau kebanyakan negara maju lainnya, dan lebih dari sepertiga sampel dapat digolongkan sangat berbahaya karena mengandung timbal diatas batas minimum yang telah ditetapkan secara internasional yaitu 90 ppm (*part per million*) [6]. Namun demikian pengawasan pemerintah terhadap produk-produk cat berbahaya masih sangat minim, sehingga masih banyak produsen-produsen cat nakal yang tidak mematuhi peraturan untuk menggunakan batas maksimum penggunaan timbal dalam produk cat mereka. Hal ini menuntut kita para konsumen supaya lebih cerdas dan teliti dalam membeli produk-produk cat yang lebih aman untuk kesehatan dan ramah lingkungan.

W. Adam (2012) melakukan “Pengujian Timbal dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spektroskopy*)”. AAS merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas [7]. Teknik ini merupakan teknik yang paling akurat untuk menentukan presentase kandungan logam dalam suatu zat misalnya cat. Biaya pengujian satu sampel menggunakan AAS berkisar antara Rp. 100.000 – 200.000. Biaya uji kandungan logam dalam cat dengan AAS yang dinilai cukup mahal, menjadi kendala utama bagi para konsumen untuk menguji apakah cat yang mereka gunakan cukup aman. Selain itu keberadaan laboratorium pengujian menggunakan AAS yang terbatas hanya di kota-kota besar juga menjadi faktor kendala.

Radiografi sinar-X bisa menjadi alternatif *tool* untuk menguji kandungan logam dalam cat. Sinar-X merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang berkisar 10^{-8} – 10^{-12} meter. Karena energinya cukup besar, sinar-X bisa menembus tubuh manusia tetapi diserap dan dipantulkan oleh bagian yang lebih padat seperti tulang. Karena itu sinar-X sering digunakan untuk mengambil gambar foto suatu jaringan tubuh yang dikenal sebagai citra radiografi atau radiograf (Denny, P. P.; B. Heaton,1999) [8]. Hasil gambar yang dihasilkan oleh sinar-X atau radiograf suatu jaringan tubuh umumnya hanya menunjukkan kontras gelap dan terang. Dimana biasanya bagian gelap menunjukkan bagian yang bisa ditembus oleh sinar-X seperti kulit, daging dan otot. Sedangkan bagian

terang menunjukkan bagian yang menyerap dan memantulkan sinar-X seperti tulang. Penggunaan sinar-X pada suatu material yang tidak hidup juga sering digunakan seperti pada mesin scan yang berada di Bandara. Secara umum prinsip sinar-X cukup simple. Sinar-X akan meneruskan energinya bila melalui benda-benda yang lunak atau bernomor atom kecil seperti air, dan sinar-X akan diserap dan dipantulkan bila melalui benda-benda padat atau bernomor atom besar seperti besi, baja dan timbal (Bushberg et al, 2002) [9].

E. Fidiani (2008) telah melakukan penelitian serupa untuk menguji apakah radiografi sinar-X bisa digunakan untuk mendeteksi kandungan logam dalam suatu larutan seperti cat. Beberapa logam seperti serbuk besi (Fe), Tembaga (Cu) dilarutkan dalam suatu larutan serupa cat kemudian disinari dengan sinar-X. Ternyata citra radiografi yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan kontras gelap dan terang yang cukup signifikan antara larutan yang mengandung logam dan tidak mengandung logam. Sehingga berdasarkan fakta dan data yang ada, pengujian kandungan logam dalam cat dengan teknik radiografi bisa menjadi alternatif teknik pengujian yang lebih mudah, murah dan efisien [10].

BAB 3 METODE PENELITIAN

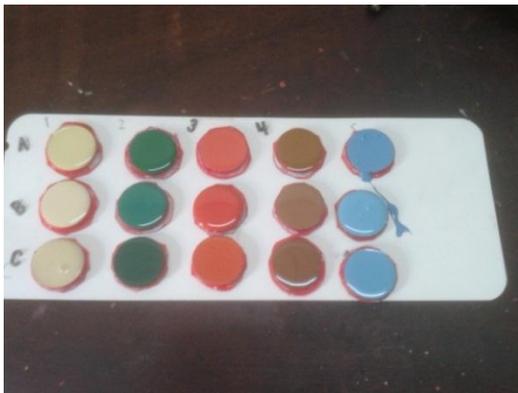
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Studi pustaka dan survey ketersediaan peralatan uji di Bandung sudah dilaksanakan sejak bulan Januari dan Februari 2015. Namun waktu efektif penelitian dilakukan pada bulan Juni - Desember 2015. Persiapan sampel dilakukan di Laboratorium *Research*, Program Studi Fisika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. sementara pelaksanaan pengujian dengan sinar-x, analisis nilai kontras dengan densitometer, dan uji SSA dilakukan di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Jalan Sangkuriang nomor 14 Bandung.

3.2 Bahan Penelitian

3.2.1 Sampel

- a. 3 merk cat kayu FTALIT, ABC, dan Sendai dengan masing-masing merk memiliki warna : krem, hijau, jingga, coklat, dan biru.
- b. 3 merk cat tembok Jotun, Dulux dan tanpa merk dengan warna masing-masing merk : pink, biri, putih dan crem
- c. Cetakan sampel ukuran diameter 8 cm dan volume 5 ml



Gambar 3.1.a Sampel cat kayu



Gambar 3.1.b Sampel cat tembok

3.2.2 Alat

- a. 1 set alat radiografi sinar-x



Gambar 3.2.a mesin sinar-x radiografi



Gambar 3.2.b control panel mesin sinar-x

- b. 1 set alat uji SSA



Gambar 3.3 1 set Alat Uji SSA (Tipe Parking elmer tahun 2005)

- c. Densitometer

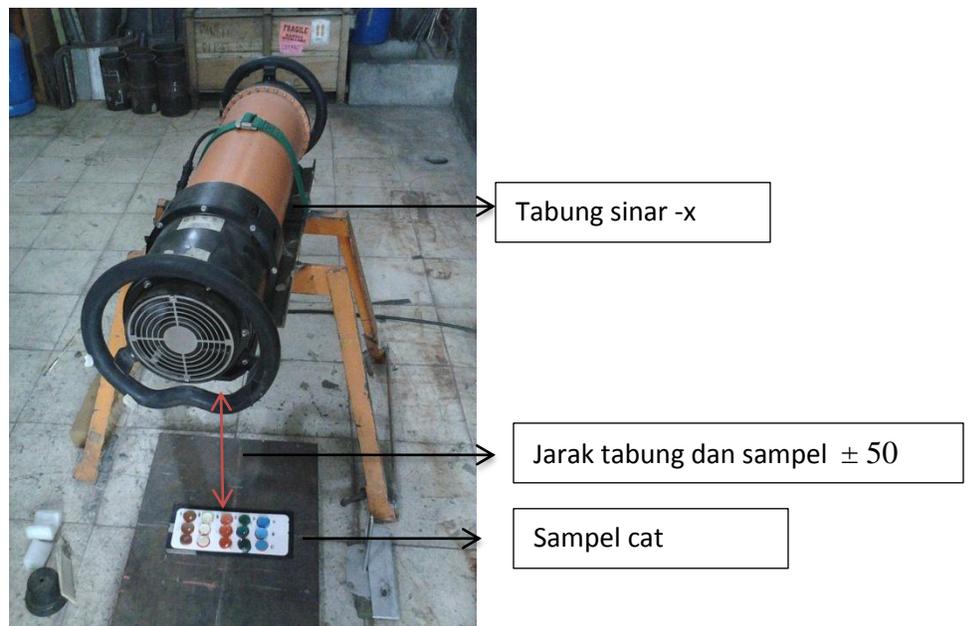


Gambar 3.4 Densitometer

3.3 Tata Laksana Eksperimen

3.3.1 Radiografi Sinar-X

- Sampel yang sudah disiapkan pada gambar 3.1, diletakkan pada mesin sinar-x seperti pada gambar 3.3
- Jarak tabung dengan sampel diatur ± 50 cm
- Kalibrasi tegangan (kV), arus (mA) dan waktu *exposure* untuk menemukan setting yang sesuai dengan ketebalan sampel seperti yang ditunjukkan control panel pada gambar 3.2.b
- Pemotretan sampel dengan variasi tegangan 40 - 80 kV
- Menghitung nilai kontras citra radiografi dengan densitometer



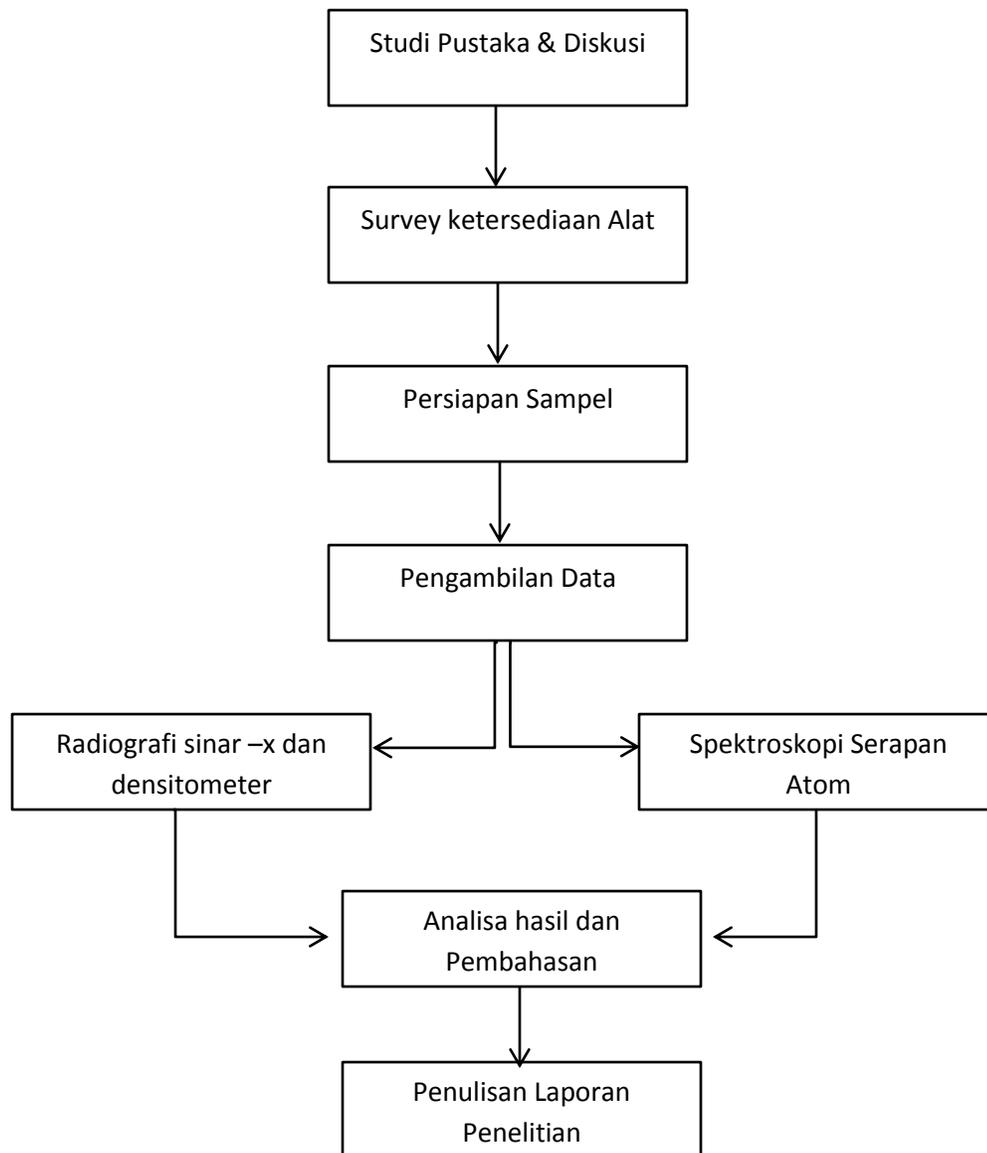
Gambar 3.5 Pemotretan Sampel dengan menggunakan Sinar-X

3.3.2 Spektroskopi Serapan Atom

Pertama-tama sampel diuapkan dengan pembakaran dengan suhu sekitar 400°C , lalu sampel disinari dengan sumber sinar yang memiliki frekuensi yang *match* untuk pengukuran kadar Pb, Hg, dan Cd. Setelah itu akan didapatkan kadar logam yang terkandung dalam cat dalam

skala *Part per Million* (PPM) untuk Pb dan Cd, sementara untuk Hg didapatkan skala *Part per Billion* (PPB).

3.4 Diagram Alir Penelitian



BAB 4
JADWAL PELAKSANAAN

Berikut adalah jadwal pelaksanaan penelitian selama tahun 2015.

No.	Jadwal Kegiatan	Bulan											
		Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	Diskusi awal												
2	Pembelian bahan												
3	Perancangan												
4	Pengambilan data												
5	Analisis & diskusi												
6	Penulisan & Pengumpulan laporan												

Beberapa catatan dalam pelaksanaan eksperimen

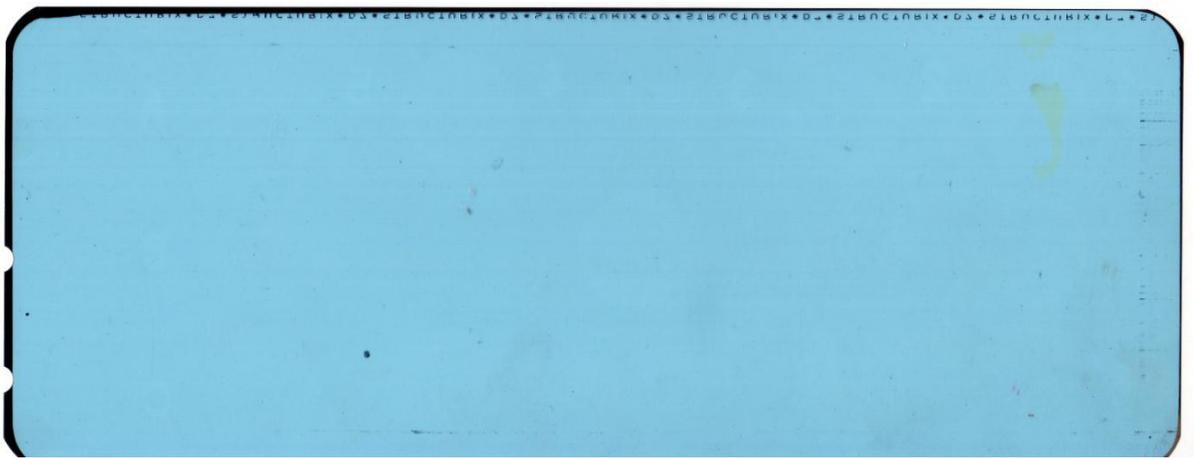
1. Berhubung peralatan di B4T baru siap dipakai di bulan Juni, maka proses pengambilan data baru dilaksanakan di bulan Juni.
2. Pengujian menggunakan SSA cukup memakan waktu lebih dari 2 minggu untuk setiap pengujian sampel, sehingga waktu pengambilan data tidak tepat waktu sesuai rencana semula yang seharusnya selesai bulan September.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Radiografi Sinar-X

Saat dilakukan kalibrasi pertama menggunakan tegangan 40 kV, arus 0,5 mA dan waktu *exposure* 10 detik didapatkan hasil seperti pada gambar 5.1. Hal ini menunjukkan bahwa beda potensial 40 kV belum cukup menghasilkan foton sinar-x untuk kuat menembus sampel dengan ketebalan 0,5 mm. Dalam pengambilan sampel radiografi beda potensial dan waktu *exposure* sangat mempengaruhi energi foton sinar-x yang keluar dari tabung sinar-x. Kuat arus juga cukup mempengaruhi, namun pada percobaan kali ini arus dijaga konstan 0,5 mA menyesuaikan ketebalan bahan sampel yang digunakan. Sehingga untuk percobaan tahap dua beda potensial dinaikkan menjadi 60 kV dengan waktu *exposure* 30 detik.

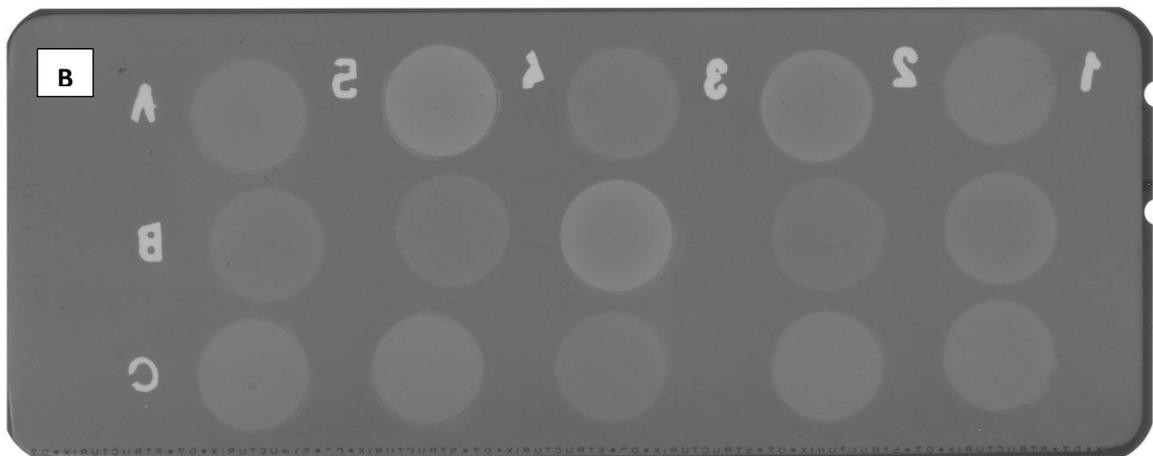
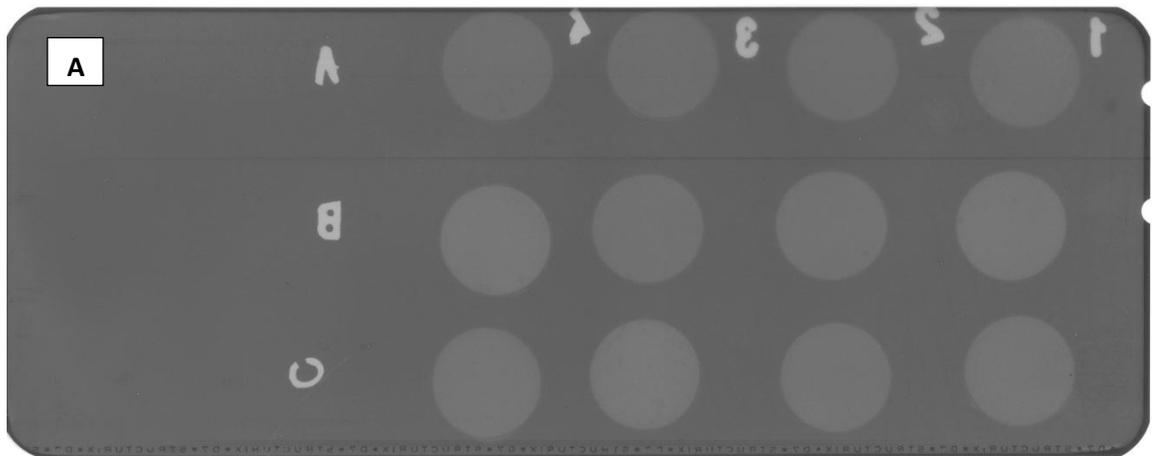


Gambar 5.1 Hasil citra radiografi sinar-x dengan beda potensial 40 kV, kuat arus 5 mA dan waktu *exposure* 10 detik

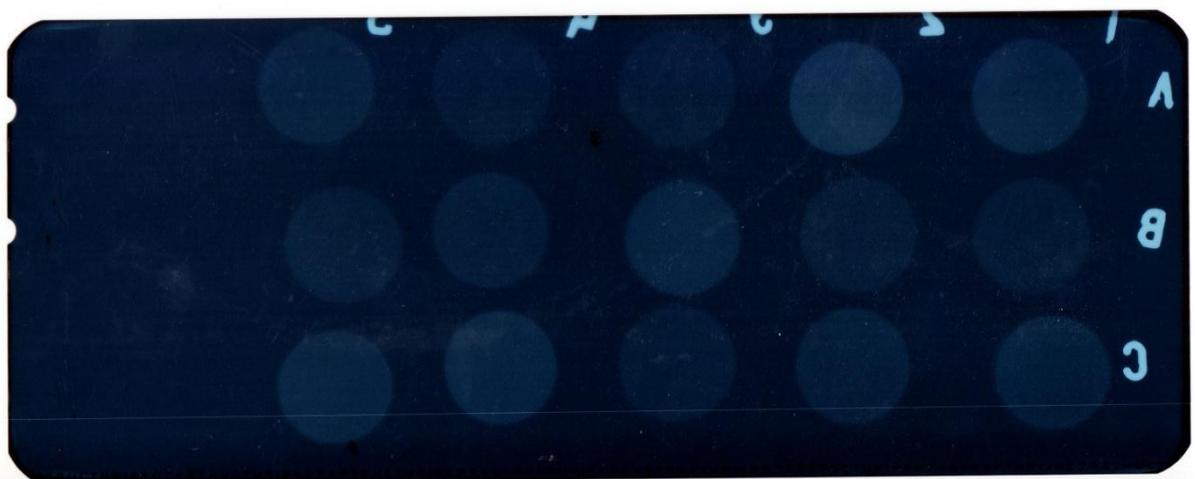
Setelah tegangan dan waktu *exposure* dinaikkan ternyata didapatkan perbedaan kecerahan / kontras yang cukup signifikan antara beberapa sampel untuk cat kayu, namun kontras tidak terlihat untuk cat tembok (gambar 5.2). Dapat dikatakan bahwa dengan menaikkan tegangan, energi foton dari tabung sinar-x juga ikut bertambah, sehingga dengan energi yang cukup besar dan waktu interaksi foton sinar-x dengan sampel cat ditambah, akan memperbesar intensitas sinar-x untuk menembus bahan sehingga dihasilkan perbedaan kontras pada hasil citra radiografi. Dimana area dengan kontras yang lebih terang merupakan area yang banyak menyerap / menahan sinar-x sehingga sinar-x tidak banyak yang diteruskan. Begitu pula sebaliknya, area yang lebih gelap merupakan area yang banyak meneruskan sinar-x.

Dari hasil ini dapat diasumsikan bahwa memang ada perbedaan konsentrasi atom berat (logam) dalam cat kayu. Sebagaimana intensitas sinar-x akan melemah setelah berinteraksi dengan bahan. Pelemahan intensitas akan semakin besar dengan bertambahnya ketebalan atau konsentrasi bahan yang dilalui, dimana konsentrasi atau massa jenis dipengaruhi oleh nomor atom penyusun bahan tersebut [11]. Sehingga dengan jumlah cat yang sama (0,5 ml) dan ketebalan yang sama,

sampel cat dengan konsentrasi nomor atom berat (logam berat) akan menunjukkan kontras citra radiografi yang lebih terang.



Gambar 5.2 citra radiografi sampel pada beda potensial 60 kV, kuat arus 0,5 mA dan waktu *exposure* 30 detik. A). Cat tembok dan B). Cat kayu



Gambar 5.3 citra radiografi sampel pada beda potensial 80 kV, kuat arus 0,5 mA dan waktu *exposure* 30 detik.

Untuk memperjelas perbedaan kontras antara sampel cat, pada percobaan penyinaran sinar-x terakhir, beda tegangan dinaikkan menjadi 80 kV sehingga diperoleh citra radiografi seperti pada gambar 5.3. Terlihat jelas pada gambar dengan menaikkan beda potensial menjadi 80 kV, perbedaan kontras pada citra radiografi terlihat ada perbedaan nilai kontras dengan percobaan sebelumnya menggunakan beda potensial 60 kV. Hal ini diperjelas dengan hasil pengukuran menggunakan densitometer seperti ditunjukkan pada tabel 5.1 dan 5.2.

Tabel 5.1 Nilai densitas citra radiografi dengan nilai beda potensial 60 kV

Merk	Coklat	Krem	Jingga	Hijau	Biru
Ftalit	0.39	0.40	0.41	0.38	0.40
ABC	0.41	0.43	0.40	0.43	0.42
Sendai	0.40	0.39	0.42	0.39	0.40

Tabel 5.2 Nilai densitas citra radiografi dengan nilai beda potensial 80 kV

Merk	Krem	Hijau	Jingga	Coklat	Biru
Ftalit	0.61	0.58	0.66	0.66	0.63
ABC	0.65	0.64	0.61	0.65	0.64
Sendai	0.63	0.63	0.65	0.62	0.61

Densitometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kerapatan suatu material berdasarkan citra radiografi. Sesuai table 5.1 dan 5.2 nilai densitas atau kecerahan citra pada percobaan dengan beda potensial 80 kV rata-rata lebih tinggi daripada 60 kV. Hal ini cukup jelas karena dengan beda potensial yang lebih tinggi, energi foton sinar-x yang keluar dari tabung juga semakin besar sehingga intensitas sinar-x yang berinteraksi dengan bahan juga semakin besar. Namun ada perbedaan selisih kontras yang tidak konsisten antara pecobaan 60 kV dengan 80 kV. Hasil densitometer ini tidak cukup untuk menarik kesimpulan, untuk itu perhitungan secara lebih akurat menggunakan software MATLAB perlu dilakukan. Analisis ini akan dilakukan untuk percobaan selanjutnya. Sebelum dilakukan percobaan selanjutnya, kandungan logam dalam masing-masing sampel akan diuji menggunakan SSA.

5.2 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Hasil pengujian menggunakan SSA untuk cat tembok menunjukkan bahwa rata-rata kandungan logam Pb dibawah 90 ppm dan ada yang nilainya di bawah rata-rata (LoD). Hal ini konsisten dengan hasil pengujian menggunakan radiografi sinar-x yang menunjukkan tidak begitu terlihat perbedaan kontras pada citra radiografi sampel cat tembok tersebut. Namun untuk beberapa cat kayu, nilai ppm logam Pb dan Hg dari beberapa sampel terlihat pada table 5.3.

Dari table terlihat bahwa tidak ada konsistensi dari hasil radiografi dengan SSA. Namun pengujian radiografi sinar-x dengan 80 kV cukup konsiten dengan kadar merkuri dalam sampel cat. Untuk warna hijau dengan densitometer bernilai 0,64 kadar Hg 383 ppm kemudian pada nilai densitometer 0,61 kadar Hg juga menurun menjadi 258 ppm. Namun hasil ini tentu saja tidak bisa digunakan sebagai kesimpulan mengingat tidak hanya Hg saja kandungan logam berat di dalam cat.

Tidak konsistennya nilai ini bisa disebabkan beberapa hal diantaranya: kekentalan cat saat dituangkan dalam cetakan sebelum diuji menggunakan radiografi sinar-x harusnya dipastikan sama. Kemungkinan juga hasil densitometer yang tidak merata yang perlu dianalisa lebih lanjut menggunakan software *imhist* dalam MATLAB. Faktor yang ketiga mungkin memang hasil yang ditunjukkan oleh citra radiografi sudah sesuai namun ada banyak kandungan logam berat lain selain Pb dan Hg di dalam cat yang belum terdeteksi. Untuk itu analisa untuk mengetahui kandungan logam-logam berat dalam cat menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) perlu dilakukan.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Pb dan Hg menggunakan SSA

Warna cat	Densitometer (60 kV)	Densitometer (80 kV)	Pb (ppm)	Hg (ppm)
Hijau	0,43	0,64	609	383
Biru	0,40	0,63	LoD	347
Biru	0,40	0,61	772	258
Coklat	0,39	0,66	Belum teruji	370
Coklat	0,40	0,62	65	Belum teruji
Krem	0,43	0,65	1874	Belum teruji
Jingga	0,40	0,61	2255	Belum teruji

Walaupun hasil eksperimen ini masih belum sesuai ekspektasi dan masih membutuhkan eksperimen-eksperimen lanjutan, dari hasil pengujian ini dapat diperoleh beberapa hal yaitu: 1. Masih banyak produsen-produsen cat nakal yang tidak bertanggung jawab dengan menggunakan logam berat seperti Pb melebihi batas minimum yang ditetapkan yaitu 90 ppm. 2. Meski begitu penggunaan Pb dalam cat tembok telah diminimalisir untuk produksi cat tahun 2015 ini dengan ditunjukkannya hasil SSA yang dibawah batasan maksimum, mengingat penelitian pada tahun-tahun sebelumnya menunjukkan temuan kadar Pb di atas 90 ppm untuk cat tembok. 3. Dengan hasil eksperimen ini masih ada harapan untuk mengembangkan teknik radiografi dalam penggunaannya untuk pengujian kandungan cat dalam logam.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Pengujian menggunakan radiografi sinar-x pada sampel cat menunjukkan adanya perbedaan kecerahan / kontras yang menunjukkan adanya kandungan atom berat dalam cat.
2. Hasil pengukuran menggunakan densitometer masih memerlukan analisa lebih lanjut menggunakan software *imhist* dalam MATLAB.
3. Meskipun belum ditemukan hasil yang konsisten antara nilai kecerahan citra radiografi dan SSA, teknik radiografi ini masih perlu dikembangkan diantaranya menguji semua kandungan unsur logam berat menggunakan XRD.
4. Dari hasil pengujian menggunakan SSA ditemukan adanya kandungan Pb dalam cat kayu berwarna jingga hingga 2255 ppm yang jauh melebihi batas minimum yang ditetapkan WHO yaitu 90 ppm.
5. Hasil SSA juga menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam cat tembok rata-rata sudah di bawah batas minimum yang ditetapkan.

6.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk seluruh jenis cat kayu khususnya yang berwarna cerah menggunakan XRD. Penggunaan radiografi Neutron juga perlu dipertimbangkan untuk membandingkan hasilnya dengan radiografi sinar-x.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asia Pacific Coating Journal (2010). Market report. Country Focus: Indonesia. *Paint Sector Benefits from Indonesia's Economic Growth*.
2. Clark, C. Scott. et.al. (2009). *Lead levels in new enamel household paints from Asia, Africa and South America*. Environmental Research 109 (7), October 2009, pp. 930–936.
3. Wahyu W, Sastiono A, Jusuf R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi, Yogyakarta
4. Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention (2012). *Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention*.
5. David Attwood (1999). *Soft X-rays and extreme ultraviolet radiation*. Cambridge University. p. 2. ISBN 978-0-521-65214-8.
6. BaliFokus. (2013). "*Timbal dalam Cat Enamel Rumah Tangga di Indonesia*". Laporan Nasional
7. Wiryawan, Adam. *Spektrofotometer Serapan Atom*. <http://www.chem-is-try.com/> 18 Juni 2012
8. Denny, P. P.; B. Heaton (1999). *Physics for Diagnostic Radiology*. USA: CRC Press. p. 12. ISBN 0-7503-0591-6.
9. Bushberg, Jerrold T.; Seibert, J. Anthony; Leidholdt, Edwin M. and Boone, John M. (2002). *The essential physics of medical imaging*. Lippincott Williams & Wilkins. p. 38. ISBN 978-0-683-30118-2.
10. E.Fidiani (2008). *Studi Awal Uji Kandungan Logam dalam Cat dengan Teknik Computed Radiografi*. Skripsi, Prodi Fisika, UGM, Yogyakarta.
11. *High-Intensity X-rays - Interaction with Matter: Processes in Plasmas, Clusters, Molecules and Solids*. Stefan P. Hau-Riege. ISBN: 978-3-527-40947-1