**KERANGKA BERPIKIR PENELITIAN**

***"Analisis Pengaruh Topografi Cekungan Bandung terhadap Curah Hujan Ekstrem dan Kejadian Banjir (2014-2024)"***

**1. LANDASAN TEORITIS**

**A. Konsep Orographic Precipitation**

Berdasarkan literatur (Huang et al., 2020; Jin et al., 2024; Zhao et al., 2020):

**Mekanisme Dasar:**

* **Orographic Lifting**: Massa udara terpaksa naik saat bertemu barrier topografi
* **Moisture Convergence**: Konvergensi kelembaban diperkuat oleh topografi kompleks
* **Enhanced Convection**: Pemanasan diferensial lereng memicu konveksi lokal

**Cekungan Effect:**

* **Channeling**: Aliran udara terpusatkan dalam basin
* **Convergence Zone**: Pertemuan angin dari berbagai arah dalam cekungan
* **Moisture Retention**: Kelembaban terperangkap dalam topografi tertutup

**B. Karakteristik Unik Cekungan Bandung**

**Morfologi Basin:**

Elevasi Cekungan: 700-800m ASL

Barrier Mountains:

├── Utara: Tangkuban Perahu (2084m)

├── Timur: Manglayang (1818m)

├── Selatan: Patuha (2434m)

└── Barat: Burangrang (2064m)

Dimensi: ~60km × 40km

Outlet: Citarum River (sisi timur)

**Keunikan Atmosfer:**

* **Monsoon Interaction**: Interaksi dengan SW-NE monsoon
* **Valley Wind System**: Sirkulasi angin lembah-gunung harian
* **Urban Heat Island**: Modifikasi pola konveksi lokal

**3. RUMUSAN MASALAH DAN HIPOTESIS**

**A. Pertanyaan Penelitian:**

1. **Temporal**: Bagaimana trend dan variabilitas curah hujan ekstrem di cekungan Bandung (2014-2024)?
2. **Spatial**: Bagaimana distribusi spasial curah hujan ekstrem berkaitan dengan topografi cekungan?
3. **Mechanistic**: Seberapa besar pengaruh topografi terhadap intensifikasi curah hujan ekstrem?
4. **Applied**: Berapa threshold curah hujan yang berkorelasi dengan kejadian banjir?

**B. Hipotesis Penelitian:**

**H₁: Spatial Distribution Hypothesis** Curah hujan ekstrem di cekungan Bandung menunjukkan pola spasial yang konsisten dengan efek orografi, dengan intensitas tertinggi di:

* Lereng windward (barat daya - menghadap monsoon)
* Zona konvergensi dalam cekungan
* Area dengan elevasi transisi (800-1200m)

**H₂: Topographic Enhancement Hypothesis** Topografi cekungan Bandung meningkatkan intensitas curah hujan ekstrem sebesar 20-40% dibanding kondisi tanpa efek orografi, terutama pada kejadian dengan:

* Arah angin konsisten dengan orientasi cekungan
* Kondisi atmosfer unstable
* Moisture content tinggi

**H₃: Threshold-Flood Relationship Hypothesis** Terdapat threshold curah hujan spesifik yang berbeda untuk zona topografi yang berbeda:

* **Valley floor** (700-800m): ≥80mm/hari
* **Lower slopes** (800-1000m): ≥100mm/hari
* **Mid slopes** (1000-1500m): ≥120mm/hari

**H₄: Temporal Pattern Hypothesis** Kejadian curah hujan ekstrem menunjukkan:

* **Seasonal peak**: Desember-Februari (monsoon barat)
* **Diurnal peak**: Sore-malam (15:00-21:00 WIB)
* **ENSO sensitivity**: Intensitas lebih tinggi saat La Niña

**4. KERANGKA KONSEPTUAL**

**A. Conceptual Model:**

[Large-Scale Forcing]

↓

[SW Monsoon] → [Moisture Transport] → [Topographic Barrier]

↓ ↓

[Orographic Lifting] ← [Basin Convergence] ← [Channeling Effect]

↓ ↓

[Enhanced Convection] → [Intensified Rainfall] → [Flood Risk]

↑ ↓

[Urban Heat Island] ← [Local Circulation] → [Spatial Variation]

**B. Variable Framework:**

INDEPENDENT VARIABLES:

├── Topographic: elevation, slope, aspect, TPI, TRI

├── Atmospheric: monsoon index, moisture flux, wind pattern

├── Temporal: season, ENSO phase, IOD phase

└── Spatial: distance to peaks, basin position

DEPENDENT VARIABLES:

├── Precipitation intensity (mm/day)

├── Extreme indices (R95p, RX1day, R20mm)

├── Spatial distribution patterns

└── Flood occurrence (binary)

CONTROL VARIABLES:

├── Urban development (constant 2014-2024)

├── Station location/elevation

└── Data quality flags

**5. METODOLOGI PENELITIAN**

**FASE 1: DATA INTEGRATION & PREPROCESSING (Bulan 1)**

**A. Data Acquisition:**

PRIMARY DATASET:

GPM IMERG Daily Final (2014-2024)

SUPPORTING DATASETS:

SRTM DEM 30m (topography)

BMKG stations (validation)

BNPB flood database (2014-2024)

ERA5 monsoon indices (climate context)

**B. Processing Tools:**

PRIMARY: Python + ArcGIS Pro

Python: xarray, pandas, numpy, scipy, matplotlib

ArcGIS Pro: Spatial Analyst, 3D Analyst, ArcPy

Workflow: Jupyter Notebook + ArcGIS Pro Projects

**6. EXPECTED DELIVERABLES**

**A. Scientific Products:**

1. **11-Year Precipitation Climatology** cekungan Bandung dari GPM IMERG
2. **Extreme Event Catalog** (2014-2024) dengan spatial-temporal characteristics
3. **Orographic Enhancement Map** showing topographic influence intensity
4. **Multi-Zone Flood Threshold Model** dengan validation metrics
5. **Trend Analysis Report** untuk extreme precipitation indices

**B. Technical Products:**

1. **Automated Python Workflows** untuk operational monitoring
2. **ArcGIS Pro Models** untuk spatial analysis reproduction
3. **Interactive Dashboard** (Python-based) untuk stakeholder access
4. **Early Warning Protocol** based pada threshold analysis

**C. Practical Applications:**

1. **Risk Zonation Map** untuk urban planning
2. **Seasonal Warning Calendar** untuk disaster preparedness
3. **Threshold Guidelines** untuk BPBD operational use
4. **Climate Change Assessment** baseline untuk future projections

**7. INNOVATION & SIGNIFICANCE**

**A. Scientific Innovation:**

* **First comprehensive study** menggunakan GPM IMERG untuk cekungan Bandung
* **Multi-scale approach**: Basin-scale analysis dengan high-resolution data
* **Integrated methodology**: Combining satellite data + GIS + statistical analysis

**C. Practical Significance:**

* **Operational relevance**: Direct application untuk disaster management
* **Policy support**: Evidence-based untuk spatial planning
* **Capacity building**: Advanced GIS-Python skills untuk mahasiswa

**9. QUALITY ASSURANCE & VALIDATION**

**A. Data Quality:**

* **Multi-source validation**: GPM vs BMKG ground stations
* **Temporal consistency**: Gap analysis & quality flags
* **Spatial consistency**: Cross-validation dengan neighboring regions

**B. Methodological Robustness:**

* **Reproducible workflows**: All Python code documented
* **Sensitivity analysis**: Parameter uncertainty assessment
* **Cross-validation**: Independent test datasets (2023-2024)

**C. Results Validation:**

* **Ground truth comparison**: BMKG station correlation
* **Literature benchmarking**: Comparison dengan similar studies
* **Stakeholder feedback**: BMKG/BPBD expert review