

KEKRITISAN

Wahid Luthfi

**Pelatihan Operator dan Supervisor Kanal Hubung Instalasi
Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (KH-IPSB3)**

PRTRN-ORTN BRIN - 2024

1

PENDAHULUAN

PENDAHULUAN

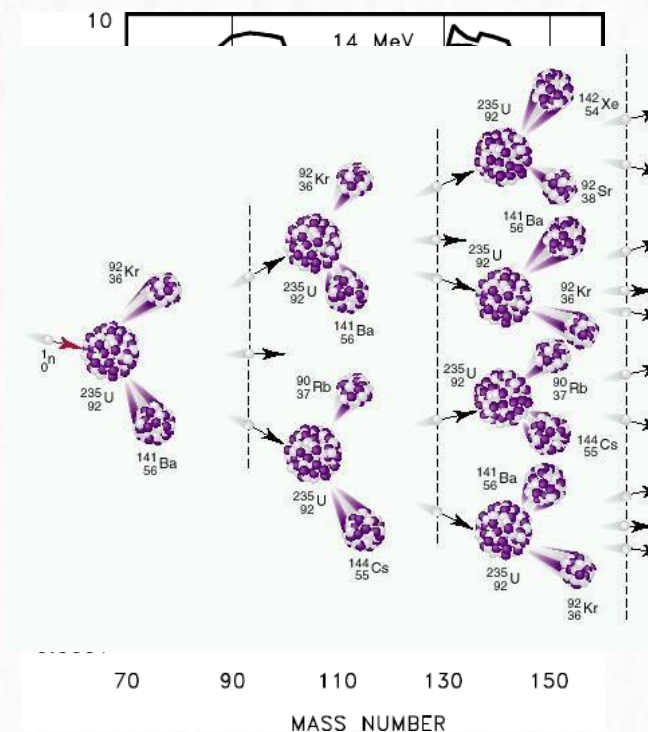
- memahami reaksi pembelahan
- memahami panas yang timbul dari reaksi pembelahan
- memahami pengertian faktor perlipatan dan kritikalitas
- memahami reaksi pembelahan spontan
- memahami aspek kendali kritikalitas
- memahami massa kritis
- memahami *buckling geometry*
- memahami metode perhitungan kritikalitas
- memahami makna nilai batas kritikalitas
- memahami aspek kritikalitas fasilitas KH-IPSB3
- ***Pastikan subkritis***

2

REAKSI PEMBELAHAN DAN SIKLUS HIDUP NEUTRON

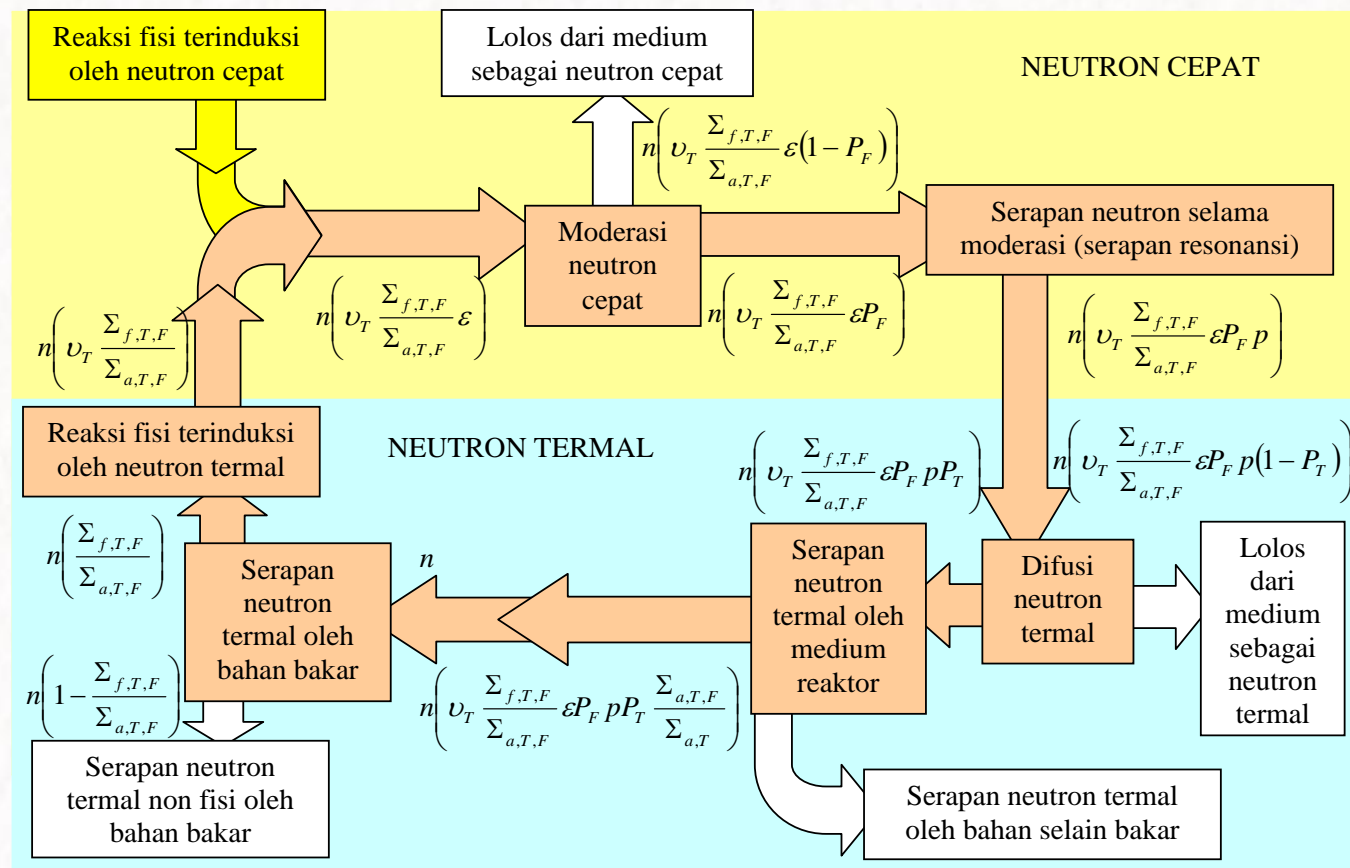
REAKSI PEMBELAHAN DAN SIKLUS HIDUP NEUTRON

- Nuklida fisil dan fertil
- Energi dari reaksi fisi
 - Binding energi, defek masa
 - Bentuk: energi kinetik FP, neutron, gamma, *prompt – delayed*
 - ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{55}^{140}\text{Cs} + {}_{37}^{93}\text{Rb} + 3{}_0^1n$ (energi ~190 MeV)
 - Panas peluruhan (*decay heat*)
- Reaksi berantai
 - Faktor multiplikasi (k, kinf, keff)
 - subkritis, kritis, superkritis
- Fisi spontan, produksi neutron dalam sistem
 - U-235, U-238, Pu-239, Pu-240, Cf-252
- Interaksi neutron dengan materi
 - Serapan (fisi, tangkapan, produksi neutron - partikel berat), hamburan (elastik inelastik)
 - Tampang lintang bergantung energi neutron dan partikel yang diajak berinteraksi



REAKSI PEMBELAHAN DAN SIKLUS HIDUP NEUTRON

- Siklus hidup neutron
- $k_{eff} = \eta \epsilon P_{FL} p P_{TL} f$
typical thermal reactor
 Faktor fisi termal (eta η) **1.65**
 Faktor fisi cepat (epsilon ϵ) **1.02**
 Probabilitas kebocoran neutron cepat (P_{FL}) **0.97**
 Probabilitas lolos serapan resonansi (p) **0.87**
 Probabilitas kebocoran neutron termal (P_{TL}) **0.99**
 Faktor guna termal (f) **0.71**



3

ASPEK KRITIKALITAS

ASPEK KRITIKALITAS

- Istilah terkait aspek keselamatan kritikalitas
 - k_{inf} , k_{eff}
 - *Criticality control factor vs Criticality limit*, subkritis
 - *estimated criticality lower limit multiplication factor*

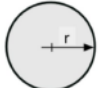
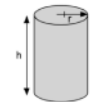
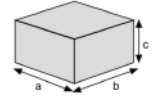


- 1D diffusion (modified): critical buckling

- *Buckling material vs buckling geometry*
- Subkritis $B_m^2 < B_g^2$

- Bola $\frac{\nu \Sigma_{fission} - \Sigma_{absorption}}{D} < \left(\frac{\pi}{r+d}\right)^2$; $r < \frac{\pi}{\sqrt{\frac{\nu \Sigma_{fission} - \Sigma_{absorption}}{D}}} - d$

- Bowen (2006) - Hand Calculation Methods for Criticality Safety – A Primer LA-14244-M

Tabel 4. Buckling geometry [6]

| Configuration | Geometry illustration | Geometric buckling B_g^2 |
|--|---|---|
| Sphere of Radius, r |  | $\left(\frac{\pi}{r+d}\right)^2$ |
| Cylinder of Radius, r, and Height, h |  | $\left(\frac{2.405}{r+d}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{h+2d}\right)^2$ |
| Parallelepiped of Dimensions a, b, and c |  | $\left(\frac{\pi}{a+2d}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b+2d}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{c+2d}\right)^2$ |
| Infinite Cylinder of Radius, r |  | $\left(\frac{2.405}{r+d}\right)^2$ |
| Infinite Slab of Thickness, h |  | $\left(\frac{\pi}{h+2d}\right)^2$ |

ASPEK KRITIKALITAS

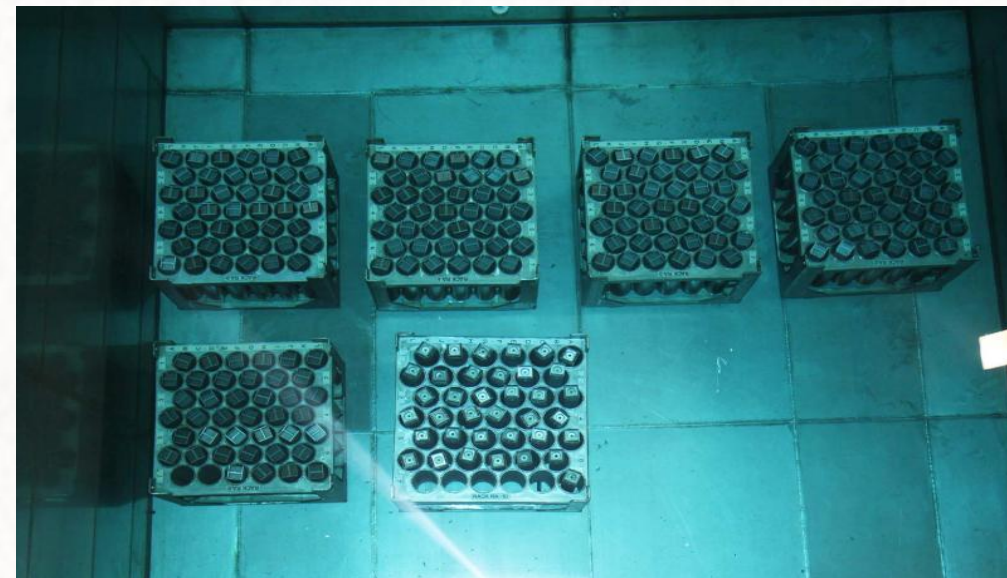
- Faktor Kritikalitas
 - Kendali bentuk dan dimensi (kebocoran neutron), *estimated lower limit criticality value* (dimension R_{CL})
 - Kendali volume dan kendali massa (inventori), mass limit (M_{CL}), volume limit (V_{CL})
 - Kendali konsentrasi dan kendali moderasi, konsentrasi HM (C_{CL}), rasio moderasi (H/U): *under moderated, over moderated*
 - Kendali komposisi isotop, komposisi campuran bahan bakar, bahan penyerap neutron
- Penentuan kondisi subkritis
 - Perhitungan maupun eksperimen
 - margin keselamatan harus cukup untuk menjamin keselamatan, termasuk akurasi perhitungan yang juga harus menjadi perhatian, 3 standar deviasi (3σ)
 - Nilai batas bawah faktor perlipatan terestimasi adalah **$keff \leq 0.95$**

4

ASPEK KESELAMATAN KRITIKALITAS FASILITAS KH-IPSB3

ASPEK KESELAMATAN KRITIKALITAS FASILITAS KH-IPSB3

- KH-IPSB3: Wet storage
- Kendali bentuk dan dimensi
 - Jarak antar bahan bakar 14 cm dalam rak
- Kendali volume dan massa
 - Max 300 grU/FE, 70% burnup, 4.8grU/cc ??
 - Total 1458 FE, dan beberapa rak spesial
- Kendali konsentrasi dan kendali moderasi
 - Pakai air, pertimbangan moderasi dari air
 - Bahan bakar sudah terbakar, teras ekuilibrium RSG-GAS, pola 5/1, avg discharge BU 56%
- Kendali komposisi isotop
 - Pengayaan bahan bakar maksimum 20%, RSG-GAS 19.75%
 - Bahan rak: SS tanpa Cd *liner* seperti tempat penyimpanan di samping kolam reaktor
- Perhitungan kritikalitas
 - MONK6B, KENOVA semua memberikan nilai keff dibawah 0.90, beberapa skenario



5

PENUTUP

PENUTUP

- KH-IPSB3
- Perhatikan kritikalitas, pastikan subkritis (BBN segar/*burned*, jarak, *absorber neutron*)
- Integritas bahan (kelongsong vs BU, lamanya iradiasi, ...)
- Tentukan besar panas peluruhan, berikan pendinginan yang cukup (normal-abnormal)
- Tentukan besar paparan radiasi ke user, berikan perisai radiasi yang cukup
- Kendali, cek dan perawatan berkala

6

DISKUSI DAN TANYA-JAWAB

Terima Kasih

Atas Perhatian

Anda



Gedung 80th KST B.J. Habibie (PUSPIPTEK Serpong)
Tangerang Selatan, Banten, Indonesia, 15310



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin

Sub Judul