

**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# **KARAKTERISTIK DOSIMETER DARI BATU AGATE UNTUK DOSIMETER DOSIS TINGGI**

## **DOSIMETRIC CHARACTERISTICS OF AGATE STONES FOR HIGH DOSE DOSIMETERS**

**Presented By :**  
**Ridhwan Haliq 2713201908**

**Advisor by :**  
**Diah Susanti, ST., MT., Ph.D**

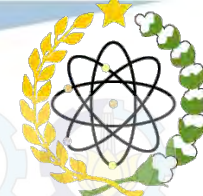


National Nuclear Energy Agency

# BAB I

## • Latar Belakang

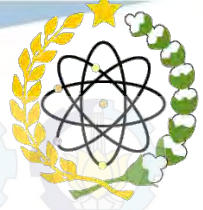
- ❖ Pada industri reaktor nuklir, pemakaian dosimeter sudah menjadi harga mati bagi para pekerja. Selain itu, industri non nuklir juga menuntut keselamatan para pekerja dan masyarakat serta keselamatan lingkungan dengan mengenakan dosimeter.
- ❖ Bahan pembuatan Dosimeter terbilang mahal sehingga diperlukan material yang murah dan memiliki sifat dan fungsi yang hampir menyerupai atau bahkan melebihi kapasistansi dari Dosimeter yang ada.
- ❖ thermoluminescence dosimeter (TLD) adalah system yang mudah di fabrikasi ke dalam bentuk detektor dengan memanfaatkan potensi alam indonesia.



BATAN  
National Nuclear Energy Agency

# Perumusan masalah

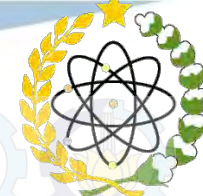
- Bagaimana menentukan material batuan alam yang dapat digunakan sebagai bahan dosimeter berbasis silika?
- Bagaimana pengaruh karakterisasi dari material dosimeter berbasis silika terhadap sifat *thermoluminescence*?
- Bagaimana menentukan material dosimeter berbasis Silika dari karakterisasi respon dosis batu agate untuk diaplikasikan sebagai dosimeter?



**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# Batasan masalah

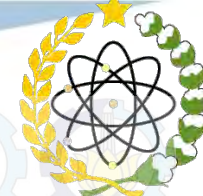
- Temperatur di dalam furnace dianggap sama.
- Pengaruh lingkungan diabaikan.
- Penyinaran iradiasi dianggap homogen.



**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

## Tujuan penelitian

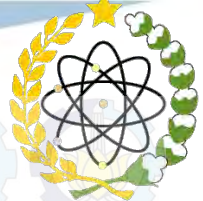
- Menentukan material batuan alam yang dapat digunakan sebagai bahan dosimeter berbasis silika. Menganalisa pengaruh karakterisasi dari material dosimeter berbasis silika terhadap sifat *thermoluminescence*.
- Menganalisis pengaruh karakterisasi dari material dosimeter berbasis silika terhadap sifat *thermoluminescence*.
- Menganalisa material dosimeter berbasis silika yang paling baik untuk diaplikasikan sebagai material Dosimeter.



**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# Manfaat penelitian

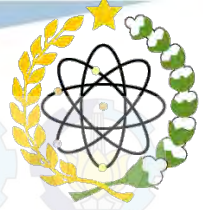
- **Bagi Perusahaan**
  - Sebagai salah satu alternatif pengembangan material TLD yang memanfaatkan hasil penelitian ini.
- **Bagi Peneliti**
  - Sebagai bahan rujukan untuk penelitian lanjutan yang berkaitan dengan materi dalam penelitian ini
- **Bagi Masyarakat**
  - Hasil penelitian ini apabila dijadikan suatu produk yang diperlukan masyarakat banyak khususnya pekerja radiasi, harganya akan dapat terjangkau masyarakat mengingat bahan dasarnya relatif murah dan mudah didapat.



**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

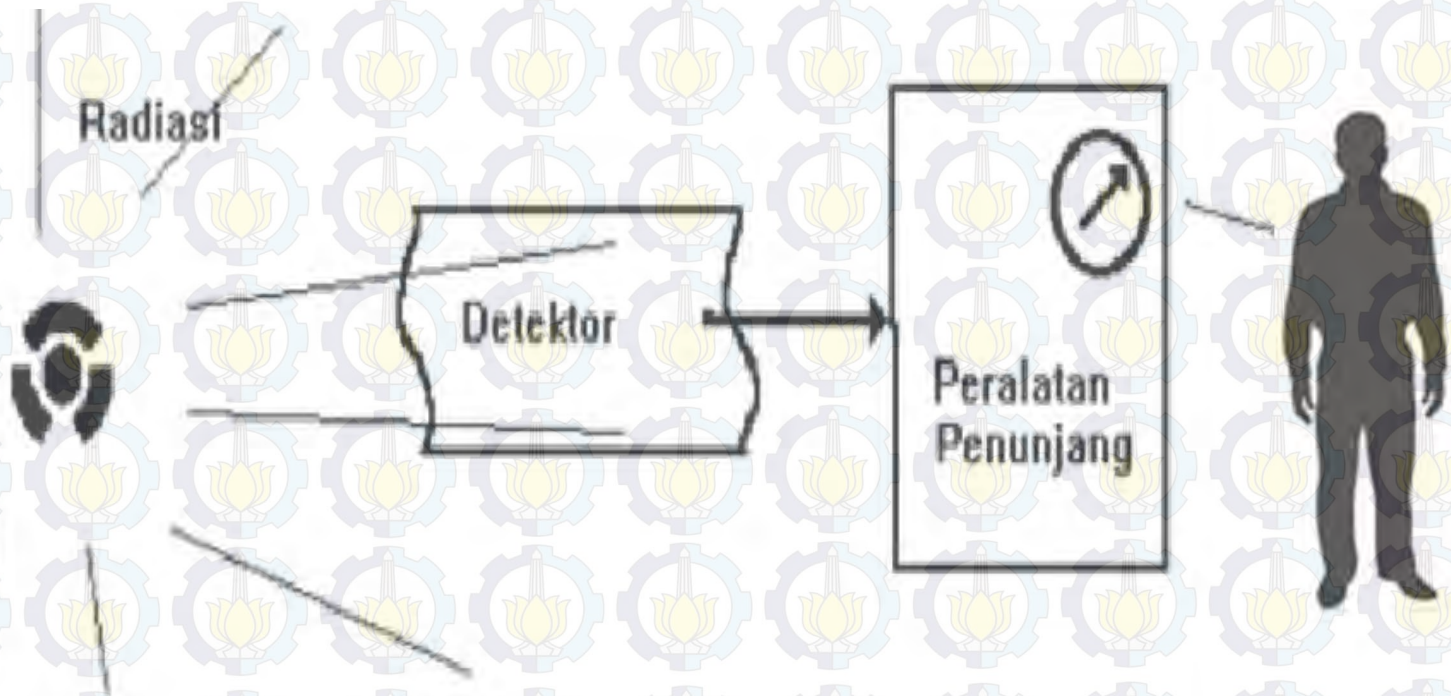
# BAB II

# Tinjauan Pustaka

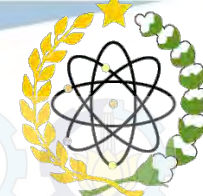


**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# Skema pengukuran radiasi





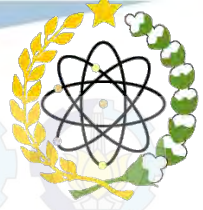


BATAN

National Nuclear Energy Agency

## Dosimeter Termoluminisensi (TLD)

- Alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi secara akumulasi. Jadi, dosis radiasi yang mengenai dosimeter personal akan dijumlahkan dengan dosis yang telah mengenai sebelumnya. Dosimeter ini sangat menyerupai dosimeter film *badge*



BATAN  
National Nuclear Energy Agency

# Fenomena thermoluminesensi


- Material yang dapat menunjukkan fenomena TL antara lain adalah material yang memiliki energy band gap. Sehingga, konsep rencana dasar untuk menjelaskan fenomena TL adalah konsep pita energy electron. Pada model ini digambarkan model tingkat energy tertentu yang dipisahkan oleh suatu pita larangan.

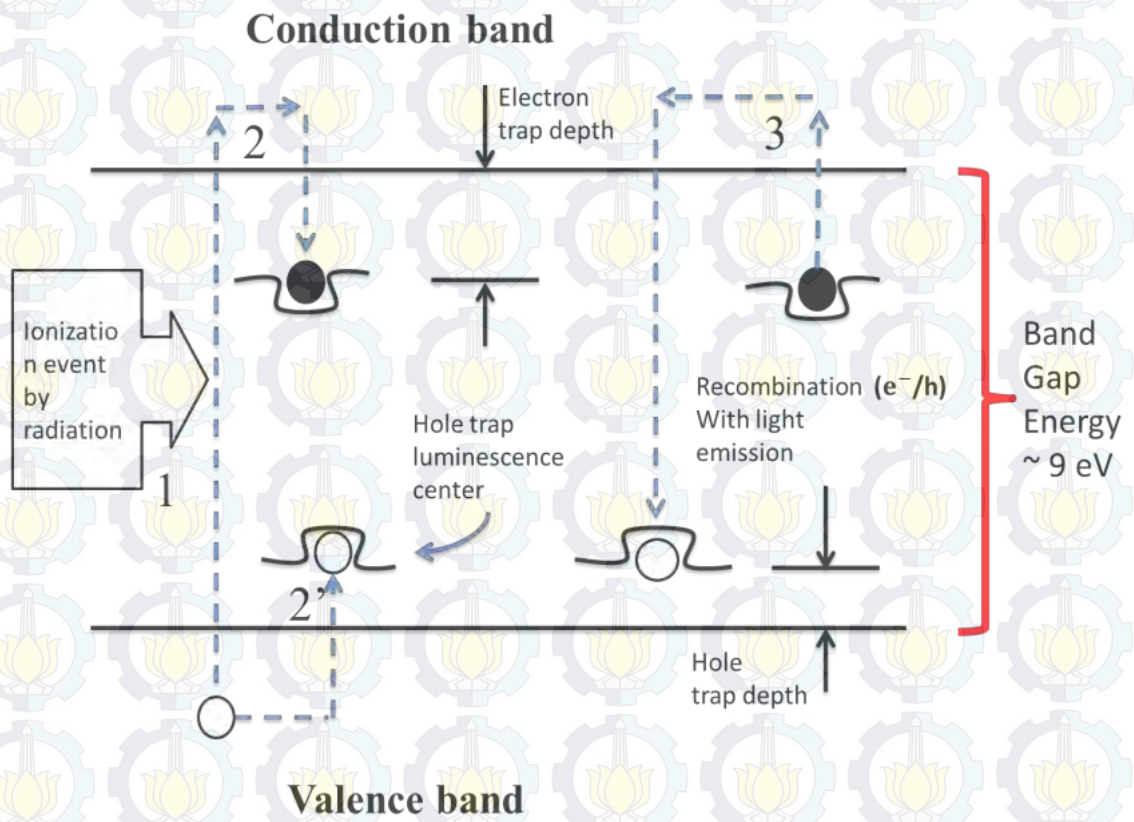


BATAN

National Nuclear Energy Agency

# Fenomena thermoluminesensi

  
 IRPASENA (Iradiator  
 Panorama  
 Serbaguna); Co-60  
**Gamma**  
**Cell-220 System**



Keterangan :

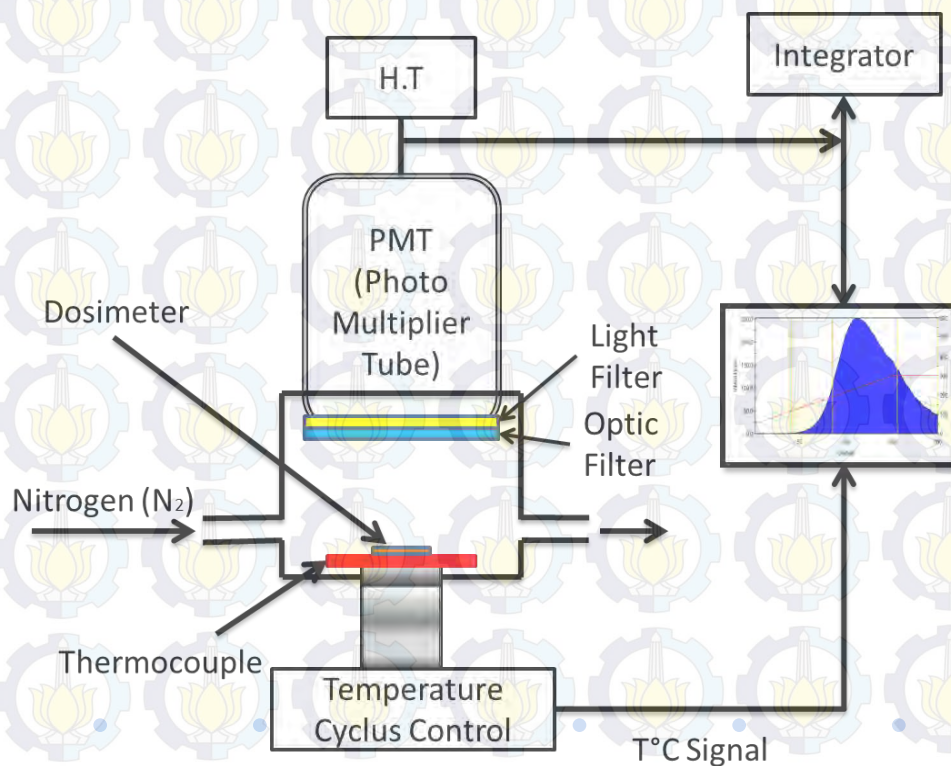
- Electron Absorb Irradiation Energy = ●
- Electron Hole = ○



BATAN  
National Nuclear Energy Agency

# Prinsip Kerja TLD-Reader

- Pada proses pembacaan Dosimeter dengan menggunakan Thermo Scientific Harshaw Model 3500 Manual TLD Reader.



$$V = I \times R$$
$$I = V/R$$



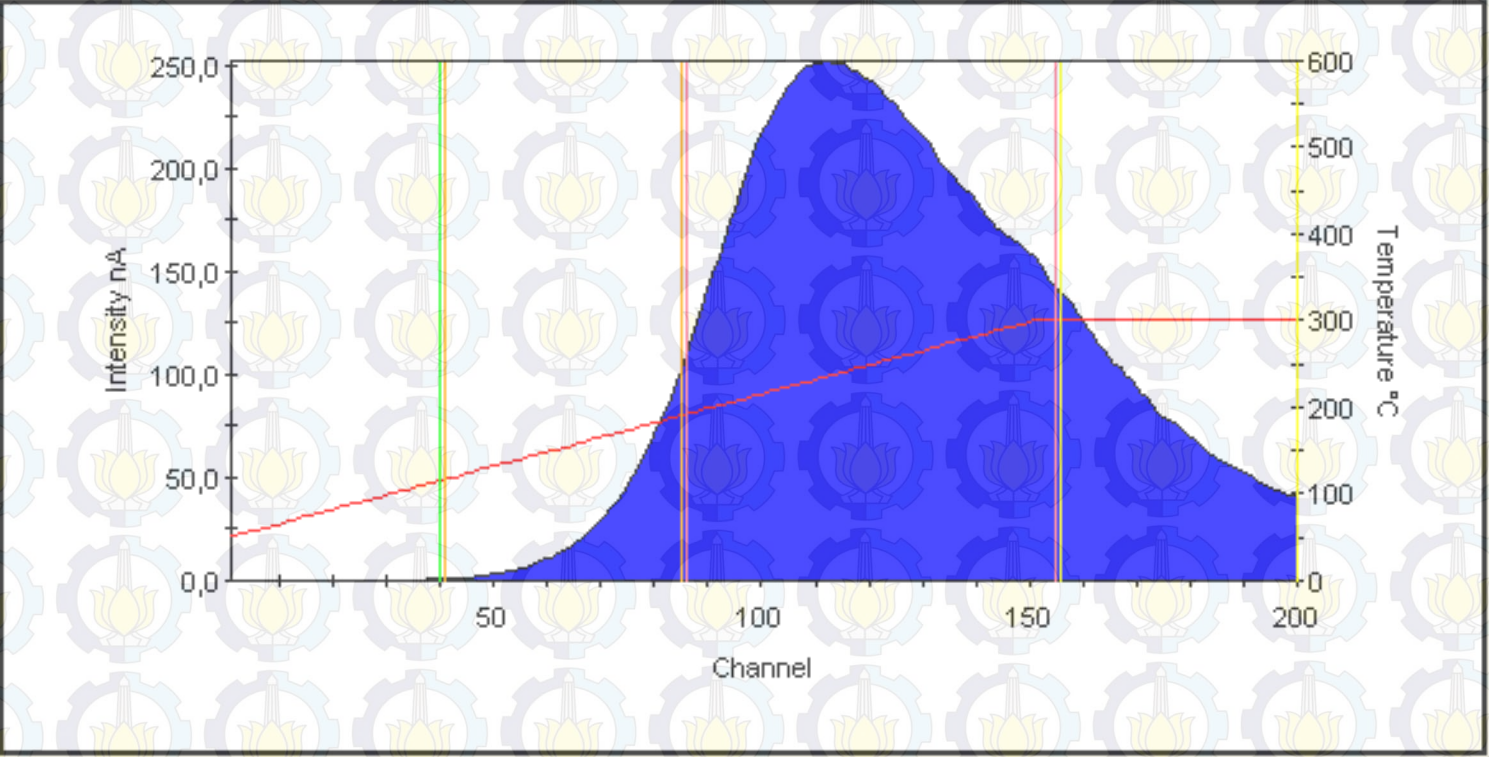
$$Q = I \times t$$

Selected

11/11/2014 11:09:41 2G C43.1 HaliqSio2

- 3,138  $\mu$ C
- ,0010 ROI1
- ,2033 ROI2
- 2,338 ROI3
- ,5951 ROI4
- ECC
- RCF
- 251 nA
  
- 0 -- 40
- 41 -- 85
- 86 -- 155
- 156 -- 200

Channel: 199  
Intensity: 0.412 nA  
Temperature: 300 °C  
Time: 33,17 sec



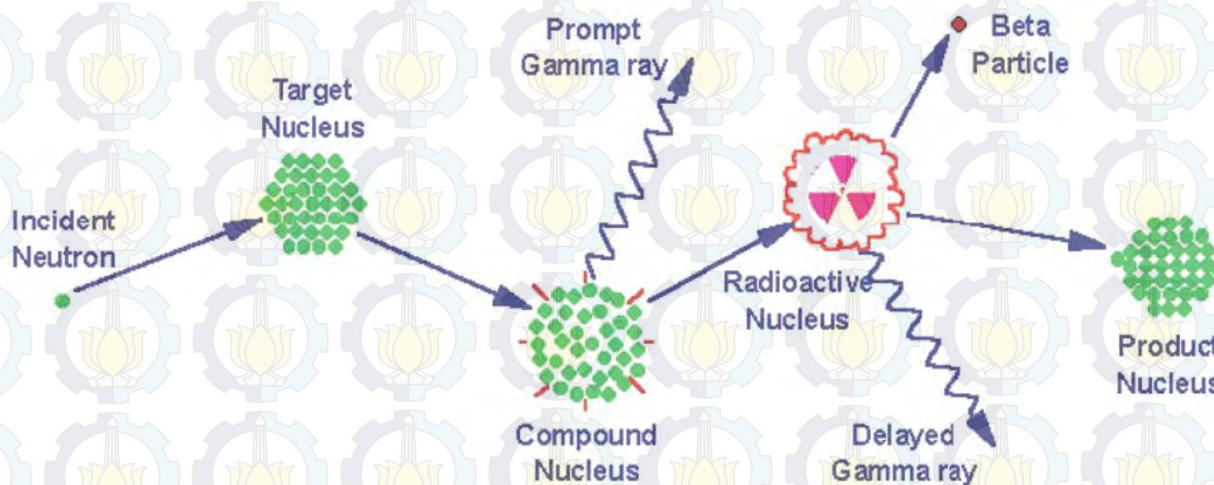
To set ROIs, press F1 for help.  
ROI1 (Green)-None ROI2 (Orange)-SHIFT ROI3 (Hot Pink)-CTRL ROI4 (Yellow)-ALT



BATAN  
National Nuclear Energy Agency

# Analisis Aktivasi Neutron (AAN)

- Analisis Aktivasi Neutron (AAN) adalah salah satu teknik nuklir yang digunakan untuk mengkuantifikasi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam suatu materi.

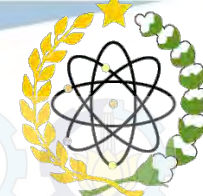


Berdasarkan dua penelitian dari Teixeira, elemen-elemen kimia yang bertanggung jawab dengan kehadiran sinyal thermoluminesensi yaitu:

- Ba (Barium)
- Ce (Serium)
- Cr (Krom)
- Hf (Hafnium)
- Na (Natrium)
- Nd (Neodimium)
- Th (Torium)
- Zn (Seng)
- Fe (Besi)
- Ca (Kalsium)
- Cs (Sesium)
- Sb (Antimon)
- U (Uranium)

Tahun	Peneliti	Material	Cv <sub>max</sub> (%)	Keterangan	Variasi Dosis
2011	Teixeira, dkk	Onyx-Putih	5,4	Sensitivitas radiasi tertinggi pada (Onyx-Putih)	0,1 kGy, 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy
		Onyx-Hitam	5,8		
		Onyx-stripped	6,5		
2012	Teixeira, dkk	Gasper-Teflon (Green)	4,4	Sensitivitas radiasi tertinggi pada Gasper-teflon (Green)	5 kGy dan 10 kGy
		Gasper-Teflon (Striped)	4,7		
		Gasper-Teflon (Ocean)	5,3		
		Gasper-Teflon (Brown)	4,6		
		Gasper-Teflon (Red)	4,5		
2013	Amorim R.A.P.O. d dkk	Polytetrafluoroethylene (PTFE)	-	Semakin Tinggi irradiation heat-treatment semakin tinggi intensitasnya, maka semakin sensitive, Teflon lebih murah dan mudah di preparasi	5 Gy, 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, dan 30 kGy
		Andesit-Teflon	10,4-18,89	Sensitivitas radiasi tertinggi dan sifat residunya yang paling sedikit adalah (pasir silica – Teflon)	0.1 kGy, 1 kGy, dan 10 kGy
		Onyx-Teflon	4,1-17,21		
	Andromeda Dwi laksono	Batu Agate-Teflon	2,21-52,86		

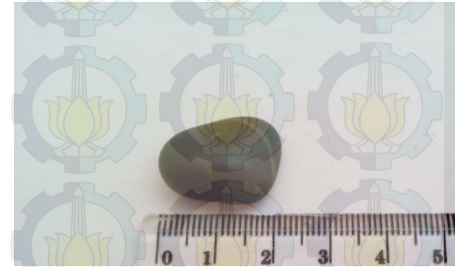
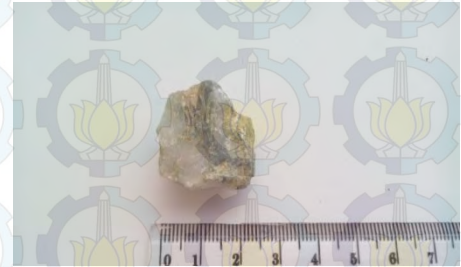
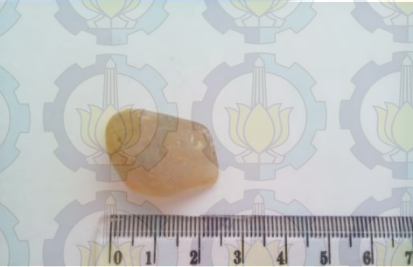
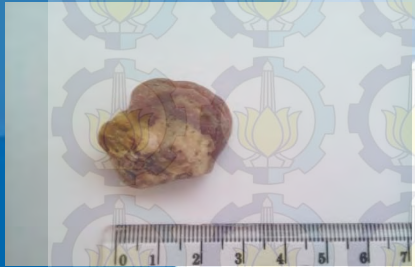




**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# BAB III

# Metodologi Penelitian

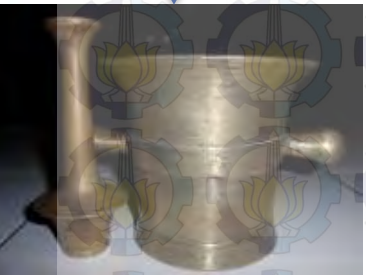


**Brown Agate**

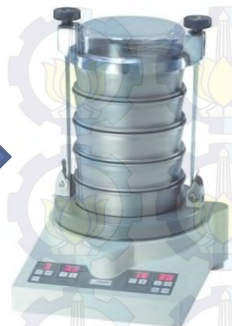
**Dark Yellow Agate**

**Grey Agate**

**Dark Grey Agate**



**Peremukan batu agate hingga 100 mesh**



**sieving**



**Pengujian AAN (Analisis Activity Neutron)**



**Next Slide**



FTIR



XRD



SEM



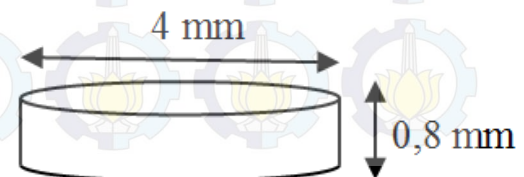
AAN

Proses penghilangan partikel magnet menggunakan magnet (Ramaswamy dan Kalaiarasi 2012).

Penghilangan kandungan Folatil pada sampel dengan 99% H<sub>2</sub>O + 1% HCl dan dipanaskan pada

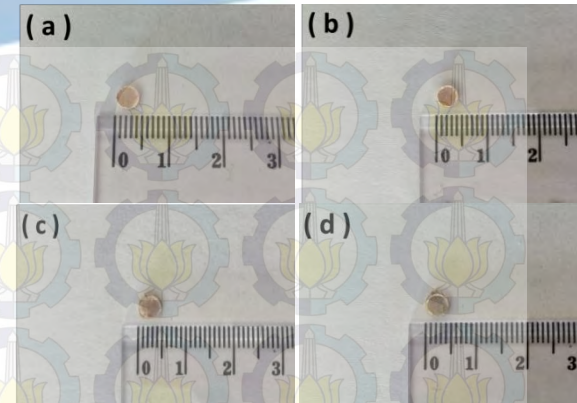
Muffle furnace temperatur 135°C ; t=2 hours

Proses Pembuatan pellet dengan perbandingan antara PTFE dan Batu Agate 2:1 (kompaksi mekanik) dengan Tekanan manual



Di annealing temperatur:

- 200°C
- 300°C
- 400°C



Sampel batu agate dan Teflon setelah dikompaksi (a) Brown Agate, (b) Dark Yellow Agate, (c) Grey Agate, (d) Dark Grey Agate.

Repeatability  
dengan temperatur  
200°C

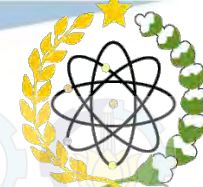
DOSIS  
RADIASI:

- 0,1 kGy
- 1 kGy
- 10 kGy

Didiamkan  
selama 20 jam  
atau 1 hari

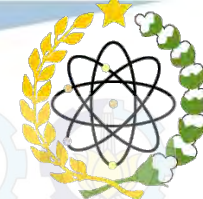
  
IRPASENA (Irradiator  
Panorama  
Serbaguna); Co-60





# Schedule Penelitian

N o.	Proses Kegiatan	Bulan																			
		I				II				III				IV				V			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur																				
2.	Preparasi Spesimen																				
3.	Pengujian SEM/EDX, XRD, dan FTIR																				
4.	Pengujian AAN																				
5.	Pengujian Respon Dosis																				
6.	Analisa Data																				



**BATAN**  
National Nuclear Energy Agency

# BAB IV

# Analisa Data dan pembahasan

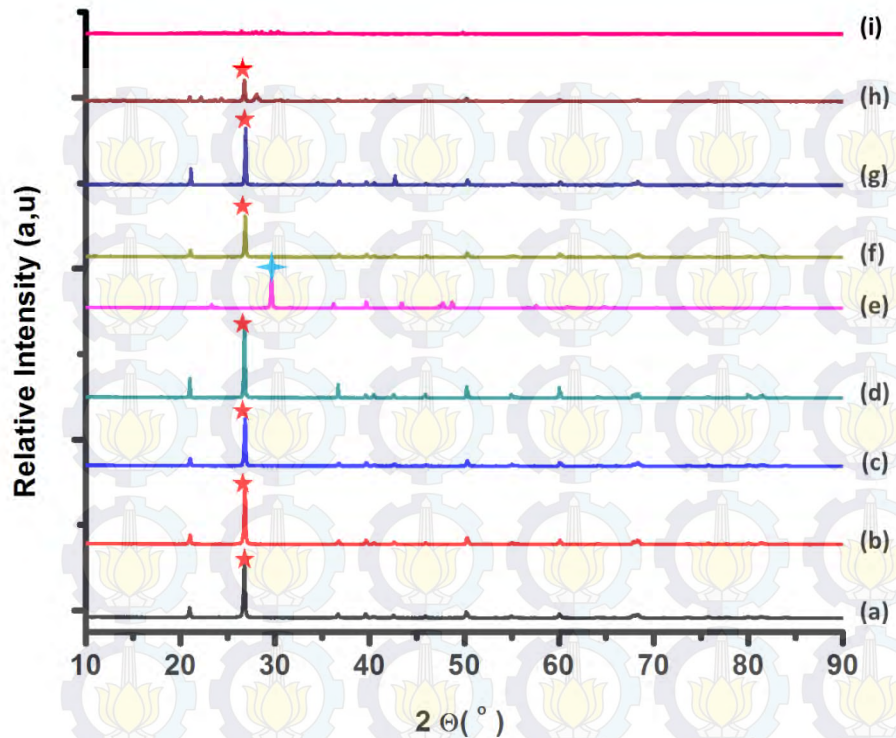
# Penyeleksian Material Batuan Alam Sebagai Bahan Dosimeter

## X-Ray Diffraction (XRD)

• untuk menganalisa struktur kristal dan fasa. serta digunakan untuk mengidentifikasi unsur atau senyawa (analisis kualitatif) dan penentuan komposisi (analisis kuantitatif) pada material batuan alam untuk dijadikan bahan dosimeter.

## AAN (Analisa Aktivitas Neutron)

- menganalisa elemen-elemen kimia dengan kuantitas ppm (*part per million*) yang bertanggung jawab dengan kehadiran sinyal thermoluminesensi. Terdapat empat elemen kimia yang dapat dicari yaitu U, Hf, Sb, dan Cs. Untuk mengetahui dari suatu unsur digunakan standar handbook (AEA-TECDOC-564)



Keterangan :

Peak SiO<sub>2</sub> = ★

Peak Jesper = ★

Pola X-ray Difraksi material agate =

- a) Brown Agate
- b) Dark yellow Agate
- c) Dark Brown Agate
- d) Cream Agate
- e) Crystal Gasper
- f) Black Agate
- g) Grey Agate
- h) Dark Grey Agate
- i) Kelud Mountain Sand

Pola XRD pada masing-masing sampel batuan.

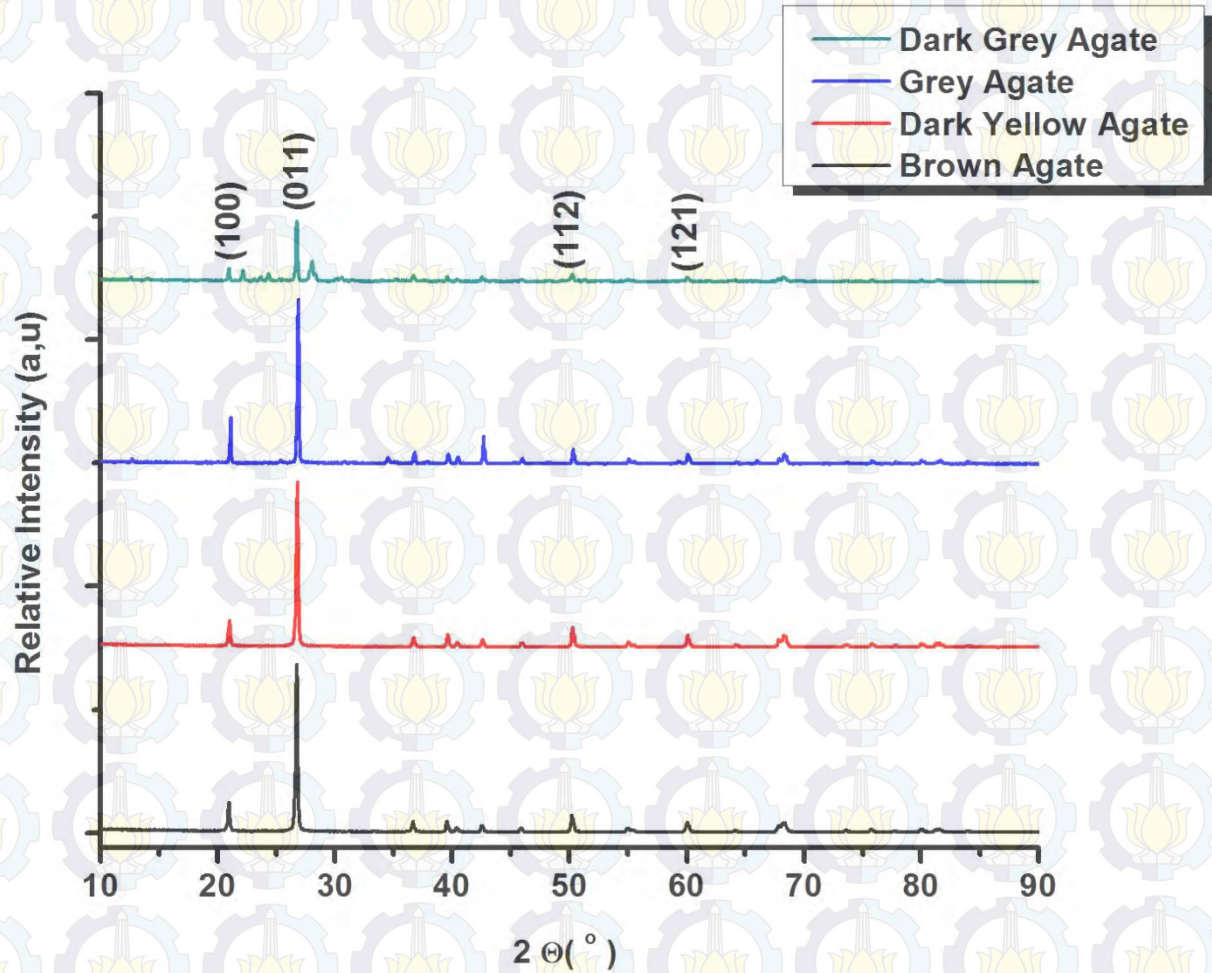
brown agate pada sudut  $2\theta = 26.7518^\circ$ , Dark yellow agate pada sudut  $26.80318^\circ$ , Grey agate pada sudut  $26,87003^\circ$ , Dark grey agate terjadi pada sudut  $26.75305^\circ$ . dari keempat material ini dipilih sebagai bahan TLD, bukan hanya dari struktur Kristal yang dimiliki material tersebut akan tetapi juga kandungan Uranium, Cesium, Stibium dan Hafnium dengan menggunakan (PCPDF card no. 85-0335) untuk menentukan SiO<sub>2</sub>.



# Pengaruh pengujian AAN terhadap respon dari material Dosimeter Berbasis Silika

No	Sampel	Parameter	Hasil Uji (mg/kg)
1	<b>Brown Agate</b>	Cs	0,51 ± 0,04
		Hf	2,16 ± 0,08
		Sb	0,37 ± 0,03
		U	0,09
2	<b>Dark Yellow Agate</b>	Cs	0,31
		Hf	0,21 ± 0,02
		Sb	2,95 ± 0,08
		U	1,97 ± 0,06
3	Dark Brown Agate	Cs	0,31
		Hf	0,08
		Sb	0,41 ± 0,02
		U	1,83 ± 0,06
4	Cream Agate	Cs	0,47 ± 0,04
		Hf	0,24 ± 0,02
		Sb	0,08
		U	0,11 ± 0,01
5	Crystal Gesper	Cs	0,31
		Hf	0,08
		Sb	0,24 ± 0,01
		U	0,09
6	Black Agate	Cs	-
		Hf	0,41 ± 0,02
		Sb	0,31 ± 0,01
		U	0,09
7	<b>Grey Agate</b>	Cs	0,86 ± 0,03
		Hf	1,10 ± 0,07
		Sb	0,28 ± 0,01
		U	0,84 ± 0,07
8	<b>Dark Grey Agate</b>	Cs	0,31
		Hf	4,29 ± 0,39
		Sb	0,66 ± 0,05
		U	1,37 ± 0,09
9	Kelud Mountain Sand	Cs	0,31
		Hf	1,40 ± 0,08
		Sb	0,20 ± 0,01
		U	0,09

# Hasil XRD dari keempat material batuan agate



# Karakterisasi Struktur & Morfologi dari Batu Agate Sebagai Bahan Dosimeter

## **Analisa Xray-Diffraction Dosimeter**

Pengujian XRD dilakukan dengan menggunakan alat Philips Analytical, terhadap sampel batu dan pelet dengan diameter 4 mm dan ketebalan 0,8 - 1 mm. Pengujian dilakukan dengan sinar X menggunakan range sudut yang tergolong panjang, yakni  $10^{\circ}$ - $90^{\circ}$  dan menggunakan panjang gelombang sebesar  $1.54056 \text{ \AA}$ .

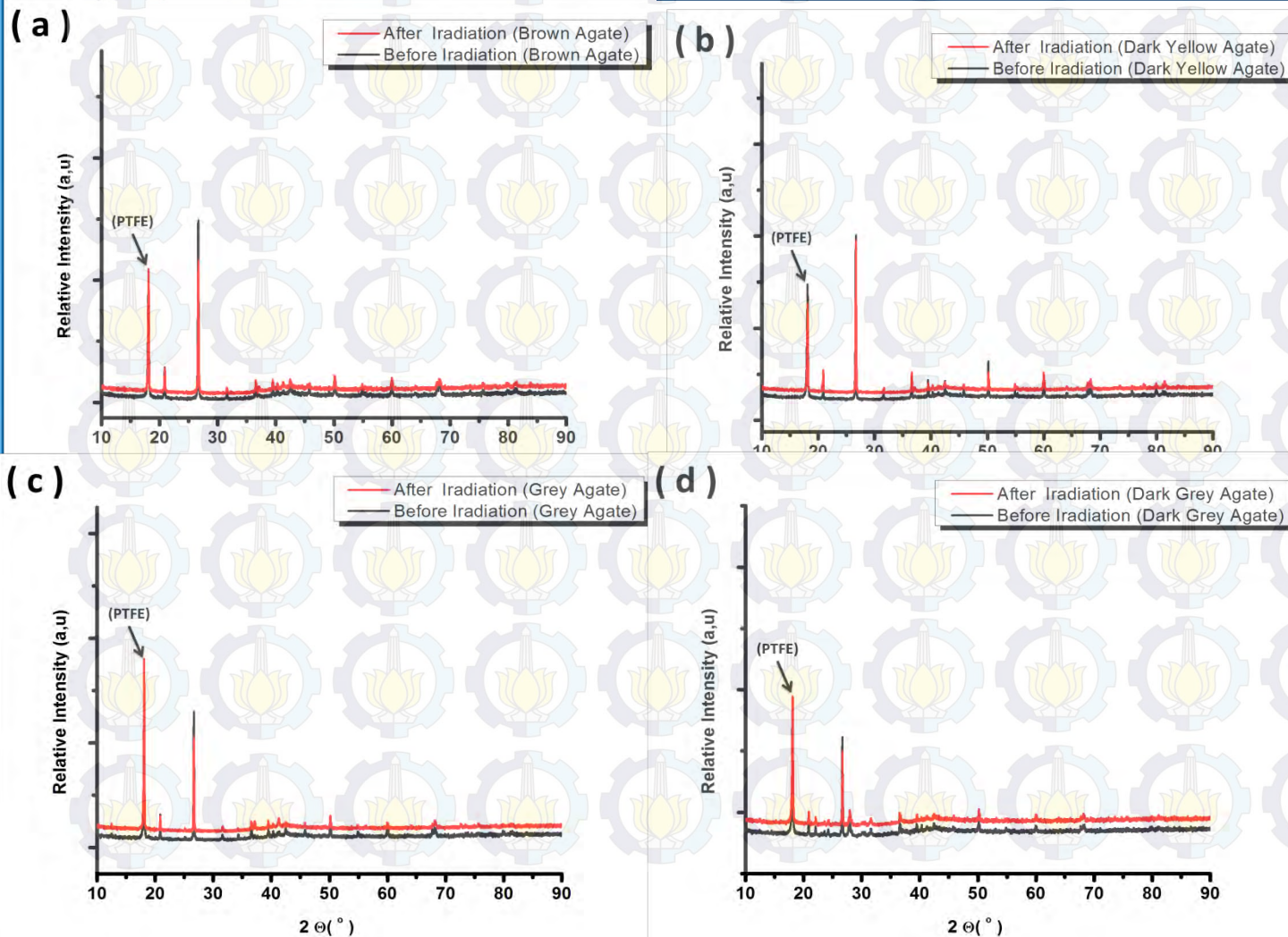
Micrograph Dengan Menggunakan SEM (Scanning Electron Microscop) dan EDAX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy).

hasil pengujian SEM maka bisa dilihat morfologi dari persebaran partikel terhadap jenis batuan serta morfologi dari jenis-jenis batuan

## **Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)**

Untuk mengetahui luasan absorpsi dari material dosimeter dan menganalisis gugus fungsi yang ada pada dosimetera

# Perbandingan hasil XRD dari material dosimeter sebelum dan sesudah pemakaian sebanyak 3X



Perbandingan hasil pengujian XRD pada material pellet sebelum dan sesudah dilakukan irradiasi

- (a) Brown Agate,
- (b) Dark Yellow Agate,
- (c) Grey Agate
- (d) Dark Grey Agate.

(PCPDF card no. 47-2217).  
Puncak-puncak PTFE terdapat pada Grey Agate-Teflon, Dark Yellow Agate-Teflon, Grey Agate-Teflon, dan Dark Grey Agate-Teflon yang masing-masing pada sudut  $2\theta = 18.079^\circ, 18.079^\circ, 18.0699^\circ$  dan  $18,079^\circ$ .

# Perubahan ukuran kristal sebelum dan sesudah diiradiasi

Ukuran kristal dari Variasi Batu Agate Terhadap Temperatur Sintering 400°C Sebelum Irradiation.

Sampel	$\lambda$ (Å)	B(rad)	$\theta$ (°)	Cos $\theta$	D (Å)
Brown Agate	1.54060	0.00233	13.3139	0.973	613.5132
Dark Yellow Agate	1.54060	0.00177	13.3156	0.973	801.468
Grey Agate	1.54060	0.00175	13.3201	0.973	815.611
Dark Grey Agate	1.54060	0.00175	13.3187	0.973	815.611

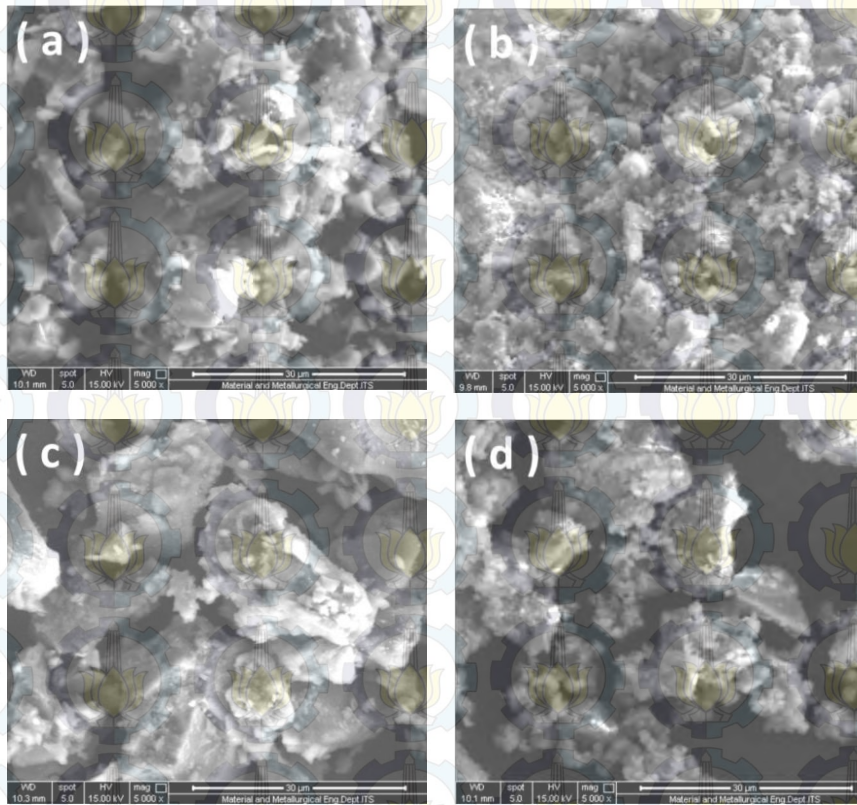
Ukuran kristal dari Variasi Batu Agate Terhadap Temperatur Sintering 400°C sesudah Irradiation.

Sampel	$\lambda$ (Å)	B(rad)	$\theta$ (°)	Cos $\theta$	D (Å)
Brown Agate	1.54060	0.00175	13.3139	0.973	815.6117
Dark Yellow Agate	1.54060	0.00177	13.3326	0.973	805.1916
Grey Agate	1.54060	0.00150	13.3186	0.973	956.234
Dark Grey Agate	1.54060	0.00145	13.323	0.973	983.36

# XRD analyz

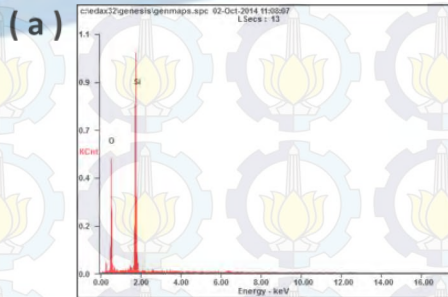
- Berdasarkan table diatas terjadi perubahan ukuran Kristal pada saat sebelum dan sesudah, akibat dari perlakuan panas yang diterima dosimeter mengakibatkan, ukuran Kristal semakin besar. Terdapat material yang mengalami perubahan ukuran kristal yang paling besar yaitu, material Dark Grey Agate dan Brown Agate. Dark Grey Agate dari  $815.611(\text{Å})$  menjadi  $983.36(\text{Å})$ , sedangkan untuk material Brown Agate dari  $613.5132(\text{Å})$  menjadi  $815.6117(\text{Å})$ .

# Micrograph

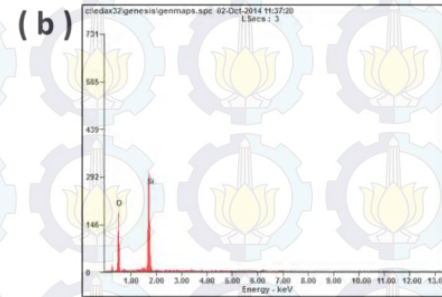
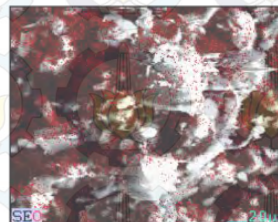


**Hasil Uji SEM Berbagai Jenis Batuan Agate Perbesaran 5000 x (a) Brown Agate, (b) Dark Yellow Agate, (c) Grey Agate, (d) Dark Grey Agate.**

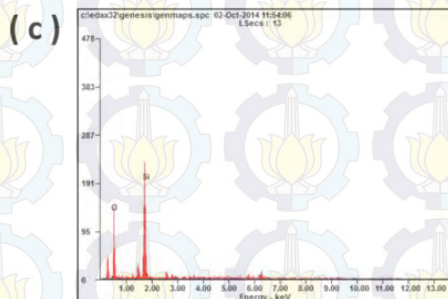
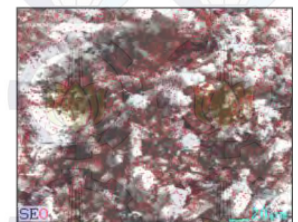
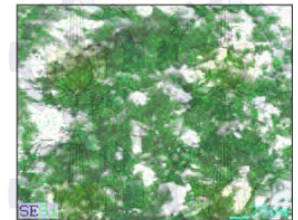
# EDAX



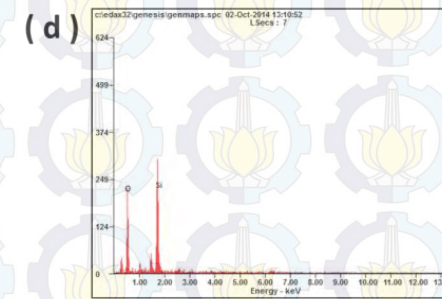
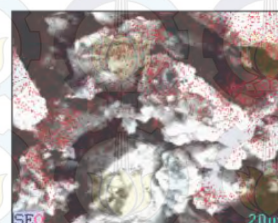
Element	Wt%	At%
OK	53.29	66.70
SiK	46.71	33.30
Matrix	Correction	ZAF



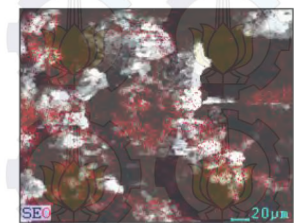
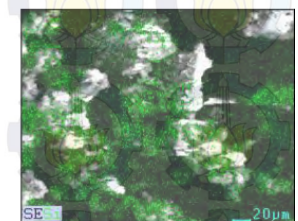
Element	Wt%	At%
OK	53.84	67.19
SiK	46.16	32.81
Matrix	Correction	ZAF



Element	Wt%	At%
OK	53.61	67.87
SiK	45.39	32.13
Matrix	Correction	ZAF



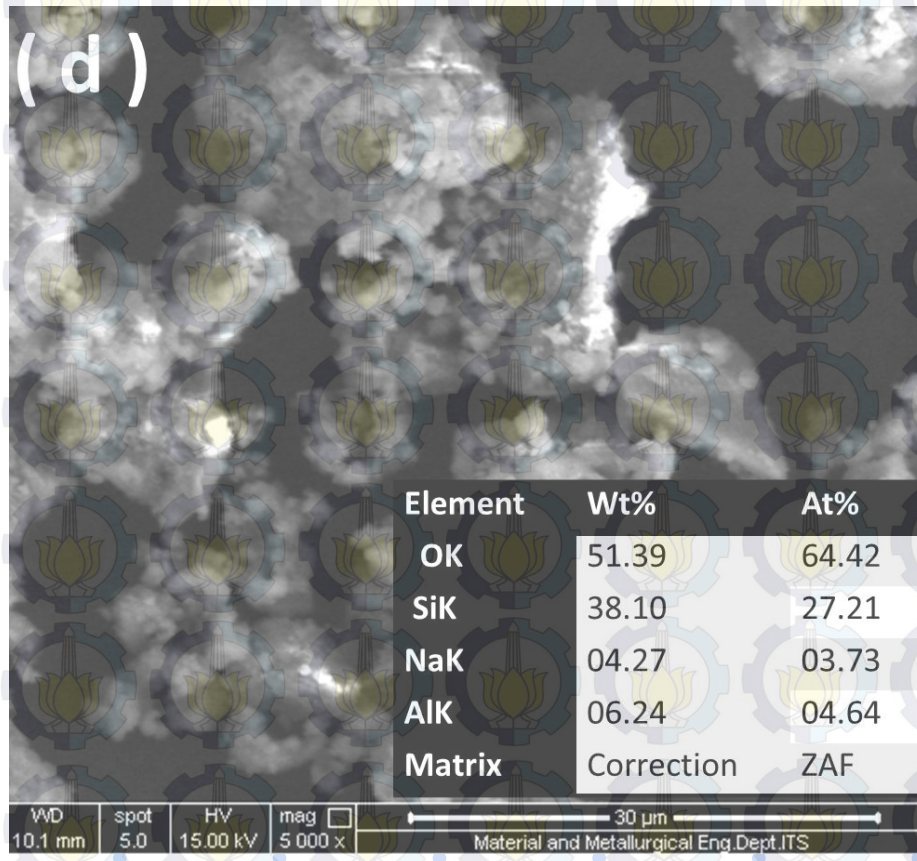
Element	Wt%	At%
OK	59.54	72.10
SiK	40.46	27.90
Matrix	Correction	ZAF



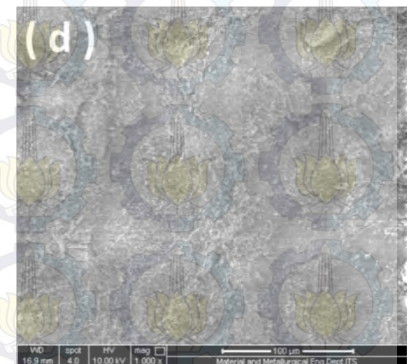
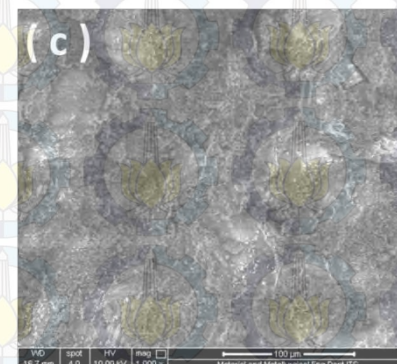
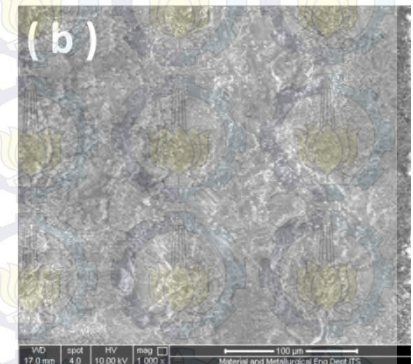
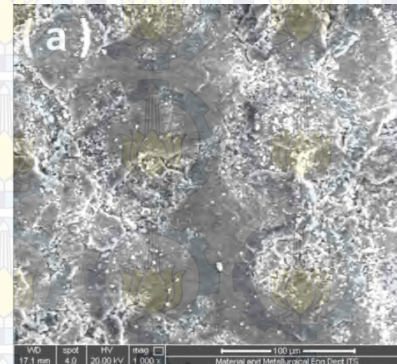
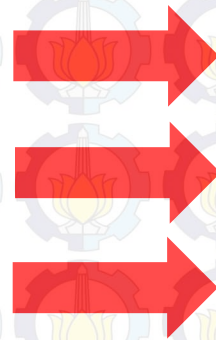
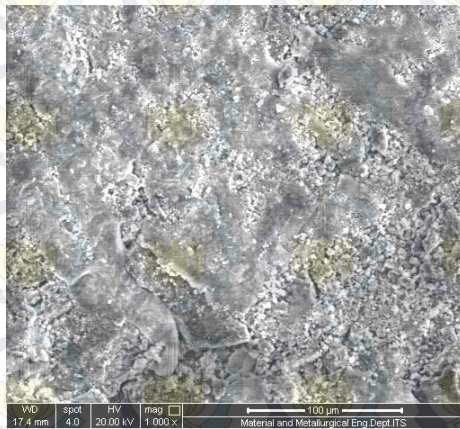
Hasil Uji EDX dan Mapping Berbagai Jenis Batuan Alam Diambil dari Perbesaran 5000 x (a) Brown Agate, (b) Dark Yellow Agate, (c) Grey Agate, (d) Dark Grey Agate.



(d)



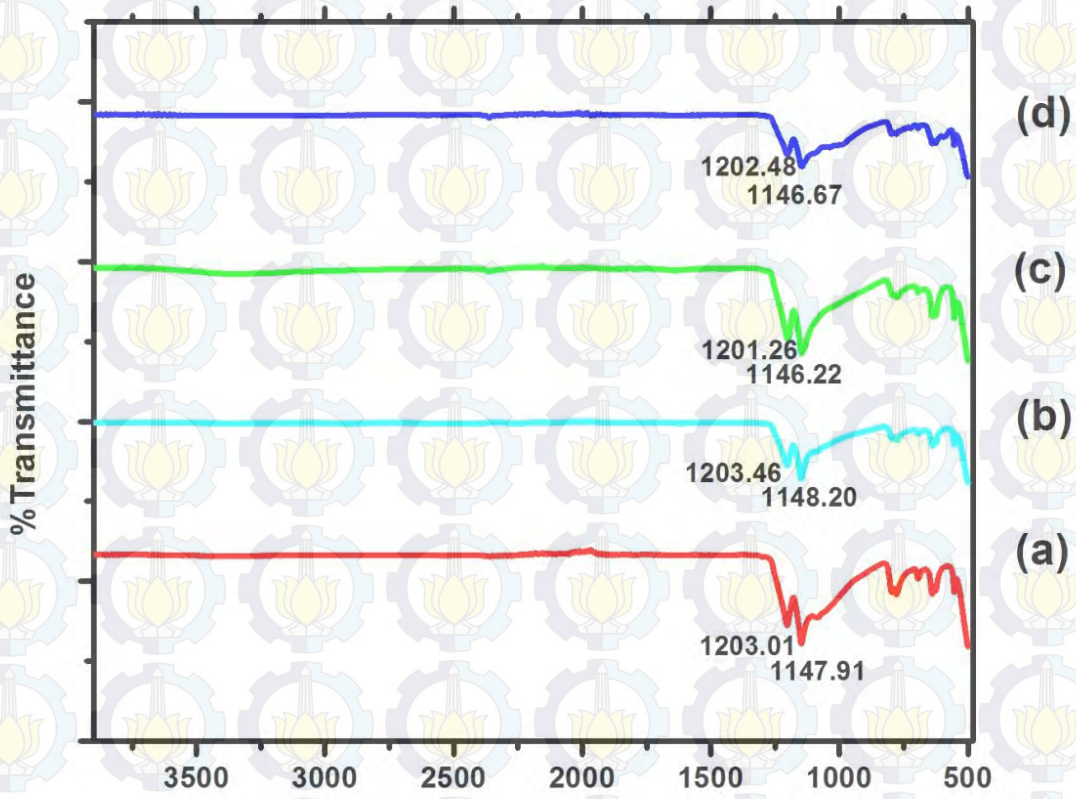
# Micrograph Dosimeter Thermoluminescence



Bentuk Permukaan pellet dari material Dark Grey Agate + Teflon sebelum dilakukan *Heatreatment*.

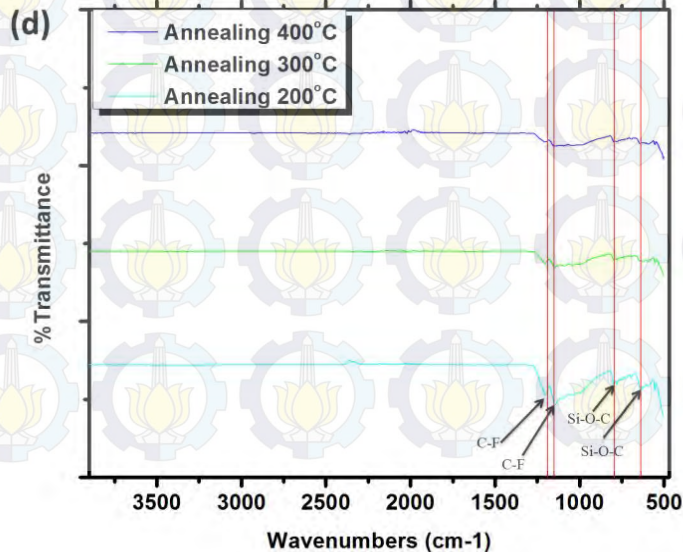
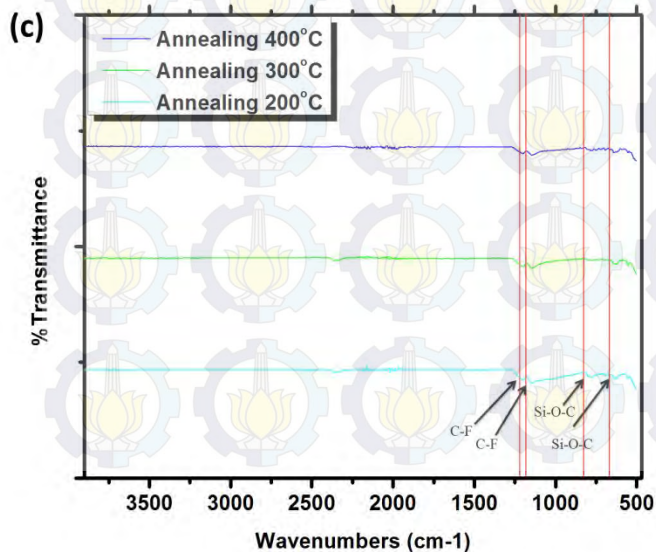
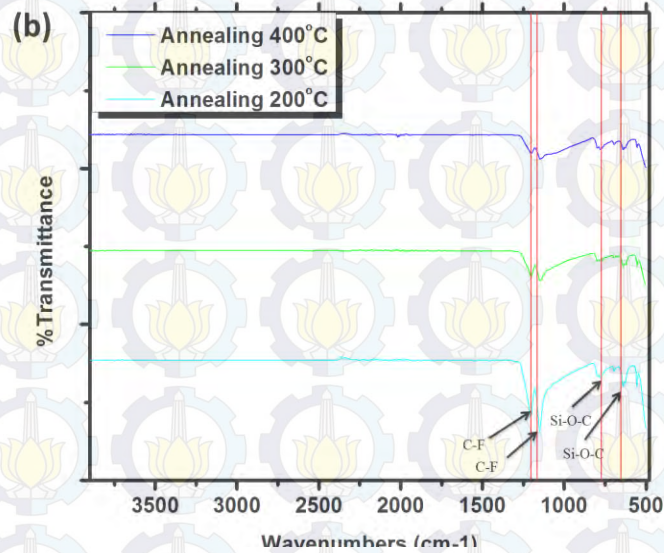
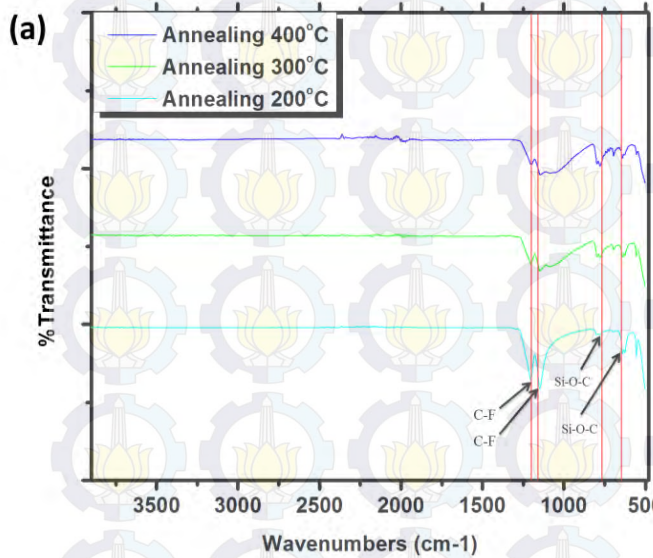
Bentuk Permukaan pellet dari material Dark Grey Agate + Teflon setelah dilakukan *Heatreatment* (a) 100°C, (b) 200°C, (c) 300°C, dan (d) 400°C

# FTIR



Pola hasil FTIR pada material sebelum diberikan perlakuan panas (a) Brown Agate, (b) Dark Yellow Agate, (c) Grey Agate, (d) Dark Grey Agate.

# Gugus fungsi dari masing-masing material Dosimeter



Spektra FTIR dari material Dosimeter setelah di annealing dengan variasi 200°C, 300°C, dan 400°C

- (a) Brown Agate,
- (b) Dark Yellow Agate,
- (c) Grey Agate, dan
- (d) Dark Grey Agate.

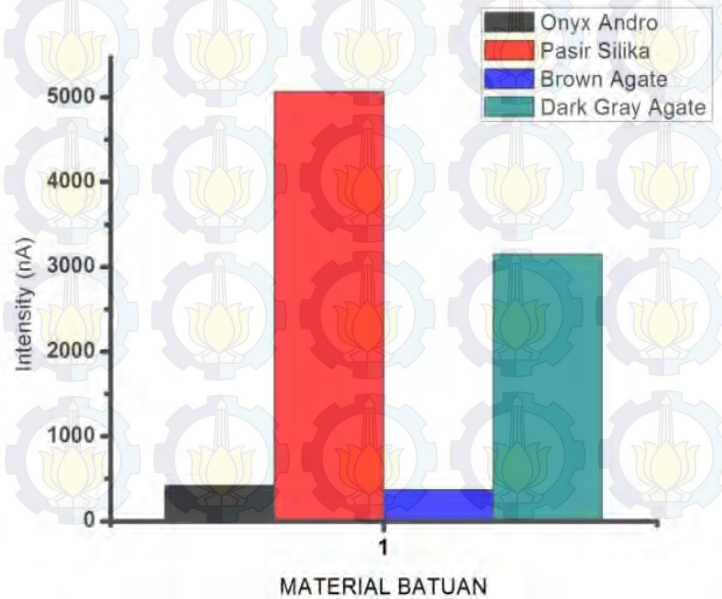
# Gugus fungsi

Gugus Fungsi	Region		Intensity/IR	Comments
	cm <sup>-1</sup>	μm		
Silica	1225-1200	8.16-8.33	m - w	Sharp
	1175-1150	8.51-8.70	m - w	
	1100-1075	9.09-9.30	Vs	
	805-785	12.42-12.74	m	
	795-775	12.58-12.90	m	
	725-700	13.95-14.29	m	

# Hasil perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Nama	Material	Uranium	Hafnium	Stibium	Cesium
Andromeda Dwi Iaksono	Andesit	-	3,172	0,903	0,677
	Onyx	8,928	2,915	1,66	2,766
	Pasir Silika	0,538	1,547	-	0,275
Ridhwan Haliq	Brown Agate	-	2,16	0,37	0,51
	Dark Yellow Agate	1,97	0,21	2,95	-
	Grey Agate	0,84	1,1	0,28	0,86
	Dark grey Agate	1,37	4,29	0,66	-

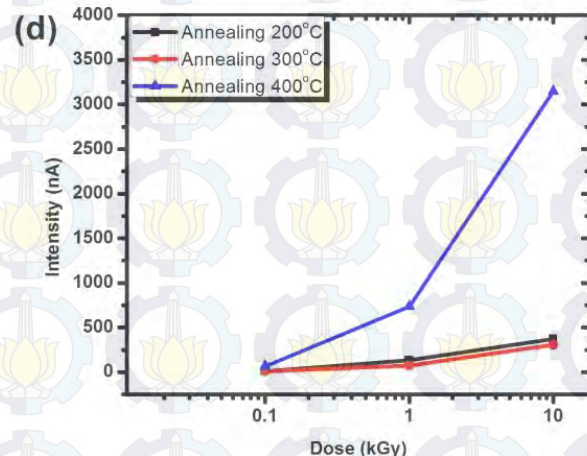
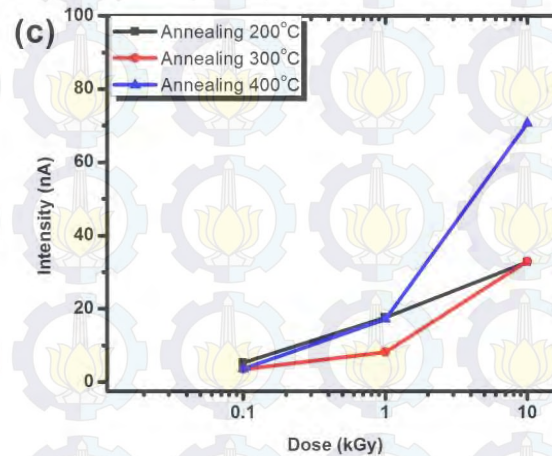
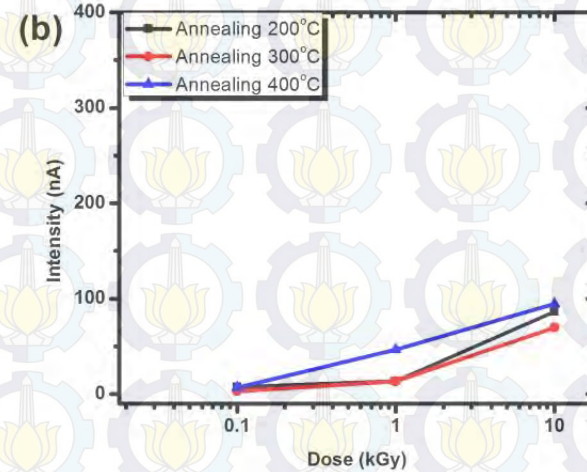
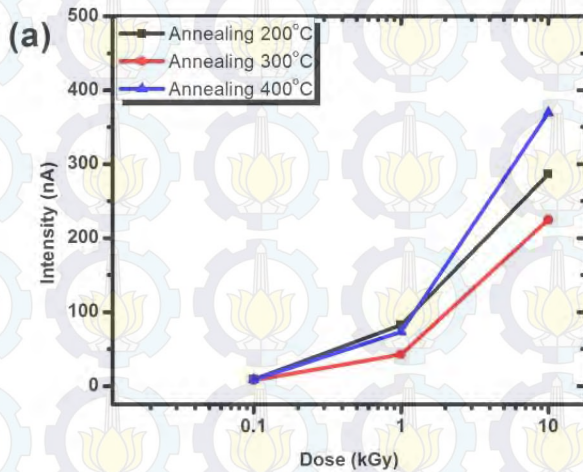
Untuk material Onyx memiliki 424,166 nC dan untuk material Pasir Silika 5066,66 nC. Pada material Agate terdapat 2 yang memiliki nilai respon tertinggi yaitu, Brown Agate 369,533 nC dan Dark Grey Agate 3143,666 nC. Sehingga dapat dijadikan grafik sebagai berikut :



# Pengujian Respon Dosis

- Pengujian respon dosis bertujuan untuk memperoleh berbagai informasi yang diterima oleh material berdasarkan fenomena TL (thermoluminescence).
  1. Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Dosis Radiasi.
  2. Reprodusibilitas respon TL
  3. Kemampuan Pengulangan (Repeatability)
  4. Hasil Sinyal Residu (Post Irradiation Background) Pada Batu Agte
  5. Analisa Penurunan Respon Pada Temperatur 300°C

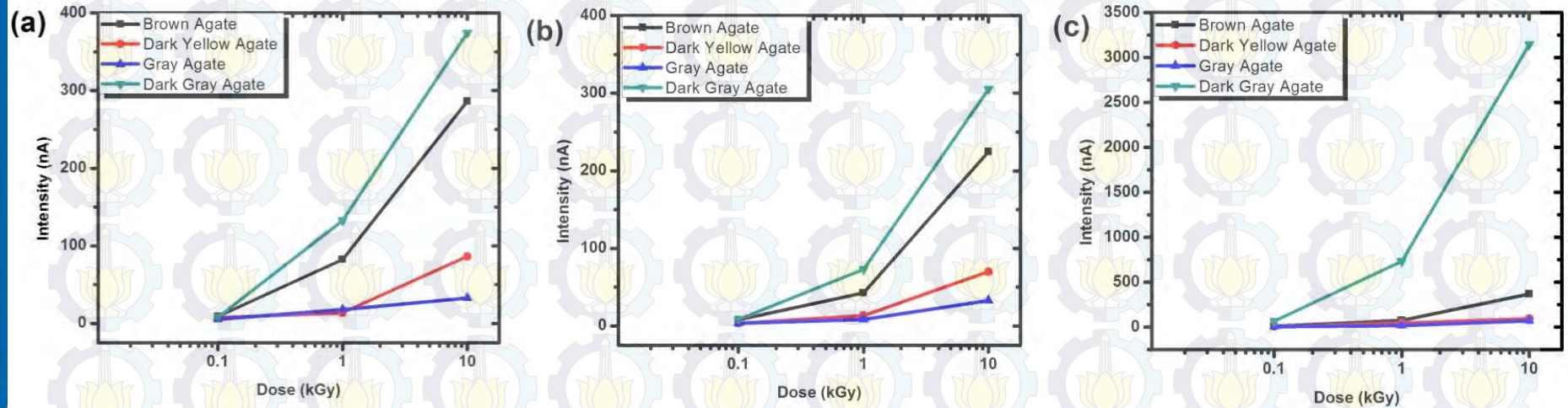
# Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Dosis Radiasi.



Pengaruh temperatur annealing terhadap variasi dosis radiasi (a) Brown Agate, (b) Dark Yellow Agate, (c) Grey Agate, (d) dark Grey Agate.



# Reproduksibilitas respon TL



Variasi Batu Agate terhadap variasi dosis radiasi (a) temperatur annealing 200°C, (b) temperatur annealing 300°C, (c) temperatur annealing 400°C.

# Hasil nilai koefisien variasi (CV) keempat sampel

Annealing	Sampel	Rata-rata CV (%) Respon
200°C	Brown Agate	0.46
	Dark Yellow Agate	0.65
	Grey Agate	0.31
	Dark Grey Agate	0.16

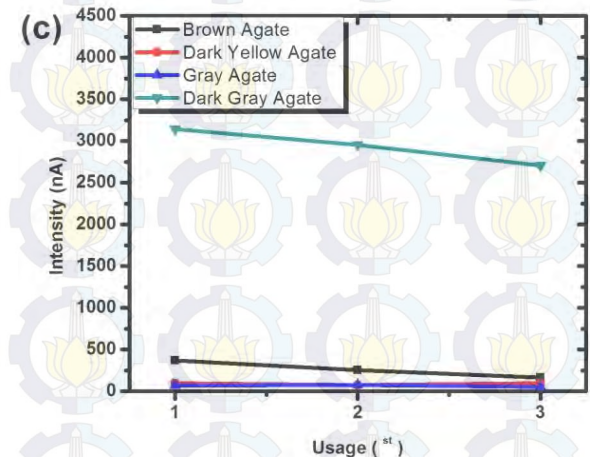
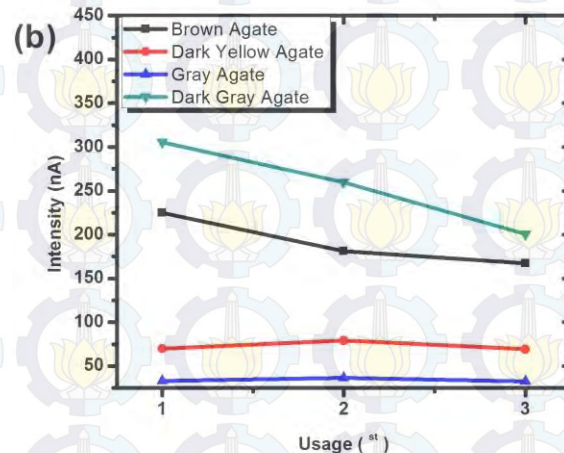
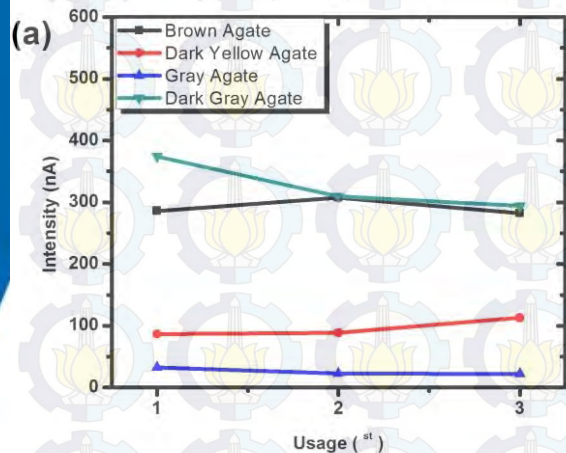
Annealing	Sampel	Rata-rata CV (%) Respon
300°C	Brown Agate	0.21
	Dark Yellow Agate	0.79
	Grey Agate	0.33
	Dark Grey Agate	0.19

Tujuannya adalah untuk melihat perbedaan variasi nilai terhadap masing-masing material, material jenis yang terbaik adalah yang memiliki nilai CV% terkecil.

Annealing	Sampel	Rata-rata CV (%) Respon
400°C	Brown Agate	0.41
	Dark Yellow Agate	0.29
	Grey Agate	0.31
	Dark Grey Agate	0.10

# Repeatability

Kemampuan suatu material Dosimeter bukan hanya diukur dari daya serap terhadap energy radiasi dalam sekali pakai. Diperlukan menganalisa suatu dosimeter dalam kemampuan penggunaannya yang dilihat dari seberapa banyak pemakaian



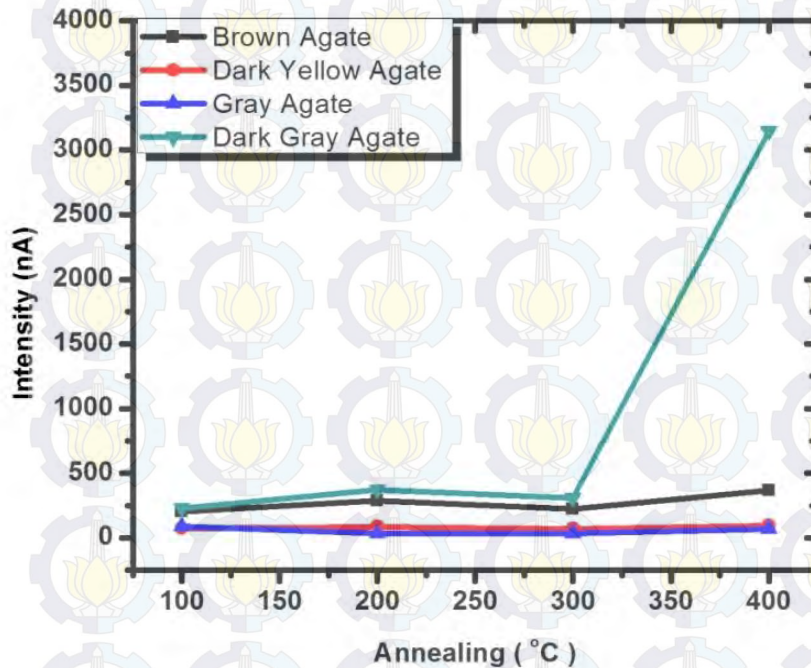
Kemampuan suatu Dosimeter dalam 3X pemakaian dengan kondisi heattreatment yang berbeda-beda (a) Temperatur annealing 200°C, (b) Temperatur annealing 300°C, (c) Temperatur annealing 400°C.

# Hasil Sinyal Residu (Post Irradiation Background) Pada Batu Agte

Tujuannya adalah Untuk mendapatkan hasil sinyal residu yang paling kecil sehingga dapat dijadikan Dosimeter dengan respon yang tinggi, maka dipilih dosis yang sangat besar, yaitu 10 kGy.

No	Bahan Dosimetri	Background (nC)	$T_{\max}$ (°C)	$I_{\max}$ (nA)	Total (nC)	Persentase Residu (%)
1	Brown Agate	14,05	300	3,008	690,2	2,035
2	Dark Yellow Agate	3,237	300	0,720	124,9	2,591
3	Grey Agate	4,830	300	0,836	89,51	5,396
4	Dark Grey Agate	16,11	300	43,883	3588	0,448

# Analisa Penurunan Respon Pada Temperatur 300°C



Gambar disamping dapat dihubungkan dengan pengujian karakterisasi baik itu XRD, SEM, FTIR.

Pola Grafik Material TLD Pada Kondisi 10 kGy

# Mengukur Tingkat Sensitivitas Batu Agate

Temperatur Annealing	Material	Berat (mg)	Sensitivitas	Rata - rata Sensitivitas
200'C	Brown Agate	20.4	0.94	1.46
	Brown Agate	25.6	0.82	
	Brown Agate	17.3	2.63	
	Dark Yellow Agate	24.4	0.25	0.38
	Dark Yellow Agate	20.8	0.77	
	Dark Yellow Agate	28	0.13	0.13
	Grey Agate	23.5	0.24	
	Grey Agate	26.3	0.08	
	Grey Agate	26	0.08	1.77
	Dark Grey Agate	23	1.75	
	Dark Grey Agate	21	2.17	
	Dark Grey Agate	19	1.39	

# Mengukur Tingkat Sensitivitas Batu Agate

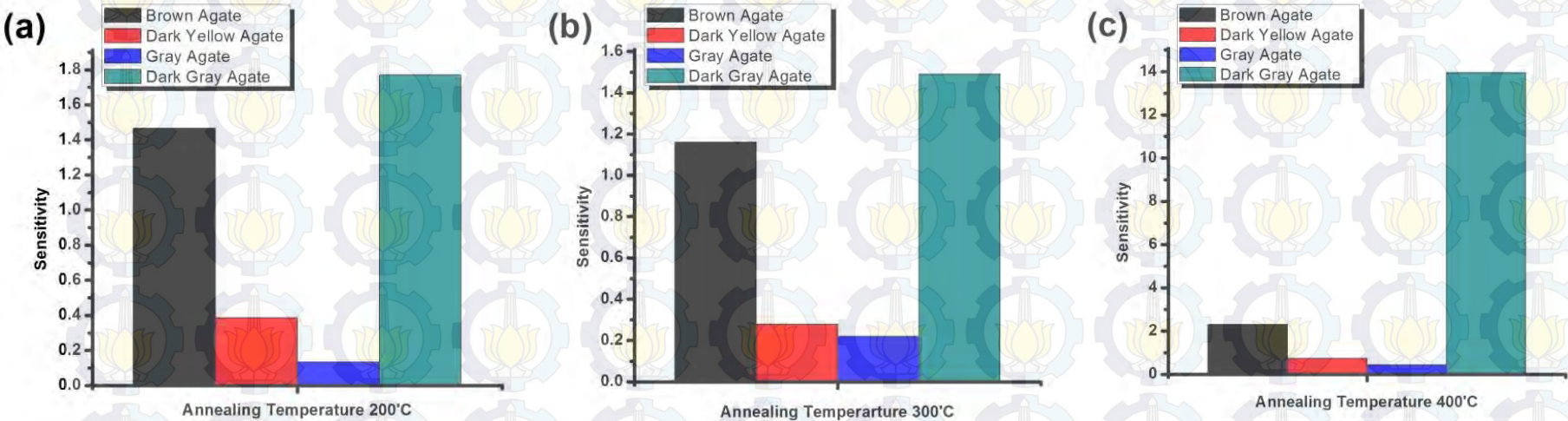
Temperatur Annealing	Material	Berat (mg)	Sensitivitas	Rata - rata Sensitivitas
300'C	Brown Agate	19.8	0.67	1.16
	Brown Agate	18	1.04	
	Brown Agate	20	1.76	
	Dark Yellow Agate	20	0.22	0.28
	Dark Yellow Agate	19.1	0.23	
	Dark Yellow Agate	31.9	0.37	0.22
	Grey Agate	17.9	0.12	
	Grey Agate	12.3	0.36	
	Grey Agate	18.8	0.16	
	Dark Grey Agate	20	1.64	1.49
	Dark Grey Agate	22	1.48	
	Dark Grey Agate	19.4	1.33	

# Mengukur Tingkat Sensitivitas Batu Agate

Temperatur Annealing	Material	Berat (mg)	Sensitivitas	Rata - rata Sensitivitas
400°C	Brown Agate	11.7	1.67	2.31
	Brown Agate	13	1.71	
	Brown Agate	19.5	3.54	
	Dark Yellow Agate	13	0.96	0.73
	Dark Yellow Agate	16.4	0.62	
	Dark Yellow Agate	9.4	0.61	
	Grey Agate	26.3	0.23	0.43
	Grey Agate	11.8	0.75	
	Grey Agate	20.9	0.29	
	Dark Grey Agate	20.5	15.30	13.95
	Dark Grey Agate	22.5	15.94	
	Dark Grey Agate	25.5	10.60	



# Mengukur Tingkat Sensitivitas Batu Agate



Perbandingan hasil sensitivitas (a) Temperatur Annealing 200°C, (b) Temperatur Annealing 300°C, (c) Temperatur Annealing 400°C.

dilakukan kecocokan standar dosimeter. Untuk menentukan material yang memiliki sifat dosimeter yang paling baik.

Standar		Sampel			
		Brown Agate	Dark Yellow Agate	Grey Agate	Dark Grey Agate
Repruksibilitas		***	**	*	****
Repeatability		***	**	*	****
Stabilitas dari titik nol (Residu)		***	**	*	****
Sensitivitas	200 °C	***	**	*	****
	300 °C	***	**	*	****
	400 °C	***	**	*	****
Jumlah		18	12	6	24

# KESIMPULAN

## Kesimpulan

1. Dari kesembilan material yang dijadikan sampel didapatkan 4 material yang memiliki kualifikasi untuk dijadikan material Dosimeter berdasarkan pengujian awal AAN (Analisa Aktifitas Neutron) untuk mengetahui unsur radioaktif yang terdandung pada keempat material tersebut. Material tersebut adalah brown agate, dark yellow agate, grey agate, dan dark grey agate. Dark grey agate dan Brown agate mengandung unsur radioaktif (Hafnium) yang paling besar yaitu, 4,29 ppm dan 2,16 ppm.
2. Berat jenis dari masing-masing material dosimeter mempengaruhi nilai sensitivitas. Berdasarkan hasil perhitungan sensitivitas saat temperatur annealing 200°C material brown agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 17,3 mg. material dark yellow agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 20,8 mg. material grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 23,5 mg. material dark grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 21 mg.
3. Berdasarkan hasil perhitungan sensitivitas saat temperatur annealing 300°C material brown agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 20 mg. material dark yellow agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 31,9 mg. material grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 12,3 mg. material dark grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 20 mg.

# Kesimpulan

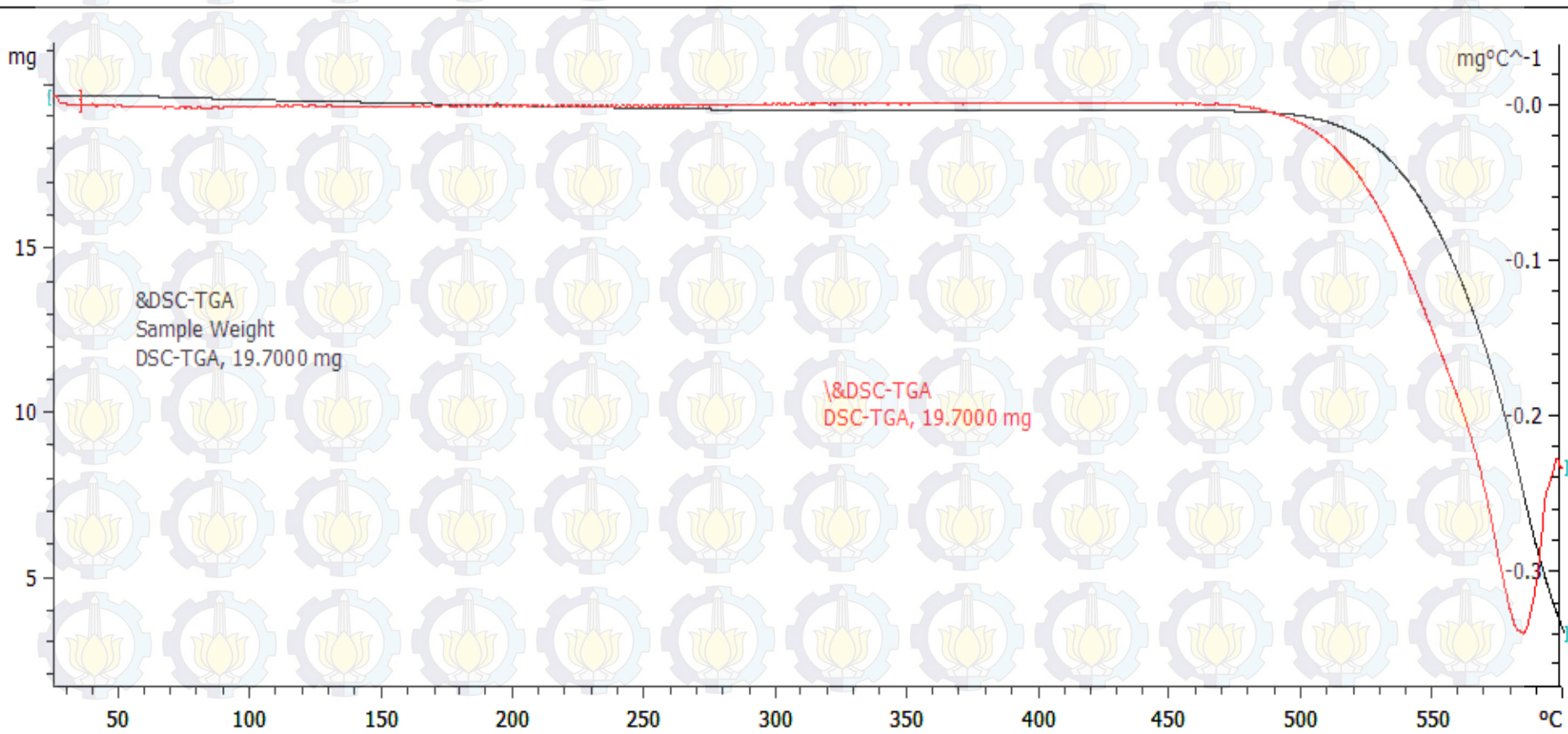
1. Berdasarkan hasil perhitungan sensitivitas saat temperatur annealing  $400^{\circ}\text{C}$  material brown agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 19,5 mg. material dark yellow agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 13 mg.
2. material grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 11,8 mg. material dark grey agate memiliki sensitivitas terbesar ketika memiliki berat 22,5 mg.
3. Dari keempat standar yang diujikan, terbukti bahwa keempat sampel dapat dijadikan sebagai material TLD alternative dan dapat dipersiapkan untuk pembuatan aplikasi TLD.
4. Material dosimeter (Brown agate+Teflon) dan (Dark grey agate+Teflon) dapat digunakan sebagai dosimeter saat kecelakaan radiasi pada suatu lingkungan.

# Saran

- Dibutuhkan penelitian lebih lanjut pada analisa temperature sintering  $300^{\circ}\text{C}$  yang mengalami penurunan nilai respon.
- Menggunakan serbuk Teflon sebagai agglitinator dosimeter, sehingga perbandingan 1:2 lebih presisi pada setiap pellet.
- Masih banyak batuan alam di Indonesia yang dapat digunakan sebagai bahan dosimeter.

# Hasil Pengujian DSC-TGA

Exo



&DSC-TGA  
Sample Weight  
DSC-TGA, 19.7000 mg

\&DSC-TGA  
DSC-TGA, 19.7000 mg