

**TUGAS AKHIR
(SKRIPSI)**

**PEMODELAN SPASIAL PREDIKSI BENCANA
KEKERINGAN BERBASIS *MACHINE LEARNING*
DI KOTA KUPANG**

Disusun Oleh:

Eglantyne Lidya Subnafeu

22.24.026



**PROGRAM STUDI PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2026**



PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

LEMBAR PENGESAHAN

Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan Berbasis
Machine Learning di Kota Kupang

Skripsi Dipertahankan Di Hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang
Strata Satu (S-1)

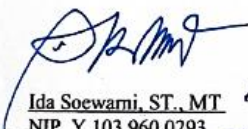
Pada Hari : Kamis
Tanggal : 18 Desember 2025

Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota

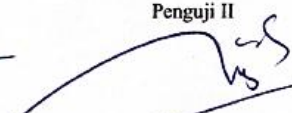
Disusun Oleh:
Eglantyne Lidya Subnafeu
22.24.026

Disahkan Oleh:

Penguji I


Ida Soewarni, ST., MT
NIP. Y 103 960 0293

Penguji II


Arief Setijawan, ST., MT
NIP. Y 103 010 0369

Penguji III


Enderanto Budi Santosa, ST., MT
NIP. Y 103 140 0476



Mengetahui,
Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota


Dr. Agung Witaksono, ST., MT
NIP. Y 103 960 0292



PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

PERSETUJUAN SKRIPSI

**Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan Berbasis
Machine Learning di Kota Kupang**

**Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota S-1
Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh:

**Eglantyne Lidya Subnafeu
22.24.026**

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Mohammad Reza, S.T., MURP
NIP. P 103 15 00483

Dr. Ir. Ardiyanto M. Gai, ST., MSI., MM
NIP. P 103 150 0487



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota**

Dr. Agung Witjaksono, ST., MT
NIP. Y 103 960 0292



PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eglantyne Lidya Subnafcu

NIM : 22.24.026

Hari/Tanggal : Kamis / 18 Desember 2025

Judul Skripsi : Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan
Berbasis *Machine Learning* Di Kota Kupang

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila di kemudian hari dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini adalah jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang,
Pembuat Pernyataan





PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN

Dalam Sidang Komprehensif Tugas Akhir Tingkat Sarjana Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota :

Nama : Eglantyne Lidya Subnafeu
NIM : 22.24.026
Hari/Tanggal : Kamis / 18 Desember 2025
Judul Skripsi : Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan
Berbasis *Machine Learning* Di Kota Kupang

Terdapat kekurangan yang meliputi :

1. Perbaiki Struktur Latar Belakang
2. Kuatkan dasar penentuan variabel
3. Jelaskan lebih mendalam terkait simulasi kerentanan kekeringan
4. Penutup tidak perlu bertele-tele

Malang, 18 Desember 2025

Ida Soewarni, ST., MT
NIP. Y 103 960 0293



PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN

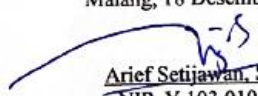
Dalam Sidang Komprehensif Tugas Akhir Tingkat Sarjana Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota :

Nama : Eglantyne Lidya Subnafeu
NIM : 22.24.026
Hari/Tanggal : Kamis / 18 Desember 2025
Judul Skripsi : Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan
Berbasis *Machine Learning* Di Kota Kupang

Terdapat kekurangan yang meliputi :

1. Ada data yang miss di tahun 2022 dan 2023
2. Data awal menunjukkan kekeringan yang semakin menurun, tapi data-data di akhir 2022–2023 meningkat?
3. Ada kawasan – kawasan yang mengalami prediksi penurunan tingkat kekeringan di tahun 2043 perlu di *highlight* juga

Malang, 18 Desember 2025


Arief Setijawan, ST., MT
NIP. Y 103 010 0369



PERHIMPUNAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2. Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN

Dalam Sidang Komprehensif Tugas Akhir Tingkat Sarjana Program Studi
Perencanaan Wilayah dan Kota :

Nama : Eglantyne Lidya Subnafeu
NIM : 22.24.026
Hari/Tanggal : Kamis / 18 Desember 2025
Judul Skripsi : Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan
Berbasis *Machine Learning* Di Kota Kupang

Terdapat kekurangan yang meliputi :

1. Perlu diterangkan lebih jelas terkait karakter khas kekeringan secara internal maupun eksternal
2. Relevansi variabel exposure dalam penelitian
3. Justifikasi fungsi AHP dalam penentuan bobot
4. Dampak kekeringan yang belum sejalan dengan hasil akhir posisi riset dalam teori
5. Justifikasi unit analisis penelitian
6. Faktor yang memengaruhi keakuratan prediksi

Malang, 18 Desember 2025


Endratno Budi Santosa, ST., MT
NIP. Y 103 140 0476

PEMODELAN SPASIAL PREDIKSI BENCANA KEKERINGAN BERBASIS *MACHINE LEARNING* DI KOTA KUPANG

ABSTRAK

Kekeringan merupakan bencana hidrometeorologi yang berdampak luas pada ketersediaan air, lingkungan, dan kondisi sosial ekonomi, terutama di wilayah beriklim semi-arid seperti Kota Kupang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tingkat kekeringan menggunakan indeks NDDI, menganalisis dampaknya pada aspek fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan, serta menyusun model simulasi dan prediksi spasial kekeringan untuk tahun 2030 dan 2040. Pendekatan yang digunakan meliputi analisis spasial, analisis statistik zonal, dan pemodelan *Machine Learning* (Random Forest, SVM, dan ANN) dengan evaluasi akurasi menggunakan nilai R^2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekeringan terkonsentrasi pada wilayah padat penduduk seperti Oebobo, Oetete, Airnona, Bakunase, dan Kelapa Lima akibat tingginya nilai NDDI, tekanan penduduk, serta dominasi area terbangun, sementara wilayah seperti Naioni, Manulai II, dan Fatukoa menunjukkan kerentanan rendah yang stabil. Random Forest menghasilkan akurasi terbaik ($R^2 = 0.9871$) dan digunakan untuk proyeksi, yang memperlihatkan peningkatan signifikan hingga 2040. Temuan ini memberikan dasar penting bagi strategi mitigasi, adaptasi, dan perencanaan tata ruang yang lebih responsif terhadap risiko kekeringan di Kota Kupang.

Kata Kunci: kekeringan, NDDI, pemodelan spasial, *Machine Learning*, Random Forest, Kota Kupang.

S

MACHINE LEARNING-BASED SPATIAL MODELING FOR DROUGHT DISASTER PREDICTION IN KUPANG CITY

ABSTRACT

Drought is a hydrometeorological disaster that has widespread impacts on water availability, environmental conditions, and socioeconomic systems, particularly in semi-arid regions such as Kupang City. This study aims to identify drought severity using the Normalized Difference Drought Index (NDDI), analyze its impacts on physical, social, economic, and environmental aspects, and develop spatial simulation and prediction models for drought conditions in 2030 and 2040. The methods employed include spatial analysis, zonal statistics, and Machine Learning modeling using Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and Artificial Neural Network (ANN), with model accuracy evaluated using the coefficient of determination (R^2). The results show that drought vulnerability is concentrated in densely populated areas such as Oebobo, Oetete, Airnona, Bakunase, and Kelapa Lima, driven by high NDDI values, population pressure, and the dominance of built-up areas. In contrast, areas such as Naioni, Manulai II, and Fatukoa demonstrate consistently lower levels of vulnerability. Random Forest achieved the best predictive performance ($R^2 = 0.9871$) and was therefore selected for future projections, which indicate a significant increase in drought vulnerability by 2040. These findings provide an important basis for developing drought mitigation and adaptation strategies, as well as more responsive spatial planning policies in Kupang City.

Keywords: *drought, NDDI, spatial modeling, Machine Learning, Random Forest, Kupang City.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya yang telah memberikan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pemodelan Spasial Prediksi Bencana Kekeringan Berbasis *Machine Learning* di Kota Kupang”, dengan lancar dan tepat waktu. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota di Institut Teknologi Nasional Malang. Selama proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, arahan dan masukan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Agung Witjaksono., ST., MT, selaku Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, atas bimbingan dan dukungan selama saya menjalankan perkuliahan di PWK ITN Malang.
2. Kedua orang tua, Bapak Yusak Subnafeu dan Ibu Marce Doti. Dengan penuh hormat dan kasih sayang, saya persembahkan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orang tua saya tercinta.
3. Kakak, adik, serta saudara-saudari saya yang selalu mendukung dan menjadi sumber semangat dalam hidup saya.
4. Bapak Mohammad Reza, S.T., M.URP., dan Bapak Ardiyanto Maksimilianus Gai, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang selalu membersamai saya lewat waktu dan ilmu yang diberikan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini
5. Seluruh sahabat seperjuangan Ataraksa, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, semangat, dan rasa kekeluargaan selama perjalanan akademik ini. Segala perjuangan, canda, dan kebersamaan yang telah dilalui akan menjadi kenangan berharga yang tidak terlupakan.
6. Lagu-lagu BLACKPINK yang selalu menemani dan memberikan semangat kepada penulis selama menempuh perkuliahan dan proses penyusunan tugas akhir ini

Penulis menyadari tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Malang, 1 November 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
LEMBAR PERBAIKAN	v
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR PETA	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Penelitian	4
1.3.2 Sasaran Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah	5
1.4.2 Ruang Lingkup Materi	7
1.5 Kebaruan Penelitian.....	8
1.6 Manfaat Penelitian	11
1.6.1 Manfaat Akademis	11
1.6.2 Manfaat Praktis	11
1.6.3 Manfaat Kebijakan	11
1.7 Sistematika Pembahasan.....	11

1.8 Kerangka Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Tinjauan Bencana Kekeringan.....	14
2.1.1 Definisi Bencana Kekeringan.....	14
2.1.2 Definisi Kekeringan	14
2.1.3 Faktor Bencana Kekeringan	15
2.2 Pemodelan Spasial	17
2.3 Kajian Spasial dalam Penilaian Kekeringan	18
2.4 Penelitian Terdahulu.....	20
2.5 Landasan Penelitian	24
2.6 Sintesa Variabel.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Metode Penelitian	30
3.2 Metode Pendekatan dan Jenis Penelitian	30
3.3 Variabel Penelitian	32
3.4 Metode Pelaksanaan Studi.....	38
3.4.1 Tahap Persiapan	38
3.4.2 Tahap Pelaksanaan	39
3.5 Tahapan Penelitian	40
3.6 Waktu Penelitian.....	44
3.7 Lokasi Penelitian	45
3.8 Teknik Pengumpulan Data Penelitian.....	48
3.8.1 Teknik Pengolahan dan Penyajian Data	50
3.9 Metode Analisis.....	51
3.9.1 Analisis Pengkajian Bencana Kekeringan (NDDI)	53
3.9.2 Analisis Pemodelan Prediksi Kerentanan Kekeringan	55
3.9.3 Evaluasi Kinerja Model <i>Machine Learning</i>	58
3.9.4 Metode Prediksi Kerentanan Kekeringan.....	59

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Gambaran Umum Wilayah Kota Kupang	60
4.1.1 Fisik Dasar	62
4.1.2 Kondisi Ekonomi	84
4.1.3 Kondisi Sosial	84
4.1.4 Kondisi Kependudukan	87
4.2 Gambaran Umum Kebencanaan	89
4.2.1 Sejarah Kejadian Bencana	89
4.2.2 Kecenderungan Bencana di Kota Kupang	91
4.2.3 Potensi Bencana Kekeringan di Kota Kupang	92
4.3 Pengkajian Kekeringan berdasarkan karakteristik Bencana Kekeringan di Kota Kupang	94
4.3.1 NDDI	94
4.3.2 <i>Zonal Statistics</i>	98
4.4 Penentuan Pendekatan Ideal dalam Memprediksi Bencana Kekeringan 102	
4.4.1 Simulasi Faktor Kekeringan	102
4.4.2 Evaluasi Kinerja Model <i>Machine Learning</i>	106
4.5 Pemodelan Spasial Penyusunan Prediksi Bencana Kekeringan Berdasarkan Karakteristik Tingkat Kekeringan	109
4.5.1 Prediksi Bencana Kekeringan Kota Kupang	110
BAB V PENUTUP	125
5.1 Kesimpulan	125
5.2 Rekomendasi	125
DAFTAR PUSTAKA	126
LAMPIRAN	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1 1 Kebaruan Penelitian	8
Tabel 2 1 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 2 2 Landasan Penelitian	24
Tabel 2 3 Sintesa Variabel Penelitian.....	26
Tabel 3 1 Variabel dan Definisi Operasional	32
Tabel 3 2 Variabel dan Definisi Operasional	34
Tabel 3 3 Waktu Penelitian	45
Tabel 3 4 Jenis Data dan Sumber Data.....	48
Tabel 3 5 Klasifikasi Tingkat Kerentanan Kekeringan	54
Tabel 4 1 Luas Wilayah dan Persentase di Kota Kupang.....	60
Tabel 4 2 Rata-Rata Curah Hujan Bulanan di Kota Kupang 2015–2025	65
Tabel 4 3 Kandungan Air Tanah Bulanan (mm/bulan) di Kota Kupang	68
Tabel 4 4 Debit Mata Air di Kota Kupang pada Musim Hujan dan Musim Kemarau.....	73
Tabel 4 5 Sebaran Daerah Aliran Sungai di Kota Kupang	75
Tabel 4 6 Sebaran Embung di Kota Kupang.....	76
Tabel 4 7 Jumlah Penduduk Hasil Sensus Penduduk Tahun 2024 Kota Kupang per Kecamatan	85
Tabel 4 8 Jumlah Fasilitas Pendidikan Kota Kupang Tahun 2021	85
Tabel 4 9 Angka Partisipasi Kasar dan Angka Partisipasi Murni SD sederajat, SMP sederajat, dan SMA sederajat Kota Kupang Tahun 2023	87
Tabel 4 10 Jumlah Fasilitas Kesehatan di Kota Kupang Tahun 2024	87
Tabel 4 11 Jumlah Penduduk Hasil Sensus Penduduk Tahun 2021 Kota Kupang per Kecamatan.....	88
Tabel 4 12 Jumlah Penduduk Berdasarkan Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kota Kupang Tahun 2021	88
Tabel 4 13 Jenis, Jumlah, Dampak dan Kerugian akibat Bencana di Kota Kupang, 2008-2021.....	90
Tabel 4 14 Klasifikasi Kekeringan NDDI	96
Tabel 4 15 Rata-rata Indeks Kekeringan, area terbangun dan Populasi menurut Kecamatan di Kota Kupang	100
Tabel 4 16 Matriks Perbandingan Berpasangan (Pairwise Comparison) Variabel Kerentanan Kekeringan	103
Tabel 4 17 Matriks Normalisasi Kriteria.....	104
Tabel 4 18 Evaluasi Kinerja Model <i>Machine Learning</i> Berdasarkan R-squared (R ²).....	107
Tabel 4 19 Distribusi Prediksi Tingkat Kerentanan Kekeringan di Kota Kupang (2019-2023).....	113
Tabel 4 20 Kategori Kerentanan Kekeringan Tahun 2023, 2030, dan 2040 (Hasil Pemodelan Random Forest)	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4 1 Kerugian Bencana di Kota Kupang	91
Gambar 4 2 Bencana Kekeringan di Kota Kupang	93
Gambar 4 3 Prediksi Kekeringan Menggunakan Model Random Forest ..	110

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3 1 Tahap Penelitian	44
Grafik 4 1 Model Neraca Air (Presipitasi dan ETP) di Kota Kupang	69
Grafik 4 2 Kecepatan Angin & Suhu Udara di Kota Kupang Sumber: Stasiun BMKG Lasiana Kupang.....	70
Grafik 4 3 Grafik Neraca Tutupan Lahan Kota Kupang Tahun 2020 Terhadap Tahun 1999	83
Grafik 4 4 Tren Kejadian Bencana di Kota Kupang 14 Tahun Terakhir (2008 – 2021)	91
Grafik 4 5 Indeks Kekeringan Palmer Tahun 1980 – 2022 di Kota Kupang	92
Grafik 4 6 Perbandingan Prediksi Model <i>Machine Learning</i> untuk Kekeringan	109
Grafik 4 7 Tren Total Skor \ Kekeringan 2023-2040	120
Grafik 4 8 Tren Kerentanan Kekeringan per Kelurahan Tahun 2023-2040 di Kota Kupang.....	121

DAFTAR PETA

Peta 1 1 Ruang Lingkup Wilayah Penelitian.....	6
Peta 3 1 Administrasi Kota Kupang	47
Peta 4 1 Batas Administrasi Kota Kupang	61
Peta 4 2 Topografi Kota Kupang.....	64
Peta 4 3 Kondisi Curah Hujan Kota Kupang.....	66
Peta 4 4 Kondisi Morfologi Kota Kupang.....	71
Peta 4 5 Kondisi Geologi Kota Kupang	79
Peta 4 6 Tutupan Lahan Kota Kupang	82
Peta 4 7 Hasil Indeks Kekeringan (NDDI) Kota Kupang 2019-2023.....	97
Peta 4 8 Prediksi Kerentanan Kekeringan Tahun 2023, 2030, dan 2040....	116