



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Perencanaan Tenaga Listrik dengan Skenario PLTN untuk mendukung  
NZE di Propinsi Kalimantan Barat**

THESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Mencapai Derajat Magister Terapan dalam  
Bidang Teknik Elektro

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

SURYANI  
NIM: 2009511003

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Suryani

NIM : 2009511003

Program Studi : Megister Terapan Teknik Elektro

Judul : Perencanaan Tenaga Listrik dengan scenario PLTN untuk mendukung NZE di Propinsi Kalimantan Barat

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Jumat, tanggal 18 Agustus tahun 2023 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. A. Tossin Alamsyah, MT

(.....)

Pembimbing II: Ikhsan Kamil, S.T. M.Kom

(.....)

Penguji I : Dr. Isdawimah, ST, MT

(.....)

Penguji II : Murie Dwiyani, ST,MT

(.....)

Penguji III : Fadolly Ardin, ST, MT, PhD

(.....)

Depok, 18 Agustus 2023

Disahkan oleh  
Ketua Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Isdawimah, ST, MT  
NIP. 196305051988112001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 30 Juli 2023

Suryani

2009511003

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Suryani

NIM : 2009511003

Tanda Tangan : 

Tanggal : 30 Juli 2023

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Ucapan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat serta bimbingan-Nya saya dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “ Perencanaan Tenaga Listrik dengan skenario PLTN untuk NZE di Propinsi Kalimantan Barat, sebagai syarat untuk menyelesaikan Studi di Program Magister Terapan Teknik Elektro Konsentrasi Rekayasa Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Bapak Dr. Isdawimah, S.T., M.T, selaku Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta yang selalu memberi motivasi dalam penyelesaian Tesis ini ;

Bapak Ir. A. Tossin Alamsyah, MT, selaku dosen pembimbing I dan kaprodi Magister Teknik Elektro yang selalu terbuka dan meluangkan waktu serta memberikan banyak masukan dalam penyusunan Tesis ini hingga selesai;

Bapak Ikhsan Kamil, S.T. M.Kom, selaku dosen pembimbing II yang selalu mengingatkan dan memotivasi serta membimbing dalam penyelesaian Tesis ini;

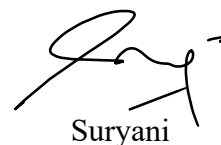
Staf Pokja Perencanaan Pembangkitan, Direktorat Pembinaan Program Ditjen Ketenagalistrikan, yang telah membantu meluangkan waktu dalam proses running program Balmorel, sehingga dapat berjalan dengan lancar.

Rekan staf dan dosen Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Konsentrasi Rekayasa Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta yang telah mengajar dan mendidik saya sehingga mampu menyelesaikan masa pendidikan S2 di Politeknik Negeri Jakarta, dan

Buamiku Husni Safruddin, ST,MT dan anak-anakku tercinta Bella, Arin dan Arel , yang tak henti berdoa serta memberikan dukungan semangat untuk dapat menyelesaikan program pendidikan S2 ini.

Akhir kata, tak lupa saya sampaikan ucapan doa dan harapan terbaik buat para pembaca Tesis ini nantinya. Semoga ilmu yang terkandung dalam dokumen Tesis ini dapat memberikan banyak manfaat dan berguna bagi masa depan kita.

Jakarta, 30 Juli 2023



Suryani





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

**Hak Cipta :**

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacungkan dan menyebarkan sumber kritik atau tinjauan, surat, atau media massa.
- Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Sampul .....	i
Daftar Amanat .....	ii
Daftar Pernyataan Bebas Plagiarisme .....	iii
Daftar Pernyataan Orisinalitas.....	iv
Daftar Pengesahan .....	v
Daftar Pengantar .....	vi
Daftar Pernyataan Persetujuan Publikasi Tesis untuk Kepentingan Akademik .....	vii
Daftar Abstrak .....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
Latar Belakang .....	1
Perumusan Masalah .....	5
Tujuan Penelitian .....	5
Batasan Penelitian .....	5
Manfaat Penelitian .....	5
1. Manfaat Teoritis .....	5
2. Manfaat Praktis .....	6
Sistematika Penyajian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Kajian Teoritis .....	8
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu .....	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1 Ruang Lingkup Penelitian .....	39
3.2 Ancangan Penelitian .....	39
3.3 Perancangan .....	40
3.4 Cara Kerja .....	41

[Type here]



1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian .....	42
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
4.1. Hasil Pengujian dan Pembahasan dengan Optimasi Tanpa Skenario Energi Mix RUKN .....	48
4.2. Hasil Pengujian Optimasi Dengan Perbandingan Skenario Energi Mix RUKN .....	59
<b>BAB V SAMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>122</b>
Kesimpulan .....	122
Saran .....	124
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>125</b>





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Perbandingan Balmorel dan Plexos .....	30
Tabel 2.	Coct vs Benefit Nuclear .....	34
Tabel 3.	Rencana Pengembangan Industri di Kalimantan Barat .....	43
Tabel 4.	Neraca Daya Skenario BaU Tahun 2021-2030 .....	74
Tabel 5.	Neraca Daya Skenario BaU Tahun 2031-2040 .....	75
Tabel 6.	Neraca Daya Skenario BaU Tahun 2041-2050 .....	76
Tabel 7.	Neraca Daya Skenario BaU_NC Tahun 2021-2030 .....	78
Tabel 8.	Neraca Daya Skenario BaU_NC Tahun 2031-2040 .....	79
Tabel 9.	Neraca Daya Skenario BaU_NC Tahun 2041-2050 .....	80
Tabel 10.	Neraca Daya Skenario BaU_X Tahun 2021-2030 .....	82
Tabel 11.	Neraca Daya Skenario BaU_X Tahun 2031-2040 .....	83
Tabel 12.	Neraca Daya Skenario BaU_X Tahun 2041-2050 .....	84
Tabel 13.	Neraca Daya Skenario BaU_X_NC Tahun 2021-2030 .....	86
Tabel 14.	Neraca Daya Skenario BaU_X_NC Tahun 2031-2040 .....	87
Tabel 15.	Neraca Daya Skenario BaU_X_NC Tahun 2041-2050 .....	88
Tabel 16.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi Tahun 2021-2030 .....	90
Tabel 17.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi Tahun 2031-2040 .....	91
Tabel 18.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi Tahun 2041-2050 .....	92
Tabel 19.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_NC Tahun 2021-2030 .....	94
Tabel 20.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_NC Tahun 2031-2040 .....	95
Tabel 21.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_NC Tahun 2041-2050 .....	96
Tabel 22.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X Tahun 2021-2030 .....	98
Tabel 23.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X Tahun 2031-2040 .....	99
Tabel 24.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X Tahun 2041-2050 .....	100
Tabel 25.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X_NC Tahun 2021-2030 .....	102
Tabel 26.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X_NC Tahun 2031-2040 .....	103
Tabel 27.	Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X_NC Tahun 2041-2050 .....	104
Tabel 28.	Neraca Daya Skenario Prosperity Tahun 2021-2030 .....	106
Tabel 29.	Neraca Daya Skenario Prosperity Tahun 2031-2040 .....	107
Tabel 30.	Neraca Daya Skenario Prosperity Tahun 2041-2050 .....	108

**Hak Cipta :**

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
  - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan yang sesuai melaui.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 31. Neraca Daya Skenario Proseperity\_NC Tahun 2021-2030 .....110

Tabel 32. Neraca Daya Skenario Proseperity\_NC Tahun 2031-2040 .....111

Tabel 33. Neraca Daya Skenario Proseperity\_NC Tahun 2041-2050 .....112

Tabel 34. Neraca Daya Skenario Prosperity\_X Tahun 2021-2030 .....114

Tabel 35. Neraca Daya Skenario Prosperity\_X Tahun 2031-2040 .....115

Tabel 36. Neraca Daya Skenario Prosperity\_X Tahun 2041-2050 .....116

Tabel 37. Neraca Daya Skenario Proseperity\_X\_NC Tahun 2021-2030 .....118

Tabel 38. Neraca Daya Skenario Proseperity\_X\_NC Tahun 2031-2040 .....119

Tabel 39. Neraca Daya Skenario Proseperity\_X\_NC Tahun 2041-2050 .....120



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# DAFTAR GAMBAR

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacaukan urutan sumbernya.

a. Penelitian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau nujukan satu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 1	Jumlah emisi CO2 dalam rantai proses produksi listrik .....	2
Gambar 2	Pengelolaan Penyediaan Tenaga Listrik .....	9
Gambar 3	Wilayah Usaha Penyediaan Tenaga Listrik .....	11
Gambar 4	Regulasi Perencanaan Ketenagalistrikan dan Energi .....	13
Gambar 5	Target Bauran Energi Pembangkitan Tenaga Listrik .....	14
Gambar 6	Skema Penyelenggaraan PIK .....	16
Gambar 7	Kondisi Penyediaan Tenaga Listrik Nasional .....	24
Gambar 8	Kapasitas Terpasang Pembangkit Tenaga Listrik .....	25
Gambar 9	Peta Sistem dan Kondisi Tenaga Listrik Kalimantan Barat 2020 .....	26
Gambar 10	Trilema Energy .....	27
Gambar 11	Metodologi perencanaan sistem jangka panjang .....	30
Gambar 12	Struktur Inti Model Balmorel .....	31
Gambar 13	Struktur Permodelan .....	32
Gambar 14	Share of electricity dari sumber energi yang berbeda di beberapa negara Eropah .....	35
Gambar 15	BPP di beberapa negara Eropah .....	35
Gambar 16	Emisi CO2 per kwh di beberapa negara Eropah .....	36
Gambar 17	Perbandingan tingkat keamanan dan emisi pada berbagai sumber energi pada pembangkitan tenaga listrik .....	36
Gambar 18	Hasil Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik Skenario BaU .....	44
Gambar 19	Hasil Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik Skenario Industrialisasi .....	44
Gambar 20	Proyeksi kWh Perkapita Kalimantan Barat Mengacu Target KEN .....	45
Gambar 21	Hasil Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik Skenario Prosperity .....	46
Gambar 22	Perbandingan Skenario Demand Forecasting .....	47
Gambar 23	Skenario Penambahan Pembangkit Per-tahun (2026-2030) .....	48
Gambar 24	Skenario Penambahan Pembangkit Per-tahun (2031-2035) .....	49
Gambar 25	Skenario Penambahan Pembangkit Per-tahun (2036-2040) .....	50
Gambar 26	Skenario Penambahan Pembangkit Per-tahun (2041-2045) .....	50
Gambar 27	Skenario Penambahan Pembangkit Per-tahun (2046-2050) .....	51
Gambar 28	Proyeksi Tambahan Pembangkit Skenario BaU_X (Per Tahun) .....	52
Gambar 29	Proyeksi Tambahan Pembangkit Skenario Industrialisasi (Per Tahun) .....	52
Gambar 30	Proyeksi Tambahan Pembangkit Skenario Industrialisasi_X (Per Tahun) .....	53



© **Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta**

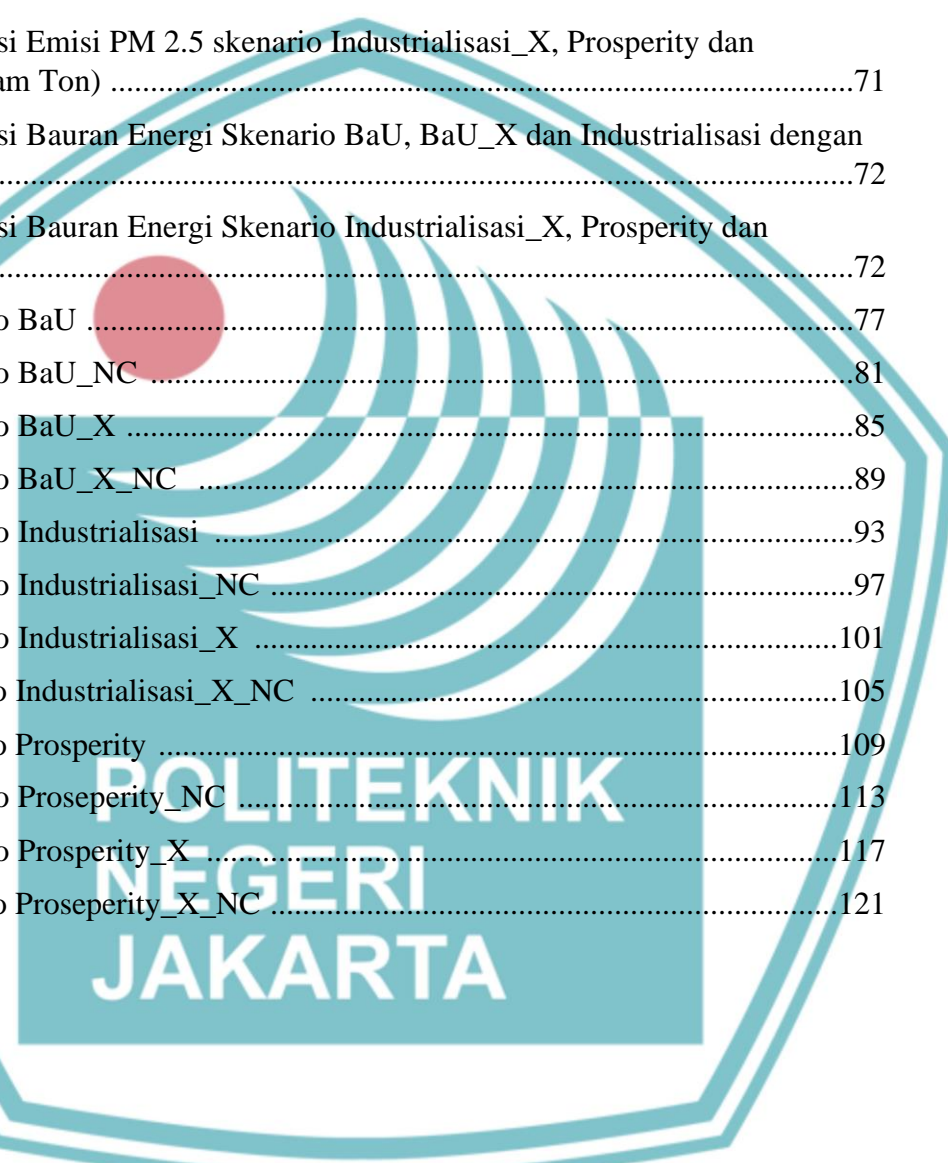
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3	Proyeksi Tambahan Pembangkit Skenario Prosperity (Per Tahun) .....	53
Gambar 3	Proyeksi Tambahan Pembangkit Skenario Prosperity_X (Per Tahun) .....	54
Gambar 3	Proyeksi BPP Pembangkitan Rata-Rata (dalam cent US\$) .....	55
Gambar 3	Proyeksi Emisi CO2 (dalam Juta Ton) .....	56
Gambar 3	Proyeksi Emisi SO2 (dalam Ton) .....	56
Gambar 3	Proyeksi Emisi NOx (dalam Ton) .....	57
Gambar 3	Proyeksi Emisi PM2,5 (dalam Ton) .....	57
Gambar 3	Proyeksi Bauran Energi Pembangkitan Tenaga Listrik .....	58
Gambar 3	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario BaU RUKN (Per Thn 2021-2035).....	60
Gambar 4	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario BaU_X RUKN (Per Thn 2036-2050) ....	60
Gambar 4	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario BaU_X RUKN (Per Thn 2021-2035) ....	61
Gambar 4	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario BaU_X RUKN (Per Thn 2036-2050) ...	61
Gambar 4	Perbandingan Tambahan pembangkit Skenario Industrialisasi RUKN (Per Thn 2021-	62
Gambar 44	Perbandingan Tambahan pembangkit Skenario Industrialisasi RUKN (Per Thn 2031-	63
Gambar 45	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario Industrialisasi_X RUKN (Per Thn 2021-	63
Gambar 46	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario Industrialisasi_X RUKN (Per Thn 2036-	64
Gambar 47	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario prosperity dengan RUKN (Per Thn	64
Gambar 48	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario prosperity RUKN (Per Thn 2021-2035)	65
Gambar 49	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario BaU_X RUKN (Per Thn 2036-2050) ....	65
Gambar 50	Perbandingan Tambahan Pembangkit Skenario prosperity_X_RUKN (Per Thn 2036-	66
Gambar 51	Proyeksi BPP Pembangkitan Rata-Rata (dalam cent US\$/kWh) .....	67
Gambar 52	Perbandingan Proyeksi Emisi CO2 skenario BaU, BaU_X dan Industrialisasi dengan	68
Gambar 53	Perbandingan Proyeksi Emisi CO2 skenario Industrialisasi_X, Prosperity dan	68
Gambar 54	Perbandingan Proyeksi Emisi SO2 skenario BaU, BaU_X dan Industrialisasi dengan	69
Gambar 55	Perbandingan Proyeksi Emisi SO2 skenario Industrialisasi_X, Prosperity dan	69



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 5. Perbandingan Proyeksi Emisi NOx skenario BaU, BaU_X dan Industrialisasi dengan RUKN (dalam Ton) .....	70
Gambar 5. Perbandingan Proyeksi Emisi NOx skenario Industrialisasi_X, Prosperity dan Prosperity_X dengan RUKN (dalam Ton) .....	70
Gambar 5. Perbandingan Proyeksi Emisi PM 2.5 skenario BaU, BaU_X dan Industrialisasi dengan RUKN (dalam Ton) .....	71
Gambar 5. Perbandingan Proyeksi Emisi PM 2.5 skenario Industrialisasi_X, Prosperity dan Prosperity_X dengan RUKN (dalam Ton) .....	71
Gambar 6. Perbandingan Proyeksi Bauran Energi Skenario BaU, BaU_X dan Industrialisasi dengan RUKN .....	72
Gambar 6. Perbandingan Proyeksi Bauran Energi Skenario Industrialisasi_X, Prosperity dan Prosperity_X dengan RUKN .....	72
Gambar 6. Neraca Daya Skenario BaU .....	77
Gambar 6. Neraca Daya Skenario BaU_NC .....	81
Gambar 6. Neraca Daya Skenario BaU_X .....	85
Gambar 65. Neraca Daya Skenario BaU_X_NC .....	89
Gambar 66. Neraca Daya Skenario Industrialisasi .....	93
Gambar 67. Neraca Daya Skenario Industrialisasi_NC .....	97
Gambar 68. Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X .....	101
Gambar 69. Neraca Daya Skenario Industrialisasi_X_NC .....	105
Gambar 70. Neraca Daya Skenario Prosperity .....	109
Gambar 71. Neraca Daya Skenario Prosperity_NC .....	113
Gambar 72. Neraca Daya Skenario Prosperity_X .....	117
Gambar 73. Neraca Daya Skenario Prosperity_X_NC .....	121





## ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari bagaimana peranan tenaga nuklir di dalam perencanaan ketenagalistrikan jangka panjang di Propinsi Kalimantan Barat dalam upaya mendukung mencapai komitmen *Net Zero Emission*. Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk dapat menyediakan tenaga listrik dengan kualitas dan kuantitas yang baik dengan harga yang wajar dengan mengutamakan pada peningkatan energi baru dan terbarukan. Dalam perspektif global, Indonesia juga termasuk negara yang mendukung penurunan emisi karbon di sektor energi dalam komitmen net zero emission. Komitmen ini menyebabkan perencanaan tenaga listrik Indonesia jangka panjang dapat berubah untuk dapat menyesuaikan target emisi yang ingin dihasilkan. Saat ini, bauran pembangkitan listrik masih didominasi oleh PLTU Batubara yang kaya emisi karbon. Pemilihan energi baru terbarukan yang dapat menggantikan batubara akan menjadi krusial. Energi Nuklir menjadi salah satu pilihan energi baru yang dapat mengurangi dampak lingkungan berupa emisi karbon secara signifikan. Penelitian ini akan melihat bagaimana peranan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) dapat membantu perencanaan sistem tenaga listrik jangka panjang di Kalimantan Barat dalam memenuhi target kebutuhan industri serta konsumsi listrik perkapita yang layak. Dampak penggunaan PLTN akan terlihat pada bauran energi pembangkitan, kapasitas ekspansi, biaya pokok pembangkitan dan total emisi yang dihasilkan oleh sektor listrik.

*Keywords: Long term energy planning, Balmorel, Net Zero Emission, PLTN,*

[Type here]



## BAB I : PENDAHULUAN

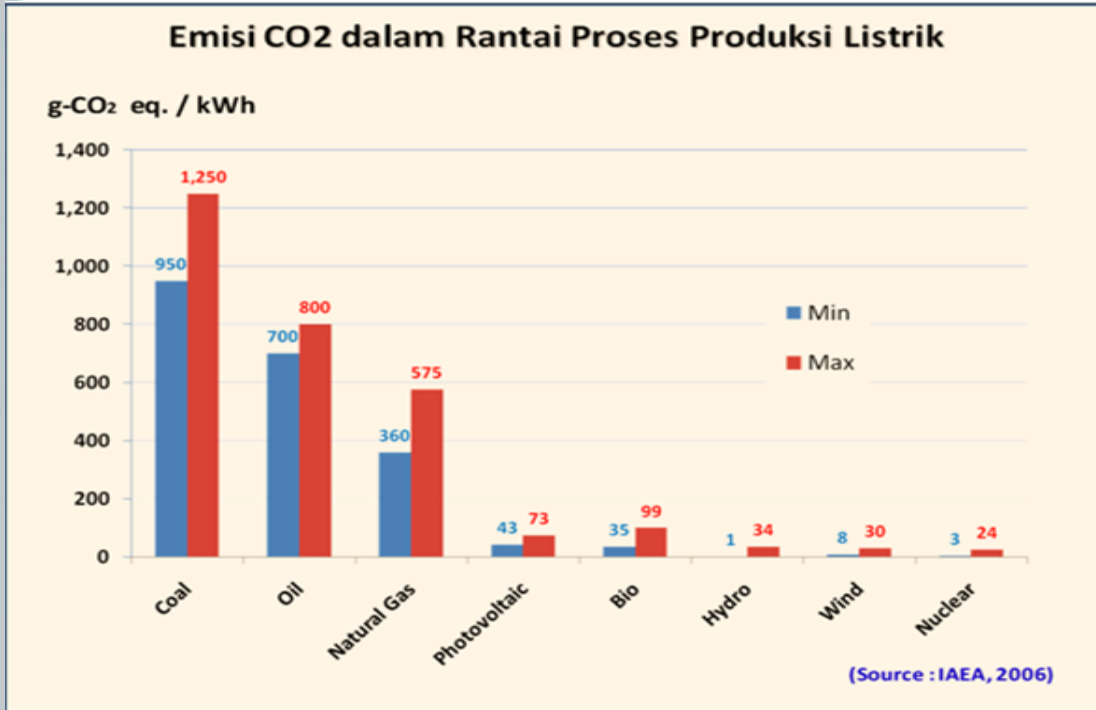
### 1. LATAR BELAKANG

Indonesia, sebagai sebuah negara dengan populasi penduduk terbesar keempat di dunia, akan membutuhkan energi dalam jumlah yang besar di masa depan. Pertumbuhan penduduk pertumbuh secara stabil sebesar 1.25% dalam periode 2010-2020[1]. Selain itu, Indonesia juga mengalami kestabilan peningkatan pertumbuhan ekonomi yang berkisar 5.28% pada periode yang sama[2]. sebagai salah satu propinsi di Indonesia, Kalimantan Barat juga mengalami pertumbuhan ekonomi yang positif dilihat dari angka laju pertumbuhan PDRB pada tahun 2021 yaitu sebesar 3,8% (Sumber BPS-Kalbar). Tenaga listrik merupakan salah satu elemen dasar yang dibutuhkan masyarakat untuk dapat meningkatkan kesejahteraan dan membuka peluang baru di bidang ekonomi. Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik nasional, dibutuhkan sumber energi yang andal dan berkelanjutan. Kondisi kelistrikan nasional saat ini masih sangat bergantung pada sumber daya energi fosil khususnya batubara. Tingginya ketergantungan bauran energi nasional untuk sektor tenaga listrik pada batubara yang menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang besar menjadi perhatian bagi masyarakat internasional. Di Indonesia, sektor energi adalah menyumbang emisi CO<sub>2</sub> terbesar setelah sektor kehutanan. Dari sumber data IEA tahun 2006 diketahui bahwa tingkat emisi CO<sub>2</sub> dalam rantai proses produksi listrik, batu bara sebagai penghasil emisi tertinggi yaitu sebesar 1.250 gr CO<sub>2</sub> eq/kWh, sementara nuklir adalah penghasil emisi CO<sub>2</sub> terendah yaitu sebesar 24 gr CO<sub>2</sub> eq/kWh. Jumlah emisi CO<sub>2</sub> dalam rantai produksi listrik menurut jenis energi yang digunakan adalah sebagaimana terlihat pada Gambar. 1 dibawah ini

[Type here]

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1. Jumlah emisi CO<sub>2</sub> dalam rantai proses produksi listrik [3]

Indonesia diminta ikut berperan aktif dalam mendukung komitmen dunia untuk menciptakan sistem energi yang ramah lingkungan dan menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagaimana disepakati di dalam *Paris Agreement* di Tahun 2015[3]. Penyampaian perangkat ratifikasi *Paris Agreement* telah dilakukan dengan penerbitan Undang-Undang No 16/2016. Sektor energi terutama bidang ketenagalistrikan harus dapat menjawab tantangan untuk dapat mengurangi dampak lingkungan dengan menggunakan sumber-sumber energi bersih untuk menggantikan energi fosil seperti minyak dan batubara. Kebijakan Energi Nasional pada PP Nomor 79 Tahun 2014 menyatakan bahwa kebijakan energi nasional mendukung pengelolaan energi yang berkeadilan, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan tetap memperhatikan kemandirian dan ketahanan energi nasional[4]. Untuk mendukung hal ini, Pemerintah Indonesia menetapkan target bauran energi nasional untuk energi baru terbarukan sebesar 23% di tahun 2025 dan 31% di tahun 2050 sepanjang dapat terpenuhi keekonomiannya[5]. Pemenuhan energi



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

baru diperbarukan ke dalam sistem tenaga listrik menjadi sebuah tantangan tersendiri karena energi besar dari energi tersebut seperti surya dan angin memiliki kelemahan yaitu sifat intermitensi atau ketidakmampuan dari sumber energi tersebut untuk dapat dimanfaatkan secara stabil terus menerus. Sifat intermitensi serta keterbatasan sumberdaya energi primer, adalah salah satu penyebab untuk melihat peluang sumberdaya energi lainnya yang rendah emisi. Pemerintah dapat mempertimbangkan alternatif lain melalui penggunaan energi nuklir sebagai energi baru untuk dapat menjaga keamanan pasokan energi dan mengurangi emisi GRK lebih signifikan. Energi nuklir dapat menjadi pilihan terakhir dengan syarat faktor keselamatan harus dijaga secara ketat [7].

Kebijakan dan regulasi sektor energi terkait pemanfaatan nuklir untuk sektor energi , sudah tertuang dalam Undang-Undang No 30/2007 tentang Energi , “Sumber daya energi fosil, panas bumi, hidro skala besar, dan sumber energi nuklir dikuasai oleh negara dan dimanfaatkan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat”. (Psl. 4 ayat 1). PP 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) :” Dalam prioritas penggunaan energi nasional, energi nuklir dimanfaatkan dengan mempertimbangkan keamanan pasokan energi nasional dalam skala besar, mengurangi emisi karbon dan tetap mendahulukan potensi EBT sesuai nilai keekonomiannya, serta mempertimbangkannya sebagai pilihan terakhir dengan memperhatikan faktor keselamatan secara ketat. (Psl 11 ayat 3)

Rencana Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Indonesia telah cukup lama dipersiapkan oleh pemerintah yang dibuktikan dengan telah diterbitkan beberapa regulasi di bidang nuklir, antara lain yaitu :

1. Undang-Undang No 10/1997 tentang Nuklir : pemanfaatan energi nuklir diperlukan dalam rangka diversifikasi energi dengan mempertimbangkan faktor keselamatan

[Type here]

**Hak Cipta :**  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang ketat, sesuai dengan kondisi masyarakat serta mempertimbangkan keselamatan lingkungan. Undang-Undang no 10 tahun 1997 tentang Energi Nuklir menjadi dasar berdirinya BATAN sebagai Badan riset dan pengembangan energi nuklir dan BAPETEN sebagai badan pengawas penggunaan energi nuklir di Indonesia

2. PP 2/2014 tentang izin instalasi nuklir dan pemanfaatan material nuklir, penggunaan nuklir non-komersial diselenggarakan oleh BATAN dan komersial diberikan kepada BUMN/Swasta/Kerjasama
3. PP 61/2013 tentang pengelolaan limbah radio aktif
4. PP 54/2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir

Dalam *technical meeting* dengan IAEA pada tahun 2017, BATAN sebagai badan nasional di bidang nuklir telah menyampaikan “*National Roadmap for Nuclear Power Program in Indonesia*”. Saat ini ada beberapa rencana lokasi untuk PLTN yang dikelompokkan kedalam *preferred site, potential site* serta *preferred and evaluated site*. Muria Jepara Jawa Tengah dan Pulau Bangka termasuk dalam kategori *preferred* dan *evaluated site*. Batam, Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur termasuk dalam *potential site*. Saat ini beberapa negara yang aktif menawarkan kerjasama di bidang nuklir adalah Jepang, Jerman, Rusia dan RRC, disamping juga selalu bekerjasama dengan IAEA selaku Lembaga Internasional di bidang nuklir.

Potensi energi primer Kalimantan Barat sangat terbatas jika dibandingkan dengan propinsi lainnya di pulau Kalimantan.[12].Saat ini sistem tenaga listrik di Provinsi Kalimantan Barat masih terpisah dari provinsi lainnya di Kalimantan. Provinsi Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur telah terinterkoneksi melalui jaringan transmisi 150 kV yang disebut dengan Sistem Interkoneksi Kalimantan. Kebutuhan tenaga listrik Provinsi Kalimantan Barat saat

[Type here]



ini disupply oleh pembangkit tenaga listrik yang berada di Kalimantan Barat sendiri ditambah dengan impor dari negara tetangga yaitu Malaysia. Pasokan tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik domestik disupply melalui sistem interkoneksi 150 kV yang dikenal dengan nama Sistem Khatulistiwa. Sementara itu pasokan tenaga listrik impor disalurkan dari Serawak Malaysia ke Bengkulu yang melalui jaringan transmisi 275 kV.

Kalimantan Barat adalah salah satu propinsi yang menyatakan kesiapan untuk menjadi lokasi pembangunan PLTN. Hal itu dibuktikan dengan telah dilakukannya beberapa Pre FS dan Site Survey dari tahun 2013/2014 [9].

## 2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan utama yang akan dikaji adalah bagaimana perencanaan penyediaan sistem tenaga listrik jangka panjang di Kalimantan Barat yang memiliki keterbatasan sumberdaya energi primer dapat memenuhi kebutuhan akan energi listrik yang rendah emisi GRK dan melihat peran yang dapat dilakukan oleh tenaga nuklir dalam menurunkan tingkat GRK untuk mendukung pencapaian target komitmen *net zero emission*.

## 3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan serta menyusun rancangan penyediaan tenaga listrik jangka panjang di Propinsi Kalimantan Barat, dengan keterbatasan sumber daya energi dan seberapa besar peran PLTN dalam menurunkan tingkat emisi GRK yang akan mendukung pencapaian Nett Zero Emission



#### 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian dibatasi untuk peramalan kebutuhan tenaga listrik (demand forecasting) di provinsi Kalimantan Barat selama periode 2022- 2050 dengan beberapa skenario yang mempertimbangkan rencana perkembangan industri, target penurunan emisi serta pemenuhan target konsumsi listrik perkapita sesuai Kebijakan Energi Nasional.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

##### 1.5.1 Manfaat Teoritis

Manfaat Penelitian adalah :

- Dapat memperkirakan kebutuhan tenaga listrik jangka panjang dalam kondisi sistem yang optimal serta peran PLTN dalam penurunan angka emisi GRK
- Dapat memperkirakan rencana investasi yang least cost dengan tetap memperhatikan target penurunan emisi, pertumbuhan demand di sektor industri serta pencapaian target konsumsi perkapita.

##### 1.5.2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari hasil penelitian ini adalah :

- Bagi penentu kebijakan dalam hal ini pemerintah adalah sebagai bahan masukan dan pertimbangan dalam menyusun rencana jangka panjang sistem kelistrikan di Kalimantan Barat.
- Bagi badan usaha dan stake holder ketenagalistrikan adalah sebagai rujukan untuk melihat peluang investasi di bidang kelistrikan untuk beberapa tahun kedepan.

#### 1.6 Sistematika Penyajian

Laporan hasil kajian dalam tesis ini disusun dari beberapa bagian yaitu :

[Type here]



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I : PENDAHULUAN, mempunyai beberapa bagian sub bab yang memuat tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penyajian

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA, terdiri dari 2 sub bab yaitu

kajian teoritis, terdiri dari beberapa informasi yang memuat :

- struktur pasar tenaga listrik berkaitan dengan kegiatan pengelolaan penyediaan infrastruktur ketenagalistrikan, wilayah usaha dan skema bisnis di bidang penyediaan tenaga listrik.
  - perencanaan sistem dengan menggunakan aplikasi BALMOREL
  - perkembangan PLTN
- kajian penelitian terdahulu yang menginformasikan beberapa kajian dan permodelan perencanaan energi yang pernah dilakukan oleh Pusat Data dan Teknologi Informasi KESDM

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN, terdiri dari beberapa sub bab yang memuat tentang:

- ruang lingkup penelitian, memuat informasi tentang batasan area /wilayah serta jangka waktu untuk perencanaan yang digunakan
- Ancangan penelitian dan perancangan yang memuat informasi tentang skenario serta penggunaan model perencanaan yang akan dipakai
- Pengujian : memuat tentang pengujian untuk peramalan pertumbuhan tenaga listrik (demand forecasting) dalam rentang waktu 30 tahun menggunakan software Simple E. Pengujian terhadap 3 skenario yaitu BaU, Industrialisasi, Prosperity.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN, memuat informasi hasil pegujian dengan Balmorel yang ditampilkan dalam bentuk grafik batang dengan perbedaan warna untuk tiap type jnis pembangkit tenaga listrik. Pada setiap gambar terdapat bahasan analisa .

BAB V : KESIMPULAN dan SARAN, memuat info tentang kesimpulan dari hasil penelitian saran yang diberikan .





## BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dalam optimasi selama rentang waktu 2021-2050 dengan skenario BaU, Industrialisasi dan Prosperity memberikan beberapa hasil sebagai berikut :

Total nilai kebutuhan pembangkit listrik dengan skenario BaU cenderung lebih rendah dibandingkan dengan skenario Industrialisasi dan Prosperity. Hasil optimasi dengan skenario BaU tanpa pertimbangan eksternalitas/emisi dan pemenuhan target energy mix RUKN, tidak memunculkan PLTN namun dengan pertimbangan kedua faktor tersebut, akan muncul PLTN dalam tambahan kapasitas pembangkit skala kecil (Small Medium Reactor- Nuclear Power Plant/ SMR-NPP), 100MW.

Dari hasil optimasi pada semua skenario baik BaU, Industrialisasi, maupun Prosperity, perhitungan terhadap eksternalitas/emisi serta pertimbangan pemenuhan target energy mix RUKN, memberikan pengaruh yang signifikan dalam opsi penambahan PLTN. Pada skenario Industrialisasi tanpa pengaruh eksternalitas dan target energy Mix RUKN, tambahan pembangkit PLTN akan terjadi 1 kali yaitu pada tahun 2049. Untuk memenuhi pertumbuhan demand pada tahun-tahun sebelumnya masih dengan menggunakan PLTU. Dengan diperhitungkannya faktor eksternalitas/emisi dan energy mix RUKN maka penambahan PLTN sebanyak 6 kali yaitu thn 2028,2030,2031,2048,2049 dan 2050. Hal yang hampir sama juga terjadi pada skenario Prosperity, tanpa memperhitungkan eksternalitas/emisi dan skenario energy mix RUKN, penambahan PLTN terjadi dalam 5 kali, namun dengan mempertimbangkan kedua faktor tersebut penambahan PLTN akan semakin banyak yaitu 15 kali.



3. Biaya Pokok Penyediaan (BPP) pembangkit listrik pada setiap skenario menunjukkan kecenderungan menurun pada masa mendatang, dapat diartikan bahwa pengurangan pembangkit fosil /mengganti dengan pembangkit energi baru/terbarukan tidak menjadikan BPP semakin tinggi. Dan juga tidak ada perbedaan yang signifikan dari BPP pada setiap jenis skenario, hal itu mengartikan bahwa BPP rata-rata sistem dapat bersaing dengan skenario yang lain pada tahun yang sama.

Interfensi pemerintah dalam bentuk pemenuhan target energy mix RUKN, sudah mencerminkan penurunan emisi pada pembangkit listrik, itu dapat dilihat dari hasil perbandingan optimasi dari setiap skenario tanpa eksternalitas/emisi, skenario energy mix RUKN memberikan penurunan emisi yang cukup signifikan.

Penurunan emisi umumnya terjadi dalam skenario yang memperhitungkan eksternalitas/emisi dan energy mix RUKN. Pada tiap skenario yang memperhitungkan kedua faktor tersebut terlihat mulai terdapat tambahan pembangkit PLTN. Tambahan pembangkit PLTN paling banyak terdapat pada skenario Prosperity dengan mempertimbangkan eksternalitas /emisi dan target energy mix RUKN. Dan penurunan emisi yang cukup signifikan terdapat pada skenario tersebut dimana memanfaatkan PLTN sebagai salah satu kelompok energi baru.

Dengan menambahkan skenario PLTN dalam perencanaan tenaga listrik jangka panjang di Kalimantan Barat, dapat dilihat kondisi sistem berjalan dengan baik dilihat dari neraca daya setiap tahunnya.

7. Pemanfaatan nuklir di sektor pembangkit listrik jangka panjang di sistem Kalimantan Barat, merupakan salah satu pilihan yang layak untuk dipertimbangkan, khususnya dalam



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang andal, ramah lingkungan serta harga yang terjangkau.

### Hak Cipta : 2

Mengingat penerapan PLTN membutuhkan persiapan yang khusus oleh karena itu diperlukan perencanaan yang lebih baik antara lain yaitu :

1. Diawali dengan penyusunan RUKD Kalimantan Barat yang mempertimbangkan opsi penggunaan PLTN SMR-NPP.
2. Melakukan sosialisasi kepada stake holder, khususnya yang berkaitan dengan faktor keamanan dalam pemanfaatan nuklir di sektor pembangkit, mengingat masih ada terdapat kekhawatiran di masyarakat dalam penggunaan teknologi nuklir di pembangkit tenaga listrik.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR PUSTAKA

1. M. E. Kaukab, "Indonesian Economic Outlook 2020: Peluang Dari Keterbukaan," J. Peneliti. Dan Pengabd. Kepada Masyarakat. UNSIQ, vol. 7, no. 1, pp. 38–47, 2020.
2. World Bank, "GDP per capita (current US \$)," World Bank Database, 2016.
3. M. A. Zuhir, I. Nurlinda, A. D. Imami, and I. Idris, "Indonesia Pasca Ratifikasi Perjanjian Paris 2015; Antara Komitmen Dan Realitas," Bina Hukum. Lingkungan., vol. 1, no. 2, pp. 231–248, 2017.
4. A. Santoso, "Kebijakan Energi di Indonesia: Menuju Kemandirian," Jurnal Analisis Kebijakan., vol. 1, no. 1, 2017.
5. O. T. Winarno, Y. Alwendra, and S. Mujiyanto, "Policies and strategies for renewable energy development in Indonesia," 2016, pp. 270–272.
6. A. Santoso and P. Bureau, "National Roadmap for Nuclear Power Programme-INDONESIA," IAEA Tech Meet Top Issues Dev Nucl Power Infrastruct, 2017.
7. A. Rogelj et al., "Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C," Nature, vol. 534, no. 7609, pp. 631–639, 2016.
8. "Rencana Umum Penyediaan Ketenagalistrikan Nasional" (RUPTL) 2019-2028, PT PLN (Persero), 2019
9. Jarot S. Wisnubroto "Siapakah Energi Nuklir Mendukung Net Zero Emission Indonesia, Discussion Paper Nuclear Energy Program Implementing Organization (NEPIO) DEN, 2022
10. B. P. Statistik, "Sensus penduduk 2010," Jkt. BPS, 2010.
11. P. Pln, "Statistik PLN 2020 Unaudited," Sekr. Perusah. PT PLN Persero Jkt. ISSN, no. 0852–8179, 2021.
12. "Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038," Kementerian. Energi Dan Sumber Daya Mineral. Jkt., 2019.
13. Frauke Wiese a, \*, 1, Rasmus Bramstoft a, 1, Hardi Koduvere b, 1, Amalia Pizarro Alonso a, 1, Olexandr Balyk a, 1, Jon Gustav Kirkerud c, 1, Åsa Grytli Tveten c, 1, Torjus Folsland Bolkesjø c, 1, Marie Münster a, 1, Hans Ravn d, "Balmorel open source energy system model, Energy Strategic Review vol 20, ELSEVIER, 2018.
15. M. Cossutta, D. C. Foo, and R. R. Tan, "Carbon emission pinch analysis (CEPA) for planning the decarbonization of the UK power sector," Sustainable. Production and . Consumption., vol. 25, pp. 259–270, 2021.
16. J. Price, I. Keppo, and P. Dodds, "The role of new nuclear power in the UK's net-zero emissions energy system," ArXiv Prepr. ArXiv210915173, 2021.
17. K. Energi and S. D. Mineral, "Statistik Ketenagalistrikan 2017," Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan ESDM, vol. 35, 2017.
18. H. F. Ravn, J. Munksgaard, J. Ramskov, P. Grohnheit, and H. Larsen, "Balmorel: A model for analyses of the electricity and CHP markets in the Baltic Sea Region. Appendices," Elkraft System, 2001.
19. "Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan energi Skema Optimalisasi EBT Daerah " Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian Energi an Sumber Daya Mineral, 2020
20. "Indonesia Energy Outlook ", Dewan Energi Nasional 2019.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

