

Bandung 14 Maret 2025

# **Membangun Masa Depan Energi Indonesia: Potensi dan Tantangan Pengembangan Energi Nuklir – Bagian 1**

Ari Darmawan Pasek



# ISI PRESENTASI

ENERGI NUKLIR SEBAGAI SALAH  
SUMBER ENERGI BARU DAN  
TERBARUKAN

PENGALAMAN DALAM PENYIAPAN  
SUMBER DAYA INSANI DALAM BIDANG  
ILMU DAN REKAYASA ENERGI NUKLIR

BEBERAPA RISET TERKAIT ENERGI  
NUKLIR PERIODA 1990 - 2011

# PARIS AGREEMENT

## United Nation Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

Perjanjian Paris adalah perjanjian internasional yang mengikat secara hukum tentang perubahan iklim. Perjanjian ini diadopsi oleh 196 Pihak pada Konferensi Perubahan Iklim PBB (COP21) di Paris, Prancis, tanggal 12 Desember 2015. Perjanjian ini mulai berlaku sejak tanggal 4 November 2016.

### *Indonesia Compliance*



FNDC = First Nationally Determine Contribution

UNDC = Update NDC

CM 1 = Counter Measure 1 (unconditional mitigation scenario)

CM2 = Counter Measure 2 (conditional mitigation scenario)

LTS – LCCR = Long Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience

ENDC = Enhanced NDC

SNDC = Second NDC

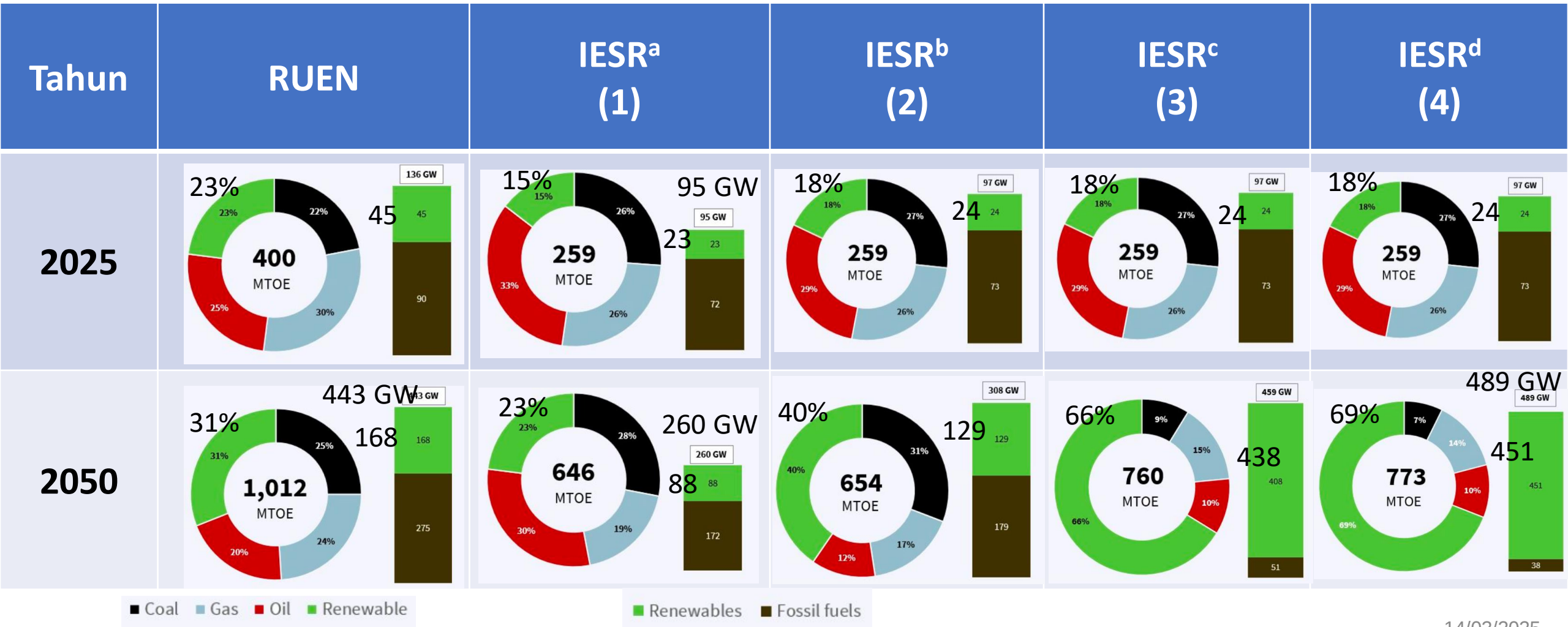
[1] [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/First%20NDC%20Indonesia\\_submitted%20to%20UNFCCC%20Set\\_November%20%202016.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/First%20NDC%20Indonesia_submitted%20to%20UNFCCC%20Set_November%20%202016.pdf).

[2] [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia\\_LTS-LCCR\\_2021.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2021.pdf).

[3] <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/ENDC%20Indonesia.pdf>



# TRANSISI ENERGI INDONESIA MENUJU NZE 2060



14/03/2025

- a) Hasil survei dan pemodelan tahun 2019, 2050 BAU
- b) 2050 hasil penerapan kebijakan saat ini: penggunaan gas kota, penggunaan biodiesel, kendaraan Listrik
- c) 2050 hasil penerapan kebijakan saat ini + stop Pembangunan CFPP mulai tahun 2029
- d) 2050 hasil penerapan kebijakan saat ini + stop Pembangunan CFPP mulai tahun 2025 dan penutupan CFPP tua

Sumber: Agus Tampubolon, Rencana Umum Energi Nasional (RUEN): Existing Plan, Current Policies Implication, and Energy Transition Scenario Institute for Essential Services Reform (IESR), 29 September 2020



# PONTENSI DAN DAYA TERPASANG ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

|                                                                                     | Jenis EBT         | Potensi (GW) | Daya Terpasang (GW) | % Daya Terpasang |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|---------------------|------------------|
|    | <i>Solar</i>      | 207,9        | 0,2                 | 0,96             |
|    | <i>Hydro</i>      | 94,5         | 6,1                 | 6,45             |
|    | <i>Wind</i>       | 60,6         | 0,2                 | 0,33             |
|    | <i>Bio-energy</i> | 32,7         | 1,9                 | 5,81             |
|    | <i>Geothermal</i> | 29,5         | 2,1                 | 7,11             |
|  | <i>Ocean</i>      | 18,0         | 0,0                 | 0,00             |
|                                                                                     | Total             | 443,2        | 10,5                | 20,66            |

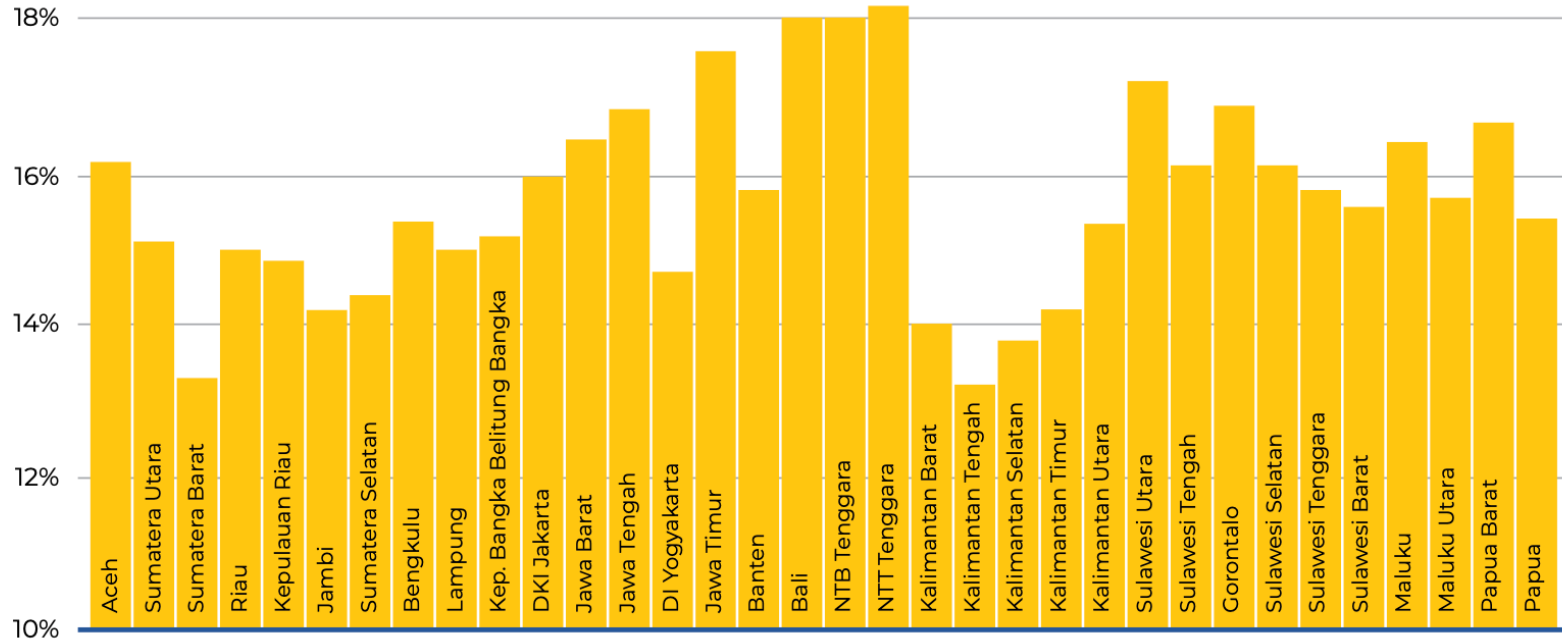
Potensi: Data tahun 2021, Daya Terpasang data tahun 2020

Sumber: Handriyanti Diah Puspitarini, Beyond 443 GW, Indonesia's infinite renewable energy potentials, IESR, Oktober 2021

14/03/20  
25

# TANTANGAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

## SOLAR



| Pembangkit | CF (%) - RUPTL |
|------------|----------------|
| Solar PV   | 7              |
| Mini Hydro | 32             |
| Geothermal | 73             |
| Biomass    | 35             |
| Wind       | 26,5           |
| Coal       | 57             |

Sumber: Deon Arinaldo, Levelized Cost of Electricity in Indonesia: Understanding the levelized cost of electricity generation, IESR, Desember 2019

Capacity Factor (CF) merupakan perbandingan antara output aktual suatu pembangkit listrik dengan output maksimum teoritis yang mungkin berdasarkan kapasitas perancangan pembangkit listrik pada periode tertentu.



PLTS: 645 MW (baru), CF= 15%, 850 GWh, CAPEX = 7,7 T (12 M Rp./MW), TKDN rendah, Intermittency

# TANTANGAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

## Biomass (1)

PLN Accelerated Renewable Energy Development (ARED) 2040 – diluncurkan September 2024

**1+GW Bioenergi** > **5.3+ Jt Ton Biomassa**

Dengan Modifikasi : PC 15%, CFB 40%, Stoker 60%

| No | UNIT PLTU          | Persentase Co-Firing (X) | Nilai Kalor Batu Bara | Tonase Biomassa (X) |
|----|--------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1  | PAITON 1 - 2       | 15.0%                    | 4,553                 | 375,357             |
| 2  | PAITON 9           | 15.0%                    | 4,399                 | 251,216             |
| 3  | INDRAMAYU          | 15.0%                    | 4,569                 | 491,123             |
| 4  | REMBANG            | 15.0%                    | 4,553                 | 348,549             |
| 5  | PACITAN            | 15.0%                    | 4,542                 | 329,134             |
| 6  | TJ AWAR AWAR       | 15.0%                    | 4,658                 | 354,853             |
| 7  | PULANG PISAU       | 40.0%                    | 4,147                 | 217,870             |
| 8  | TARAHAN            | 40.0%                    | 5,006                 | 291,730             |
| 9  | SEBALANG           | 40.0%                    | 4,354                 | 492,554             |
| 10 | BUKIT ASAM         | 15.0%                    | 5,425                 | 140,088             |
| 11 | PUNAGAYA           | 40.0%                    | 4,064                 | 369,490             |
| 12 | ANGGREK            | 40.0%                    | 4,146                 | 47,901              |
| 13 | AMPANA             | 60.0%                    | 4,218                 | 23,407              |
| 14 | NII TANASA KENDARI | 60.0%                    | 4,083                 | 141,784             |
| 15 | AMURANG            | 40.0%                    | 4,171                 | 65,861              |
| 16 | TENAYAN            | 40.0%                    | 4,134                 | 455,929             |
| 17 | KETAPANG           | 40.0%                    | 4,145                 | 67,354              |
| 18 | TEMBILAHAN         | 60.0%                    | 4,033                 | 86,197              |
| 19 | BALIKPAPAN         | 40.0%                    | 3,922                 | 378,873             |
| 20 | NAGAN RAYA         | 40.0%                    | 4,576                 | 417,501             |
|    |                    |                          | <b>5,346,770</b>      |                     |

| Jenis Biomasa                              | Nilai Kalor (Kkal/kg) | Moisture Content (%) |
|--------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Serat Sawit (fiber)                        | 3.340                 | 30                   |
| Cangkang Sawit (Shell)                     | <b>4.500</b>          | 15                   |
| Tandan Kosong (EFB)                        | 1.200                 | 45                   |
| Pelepah Sawit (Fron)                       | 3.350                 | 20                   |
| Batang replanting Sawit (Trunk)            | 3.500                 | 20                   |
| Ampas Tebu (Bagasse)                       | 1.850                 | 50                   |
| Daun dan pucuk tebu                        | 3.000                 | 30                   |
| Sabut Kelapa                               | 3.300                 | 30                   |
| Tempurung Kelapa                           | <b>4.300</b>          | 15                   |
| Batang replanting Karet                    | <b>4.400</b>          | 15                   |
| Sekam Padi (rice husk)                     | 3.350                 | 12                   |
| Jerami Padi                                | 2.800                 | 50                   |
| Tongkol Jagung (corn cob)                  | 3.500                 | 14                   |
| Tongkol Jagung (corn cob)                  | 3.227                 | 20                   |
| Batang dan daun jagung                     | 2.500                 | 40                   |
| Limbah Kayu Industri (wood waste, sawdust) | <b>4.400</b>          | 15                   |
| Sampah Kota (RDF dari MSW)                 | 2.200                 | 20                   |
| Bambu                                      | 4.100                 | 16                   |
| Kaliandra Merah                            | <b>4.600</b>          | 15                   |
| Wood Pellet                                | <b>5.300</b>          | 5                    |



Kulit tebal, nilai kalor **tinggi**, bersih, unsur alkali **rendah**, kandungan minyak **rendah**

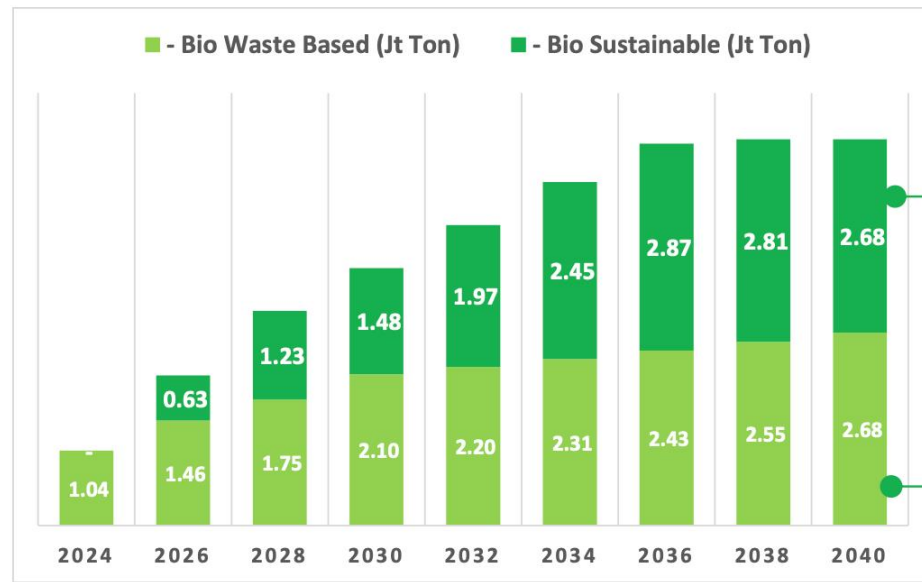


Kulit tipis, nilai kalor lebih rendah, bersabut, unsur alkali lebih **tinggi**, kandungan minyak **tinggi**

Harga BB = 700.000 Rp/Ton. NK BB = 4261 kCal/kg  
 Harga CK = 734.000 Rp/Ton. NK CK = 4473 kCal/kg

# TANTANGAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

## Biomass (2)



Source : PLN NP Big Data – PlanS CS dan CF

PLTU Air Anyir, Bangka- CFB 2 x 25 MW – 100% PKS

| Item           | 100% BB | 25% Bio | 50% Bio | 75% Bio | 100% Bio |
|----------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Daya, MW       | 25.1    | 24.2    | 25.1    | 25.0    | 24.8     |
| SFC, kg/kWh    | 0.8784  | 0.8636  | 0.8325  | 0.8315  | 0.7909   |
| NPHR, Kcal/kWh | 4246    | 4214    | 4056    | 4170    | 4158     |
| *BPP, Rp/kWh   | 614     | 612     | 597     | 603     | 581      |

\*BPP (Biaya Pokok Penyediaan) – Komponen C



Produksi Biomassa 12 sd 27 ton/ha,  
2,5 jt ton = 125.000 ha, sustainable  
biomassa 375.000 ha

### Sampah Kota ?

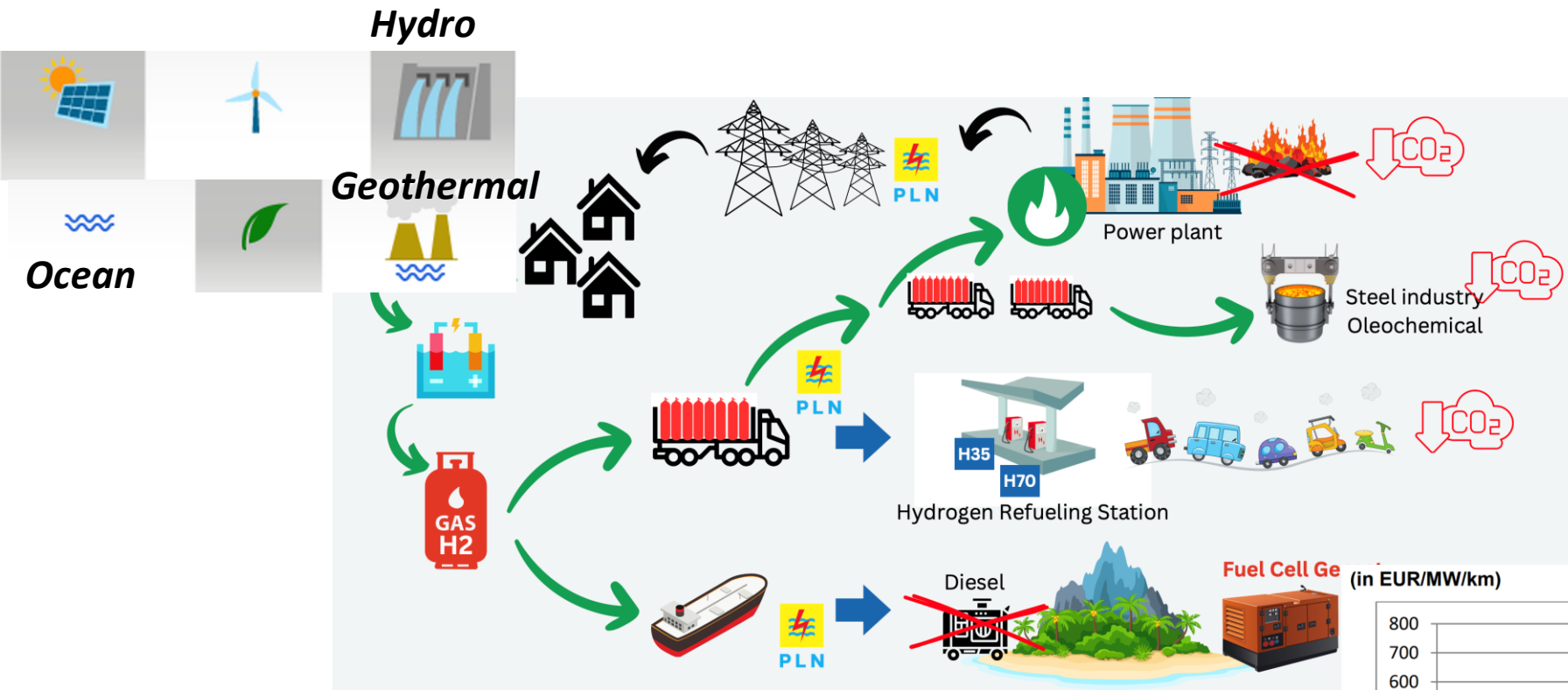
Biomassa Cofiring: >160 MW (baru), CF= 60%, >850 GWh, CAPEX rendah, TKDN rendah, baseloader

PLTU Pulau Pisang, Kalimantan Tengah- CFB 2 x 60 MW – 100% WC

| Item           | 100% BB | 25% WC | 50% WC | 75% WC | 100% WC |
|----------------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Daya, MW       | 53      | 52     | 53     | 54     | 51      |
| SFC, kg/kWh    | 0,754   | 0,769  | 0,797  | 0,821  | 0,966   |
| NPHR, Kcal/kWh | 3560    | 3681   | 3777   | 3923   | 5700    |
| *BPP, Rp/kWh   | 572,7   | 567,0  | 570,0  | 569,2  | 647,9   |

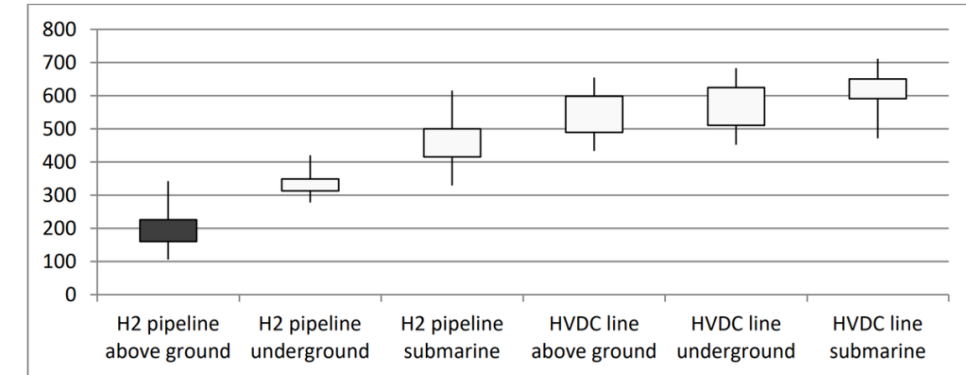
# TANTANGAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

## Hydro, Geothermal



Sumber: Prof. Eniya Listiani Dewi, BRIN

Biaya Investasi transmisi

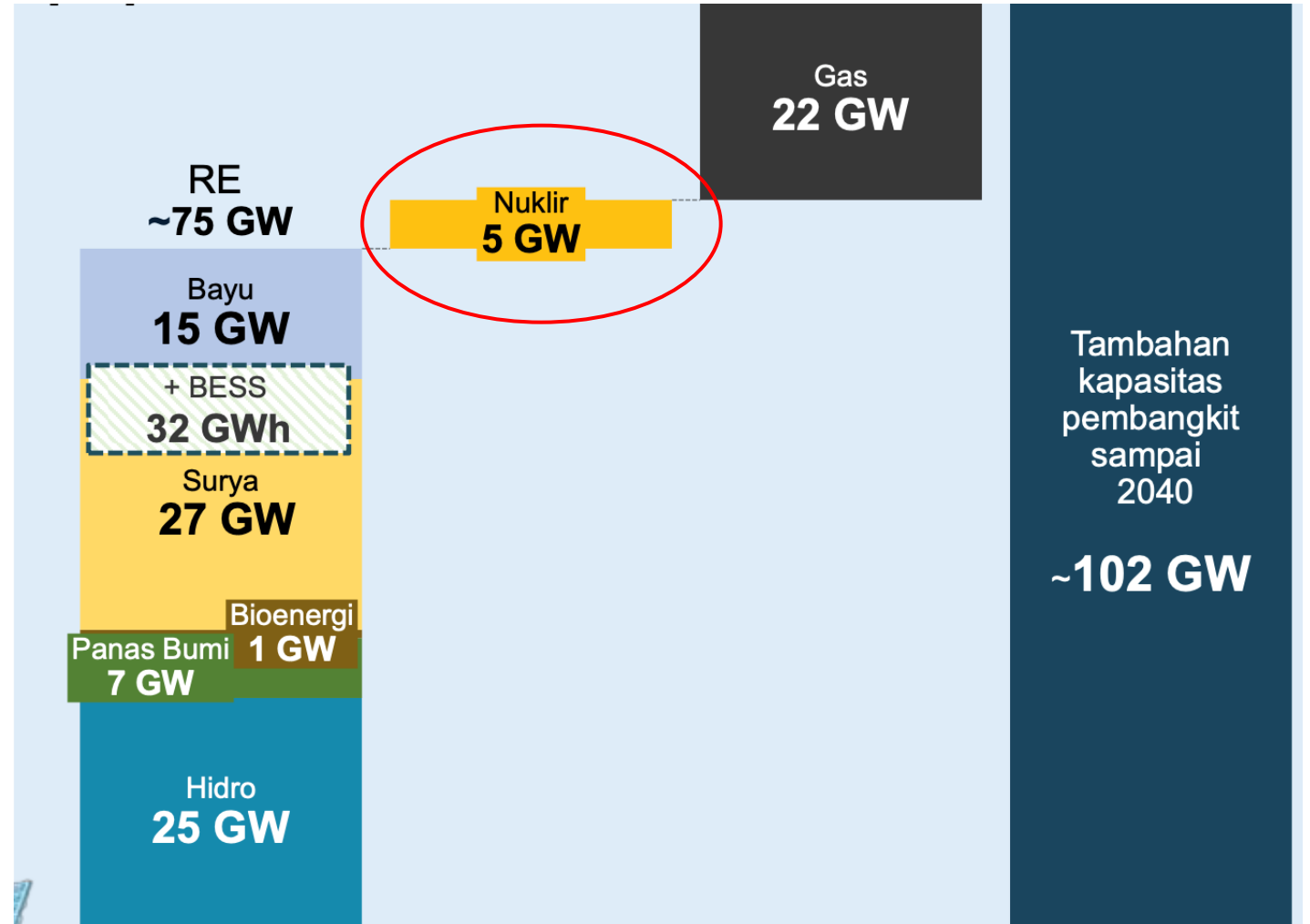


Source: Adapted from Hagspiel et al (2014), Purvins et al (2018), Welder et al (2018), European Hydrogen Backbone (2021), and DNV (2023).

# MASA DEPAN PEMBANGKIT LISTRIK DI INDONESIA

PLN – Accelerated Renewable Energy with coal Phase Down Scenario

2024 – 2040, 75%  
pembangkit Listrik baru  
akan menggunakan sumber  
EBT



# PENYIAPAN SUMBER DAYA INSANI NUKLIR DI FTI (FTMD) ITB

1991 - 1995

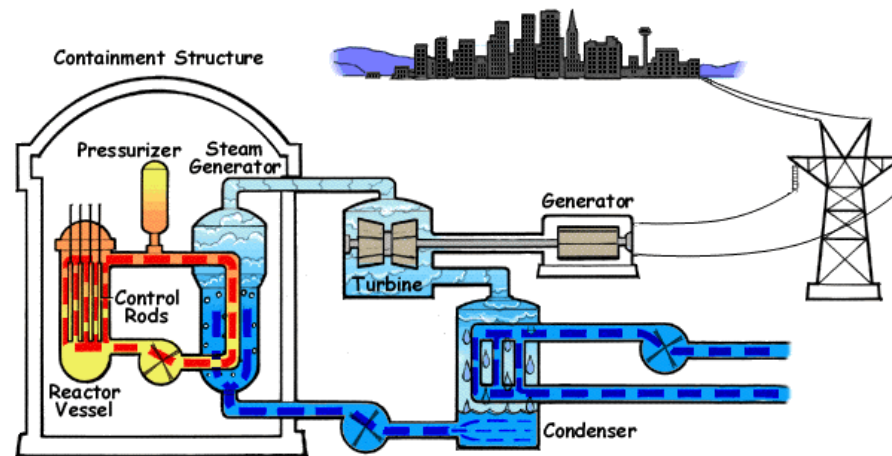
Program Magister Rekayasa Nuklir  
Kerja sama dengan **BATAN**

Angkatan 1 (1991): 6 orang  
Angkatan 2 (1992): 4 orang  
Angkatan 3 (1993): 5 orang

2007 - 2011

Program Magister Ilmu dan Rekayasa Nuklir  
Kerja sama dengan **BAPETEN**

Angkatan 1 (2007): 8 orang  
Angkatan 2 (2008): 8 orang



# PROGRAM STUDI MAGISTER REKAYASA NUKLIR 1991 - 1995

- FI 500 Fisika Modern, 2 sks
- MS 630 Pengantar Rekayasa Nuklir, 3 sks
- MS 631 Termodinamika, 3 sks
- MS 633 Mekanika Fluida, 3 sks
- MS 635 Perpindahan Panas, 3 sks
- TF 501 Matematika Teknik, 2 sks
- TF 503 Analisa Numerik, 2 sks
- MS 682 Termohidrolika, 3 sks
- MS 684 Perancangan Reaktor Nuklir, 3 sks
- MS 736 Penukar Kalor, 3 sks
- TF 784 Management Reaktor Nuklir, 3 sks
- MS 733 Sistem Energi Uap, 3 sks
- TF 560 Metodologi Penelitian, 2 sks
- TF 783 Eksperimental Reaktpr, 2 sks
- MS 785 Seminar Tenaga Nuklir, 1 sks
- MS 793 Penelitian I
- MS 794 Penelitian II

# **PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU DAN REKAYASA NUKLIR 2007 - 2011**

- RN5001 Probability Statistic Assessment, 3 sks
- RN6000 Analysis Method, 3 sks
- RN6001 Principles of Thermal Engineering, 3 sks
- RN6002 Introduction to Science and Engineering, 3 sks
- RN6003 Safety of Power Plant Technology, 3 sks
- RN6004 Nuclear Power Plant Technology, 3 sks
- RN6005 Nuclear Reactor Analysis, 3 sks
- RN6006 Nuclear Reactor Thermodynamics, 3 sks
- RN6081 Structural Analysis and Seismic Design of Nuclear Power Plant, 3 sks
- RN6082 Nuclear Reactor Laboratory, 3 sks
- RN6083 Research Methodology, 3 sks
- RN6084 Nuclear Material Science, 3 sks
- RN6086 Nuclear Assessment System, 3 sks
- RN6099 Thesis, 5 sks

**PROGRAM  
STUDI  
MAGISTER  
ILMU DAN  
REKAYASA  
NUKLIR  
2007 – 2011  
JUDUL TESIS**

1. Diah Hidayanti Sukarno dengan judul riset : Kaji teoritik karakteristik sistem pendingin pasif dengan air pada model sungkup AP1000, Tahun 2009
2. Widi Laksmono, Kaji numerik karakteristik sistem pendinginan pasif dengan udara secara konveksi alamiah pada penyungkup model AP1000, Tahun 2009
3. Yerri Noer Kartiko, Kaji eksperimen karakteritik perpindahan panas konveksi alamiah pada tangki penyungkup reaktor nuklir APWR, Tahun 2010
4. Daddy Setiawan, Studi eksperimental karakteristik perpindahan panas konveksialamiah pada model sungkup berselubung PWR, Tahun 2010
5. Agus Waluyo, Kaji numerik karakteristik perpindahan panas konveksi alamiah, paksa dan gabungan pada buluh dengan susunan silinder segitiga, Tahun 2010
6. Ahmad Ciptadi Syuryavin, Kaji numerik karakteristik perpindahan panas konveksi alamiah, paksa dan gabungan pada buluh dengan susunan silinder bujur sangkar, Tahun 2010
7. Anggoro Septilarso, Kaji teoritik perpindahan panas konveksi alamiah, paksa dan gabungan pada sub-buluh dengan susunan heksagonal, Tahun 2010
8. Bambang Eko Aryadi, Kaji eksperimental perpindahan panas konveksi alamiah, paksa dan gabungan pada sub-buluh vertikal dengan susunan silinder segitiga, Tahun 2010
9. Joko Supriyadi, Studi eksperimental perpindahan panas konveksi paksa, alamiah dan gabungan pada sub-buluh dalam berkas silinder vertical susunan bujur sangkar, Tahun 2010

**PROGRAM  
STUDI  
MAGISTER  
ILMU DAN  
REKAYASA  
NUKLIR  
2007 – 2011  
JUDUL TESIS**

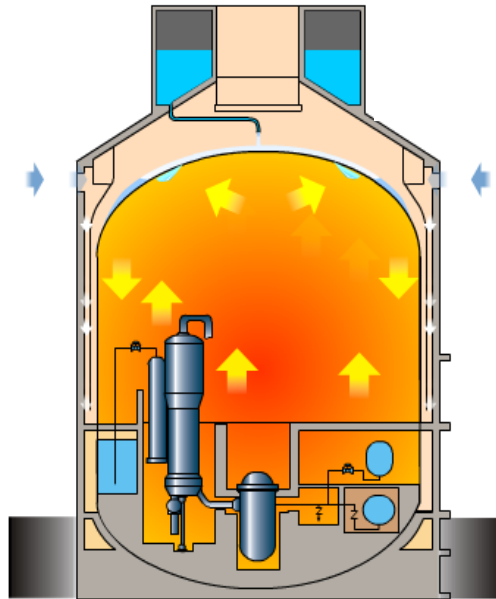
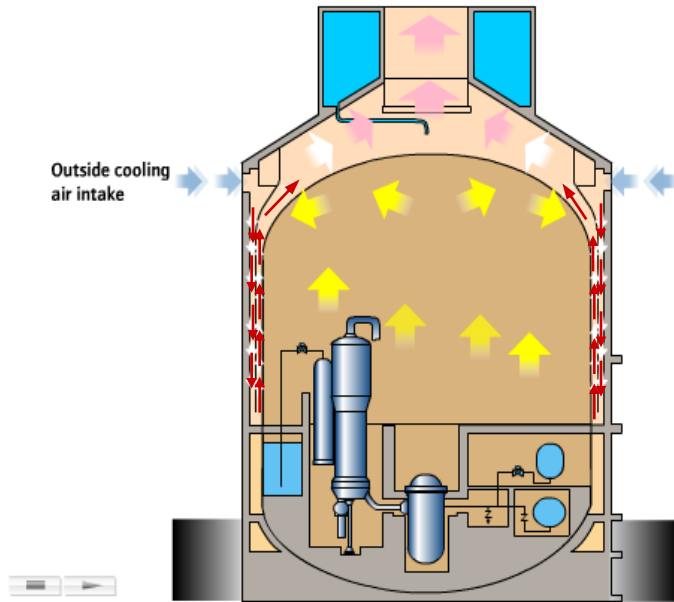
10. Catur Febriyanto, Studi eksperimental perpindahan panas konveksi alamiah, paksa dan gabungan pada sub-buluh silinder susunan heksagonal, Tahun 2011
11. Nanang Triagung Edi Hermawan, Studi eksperimental pengaruh lebar celah terhadap karakteristik perpindahan panas pada model sungkup AP1000, Tahun 2011
12. Abdul Qohhar T.E.P, Pengembangan korelasi perpindahan panas sub-buluh susunan segitiga dan penerapannya pada paket program STAT, Tahun 2011
13. Bintoro Aji, Verifikasi, Validasi dan Penerapan Perangkat Lunak CFD Kode Terbuka untuk Simulasi Konveksi Alamiah: Studi Kasus Konveksi Alamiah pada Sub Buluh Segitiga.
14. Hidayati Amar, Analisis Pehitungan Suku Sumber Reaktor BWR Berumur Panjang 620 MWt pada Kecelakaan Hilangnya Bahan Pendingin (Loss of Coolant Accident)
15. M. Ilman Atsani, Perhitungan Suku Sumber pada Reaktor Kecil Berumur Panjang Tanpa Pergantian Ulang Bahan Bakar dengan Pendingin Pb-Bi dan Daya 20 Mwe (Spinnor 20 Mwe).
16. Ahmad Ciptadi S. Kajian Numerik Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi Alamiah, Paksa dan Gabungan pada Sub-Buluh dengan Susunan Silinder Bujur Sangkar

Disertasi:

Diah Hidayanti Sukarno, Studi konduktivitas termal dan perpindahan panas konveksi fluida Nano-ZrO<sub>2</sub>, Tahun 2016

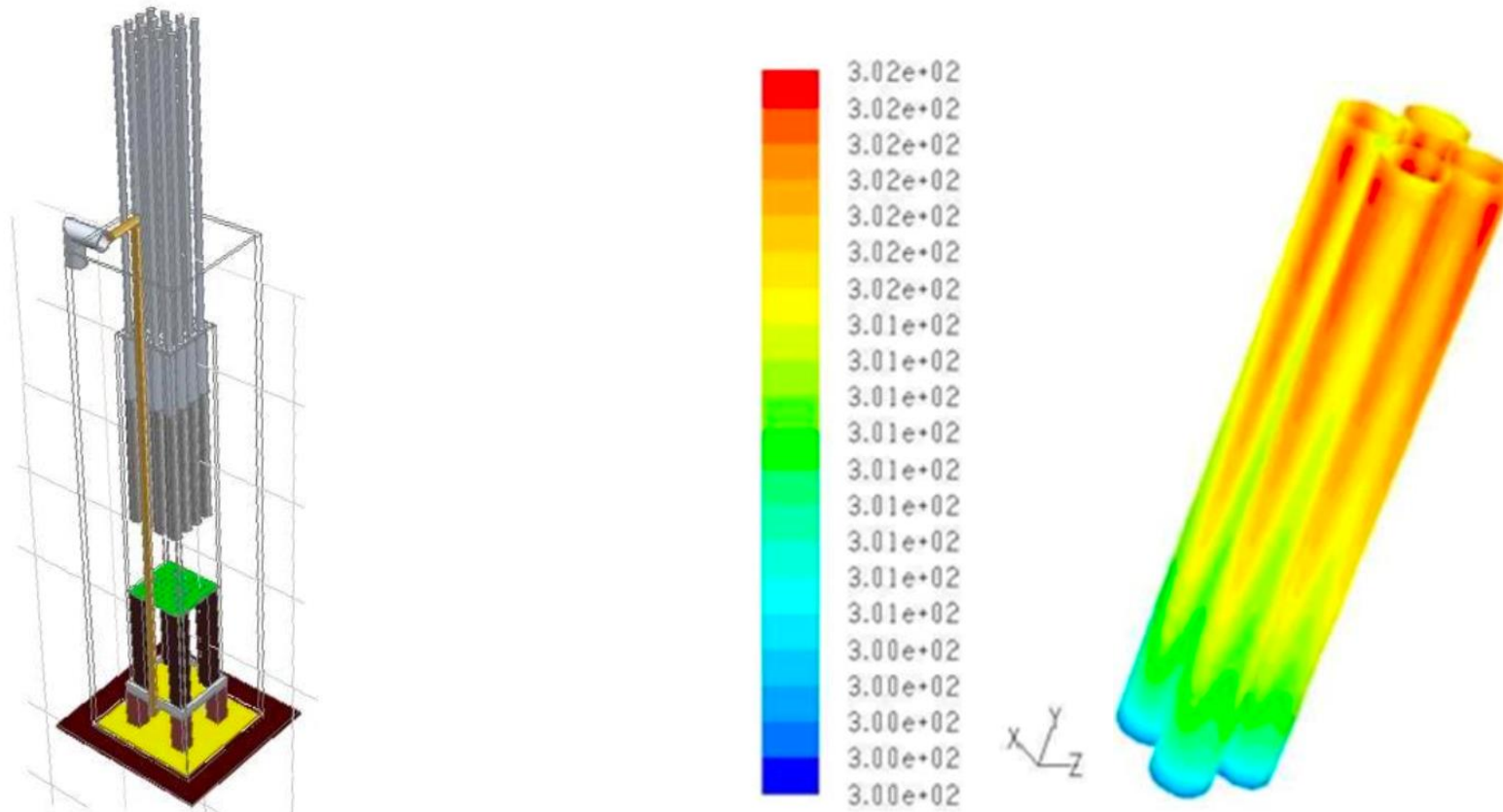
# HASIL PENELITIAN (1)

Ari Darmawan Pasek, Efrison Umar, Aryadi Suwono, Reinhard E. Manalu, Experimental Study on the Heat Transfer Characteristics of a Nuclear Reactor Containment wall Cooled by Gravitationally Falling Water, AIP Conference Proceedings, Vol. 1448, Issue 1, 6 June 2012, DOI: 10.1063/1.4725461



# HASIL PENELITIAN (2)

Efrizon Umar, Nathanael Panagung Tandian , Ahmad Ciptadi Syuryavin, Anwar Ilmar Ramadhan, and Joko Hadi Prayitno, CFD Analysis of Convective Heat Transfer in a Vertical Square Sub-Channel for Laminar Flow Regime, *Fluids* 2022, 7, 207. <https://doi.org/10.3390/fluids 7060207>



# DAFTAR PUBLIKASI HASIL PENELITIAN

Ari Darmawan Pasek, Efrizon Umar, Aryadi Suwono, Reinhard E. Manalu, **Experimental Study on the Heat Transfer Characteristics of a Nuclear Reactor Containment wall Cooled by Gravitationally Falling Water**, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1448, Issue 1, 6 June 2012, 242–251, doi: 10.1063/1.4725461.

Nathanael Tandian, Efrizon Umar, Toto Hardianto, Catur Febriyanto, **Experimental Study of Natural Convective Heat Transfer in a Vertical Hexagonal Sub Channel**, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1448, Issue 1, 6 June 2012, 252–260, doi: 10.1063/1.4725461.

Anwar Ilmar Ramadhan, Aryadi Suwono, Efrizon Umar, and Nathanael Panagung Tandian, **Preliminary Study for Design Core of Nuclear Research Reactor of TRIGA Bandung Using Fuel Element Plate MTR**, *Engineering Journal*, Volume 21 Issue 3, 15 June 2017, doi:10.4186/ej.2017.21.3.173.

Ketut Kamajaya, Efrizon Umar, K. S. Sudjatmi, **The Study and Development of the Empirical Correlations Equation of Natural Convection Heat Transfer on Vertical Rectangular Sub-Channels.**, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1448, Issue 1, 6 June 2012, 261–269, doi: 10.1063/1.4725461.

Efrizon Umar, Ketut Kamajaya, Nathanael Panagung Tandian, **Experimental study of Natural Convective Heat Transfer of Water-ZrO<sub>2</sub> Nanofluids in Vertical Sub channel**, *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 8, 2015, no. 33, 1593-1605 <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.511302>

Diah Hidayanti Sukarno, **Challenges for Nanofluid Applications in Heat Transfer Technology**, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 795 (2017) 012020, doi:10.1088/1742-6596/795/1/012020

Efrizon Umar, Nathanael Panagung Tandian, Ahmad Ciptadi Syuryavin, Anwar Ilmar Ramadhan, and Joko Hadi Prayitno, **CFD Analysis of Convective Heat Transfer in a Vertical Square Sub-Channel for Laminar Flow Regime**, *Fluids* 2022, 7, 207. <https://doi.org/10.3390/fluids7060207>.

HIMNI Cabang Jawa Barat

Workshop Energi Nuklir: Pewacanaan Implementasi Energi Nuklir di Indonesia

Sabtu, 8 Juli 2005

<https://itb.ac.id/berita/workshop-energi-nuklir-pewacanaan-implementasi-energi-nuklir-di-indonesia/1116>

**Terima Kasih**