

# Model Pengelolaan Banjir: Systematic Review dan Arahan untuk Masa Depan

Veybi Djoharam<sup>1\*</sup>, Widiatmaka<sup>2</sup>, Marimin<sup>3</sup>, Dyah R. Panuju<sup>2</sup>, S. D. Tarigan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate Program of Natural Resources and Environmental Management, Faculty of Multidisciplinary, IPB University (Bogor Agricultural University), Indonesia;

<sup>2</sup> Department of Soil Science and Land Resource, Faculty of Agriculture, IPB University (Bogor Agricultural University), Indonesia

<sup>3</sup> Department of Agro-industrial Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, IPB University (Bogor Agricultural University), Indonesia

## ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di seluruh dunia, menyebabkan kerugian ekonomi, rusaknya infrastruktur bahkan sering menimbulkan korban nyawa. Oleh karena itu, mengatasi permasalahan banjir sangat penting untuk dilakukan. Tujuan makalah ini adalah untuk mensintesis permasalahan banjir dan menyusun kerangka kerja pengelolaan banjir secara holistik. Makalah ini mengulas dan mensintesis 124 jurnal yang diterbitkan antara tahun 2011 – 2021. Artikel jurnal yang diulas dikategorikan ke dalam tema pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrolgi (PL-H), perubahan penggunaan lahan (LULC), pengaruh klimatologi terhadap hidrologi (PK-H), mitigasi banjir (MB), ekonomi terkait banjir (Ek), evaluasi kejadian banjir (Ev), pengaruh perubahan lahan dan pengaruh klimatologi terhadap hidrologi (PL-PK-H), dan hidrologi (H). Tema hidrologi (H) merupakan topik dominan yang kami temukan dalam literatur sebanyak 30% selanjutnya 25% tema mitigasi banjir (MB) dan 17% tema pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrolgi (PL-H). Kontribusi dari makalah ini adalah menghasilkan kerangka kerja komprehensif yang perlu dilakukan dalam melakukan pengelolaan banjir.

**Kata kunci:** Banjir, Pengelolaan banjir, Kerangka kerja holistik, Bencana, Manajemen lingkungan

## ABSTRACT

Floods are one of the natural disasters that often occur around the world, causing economic losses, damage to infrastructure and often cause casualties. Therefore, overcoming the problem of flooding is very important to do. The purpose of this paper is to analyze flood problems and develop new flood management frameworks. The paper reviews and synthesizes 124 journals published between 2011 and 2021. The journal article reviewed is categorized into the themes of the influence of land cover changes on hydrology (PL-H), land use change (LULC), climatology influence on hydrology (PK-H), flood mitigation (MB), flood-related economy (Ek), evaluation of flood events (Ev), influence of land change and climatology influence on hydrology (PL-PK-H), and hydrology (H). The theme of hydrology (H) is the dominant topic that we found in the literature as much as 30% of the theme of flood mitigation (MB) and 17% of the theme of the influence of land cover changes on hydrology (PL-H). The contribution of this paper is to develop a comprehensive framework that needs to be done in conducting flood management.

**Keywords:** Flood, Flood management, Holistic framework, Disaster, Environmental management

**Sitasi:** Djoharam, V., Widiatmaka., Marimin., Panuju, D.R., Tarigan, S.D.. (2022). Model Pengelolaan Banjir: Systematic Review dan Arahan untuk Masa Depan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 20(3), 524-545, doi:10.14710/jil.20.3.524-545

## 1. Latar Belakang

Bencana banjir telah meningkat pesat di seluruh dunia dalam beberapa tahun terakhir (Buchecker et al., 2013; Surminski & Eldridge, 2015) dibarengi dengan peningkatan dampak kerugiannya (Jongman et al., 2015). Karakteristik hidrologis pengelolaan tanah dan air di suatu daerah tangkapan responnya sangat terkait erat dengan perubahan tata guna lahan (Welde & Gebremariam, 2017) yang ada di wilayah tersebut.

Samimi et al., (2020) menemukan dampak dinamika perubahan lahan terhadap respon hidrologi

menaikkan limpasan permukaan sebesar 9,2% dan evapotranspirasi 1,7%, selain itu saat musim hujan debit meningkat sebesar 5,6% sedangkan musim kemarau menurun sebesar 12,7%. Konversi lahan dari hutan menjadi pertanian mengubah keseimbangan air serta menyebabkan peningkatan limpasan permukaan (Welde & Gebremariam, 2017; Getachew & Melesse, 2012). Selain konversi hutan menjadi lahan pertanian, beberapa faktor pendorong dinamika perubahan tutupan lahan dalam beberapa dekade terakhir telah teramati. Faktor utama yakni sosial ekonomi dan

\* Penulis korespondensi: djoharamveybi@gmail.com

biofisik, seperti pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, kekeringan, spesies invasif, hukum yang lemah, kebijakan pertanahan dan kebijakan ekonomi (Leinenkugel et al., 2013). Perubahan fungsi lahan ini menjadi penyebab degradasi lahan.

Memulihkan lahan terdegradasi menjadi prioritas global untuk konservasi (Chen et al., 2021). Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan kegiatan konservasi lahan salah satunya harus memperhatikan kesesuaian lahan pada skala regional, berdasarkan kondisi geografis dan geomorfik, serta kondisi tanah (Bortoleto et al., 2016).

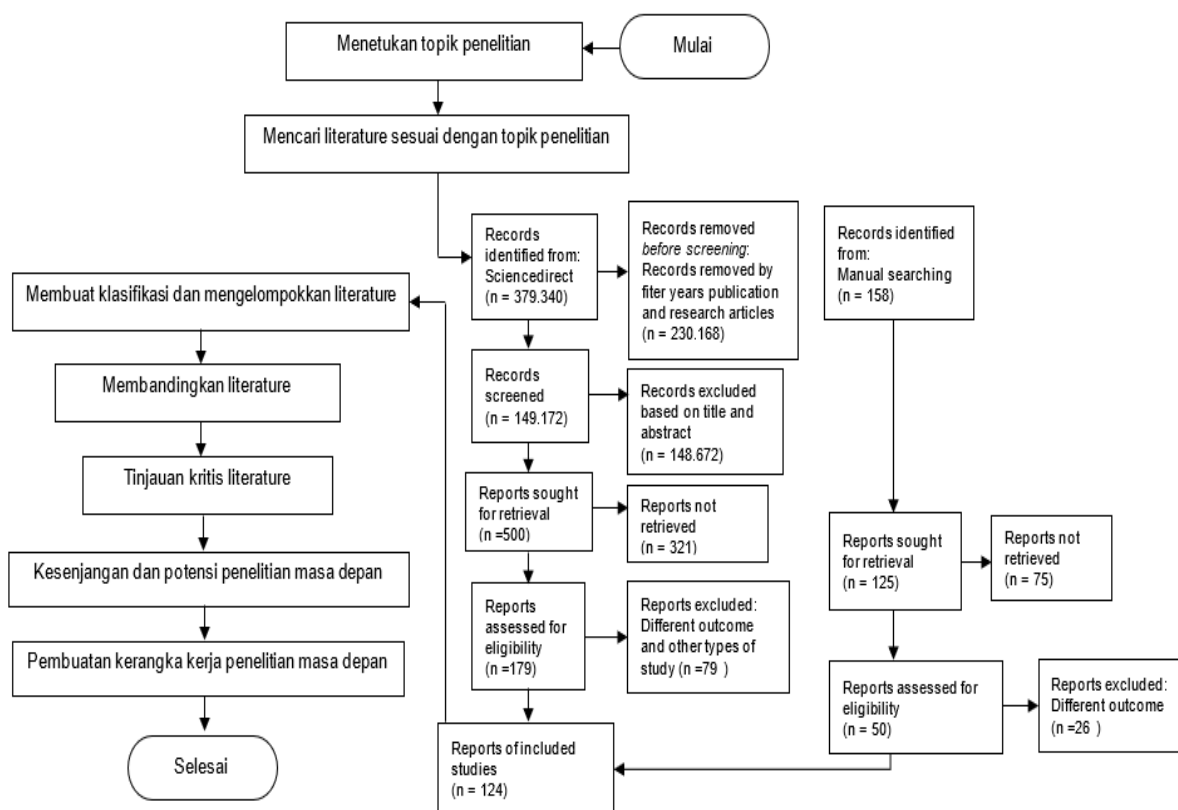
Berdasarkan uraian pendahuluan di atas, memahami hubungan antara proses hidrologi dan perubahan lingkungan penting untuk pengelolaan air yang lebih baik. Penelitian terkait hal ini telah banyak dilakukan, oleh sebab itu makalah ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, mensintesis, dan membandingkan metode dalam berbagai literature oleh peneliti-peneliti sebelumnya yang telah ada dalam berbagai jurnal bereputasi, sehingga menemukan kerangka kerja baru dalam rangka melakukan pengelolaan banjir.

## 2. Metode

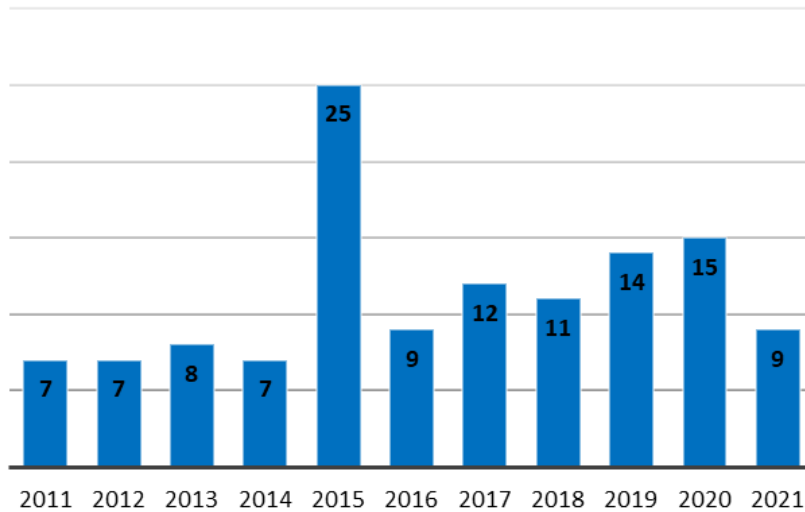
### 2.1. Kerangka literature review

Tinjauan sistematis dalam makalah ini berasal dari 124 jurnal internasional bereputasi yang relevan dengan uraian pendahuluan di atas. Pencarian jurnal menggunakan kata kunci banjir, perubahan penggunaan lahan, dan pengelolaan DAS terkait dengan banjir. Artikel ilmiah dipilih dalam periode waktu 10 tahun, yakni jurnal terbitan tahun 2011 - 2021 dari database ScienceDirect dengan google search engine. Jurnal final yang direview telah dinilai layak berdasarkan kejelasan metode yang digunakan, dan terdapat kesesuaian antara judul, tujuan, pembahasan dan kesimpulan. Proses review selengkapny dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 1.

Terlihat dalam Gambar 2 jurnal terbanyak yang diperoleh dan digunakan merupakan terbitan tahun 2015 berjumlah 25 jurnal, kemudian terbanyak kedua terbitan tahun 2020 sebanyak 15 jurnal dan terbanyak ketiga yakni jurnal terbitan tahun 2019 sebanyak 14 jurnal. Total 124 jurnal, 111 jurnal yang digunakan sesuai scimagojr merupakan jurnal dengan ranking Q1, Q2 dan Q3.



Gambar 1 Kerangka Review



Gambar 2 Jumlah Jurnal Berdasarkan Tahun Penerbitan

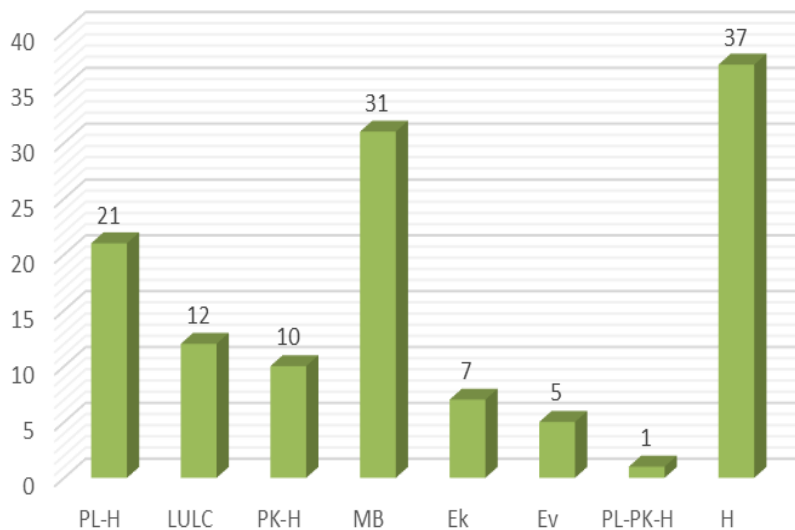
2.2. Kerangka pengelompokan jurnal

Tinjauan kritis terhadap 124 jurnal kami kategorikan menjadi 8 topik utama sesuai dengan karakteristik judul masing-masing jurnal. Kode klasifikasi jurnal berdasarkan topik utama selengkapnya pada Tabel 1.

Jurnal yang telah dikelompokkan berdasarkan masing-masing topik kemudian dianalisis untuk mengetahui sebaran jumlahnya. Jumlah jurnal berdasarkan topik utama dalam Gambar 3.

Tabel 1. Kode Klasifikasi Jurnal

No	Topik Utama	Kode
1	Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi	PL-H
2	Perubahan penggunaan lahan	LULC
3	Pengaruh klimatologi terhadap hidrologi	PK-H
4	Mitigasi banjir	MB
5	Ekonomi	Ek
6	Evaluasi	Ev
7	Pengaruh perubahan lahan dan pengaruh klimatologi terhadap hidrologi	PL-PK-H
8	Hidrologi	H

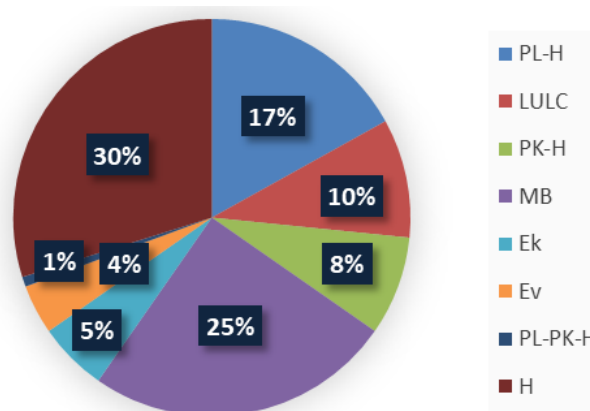


Gambar 3 Jumlah Jurnal Berdasarkan Klasifikasi Topik Utama

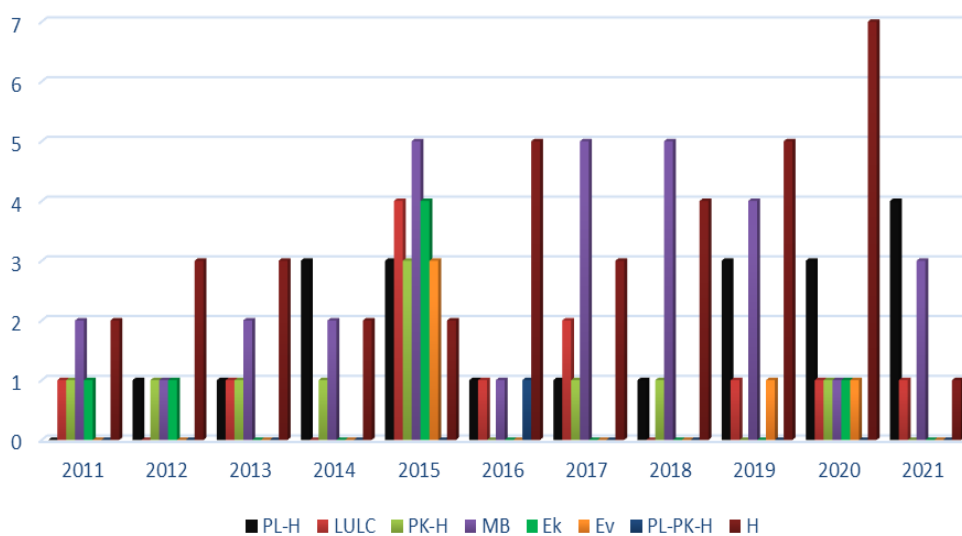
Pada Gambar 3 terlihat bahwa topik hidrologi paling dominan dengan jumlah 37 jurnal, kemudian mitigasi banjir 31 jurnal, dan pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi sebanyak 21 jurnal. Topik pengaruh perubahan lahan dan pengaruh klimatologi terhadap hidrologi berada pada jumlah terkecil yakni hanya 1 jurnal dengan persentase masing-masing tema dalam Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 tema hidrologi memiliki persentase terbanyak yakni 30% selanjutnya 25% tema mitigasi banjir dan 17% tema pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi. Persentase terkecil sebanyak 1% oleh tema pengaruh perubahan lahan dan pengaruh klimatologi terhadap hidrologi. Distribusi topik jurnal berdasarkan tahun terbit pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan topik utama seperti evaluasi kejadian banjir pada periode tahun 2011-2014 masih sedikit dilakukan dan baru mulai banyak dilakukan pada tahun 2015, 2019 dan 2020. Selain itu, analisis hidrologi akibat pengaruh tutupan lahan yang dikaji bersamaan dengan perubahan klimatologi, dilakukan hanya pada tahun 2016. Namun, beberapa topik utama tersebar di setiap tahun yakni mitigasi banjir, perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi, perubahan penggunaan lahan, kajian ekonomi terkait banjir, dan kajian kondisi hidrologi. Akan tetapi, dapat terlihat bahwa topik hidrologi, mitigasi banjir, serta pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi merupakan topik terbanyak yang dikaji, sehingga berpeluang untuk dieksplorasi dengan mengembangkan pendekatan baru.



Gambar 4 Diagram Klasifikasi Persentase Jurnal Berdasarkan Tema



Gambar 5 Distribusi Topik Jurnal Berdasarkan Tahun Terbit

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Bahasan Berdasarkan Metode Utama

##### 3.1.1. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi (PL-H)

Salah satu topik penelitian yang dilakukan terkait dengan banjir adalah bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan di suatu wilayah memberikan pengaruh terhadap kondisi hidrologi baik dari segi debit air, sediman dan faktor hidrologi lainnya. Jumlah publikasi pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi periode tahun 2011-2021 beserta dengan metode yang digunakan dalam Tabel 2.

Terlihat dalam Tabel 2 untuk topik perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi terdapat sejumlah 21 jurnal dengan pendekatan 12 metode yang berbeda. Metode terbanyak yang digunakan adalah SWAT sejumlah 7 jurnal dan selanjutnya metode GIS sebanyak 4 jurnal.

##### 3.1.2. Perubahan penggunaan lahan (LULC)

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu metode penelitian yang sering diteliti, karena lahan yang berubah penggunaan akan mempengaruhi berbagai kondisi fisika kimia tanah sehingga secara keseluruhan memberikan respon yang berbeda terhadap air hujan yang jatuh di atasnya. Periode tahun

2011-2021 dalam sistematik review ini terdapat 12 jurnal dengan pendekatan metode dalam Tabel 3.

Data dalam Tabel 3 berasal dari 12 jurnal terkait penelitian perubahan penggunaan lahan memperlihatkan menggunakan 7 pendekatan metode utama yang berbeda. Metode GIS dan remote sensing merupakan metode utama terbanyak yakni masing-masing digunakan dalam 3 jurnal.

##### 3.1.3. Perubahan klimatologi terhadap kondisi hidrologi (PK-H)

Faktor curah hujan, suhu udara dan tekanan udara merupakan proses fisika atmosfer memiliki peran penting dalam mempengaruhi proses evapotranspirasi, sehingga memberikan pengaruh terhadap kondisi hidrologi di suatu wilayah. Hal ini menyebabkan penelitian-penelitian yang dilakukan untuk melihat kondisi hidrologi sering menjadikan faktor klimatologi sebagai salah satu parameter yang dikaji. Jurnal yang mengangkat issue faktor klimatologi sebagai topik utama dalam penelitian terkait banjir dalam makalah sistematik review ini berjumlah 10 jurnal dengan menggunakan beberapa pendekatan metode, tersaji dalam Tabel 4.

**Tabel 2.** Perbandingan Metode Penelitian Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Hidrologi

Pendekatan Metode Utama	Penulis
SWAT	(Getachew & Melesse, 2012) (Gebremicael et al., 2013) (Keith E. Schilling et al., 2014) (Welde & Gebremariam, 2017) (Belihu et al., 2020) (H. Zhang et al., 2020) (Samimi et al., 2020)
GIS	(Trumbore et al., 2015) (Budiyanto et al., 2015) (Gebru et al., 2019) (Lewis et al., 2021)
HEC-HMS	(Alexakis et al., 2014)
Distibusi nilai ekstrim	(Bates et al., 2015)
WetSpa	(Haregeweyn et al., 2015)
OVERFLOW	(Dixon et al., 2016)
Global Inventor Modeling and Mapping Studies (GIMMS)	(Y. Wang et al., 2018)
Mann-Kendall test	(Negash et al., 2019)
Partial Least Square Regression model (PLSR)	(Gebremicael et al., 2019)
Multivariate statistical	(Lei et al., 2021)
Regression analyses	(Greenbaum et al., 2021)
Snow accumulation and melt (SAM) model	(Zhao et al., 2021)

**Tabel 3.** Perbandingan Metode Penelitian Perubahan Penggunaan Lahan

Pendekatan Metode Utama	Penulis
GIS	(Wondie et al., 2011) (Tran et al., 2015) (Shiferaw et al., 2019)
Remote sensing	(Leinenkugel et al., 2013) (Ariti et al., 2015) (S. Liu et al., 2020)
Statistik	(Keenan et al., 2015) (Shtober-Zisu et al., 2015)
Suitability index for restoration (SIR)	(Bortoleto et al., 2016)
Spasial multi criteria analysis	(Schulz & Schröder, 2017)
Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model	(Haregeweyn et al., 2017)
The matter-element model	(Chen et al., 2021)

**Tabel 4.** Perbandingan Metode Penelitian Pengaruh Perubahan Klimatologi Terhadap Kondisi Hidrologi

Pendekatan Metode Utama	Penulis
MISDc ('Modello Idrologico Semi-Distribuito in continuo')	(Brocca et al., 2011)
Statistik	(Hurford et al., 2012) (Toté et al., 2015)
The Lorenz Curve	(Shi et al., 2013)
Design storm method	(J. Ahn et al., 2014)
MODFLOW	(Sapriza-Azuri et al., 2015)
Global circulation models (GCMs)	(Winsemius et al., 2015)
Meteohidrological modeling	(Alfieri et al., 2017)
Multi-Model Comparison	(Alfieri et al., 2018)
2D hydraulic model, JFlow®	(Birch et al., 2021)

Informasi dalam Tabel 4 menunjukkan bahwa penelitian terkait banjir yang menyoroti faktor klimatologi terhadap dinamika hidrologi dalam makalah sistematis review ini berjumlah 10 jurnal, di mana pendekatan metode utamanya terdiri dari 9 metode. Sebanyak 2 jurnal menggunakan pendekatan statistik sehingga menjadikan metode ini adalah metode terbanyak yang digunakan.

### 3.1.4. Mitigasi banjir (MB)

Kelompok ke empat adalah kelompok penelitian yang dimasukkan dalam klasifikasi mitigasi banjir. Mitigasi merupakan setiap upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang

berada dalam kawasan rawan bencana, dalam hal ini banjir. Jurnal dengan tema mitigasi banjir dalam makalah literature review ini sebanyak 31 jurnal dengan menggunakan berbagai pendekatan metode, selengkapnya dalam Tabel 5.

Berdasarkan informasi pada Tabel 5 pendekatan metode utama yang digunakan jurnal dalam makalah sistematis review ini diklasifikasikan masuk dalam tema mitigasi banjir sebanyak 25 metode. Metode terbanyak yang digunakan yakni focus group discussion/participatory processes digunakan oleh 4 jurnal, selanjutnya system dynamics, regression analysis dan studi literature masing-masing digunakan oleh 2 jurnal.

**Tabel 5.** Perbandingan Metode Penelitian Mitigasi Banjir

Pendekatan Metode Utama	Penulis
Risk analysis	(Wrachien et al., 2011)
Flood and coastal risk management (FCRM)	(Nye et al., 2011)
Regression analysis	(Bubeck et al., 2012) (Duží et al., 2017)
System dynamics	(Cassel & Hinsberger, 2017) (Jongman et al., 2015)
Focus Group Discussion/Participatory Processes	(Buchecker et al., 2013) (Adelekan, 2016) (Rodríguez et al., 2018) (Maskrey et al., 2019)
KEEPER – a Knowledge Exchange Exploratory tool for Professionals in Emergency Response	(Alexander et al., 2014)
Studi literature	(Green, 2013) (McEwen et al., 2017)
RASP method (Risk Assessment for Strategic Planning)	(Penning-Rowell, 2015)
Benchmarking	(Grabs, 2015)
Event Tree	(Lendering et al., 2015)
Block-wise TOP (BTOP) model	(Gusyev et al., 2016)
Flood Early Warning Systems (FEWS)	(Lopez et al., 2016)
Paired flood events analysis	(Kreibich et al., 2017)
Multi-criteria analysis	(Santos & Reis, 2018)
Proportional-Integral-Derivative (PID) controller	(Sung et al., 2018)
Critical reviews	(Nakamura & Oki, 2018)
Flood forecasting (FF) models.	(Ali et al., 2018)
Mathematical index	(Dottori et al., 2018)
Flood Resilience Rose (FRR)	(Karrasch et al., 2021)
Flood-excess volume (FEV)	(Bokhove et al., 2019)
Integrated Water Resources Management (IWRM)	(Dinh & McIntosh, 2019)
Soil and Water Assessment (SWAT) model	(Antolini et al., 2020)
Bayesian hierarchical regression.	(Barendrecht et al., 2021)
Property flood resilience (PFR)	(Webber et al., 2021)
Semi-structured interviews	(Snel et al., 2021)

3.1.5. *Ekonomi (Ek)*

Penelitian terkait permasalahan banjir sering ditinjau dari segi kerugian ekonomi yang dialami oleh masyarakat akibat peristiwa banjir tersebut. Terdapat sejumlah 7 jurnal yang membahas permasalahan banjir dari segi ekonomi dengan berbagai pendekatan metode utama yang digunakan, selengkapnya dalam Tabel 6. Informasi dalam Tabel 6 menunjukkan bahwa dalam makalah literature review ini, masing-masing jurnal menggunakan pendekatan metode utama yang berbeda-beda. Metode utama yang digunakan bukan hanya metode ekonomi, tapi juga menggunakan pendekatan metode model hidrologi dan juga pendekatan lainnya.

3.1.6. *Evaluasi*

Penelitian terkait dengan evaluasi banjir dilakukan untuk melihat perubahan dalam manajemen terhadap risiko yang dilakukan dalam rangka proteksi bencana banjir. Metode -metode yang digunakan oleh beberapa peneliti berbeda-beda, seperti dalam Tabel 7.

Informasi dalam Tabel 7 dapat dilihat terdapat 5 jurnal yang masuk kategori evaluasi dalam makalah

literature review ini. Masing-masing penulis menggunakan pendekatan metode utama yang berbeda-beda dalam riset penelitiannya.

3.1.7. *Pengaruh perubahan tutupan lahan dan perubahan klimatologi terhadap kondisi hidrologi (PL-PK-H)*

Penelitian dengan tema banjir yang mengkaji dari perspektif pengaruh perubahan tutupan lahan sekaligus membahas pengaruh perubahan klimatologi tidak banyak dilakukan. Terdapat 124 jurnal yang digunakan dalam makalah literature review ini, hanya terdapat 1 jurnal yang membahasnya (Tabel 8).

Penelitian dengan judul hidrological impacts of land use change and climate variability in the headwater region of the Heihe River Basin, northwest China merupakan satu-satunya jurnal yang mengkaji perubahan tutupan lahan sekaligus pengaruh klimatologi dalam makalah literature review ini. Seperti terlihat dalam Tabel 8 peneliti mengkombinasikan 2 metode utama dalam melakukan analisis.

**Tabel 6.** Perbandingan Metode Penelitian Ekonomi Terkait Banjir

Pendekatan Metode Utama	Penulis
Monetary damage	(Veldhuis, 2011)
Kombinasi Hidrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) dan Hazus-MH	(Pinter et al., 2012)
Overall vulnerability index (OVI)	(Solín et al., 2015)
Commercial approach to compensation	(Ge et al., 2015)
Rainfall Runoff Inundation (RRI) Model	(Shrestha et al., 2015)
Framework analysis	(Surminski & Eldridge, 2015)
Multivariable regression	(Mohor et al., 2020)

**Tabel 7.** Perbandingan Metode Penelitian Evaluasi Kejadian Banjir

Pendekatan Metode Utama	Penulis
Sociological survey	(Vávra et al., 2015)
Weather Research and Forecasting (WRF) model	(A et al., 2015)
Survey of the literature	(Jedwab & Vollrath, 2015)
Environment friendly techniques (EFTs) policies.	(Hălbac-Cotoară-Zamfir et al., 2019)
Benjamini-Hochberg correction	(Kemter et al., 2020)

**Tabel 8.** Metode Penelitian Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Dan Perubahan Klimatologi Terhadap Kondisi Hidrologi

Pendekatan Metode Utama	Penulis
Combining two land use models (Markov chain model and Dyna-CLUE) with a hidrological model (SWAT).	(L. Zhang et al., 2016)

### 3.1.8. Hidrologi (H)

Penelitian yang digolongkan tema kajian hidrologi dalam makalah literature review ini merupakan penelitian-penelitian dengan fokus pada kondisi hidrologi. Beberapa di antaranya membahas tentang pemetaan genangan banjir, pengaturan alokasi air sungai untuk mengembalikan kerusakan biodiversity, atau penelitian yang dilakukan dalam rangka mengestimasi frekuensi dan risiko banjir, serta berbagai penelitian lain. Terdapat 37 jurnal dengan berbagai pendekatan metode utama yang digunakan, selengkapnya dalam Tabel 9.

Informasi dalam Tabel 9 setelah dikelompokkan, sejumlah 37 jurnal yang masuk dalam tema hidrologi. Berbagai model dapat digunakan untuk analisis hidrologi di mana dalam makalah literature review ini

terdapat 34 model, akan tetapi SWAT merupakan model terbanyak yang digunakan oleh sejumlah 3 jurnal.

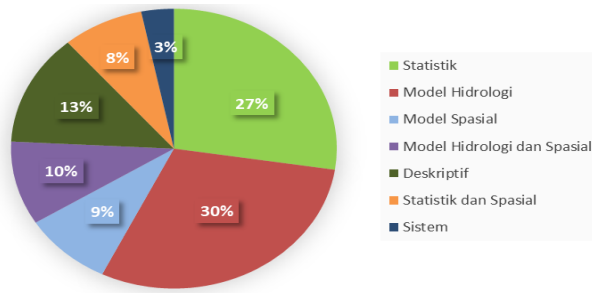
### 3.2. Grafik dan persentase distribusi jurnal berdasarkan metode

Pendekatan metode utama yang gunakan dalam 124 jurnal selanjutnya dikelompokkan lagi menjadi 7 kelompok yakni kelompok metode statistik, kelompok metode hidrologi, kelompok metode model spasial, kelompok metode model hidrologi dan spasial, kelompok metode deskriptif, kelompok metode statistik dan spasial dan kelompok metode sistem. Persentase masing-masing kelompok metode dalam Gambar 6 dengan jumlah jurnal grafiknya disajikan dalam Gambar 7.

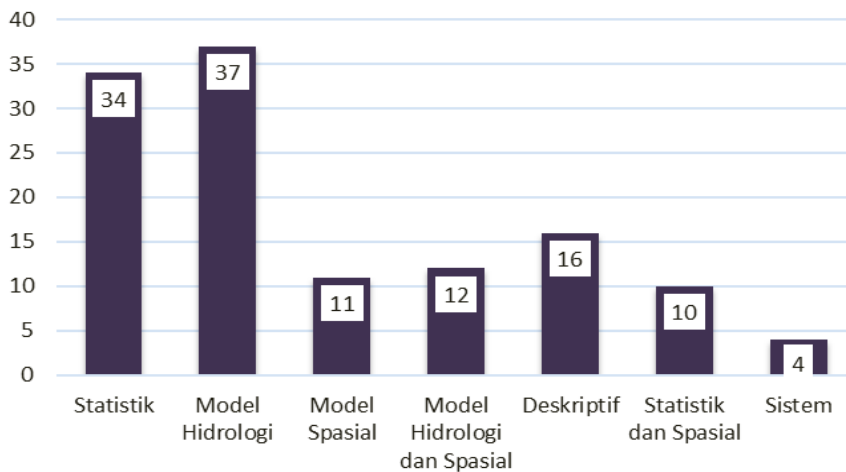
**Tabel 9.** Perbandingan Metode Penelitian Kondisi Hidrologi

Pendekatan Metode Utama	Penulis
Probabilistic model	(Jang et al., 2011)
Socio-hydrology	(Sivapalan et al., 2011)
Functional data analysis	(Chebana et al., 2012)
Ensemble prediction-based reservoir optimization system (EPROS).	(F. Wang et al., 2012)
Monte Carlo-based flood inundation modelling framework	(Kalyanapu et al., 2012)
Index-flood model	(Wazneh et al., 2013)
Regression analysis	(J. H. Ahn & Choi, 2013)
Dynamic model	(Baldassarre et al., 2013)
Simple mathematical computations	(Diakakis, 2014)
Spatial Tools for River basin Environmental Analysis and Management (STREAM) model.	(Kiptala et al., 2014)
Multivariate extreme value model	(Wyncoll & Gouldby, 2015)
Logarithmic Folk and Ward methods	(Niedzielski & Skolasin, 2015)
Systematic data analyses	(Berghuijs et al., 2016)
Poisson regression model	(Slater & Villarini, 2016)
Water balance method	(W. Liu et al., 2016)
LISFLOOD model	(Romero et al., 2016)
Integrated modeling framework, which includes a watershed model (WFLOW), a 3D-hydrodynamic model (DFLOW), a 3D-water quality model(DWAQ) and data assimilation.	(X. Wang et al., 2016)
Flood frequency analysis (FFA)	(Lam et al., 2017)
Generalized Pareto distribution (GPD)	(Z. Zhou et al., 2017)
SWAT	(Molina-Navarro et al., 2017) (Guug et al., 2020) (Mararakanye et al., 2020)
SUPERFLEX hidrological model and the Lisflood-FP hydraulic model	(Hostache et al., 2018)
Weather Research and Forecasting model	(Smith et al., 2018)
Deterministic DEMs	(Hawker et al., 2018)
AutoRegressive exogenous (ARX) model	(Yang et al., 2018)
2-D numerical flood simulations	(Turzewski et al., 2019) (Pohl, 2020)
Fine-resolution flood models	(Sanders et al., 2019)
Hydrograph computation	(Ancy et al., 2019)
Decision tree	(Stein et al., 2020)
Classifications method	(Tarasova et al., 2019)
SWAT-ANN	(Kassem et al., 2020)
GloFAS-ERA5	(Zsoter et al., 2020)
Scan statistics	(Lun et al., 2020)
Numerical weather prediction (NWP) Model	(Speight et al., 2021)
Semi-structured qualitative interviews	(T. Zhou & Penning-Rowell, 2021)





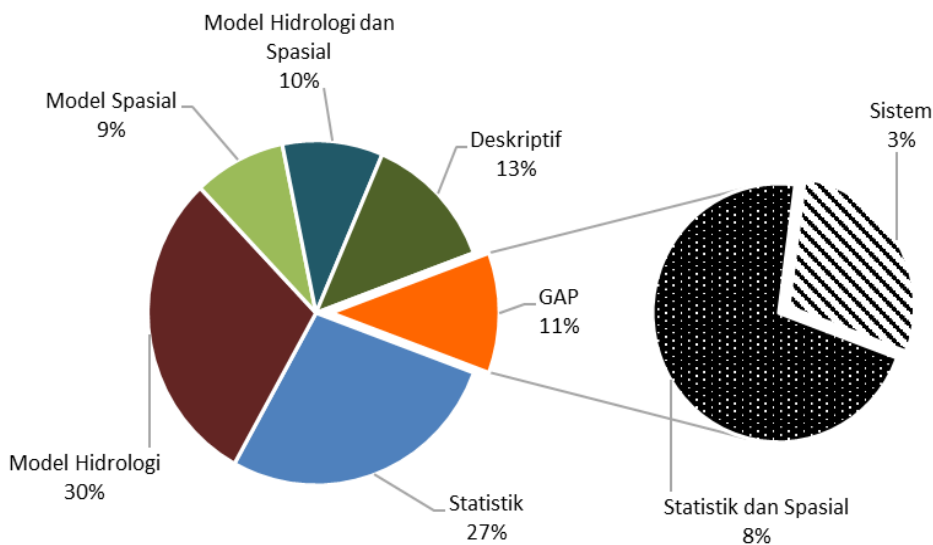
Gambar 6 Diagram Persentase Distribusi Jurnal Berdasarkan Metode



Gambar 7 Grafik Jumlah Jurnal Berdasarkan Metode Yang Digunakan

Berdasarkan informasi dalam Gambar 6 dan Gambar 7, sebanyak 37 metode masuk dalam kelompok model hidrologi dan menjadi pendekatan metode utama terbanyak yang digunakan dengan persentase 30%. Pendekatan statistik sebanyak 34 metode merupakan pendekatan metode terbanyak ke dua

dengan persentase 27% dan metode terbanyak ke tiga sebanyak 13% adalah metode yang dikelompokkan ke dalam metode deskriptif. Berdasarkan penggunaan metode, terdapat celah yang menjadi potensi eksplorasi untuk penelitian masa depan (Gambar 8).



Gambar 8 Kesenjangan Penelitian dan Potensi Eksplorasi Riset Masa Depan

Berdasarkan pendekatan metode utama yang digunakan dalam Gambar 8, hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan penelitian sebesar 11% yang berasal dari penelitian dengan pendekatan metode gabungan statistik dan spasial 8% dan pendekatan metode sistem 3%. Hal ini dapat diartikan bahwa, penelitian terkait banjir dengan menggunakan metode statistik dan spasial beserta dengan model sistem masih sangat terbuka untuk dieksplorasi.

### 3.3. Bahasan Berdasarkan Hasil Penelitian 3.3.1. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap hidrologi (PL-H)

Sumber daya air sangat sensitif terhadap penggunaan lahan (Alexakis et al., 2014). Perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan telah bertanggung jawab mengubah respon hidrologi DAS yang mengarah ke aliran sungai yang berdampak (Getachew & Melesse, 2012) dengan dampak pada limpasan permukaan menjadi yang paling menonjol (Zhang et al., 2020; Gebru et al., 2019).

Penelitian di wilayah bendungan Tekeze menunjukkan bahwa peningkatan lahan kosong dan daerah pertanian mengakibatkan peningkatan aliran sungai tahunan sebesar 6,02% dan dampak pada hasil sedimen meningkat sebesar 17,39% (Welde & Gebremariam, 2017). Perbandingan peta penggunaan lahan tahun 1970-an dengan tahun 2000-an di DAS Nil menunjukkan konversi tutupan vegetasi menjadi lahan pertanian dan rerumputan di wilayah yang luas, telah secara signifikan meningkatkan variabilitas aliran limpasan dan aliran sedimen Sungai Nil selama beberapa dekade terakhir (Gebremicael et al., 2013). Sebaliknya, praktik mengubah setengah dari lahan pertanian menjadi vegetasi abadi dapat memiliki efek besar pada pengurangan banjir di hilir (Keith E. Schilling et al., 2014). Hal ini disebabkan perubahan tutupan vegetasi menghasilkan efek evapotranspirasi (ET) berbeda sebelum dan sesudah perubahan vegetasi di DAS.

Tutupan vegetasi 30% menghasilkan efek negatif pada evapotranspirasi (ET) di atas DAS dan tutupan vegetasi lebih dari 60% mempertahankan hubungan positif dengan ET. Singkatnya, efek vegetasi secara kolaboratif dipengaruhi oleh tutupan vegetasi (Y. Wang et al., 2018). Hal ini didukung dengan temuan Negash et al., (2019) bahwa meningkatnya tutupan vegetasi di dataran tinggi menghambat jumlah kurva limpasan sebesar 9,2% dan meningkatkan kapasitas abstraksi air tanah. Sebaliknya pengisian air tanah menurun sebesar 39 mm disebabkan peningkatan besar lahan budidaya dan pemukiman masing-masing sebesar 15,4 dan 9,9% dengan mengorbankan lahan semak (Haregeweyn et al., 2015).

Hutan yang sehat sangat dibutuhkan untuk memasok energi, bahan bangunan, dan makanan dan untuk menyediakan layanan seperti menyimpan karbon, menampung keanekaragaman hayati, dan

mengatur iklim sehingga sangat bermanfaat bagi manusia (Trumbore et al., 2015). Restorasi hutan dataran banjir sub-tangkapan air lebih dari 10-15% dari total daerah tangkapan air dapat menyebabkan pengurangan besarnya puncak banjir 6% pada 25 tahun pasca-restorasi (Dixon et al., 2016). Sebaliknya berkurangnya luas hutan menyebabkan peningkatan koefisien limpasan, peningkatan rata-rata debit maksimum harian dan penurunan aliran dasar (Budiyanto et al., 2015). Gebremicael et al., (2019) juga menemukan hasil penelitian ketika vegetasi alami mulai pulih arus musim kemarau meningkat sebesar 16%, sementara limpasan permukaan menurun sebesar 19%. Namun ada juga penelitian yang menyebutkan bahwa praktik pengelolaan hutan memiliki dampak yang relatif kecil pada frekuensi banjir (Bates et al., 2015). Pola hutan dan komposisi penggunaan lahan juga sangat mempengaruhi kualitas air (Lei et al., 2021).

Kondisi hidrologi juga sangat dipengaruhi oleh peristiwa kebakaran karena dapat menyebabkan perubahan lahan. Hasil penelitian menunjukkan jumlah rata-rata tahunan peristiwa aliran meningkat secara signifikan dari 4,4 aliran per tahun sebelum kebakaran menjadi 8 aliran per tahun setelah kebakaran (meningkat 180%), aliran dasar kejadian pasca-arus memendek secara signifikan dari 7,2 hari menjadi 1,8 hari (rata-rata), karena penurunan infiltrasi dalam dan imbuhan ke akuifer dangkal di sepanjang saluran yang mengakibatkan penurunan debit mata air. Konsentrasi sedimen tersuspensi pasca-kebakaran meningkat secara signifikan 2-3 kali lipat. Berbagai parameter hidrologi dan sedimentologi skala cekungan yang didokumentasikan pada penelitian ini menunjukkan bahwa dampak utama kebakaran berlanjut 2-3 tahun, setelah itu (4-6 tahun) hampir kembali ke nilai sebelum kebakaran, mungkin karena pemulihan dari tutupan vegetasi (Greenbaum et al., 2021). Tutupan vegetasi yang berubah akibat kegiatan pemanenan kayu juga menyebabkan tingkat kejenuhan rata-rata harian meningkat sebesar 20% setelah penebangan kayu yang mengakibatkan risiko banjir yang lebih tinggi dari kejadian curah hujan yang besar (Zhao et al., 2021). Selain itu, kegiatan pengembalaan akibat ekspansi ternak juga berpengaruh dalam siklus hidrologi (Lewis et al., 2021).

### 3.3.2. Perubahan penggunaan lahan (LULC)

Luas lahan yang ditumbuhi hutan dan pepohonan merupakan indikator penting kondisi lingkungan. Penelitian oleh Keenan et al., (2015) menganalisis hasil dari Penilaian Sumber Daya Hutan Global 2015 menunjukkan bahwa total kawasan hutan menurun sebesar 3%, dari 4128 M ha pada tahun 1990 menjadi 3999 M ha pada tahun 2015. Deforestasi skala besar telah menyebabkan perubahan drastis lanskap di seluruh dunia (Schulz & Schröder, 2017), hutan terfragmentasi (Bortoleto et al., 2016) dengan

penurunan serius keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem, yang menyebabkan dampak pada kemanusiaan mulai dari skala lokal hingga global. Kekeringan, penurunan produktivitas, hilangnya satwa liar dan burung, dan degradasi lahan adalah dampak yang paling banyak dirasakan dari perubahan LULC ini (Ariti et al., 2015). Shiferaw et al., (2019) menemukan empat pendorong terpenting dinamika LULC adalah perubahan iklim, kekeringan yang sering terjadi, spesies invasif, dan hukum tradisional yang lemah. Pada wilayah hutan, perubahan LULC juga diperparah dengan seringnya terjadi kebakaran yang menyebabkan perubahan besar pada seluruh lingkungan dengan menghilangkan vegetasi alami dan penutup serasah dan mengekspos batuan dasar dan tanah lapisan atas, sehingga mempengaruhi sifat tanah, evapotranspirasi, penyimpanan curah hujan, laju infiltrasi, dll (Shtober-Zisu et al., 2015).

Penelitian di Delta Mekong yang meneliti enam interval waktu mulai dari tahun 1973 hingga 2011 mendapatkan bahwa kolam budidaya hampir tidak ada pada tahun 1973 tetapi sangat meningkat dari tahun 1995 hingga 2004, mewakili 20% dari permukaan tanah pada tahun 2011. Secara keseluruhan, dari tahun 1973 hingga 2011, lahan kosong, lahan budidaya, hutan bakau, dan hutan melaleuca berkurang masing-masing 104 km<sup>2</sup>, 77 km<sup>2</sup>, 61 km<sup>2</sup>, dan 5 km<sup>2</sup> dan area terbangun meningkat 120 km<sup>2</sup>. Analisis temporal menyoroti bahwa perubahan ini sebagian besar terjadi antara tahun 1995 dan 2004. Pendorong utama perubahan penggunaan lahan di wilayah delta ini meliputi kebijakan ekonomi serta perubahan demografi, sosial ekonomi, dan lingkungan (Tran et al., 2015). Penelitian Liu et al., (2020) juga menemukan peningkatan aktivitas antropogenik sebab pembangunan ekonomi dan kebijakan pertanahan dalam beberapa dekade terakhir sebagai penyebab terjadinya perubahan luar biasa di Delta Mekong yang merupakan delta terbesar ketiga di dunia.

Lembah Sungai Nil yang merupakan wilayah rawan kekeringan di Ethiopia, sekitar 39% wilayah cekungan mengalami risiko erosi tanah parah sampai sangat parah karena sebab kepadatan penduduk (Haregeweyn et al., 2017). Perubahan penggunaan lahan di wilayah Central Rift Valley di Ethiopia Antara tahun 1973 dan 2014, lahan pertanian diperluas dengan mengorbankan semua jenis tutupan lahan lainnya. Luas yang tertutup hutan, padang rumput dan air telah menurun dari 10,0%, 33,0%, 30,0% dan 16,0% menjadi 4,4%, 18,3%, 17,2% dan 13,4% dari total wilayah studi, sedangkan tutupan lahan untuk pertanian meningkat dari 11,0% menjadi 46,7%. Pertumbuhan penduduk, kekeringan, kerusakan sosial, perubahan pemerintah, dan kebijakan kepemilikan lahan sebagai pendorong utama yang mendasari perubahan ini (Ariti et al., 2015).

Memahami persepsi perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan (LULC) dan strategi adaptasi dari berbagai pemangku kepentingan sangat penting

untuk pengembangan dan implementasi kebijakan LULC yang tepat. Pemangku kepentingan memiliki pemahaman yang komprehensif tentang perubahan LULC di wilayah studi tetapi kapasitas adaptifnya sangat rendah karena kurangnya sumber daya keuangan, kurangnya informasi tentang praktik terbaik dan kurangnya pengetahuan teknis (Ariti et al., 2015). Memulihkan lahan terdegradasi sekarang menjadi prioritas global untuk konservasi, dan para pemimpin dunia bahkan membuat komitmen positif untuk melakukannya sebagai bagian dari Tantangan Bonn. Restorasi Lanskap Hutan, yang berfokus pada peningkatan fungsi ekologis, konservasi keanekaragaman hayati dan mata pencaharian manusia diperkenalkan untuk memenuhi tujuan restorasi ini. Namun, restorasi hanya dapat dilakukan setelah serangkaian evaluasi.

Salah satu evaluasi tersebut adalah kesesuaian lahan untuk restorasi lanskap hutan. Studi kasus di Kabupaten Zigui China dievaluasi dalam hal ketinggian, kemiringan, aspek, kedalaman tanah, jenis tanah, dan status hara tanah, yang semuanya sangat mempengaruhi jenis vegetasi dan pertumbuhan tanaman, menunjukkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi restorasi hutan adalah ketinggian, kemiringan lereng, dan kedalaman tanah (Chen et al., 2021).

### *3.3.3. Pengaruh klimatologi terhadap hidrologi (PK-H)*

Memahami risiko banjir sungai global di masa depan merupakan prasyarat untuk kuantifikasi dampak perubahan iklim dan perencanaan strategi adaptasi yang efektif. Perubahan iklim sejauh ini menjadi pendorong terkuat peningkatan risiko banjir dibandingkan efek pertumbuhan sosial-ekonomi (Winsemius et al., 2015). Terdapat korelasi positif yang jelas antara pemanasan atmosfer dan risiko banjir di masa depan dalam skala global. Pada pemanasan global 4°C, negara-negara yang mewakili lebih dari 70% populasi global dan pendapatan kotor global produk domestik akan menghadapi peningkatan risiko banjir lebih dari 500% (Alfieri et al., 2017).

Risiko banjir akibat pemanasan global di sebagian besar negara di Eropa Tengah dan Barat meningkat secara substansial di semua tingkat pemanasan (Alfieri et al., 2018) dan untuk wilayah China khususnya di wilayah DAS Lancang lebih dari 80% dari total curah hujan terjadi selama musim panas (Shi et al., 2013) sementara untuk wilayah Inggris frekuensi dan tingkat keparahan banjir air permukaan juga sudah tinggi dan diproyeksikan akan meningkat di masa depan. Banjir air permukaan umumnya terjadi karena curah hujan yang intens dan sangat terlokalisasi (Birch et al., 2021) yang menantang untuk diperkirakan untuk mengambil tindakan proaktif menjelang peristiwa banjir.

Pemilihan struktur dan parameterisasi terbaik suatu model untuk melakukan prakiraan tidaklah

mudah karena tergantung pada sejumlah faktor seperti kondisi iklim, karakteristik daerah tangkapan, resolusi temporal dan spasial, tujuan model, dll (Brocca et al., 2011). Menjadi hal yang perlu diperhatikan bahwa pencatatan data dapat memberikan besaran dan durasi banjir yang berbeda (Hurford et al., 2012). Sebagai contoh, hasil evaluasi yang dilakukan pada proyek layanan percontohan Extreme Rainfall Alert (ERA) di Inggris sebagai langkah pertama untuk memberikan peringatan akan banjir air permukaan didasarkan pada data ambang intensitas curah hujan rata-rata badai 1 dalam 30 tahun. Berdasarkan hasil evaluasi data dari alat pengukur curah hujan dan kejadian banjir dianalisis menunjukkan bahwa sebagian besar kejadian banjir air permukaan berhubungan dengan intensitas curah hujan dengan periode ulang kurang dari 1 dalam 10 tahun (Hurford et al., 2012).

Keandalan model curah hujan-limpasan dan metode yang sempurna untuk mengevaluasi banjir desain masih kurang disebabkan kuantitas dan kualitas data banjir yang tersedia sampai sekarang masih terbatas sehingga menggunakan banyak asumsi dalam pembuatan model. Mengatasi hal ini salah satu yang bisa digunakan adalah penggunaan metode FASAP yang dapat menghilangkan asumsi persamaan periode ulang antara curah hujan dan limpasan, yang umumnya dianggap sebagai asumsi yang tidak valid. Selain itu, metode ini tidak memerlukan asumsi apapun untuk kondisi kelembaban sebelumnya dan distribusi temporal dan durasi curah hujan. Namun model Simulated Annual Peak Flows (FASAP) ini hanya dapat digunakan untuk ukuran DAS tertentu (J. Ahn et al., 2014).

Ketika melakukan studi dampak perubahan iklim pentingnya menggunakan representasi yang memadai dari distribusi curah hujan spasial ketika menilai respon dari sistem hidrogeologi karena hasilnya dapat memiliki implikasi yang sangat berbeda ketika dimasukkan ke dalam evaluasi strategi pengelolaan sumber daya air (Sapriza-Azuri et al., 2015). Pengukur curah hujan yang jarang, terdistribusi secara tidak merata dan pengamatan tidak menentu dapat diatasi dengan menggunakan produk curah hujan yang berasal dari satelit sehingga berguna untuk peringatan dini kekeringan dan banjir asalkan akurasinya sudah diketahui. Beberapa produk curah hujan yang berasal dari satelit yakni (TAMSAT African Rainfall Climatology And Time-series (TARCAT) v2.0, Famine Early Warning System NETwork (FEWS NET) Rainfall Estimate (RFE) v2.0, and Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) (Toté et al., 2015).

### 3.3.4. Mitigasi banjir (MB)

Bencana terkait air banjir telah meningkat pesat di seluruh dunia (Wrachien et al., 2011). Eropa telah menderita sejumlah banjir yang parah (Buchecker et al., 2013) dan negara-negara berkembang diproyeksi mengalami peningkatan risiko banjir di tahun-tahun mendatang (Bubeck et al., 2012).

Paradigma dalam menghadapi banjir telah bergeser dari perlindungan banjir ke peningkatan manajemen risiko banjir. Paradigma manajemen risiko banjir di Jepang telah bergeser dari "masyarakat hijau" ke "masyarakat teknologi," berkaitan dengan manusia-teknologi-evolusi banjir (Nakamura & Oki, 2018). Paradigma negara-negara Uni Eropa dalam manajemen banjir, bergerak dari berbasis keselamatan menuju pendekatan berbasis risiko dan perspektif holistik (Karrasch et al., 2021).

Adaptasi yang efektif terhadap peningkatan risiko memerlukan pemahaman mendalam (Jongman et al., 2015). Manajemen risiko banjir mencakup semua komponen rantai pengembangan risiko dari sumber hingga penerima, dan oleh karena itu menekankan tanggung jawab semua aktor dan pemangku kepentingan untuk terlibat dalam manajemen risiko banjir (Cassel & Hinsberger 2017; Alexander et al., 2014; Maskrey et al., 2019) dalam rangka mengatasi multidimensi dan kompleksitas banjir (Nye et al., 2011).

Apalagi ada masalah mendasar dalam tata kelola air berupa 'masalah vertikal-horizontal' integrasi tetapi aturan harus terpecah-pecah dan pengelolaan air sangat digabungkan dengan banyak bidang kebijakan lainnya. Secara bersamaan, pendekatan perencanaan air dan tata ruang berbeda. Pengelolaan air telah memperlakukan pengelolaan air pada dasarnya sebagai masalah teknis: ia mencari 'optimal', bersama dengan sistem aturan untuk mendefinisikan optimal itu. Sebaliknya, penataan ruang memiliki orientasi politik (Green, 2013).

Manajemen risiko banjir yang berhasil mengharuskan pemerintah mengembangkan rencana strategis yang jelas, kuat, dan berwawasan ke depan yang diinformasikan oleh penelitian yang ketat, pengumpulan data administratif, dialog dengan publik, evaluasi dan pembelajaran. Meskipun banyak perhatian diarahkan pada langkah-langkah struktural dalam pengelolaan banjir, langkah-langkah non-struktural dari pendidikan dan peringatan publik serta sistem dukungan sosial sebelum dan sesudah bencana perlu diintegrasikan dalam mengelola risiko banjir (Grabs, 2015). Perhatian lebih juga perlu diberikan pada penegakan pedoman perencanaan kota, pengendalian pembangunan serta partisipasi sosial warga untuk memungkinkan pengelolaan risiko banjir yang efisien dan berhasil. Pertimbangan asuransi banjir sebagai strategi penting untuk manajemen banjir melalui revisi ke atas peringkat risiko banjir dan pemberdayaan sektor asuransi dalam manajemen risiko banjir juga sangat dianjurkan (Adelekan, 2016).

Solusi sementara untuk tindakan darurat dalam mengurangi risiko banjir bergantung pada tiga peristiwa: deteksi, penempatan, dan konstruksi. Kegagalan deteksi dan penempatan, dan keandalan manusia yang mendasarinya memiliki kontribusi tertinggi terhadap kemungkinan kegagalan dalam pertahanan banjir (Lendering et al., 2015).

Kesiapsiagaan sosial juga sangat penting untuk mitigasi kerugian banjir, terutama dalam keadaan di mana kemampuan prakiraan teknis dan peringatan terbatas (Lopez et al., 2016) akan tetapi, mengalami pengalaman banjir ternyata tidak selalu menghasilkan peningkatan kesiapsiagaan semua masyarakat (Barendrecht et al., 2021). Ketahanan masyarakat untuk mengatasi bahaya banjir, muncul dari interaksi proses hidrologis dan sosial (Sung et al., 2018). Masyarakat memiliki harapan dan persepsi yang jelas tentang bagaimana mereka berpikir pembagian tanggung jawab di antara mereka dan para pemangku kepentingan dan bagaimana mereka menginginkannya (Snel et al., 2021).

Pengurangan kerentanan yang signifikan, peningkatan kesadaran risiko, kesiapsiagaan, dan peningkatan manajemen darurat organisasi merupakan bentuk pengurangan kerentanan yang berefek signifikan dalam mengurangi kerusakan banjir (Kreibich et al., 2017). Ketahanan properti dari banjir juga harus masuk dalam pengelolaan risiko banjir. Hasil penelitian Dinh dan McIntosh (2019) menemukan bahwa pendekatan manajemen risiko banjir yang mengandalkan satu ukuran tidak mungkin mencapai banyak tujuan karena setiap ukuran memiliki kekuatan dan kelemahannya sendiri. Menggabungkan beberapa langkah untuk mengembangkan rencana manajemen risiko banjir memberikan pendekatan yang komprehensif dan holistik untuk manajemen risiko banjir yang mencakup perlindungan, pencegahan, kesiapsiagaan, respon, dan pemulihan.

### 3.3.5. Ekonomi (Ek)

Bencana alam termasuk banjir menyebabkan hilangnya nyawa dan harta benda. Saat ini tidak ada mekanisme kompensasi yang efektif untuk menangkal dampak banjir. Di seluruh dunia, dua mekanisme utama untuk mengkompensasi kerugian yang disebabkan oleh banjir adalah alokasi pemerintah dan pasar komersial. Asuransi banjir adalah instrumen komersial paling populer untuk menangani banjir (Ge et al., 2015). Tantangan dalam merancang dan menerapkan skema asuransi banjir menjadi tugas yang saat ini sedang dipertimbangkan di berbagai negara, termasuk beberapa negara berkembang, yang berharap untuk menerapkan asuransi banjir sebagai alat untuk meningkatkan ketahanan iklim (Surminski & Eldridge, 2015). Hanya saja dalam merancang skema asuransi banjir yang tepat tidaklah mudah.

Pembuat model dalam memperkirakan kerugian dari potensi bencana alam khususnya banjir harus memahami bahwa kerugian jenis banjir didorong oleh faktor penyebab yang berbeda. Pemahaman ini merupakan langkah penting menuju pengumpulan data yang ditargetkan dan pengembangan model dan akhirnya akan memperjelas kondisi yang memungkinkan kita untuk mentransfer model

kerugian dalam ruang dan waktu yang sesuai (Mohor et al., 2020). Mengukur kerusakan banjir yang berwujud dan tidak berwujud di mana kerusakan nyata meliputi kerusakan material pada bangunan dan infrastruktur; kerusakan tidak berwujud termasuk kerusakan yang sulit untuk diukur secara tepat, seperti stres dan ketidaknyamanan (Veldhuis, 2011) kerusakan tanaman pertanian termasuk yang harus dipertimbangkan (Shrestha et al., 2015) sehingga proses pemilihan variabel yang dimodelkan harus komprehensif. Selain itu, keakuratan data yang digunakan disaat membangun model hidrologi sangat penting karena akan berdampak pada hasil yang didapatkan. Lokasi yang sama namun terdapat perbedaan nilai debit yang dijadikan input dapat memiliki dampak kerusakan dan kerugian sosial yang dramatis (Pinter et al., 2012).

Namun perlu diingat bahwa asuransi hanyalah salah satu alat di antara banyak alat yang diperlukan untuk strategi holistik dalam manajemen risiko banjir. Asuransi dimaksudkan untuk menutupi kerugian yang tidak terduga, dan tidak mencegah terjadinya banjir. Kompensasi untuk kerugian finansial memang penting, tetapi konsekuensi dari banjir jauh lebih besar, mempengaruhi infrastruktur, mengganggu kehidupan dan mata pencaharian, menyebabkan stres dan masalah kesehatan, dan mengakibatkan apa yang disebut kerugian 'non ekonomi' lainnya. Pengurangan risiko penting untuk semua ini, dengan manfaat dari kebijakan perencanaan yang efektif dan manajemen risiko banjir jauh melampaui kerugian yang diasuransikan (Surminski & Eldridge, 2015). Pemerintah harus melanjutkan dengan solusi legislatif yang sistematis yang akan secara akurat menentukan peran dan instrumen negara, pemerintah daerah dan perusahaan asuransi swasta dalam strategi mengurangi dampak negatif banjir (Solín et al., 2015).

### 3.3.6. Evaluasi (Ev)

Banjir merupakan salah satu bahaya alam yang paling sering terjadi di banyak wilayah di dunia. Vávra et al., (2015) dalam wawancara terhadap masyarakat yang pernah mengalami banjir dan tinggal di wilayah banjir sebagian besar responden percaya bahwa ada hubungan antara banjir saat ini dan kekeringan, dan perubahan iklim. Sebanyak 55% menyebutkan bahwa siklus air lebih mudah berubah (lebih ekstrem baik kekeringan maupun banjir). Hal yang sama juga ditemukan dalam penelitian Kemter et al., (2020) di mana besaran banjir sungai di Eropa telah diamati berubah. Ada korelasi positif antara besaran dan luasan banjir. Selama tahun 1960–2010 luasan banjir meningkat di Eropa tengah dan Kepulauan Inggris. Di Eropa tengah dan Kepulauan Inggris, hubungan antara tren yang meningkat dalam besaran dan luasan disebabkan oleh korelasi dalam curah hujan dan kelembaban tanah bersama dengan pergeseran dalam proses pembangkitan banjir. Hal senada juga

ditemukan oleh (A et al., 2015) yang meneliti bahwa banjir 1927 paling merusak dalam sejarah AS sebagian besar disebabkan oleh serangkaian badai yang melewati cekungan bawah selama Maret dan April. Curah hujan ekstrem Selama April 1927 berpusat di Arkansas, dengan akumulasi bulanan dalam analisis pengukuran hujan dan Simulasi WRF melebihi 500 mm.

Penyelarasan tren dalam besaran dan luasan banjir menyoroti semakin pentingnya manajemen risiko. Strategi pengendalian banjir Republik Ceko yang disetujui oleh pemerintah pada tahun 2000 menyerukan perpaduan antara langkah-langkah teknis dan alami untuk pengendalian banjir. Tindakan teknis terutama terdiri dari bendungan atau tanggul, sedangkan tindakan alami mencakup tindakan seperti penggunaan lahan atau perubahan tutupan lahan (lahan subur yang diubah menjadi padang rumput atau hutan), dan tindakan lain yang akan meningkatkan keterbelakangan dan akumulasi air di dataran banjir. Kebutuhan untuk mendefinisikan daerah genangan dan pengaturan kegiatan manusia (bangunan, bisnis) di daerah ini juga ditekankan. Strategi tersebut juga mengacu pada fakta bahwa setiap warga negara atau perusahaan bertanggung jawab atas perlindungan propertinya sendiri (termasuk biaya perlindungan ini), dan menunjukkan kemungkinan asuransi. Pada tahun 2007, pemerintah menyetujui rencana untuk daerah tangkapan air utama Republik Ceko, yang menekankan pencegahan banjir dan partisipasi dan tanggung jawab real estate, pemilik tanah dan penghuni. Secara finansial untuk periode 2007–2013, jumlah uang untuk tindakan alami (revitalisasi dan perluasan sungai dan sungai, perubahan tutupan lahan, polder dan ruang untuk luapan air, dll.) melebihi jumlah untuk tindakan teknis (Vávra et al., 2015).

Perubahan dalam konsepsi dan strategi terlihat jelas, tetapi realisasinya tidak seideal yang terlihat dalam dokumen. Hasil telaahan Vávra et al., (2015) dari sejumlah literature menunjukkan bahwa, dari jumlah total belanja pemerintah terkait banjir yang dikeluarkan pada tahun 1997-1998, rekonstruksi pasca banjir menghabiskan 97%, dan hanya 3% yang dihabiskan untuk pencegahan banjir. Dalam jangka panjang (1997-2001), rekonstruksi menghabiskan 90% dari semua uang yang dihabiskan. Setelah banjir tahun 2002 (2002– 2003), rekonstruksi pasca banjir menuntut 96% dari semua pengeluaran pemerintah terkait banjir dan pencegahan hanya 4%. Jelas bahwa, segera setelah banjir, lebih banyak uang dihabiskan untuk rekonstruksi, tetapi jumlah kecil yang diinvestasikan dalam pencegahan banjir dalam interval 4 tahun (1997–2001) menunjukkan bahwa rencana dan strategi jangka panjang yang lebih mengutamakan pencegahan dan penggunaan lahan perubahan di dataran banjir dapat dengan mudah dikesampingkan oleh keputusan politik langsung untuk mendukung rekonstruksi properti yang rusak di daerah yang sama. Masalah lain adalah dengan ketidakpatuhan terhadap aturan. Wawancara dengan pemangku kepentingan

terkait dengan pembelajaran setelah banjir tahun 2002 menunjukkan bahwa kotamadya pada umumnya menerapkan manajemen krisis dan merancang area berisiko banjir; namun, pembangunan di area ini masih berlanjut. Pemantauan dan penegakan peraturan perumahan di daerah berisiko banjir tidak ketat, dan kepentingan politik serta ekonomi membuat pelaksanaan peraturan sulit untuk dijalankan. Hal yang sama juga terjadi di Rumania di mana keputusan politik, tindakan sosial-ekonomi telah memengaruhi penerapan kebijakan teknik ramah lingkungan untuk pengelolaan lahan berkelanjutan (Hälbac-Cotoară-Zamfir et al., 2019).

Hal penting yang dapat disimpulkan bahwa kejadian banjir merupakan bencana alam yang banyak terjadi di dunia dengan banyak penyebab diantaranya adalah faktor cuaca ekstrim dan kelembaban tanah. Menghadapi hal ini, membuat semakin pentingnya manajemen risiko banjir. Metode pengendalian banjir dengan cara perpaduan antara langkah-langkah teknis dan alami dengan kombinasi yang seimbang antara manajemen bottom-up dan top-down diperlukan untuk manajemen banjir yang sukses di masa depan. Akan tetapi adanya keputusan politik, dan pertimbangan sosial-ekonomi membuat langkah-langkah pengelolaan banjir yang telah disusun menjadi tidak mudah untuk diimplementasikan.

### 3.3.7. Pengaruh perubahan lahan dan pengaruh klimatologi terhadap hidrologi (PL-PK-H)

Perubahan tata guna lahan dan variabilitas iklim merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi hidrologi DAS, yang sangat terkait dengan ketersediaan sumber daya air dan keberlanjutan ekosistem lokal. Pengaruh perubahan penggunaan lahan lebih dapat diidentifikasi di beberapa sub-DAS, dibandingkan dengan dampak di seluruh DAS. Perubahan iklim cenderung mempengaruhi rezim hidrologi jauh lebih menonjol daripada perubahan penggunaan lahan, yang menyebabkan peningkatan yang signifikan di semua komponen hidrologi. Namun demikian, peran perubahan penggunaan lahan tidak boleh diabaikan, terutama jika iklim menjadi lebih kering di masa depan, karena dalam hal ini dapat memperbesar respon hidrologi (L. Zhang et al., 2016).

### 3.3.8. Hidrologi (H)

Pola tata kelola air dan teknologi yang menarik telah berkembang sepanjang sejarah (Sivapalan et al., 2011). Pemetaan genangan banjir deterministik sangat berharga untuk penyelidikan kedalaman dan luasan banjir yang terperinci (Jang et al., 2011). Pencegahan risiko banjir dan perencanaan serta pengelolaan sumber daya air yang efektif mengharuskan debit sungai diukur dan dianalisis secara terus-menerus di sejumlah stasiun. Informasi yang diberikan oleh hidrograf sangat penting untuk menentukan tingkat

keparahan kejadian ekstrem dan frekuensinya. Hidrograf banjir umumnya dicirikan oleh puncak, volume, dan durasinya (Chebana et al., 2012). Model indeks-banjir adalah salah satu model yang umum digunakan untuk memperkirakan risiko banjir di lokasi di mana sedikit atau tidak ada data hidrologi yang tersedia untuk menganalisis frekuensi banjir regional (Wazneh et al., 2013). Hostache et al., (2018) mengusulkan untuk menggunakan Synthetic Aperture Radar (SAR) sebagai pendekatan untuk meningkatkan prakiraan banjir di lokasi di mana ketersediaan data yang diamati terbatas tetapi ada cakupan satelit. Penggunaan satelit juga dapat digunakan untuk menangkap variabilitas prakiraan cuaca (Mararakanye et al., 2020).

Badai besar dalam waktu singkat sering menyebabkan banjir lokal dan menjadi salah satu bencana alam yang umum di seluruh dunia, peristiwa hidrologi yang tiba-tiba dan dahsyat seperti itu sulit untuk diramalkan. Karena banjir lokal meningkat dengan cepat dengan sedikit atau tanpa peringatan sebelumnya, kunci prakiraan banjir lokal adalah dengan cepat mengidentifikasi kapan dan di mana banjir lokal di atas ambang batas kemungkinan akan terjadi (J. H. Ahn & Choi, 2013). Analisis kejadian banjir yang dihubungkan dengan musim dilakukan oleh Diakakis (2014) menunjukkan bahwa banjir di Yunani menunjukkan musim yang kuat karena 46,6% dari total kejadian terjadi selama musim gugur dan sebagian besar selama November (20,6%). Perbandingan dengan temuan di Spanyol, Italia, dan Siprus menunjukkan bahwa banjir musim panas jauh lebih sering terjadi di bagian utara negara-negara ini. Sebaliknya, banjir musim dingin menyajikan persentase yang lebih tinggi di selatan. Sistem badai petir di musim panas dan siklon tropis adalah penyebab utama banjir di Charlotte (Z. Zhou et al., 2017). Kemudian Niedzielski dan Skolasin (2015) melakukan penelitian terkait kandungan logam dari fraksi sedimen pelindian asam menemukan bahwa kandungan logam lebih rendah dalam endapan sedimen selama kejadian banjir musim dingin dan lebih tinggi pada peristiwa banjir musim panas.

Banjir diproyeksikan menjadi lebih sering karena suhu pemanasan memperkuat kapasitas menahan air atmosfer dan meningkatkan terjadinya peristiwa curah hujan ekstrim (Slater & Villarini, 2016). Mengklasifikasikan kejadian banjir berdasarkan proses penyebabnya dapat membantu dalam meningkatkan akurasi perkiraan frekuensi banjir lokal dan regional dan mendukung deteksi dan interpretasi setiap perubahan dalam kejadian dan besaran banjir (Tarasova et al., 2019). Menurut evaluasi, kelebihan curah hujan sebagai proses dominan yang paling umum. Namun, proses dominan tidak terlalu informatif di sebagian besar tangkapan air, ini sangat relevan untuk perkiraan banjir ekstrem yang menyimpang dari pola generasi banjir yang biasa, terutama di Inggris,

Prancis Utara, Amerika Serikat Bagian Tenggara, dan India (Stein et al., 2020).

Pada sebagian besar daerah tangkapan air, kelebihan curah hujan yang bergantung pada kelembaban tanah, pencairan salju, dan kejadian hujan di atas salju ditemukan sebagai prediktor dari prediksi respon banjir (Berghuijs et al., 2016). Tim peneliti Lam et al., (2017) meningkatkan analisis frekuensi banjir menggunakan kombinasi pengukur aliran, sejarah, dan catatan paleo-banjir untuk memperluas catatan banjir ekstrim dan kombinasi ini terbukti berguna.

Berbeda dengan Lam et al., (2017), Smith et al., (2018) melakukan analisis hidrometeorologis dari badai yang menghasilkan banjir paling ekstrem dengan memeriksa lebih dari 8000 stasiun pengukur aliran U.S. Geological Survey (USGS) dengan hasil medan pegunungan dan curah hujan konvektif yang intens merupakan elemen penting dari kejadian banjir ekstrim. Menurut Yang et al., (2018) perubahan iklim dan intensifikasi aktivitas manusia telah mempengaruhi mekanisme pembangkitan banjir mengakibatkan deret waktu banjir yang tidak stasioner. Turzewski et al., (2019) menemukan bahwa ledakan banjir bentang alam pegunungan melintasi topografi yang kompleks dan berinteraksi dengan saluran dan dinding lembah, menghasilkan intensitas aliran banjir hidraulik yang mendorong perubahan geomorfik dan berdampak pada manusia dan infrastruktur. Mendukung hal ini, peneliti Ancey et al., (2019) menemukan bahwa bendungan alami dan buatan manusia setiap tahun ada yang gagal dan menyebabkan banjir. Oleh sebab itu desain struktur dan instalasi yang aman merupakan masalah penting dalam teknik hidrolis (Pohl, 2020).

Membuat informasi tentang bahaya banjir yang berguna dalam berbagai keputusan untuk menentukan konsekuensi dari banjir menimbulkan banyak tantangan. Temuan Sanders et al., (2019) untuk meningkatkan persepsi penduduk dan kesadaran akan banjir lebih efektif dengan peta kontur kedalaman resolusi halus daripada dengan peta klasifikasi bahaya banjir. Melihat peta kontur kedalaman resolusi halus membantu meminimalkan perbedaan persepsi banjir di seluruh subkelompok dalam komunitas dan menghasilkan pemahaman bersama. Hawker et al., (2018) menyimpulkan bahwa menggunakan ansambel MERIT DEM yang disimulasikan menggunakan semivariogram berdasarkan kelas tutupan lahan memberikan perkiraan genangan banjir yang lebih baik. Lun et al., (2020) mengusulkan metode Scan statistics untuk mengidentifikasi karakteristik statistik dari debit banjir. Metode ini diterapkan pada 2.201 seri banjir yang diamati di Eropa antara tahun 1960 dan 2010 dengan hasil bahwa periode kaya dan miskin banjir (anomali) terjadi dalam data, karena jumlah periode sekitar 2 hingga 3 kali lebih besar daripada yang diperkirakan. Di bagian barat laut Eropa, jumlah periode kaya banjir cenderung meningkat dari waktu

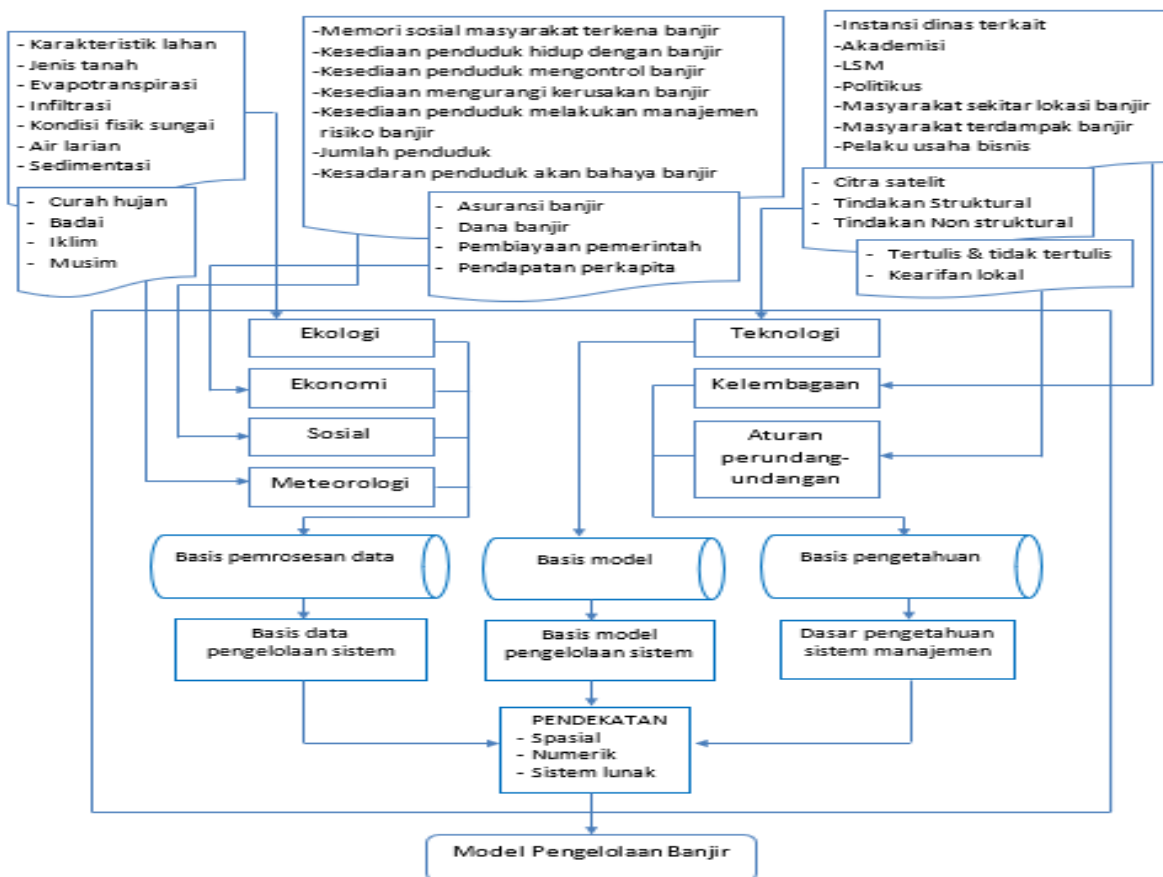
ke waktu, sedangkan di bagian timur dan selatan Eropa terjadi sebaliknya.

Air merupakan sumber daya penting yang dibutuhkan dalam setiap aspek kehidupan. Ada kebutuhan untuk mensimulasikan dan mengukur ketersediaan air menggunakan model hidrologi dengan data yang dapat diandalkan. Untuk alasan ini, penelitian ini berhasil mengkalibrasi dan memvalidasi keseimbangan air tangkapan Sherigu menggunakan model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Guug et al., 2020). Menggunakan model SWAT-ANN hibrida ditemukan lebih efisien daripada model SWAT dalam meramalkan aliran sungai harian cekungan (Kassem et al., 2020). Model risiko banjir modern memperhitungkan kemungkinan kejadian pemuatan hidraulik yang ekstrem dan juga mencakup representasi probabilistik dari kinerja infrastruktur pertahanan banjir dan keandalannya yang terkait. Variabilitas spasial dan temporal dari kejadian banjir membuat representasi probabilistik dari kondisi pembebanan hidrolis pada kompleks pertahanan banjir. Penelitian terbaru menunjukkan manfaat penggunaan metode nilai ekstrim multivariat yang ditingkatkan untuk menentukan kondisi pembebanan hidrolis untuk model analisis risiko banjir (Wyncoll & Gouldby, 2015).

Terdapat tantangan bagi pemodel hidrologi banjir. Tidak seperti banjir sungai dan pantai di mana metode peramalan telah ditetapkan dengan baik, peramalan banjir air permukaan (atau pluvial) banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sebelum masuk sungai atau sistem drainase, menghadirkan tantangan unik karena ketidakpastian yang tinggi dalam memprediksi lokasi, waktu, dan dampak dari peristiwa yang biasanya terlokalisasi (Speight et al., 2021). Dalam rangka mengurangi dampak banjir pluvial perkotaan yang luas salah satu cara yang dapat dilakukan adalah merancang 'Kota Spons' seperti yang telah dilakukan di Cina (T. Zhou & Penning-Rowell, 2021).

### 3.4. Kerangka kerja pengelolaan banjir

Berdasarkan hasil analisis terhadap pendekatan metode utama serta pembahasan hasil penelitian terkait dengan banjir dalam 124 jurnal yang direview dalam makalah ini, ditemukan masih terdapat celah penelitian. Berdasarkan hal tersebut, kami mensintesis dan menambahkan sehingga menjadi kerangka kerja untuk pengelolaan banjir yang komprehensif (Gambar 9).



Gambar 9 Kerangka Kerja Pengelolaan Banjir



Kerangka kerja model pengelolaan banjir dalam Gambar 9 secara garis besar terdapat 3 komponen utama yakni basis pemrosesan data, basis model dan basis pengetahuan. Basis pemrosesan data berasal dari aspek ekologi, ekonomi, sosial dan aspek meteorologi. Masing-masing aspek terdiri dari berbagai input yang harus terukur dengan valid untuk menghasilkan data yang akurat. Basis model memanfaatkan teknologi sebagai input, serta basis pengetahuan berasal dari aspek kelembagaan dalam hal ini keterlibatan seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam permasalahan banjir serta peraturan perundang-undangan yang berlaku. Mengingat kompleksnya permasalahan banjir, pendekatan spasial, numerik dan sistem lunak sangat penting digunakan sebagai pendekatan metode sehingga menghasilkan model pengelolaan banjir yang tepat sesuai dengan faktor penyebab dan karakteristik wilayah masing-masing.

#### 4. Kesimpulan

Analisis berdasarkan pendekatan metode utama yang digunakan dari 124 jurnal mendapatkan hasil bahwa, mengembangkan pendekatan metode statistik, spasial dan sistem masih sangat berpeluang karena terdapat kesenjangan penelitian sebesar 11%. Berdasarkan hal ini, kerangka kerja dengan menggunakan pendekatan model spasial, numerik dan sistem lunak, disusun sebagai rekomendasi dalam melakukan pengelolaan banjir.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A, J., Smith, & Baeck, M. L. (2015). "Prophetic vision, vivid imagination": The 1927 Mississippi River flood. *Journal of the American Water Resources Association*, 51, 9964–9994. <https://doi.org/10.1002/2015WR017927>
- Adelekan, I. O. (2016). Flood risk management in the coastal city of Lagos, Nigeria. *Journal of Flood Risk Management*, 9(3), 255–264. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12179>
- Ahn, J., Cho, W., Kim, T., Shin, H., & Heo, J. H. (2014). Flood frequency analysis for the annual peak flows simulated by an event-based rainfall-runoff model in an urban drainage basin. *Water*, 6, 3841–3863. <https://doi.org/10.3390/w6123841>
- Ahn, J. H., & Choi, H. Il. (2013). A New Flood Index For Use In Evaluation Of Local Flood Severity: A Case Study Of Small Ungauged Catchments In Korea 1. *Journal of the American Water Resources Association*, 49(1), 1–14.
- Alexakis, D. D., Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Tsanis, I. K., Michaelides, S., Pashiardis, S., Demetriou, C., Aristeidou, K., Retalis, A., Tymvios, F., & Hadjimitsis, D. G. (2014). GIS and remote sensing techniques for the assessment of land use change impact on flood hydrology: The case study of Yialias basin in Cyprus. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 413–426. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-413-2014>
- Alexander, M., Viavattene, C., Faulkner, H., Priest, S., Alexander, M., & Hazard, F. (2014). Translating the complexities of flood risk science using KEEPER – a knowledge exchange exploratory tool for professionals in emergency response. *Flood Risk Management*, 7, 205–216. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12042>
- Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., & Feyen, L. (2017). Global projections of river flood risk in a warmer world. *Earth's Future*, 5(2), 171–182. <https://doi.org/10.1111/eft2.183>
- Alfieri, L., Dottori, F., Betts, R., Salamon, P., & Feyen, L. (2018). Multi-Model Projections of River Flood Risk in Europe under Global Warming. *Climate*, 6(16), 1–19. <https://doi.org/10.3390/cli6010016>
- Ali, M. H., Bhattacharya, B., Islam, A. K. M. S., Islam, G. M. T., Hossain, M. S., & Khan, A. S. (2018). Challenges for flood risk management in flood-prone Sirajganj region of Bangladesh. *Flood Risk Management*, April, 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12450>
- Ancey, C., Bardou, E., Funk, M., Huss, M., Werder, M. A., & Trehwela, T. (2019). Hydraulic Reconstruction of the 1818 Giétro Glacial Lake Outburst Flood. *Water Resources Research*, 55, 8840–8863. <https://doi.org/10.1029/2019WR025274>
- Antolini, F., Tate, E., Dalzell, B., Young, N., Johnson, K., & Hawthorne, P. L. (2020). Flood Risk Reduction from Agricultural Best Management Practices. *Journal of the American Water Resources Association*, 56(1), 161–179. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12812>
- Ariti, A. T., van Vliet, J., & Verburg, P. H. (2015). Land-use and land-cover changes in the Central Rift Valley of Ethiopia: Assessment of perception and adaptation of stakeholders. *Applied Geography*, 65, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.10.002>
- Baldassarre, G. Di, Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Salinas, J. L., & Blöschl, G. (2013). Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(8), 3295–3303. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013>
- Barendrecht, M. H., McCarthy, S., & Viglione, A. (2021). A comparative analysis of the relationship between flood experience and private flood mitigation behaviour in the regions of England. *Journal of Flood Risk Management*, 14, 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12700>
- Bates, N. S., Smith, J. A., & Villarini, G. (2015). Flood response for the watersheds of the Fernow Experimental Forest in the central Appalachians. *Water Resources Research*, 51, 4431–4453. <https://doi.org/10.1002/2014WR015871>
- Belihu, M., Tekleab, S., Abate, B., & Bewket, W. (2020). Hydrologic response to land use land cover change in the Upper Gidabo Watershed, Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *HydroResearch*, 3, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.07.001>
- Berghuijs, W. R., Woods, R. A., Hutton, C. J., & Sivapalan, M. (2016). Dominant flood generating mechanisms across the United States. *Geophysical Research Letters*, 43(8), 4382–4390. <https://doi.org/10.1002/2016GL068070>
- Birch, C. E., Rabb, B. L., Böing, S. J., Shelton, K. L., Lamb, R., Hunter, N., Trigg, M. A., Hines, A., Taylor, A. L., Pilling, C., & Dale, M. (2021). Enhanced surface water flood forecasts: User-led development and testing. *Journal of Flood Risk Management*, 14(2), 1–15. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12691>

- Bokhove, O., Kelmanson, M. A., Kent, T., Piton, G., & Tacnet, J. M. (2019). Communicating (nature-based) flood-mitigation schemes using flood-excess volume. *River Research and Applications*, 35, 1402–1414. <https://doi.org/10.1002/rra.3507>
- Bortoleto, L. A., Figueira, C. J. M., Dunning, J. B., Rodgers, J., & Da Silva, A. M. (2016). Suitability index for restoration in landscapes: An alternative proposal for restoration projects. *Ecological Indicators*, 60, 724–735. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.002>
- Brocca, L., Melone, F., & Moramarco, T. (2011). Distributed rainfall-runoff modelling for flood frequency estimation and flood forecasting. *Hydrological Processes*, 25(18), 2801–2813. <https://doi.org/10.1002/hyp.8042>
- Bubeck, P., Botzen, W. J. W., Suu, L. T. T., & Aerts, J. C. J. H. (2012). Do flood risk perceptions provide useful insights for flood risk management? Findings from central Vietnam. *Journal of Flood Risk Management*, 5(4), 295–302. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2012.01151.x>
- Buchecker, M., Salvini, G., Baldassarre, G. Di, Semenzin, E., Maidl, E., & Marcomini, A. (2013). The role of risk perception in making flood risk management more effective. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 3013–3030. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3013-2013>
- Budiyanto, S., Tarigan, S. D., Sinukaban, N., & Murti Laksono, K. (2015). The Impact of Land Use on Hydrological Characteristics in Kaligarang Watershed. *International Journal of Science and Engineering*, 8(2), 125–130. <https://doi.org/10.12777/ijse.8.2.125-130>
- Cassel, M. A., & Hinsberger, M. (2017). Flood partnerships: a participatory approach to develop and implement the Flood Risk Management Plans. *Journal of Flood Risk Management*, 10(2), 164–172. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12086>
- Chebana, F., Dabo-niang, S., & Ouarda, T. B. M. J. (2012). Exploratory functional flood frequency analysis and outlier detection. *Water Resources Research*, 48, W04514. <https://doi.org/10.1029/2011WR011040>
- Chen, M., Zeng, L., Huang, Z., Lei, L., Shen, Y., & Xiao, W. (2021). Evaluating suitability of land for forest landscape restoration : A case study of Three Gorges Reservoir , China. *Ecological Indicators*, 127, 107765. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107765>
- Diakakis, M. (2014). Flood seasonality in Greece and its comparison to seasonal distribution of flooding in selected areas across southern Europe. *Journal of Flood Risk Management*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12139>
- Dinh, G. N., & McIntosh, B. S. (2019). An application of Integrated Water Resource Management principles to flood risk mitigation in Mossman, North Queensland, Australia. *World Water Policy*, 5, 138–160. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12011>
- Dixon, S. J., Sear, D. A., Odoni, N. A., Sykes, T., & Lane, S. N. (2016). The effects of river restoration on catchment scale flood risk and flood hydrology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(7), 997–1008. <https://doi.org/10.1002/esp.3919>
- Dottori, F., Martina, M. L. V., & Figueiredo, R. (2018). A methodology for flood susceptibility and vulnerability analysis in complex flood scenarios. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S632–S645. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12234>
- Duží, B., Vikhrov, D., Kelman, I., Stojanov, R., & Jurčić, D. (2017). Household measures for river flood risk reduction in the Czech Republic. *Flood Risk Management*, 10, 253–266. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12132>
- Ge, Y., Li, X., Li, B., & Xing, H. (2015). Property loss compensation mechanism of flood risk in China. *Journal of Flood Risk Management*, 10, 474–486. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12160>
- Gebremicael, T. G., Mohamed, Y. A., Betrie, G. D., van der Zaag, P., & Teferi, E. (2013). Trend analysis of runoff and sediment fluxes in the Upper Blue Nile basin: A combined analysis of statistical tests, physically-based models and landuse maps. *Journal of Hydrology*, 482, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.023>
- Gebremicael, T. G., Mohamed, Y. A., & Zaag, P. Van Der. (2019). Attributing the hydrological impact of different land use types and their long-term dynamics through combining parsimonious hydrological modelling , alteration analysis and PLSR analysis. *Science of the Total Environment*, 660, 1155–1167. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.085>
- Geburu, B. M., Lee, W. K., Khamzina, A., Lee, S. gee, & Negash, E. (2019). Hydrological response of dry afro montane forest to changes in land use and land cover in northern Ethiopia. *Remote Sensing*, 11(16), 1905. <https://doi.org/10.3390/rs11161905>
- Getachew, H. E., & Melesse, A. M. (2012). The Impact of Land Use Change on the Hydrology of the Angereb Watershed, Ethiopia. *International Journal of Water Sciences*, 1(4), 1–7. <https://doi.org/10.5772/56266>
- Grabs, W. (2015). Benchmarking flood risk reduction in the Elbe River. *Journal of Flood Risk Management*, 9(4), 335–342. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12217>
- Green, C. (2013). Competent authorities for the flood risk management plan – reflections on flood and spatial planning in England. *Flood Risk Management*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12097>
- Greenbaum, N., Wittenberg, L., Malkinson, D., & Inbar, M. (2021). Hydrological and sedimentological changes following the 2010-forest fire in the Nahal Oren Basin, Mt. Carmel Israel—a comparison to pre-fire natural rates. *Catena*, 196(August 2020), 104891. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104891>
- Gusyev, M., Gädeke, A., Cullmann, J., Magome, J., Sugiura, A., Sawano, H., & Takeuchi, K. (2016). Connecting global- and local-scale flood risk assessment: a case study of the Rhine River basin flood hazard. *Journal of Flood Risk Management*, 9(4), 343–354. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12243>
- Guug, S. S., Abdul-ganiyu, S., & Kasei, R. A. (2020). HydroResearch Application of SWAT hydrological model for assessing water availability at the Sherigu catchment of Ghana and Southern Burkina Faso. *HydroResearch*, 3, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.10.002>
- Hălbac-Cotoară-Zamfir, R., Keesstra, S., & Kalantari, Z. (2019). The impact of political, socio-economic and cultural factors on implementing environment friendly techniques for sustainable land management and climate change mitigation in Romania. *Science of the Total Environment*, 654, 418–429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.160>
- Haregeweyn, N., Tesfaye, S., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Meshesha, D. T., Adgo, E., & Elias, A. (2015). Dynamics of land use and land cover and its effects on hydrologic

- responses: case study of the Gilgel Tekeze catchment in the highlands of Northern Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4090. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4090-1>
- Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Poesen, J., Tsubo, M., Meshesha, D. T., Fenta, A. A., Nyssen, J., & Adgo, E. (2017). Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River. *Science of the Total Environment*, 574, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.019>
- Hawker, L., Rougier, J., Archer, L., Yamazaki, D., Neal, J., & Bates, P. (2018). Implications of Simulating Global Digital Elevation Models for Flood Inundation Studies. *Water Resources Research*, 54, 7910–7928. <https://doi.org/10.1029/2018WR023279>
- Hostache, R., Chini, M., Giustarini, L., Neal, J., Kavetski, D., Wood, M., Corato, G., Pelich, R. M., & Matgen, P. (2018). Near-Real-Time Assimilation of SAR-Derived Flood Maps for Improving Flood Forecasts. *Water Resources Research*, 54(8), 5516–5535. <https://doi.org/10.1029/2017WR022205>
- Hurford, A. P., Parker, D. J., Priest, S. J., & Lumbroso, D. M. (2012). Validating the return period of rainfall thresholds used for Extreme Rainfall Alerts by linking rainfall intensities with observed surface water flood events. *Flood Risk Management*, 5, 134–142. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2012.01133.x>
- Jang, J. H., Yu, P. S., Yeh, S. H., Fu, J. C., & Huang, C. J. (2011). A probabilistic model for real-time flood warning based on deterministic flood inundation mapping. *Hydrological Processes*, 26, 1079–1089. <https://doi.org/10.1002/hyp.8220>
- Jedwab, R., & Vollrath, D. (2015). Urbanization without growth in historical perspective. *Explorations in Economic History*, 58, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.eeh.2015.09.002>
- Jongman, B., Winsemius, H. C., Aerts, J. C. J. H., Coughlan De Perez, E., Van Aalst, M. K., Kron, W., & Ward, P. J. (2015). Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(18), E2271–E2280. <https://doi.org/10.1073/pnas.1414439112>
- Kalyanapu, A. J., Judi, D. R., Mcpherson, T. N., & Burian, S. J. (2012). Monte Carlo-based flood modelling framework for estimating probability weighted flood risk. *Journal of Flood Risk Management*, 5, 37–48. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2011.01123.x>
- Karrasch, L., Restemeyer, B., & Klenke, T. (2021). The 'Flood Resilience Rose': A management tool to promote transformation towards flood resilience. *Journal of Flood Risk Management*, 14, 1–16. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12726>
- Kassem, A. A., Raheem, A. M., Khidir, K. M., & Alkattan, M. (2020). Predicting of daily Khazir basin flow using SWAT and hybrid SWAT-ANN models. *Ain Shams Engineering Journal*, 11, 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.10.011>
- Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- Keith E. Schilling, Gassman, P. W., Kling, C. L., Campbell, T., Jha, M. K., Wolter, C. F., & Arnold, J. G. (2014). The potential for agricultural land use change to reduce flood risk in a large watershed. *Hydrological Processes*, 28(8), 3314–3325. <https://doi.org/10.1002/hyp.9865>
- Kemter, M., Merz, B., Marwan, N., Vorogushyn, S., & Blöschl, G. (2020). Joint Trends in Flood Magnitudes and Spatial Extents Across Europe. *Geophysical Research Letters*, 46, 1–8. <https://doi.org/10.1029/2020GL087464>
- Kiptala, J. K., Mul, M. L., Mohamed, Y. A., & Van Der Zaag, P. (2014). Modelling stream flow and quantifying blue water using a modified STREAM model for a heterogeneous, highly utilized and data-scarce river basin in Africa. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(6), 2287–2303. <https://doi.org/10.5194/hess-18-2287-2014>
- Kreibich, H., Di Baldassarre, G., Vorogushyn, S., Aerts, J. C. J. H., Apel, H., Aronica, G. T., Arnbjerg-Nielsen, K., Bouwer, L. M., Bubeck, P., Caloiero, T., Chinh, D. T., Cortès, M., Gain, A. K., Giampá, V., Kuhlicke, C., Kundzewicz, Z. W., Llasat, M. C., Mård, J., Matczak, P., Merz, B. (2017). Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. *Earth's Future*, 5, 953–965. <https://doi.org/10.1002/2017EF00606>
- Lam, D., Thompson, C., Croke, J., Sharma, A., & Macklin, M. (2017). Reducing uncertainty with flood frequency analysis: The contribution of paleoflood and historical flood information. *Water Resources Research*, 53, 2312–2327. <https://doi.org/10.1002/2016WR019959>
- Lei, C., Wagner, P. D., & Fohrer, N. (2021). Effects of land cover, topography, and soil on stream water quality at multiple spatial and seasonal scales in a German lowland catchment. *Ecological Indicators*, 120, 106940. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106940>
- Leinenkugel, P., Kuenzer, C., Oppelt, N., & Dech, S. (2013). Characterisation of land surface phenology and land cover based on moderate resolution satellite data in cloud prone areas - A novel product for the Mekong Basin. *Remote Sensing of Environment*, 136, 180–198. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.05.004>
- Lendering, K. T., Jonkman, S. N., & Kok, M. (2015). Effectiveness of emergency measures for flood prevention. *Journal of Flood Risk Management*, 9, 320–334. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12185>
- Lewis, S. E., Bartley, R., Wilkinson, S. N., Bainbridge, Z. T., Henderson, A. E., James, C. S., Irvine, S. A., & Brodie, J. E. (2021). Land use change in the river basins of the Great Barrier Reef, 1860 to 2019: A foundation for understanding environmental history across the catchment to reef continuum. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112193. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112193>
- Liu, S., Li, X., Chen, D., Duan, Y., Ji, H., Zhang, L., Chai, Q., & Hu, X. (2020). Understanding Land use/Land cover dynamics and impacts of human activities in the Mekong Delta over the last 40 years. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00991. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00991>
- Liu, W., Wang, L., Zhou, J., Li, Y., Sun, F., Fu, G., Li, X., & Sang, Y. F. (2016). A worldwide evaluation of basin-scale evapotranspiration estimates against the water balance method. *Journal of Hydrology*, 538, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.006>
- Lopez, M. G., Baldassarre, G. Di, & Seibert, J. (2016). Impact of social preparedness on flood early warning systems. *Water Resources Research*, 522–534.

- <https://doi.org/10.1002/2016WR019387>. Received
- Lun, D., Fischer, S., Viglione, A., & Blöschl, G. (2020). Detecting Flood - Rich and Flood - Poor Periods in Annual Peak Discharges Across Europe. *Water Resources Research*, 56, 1–22. <https://doi.org/10.1029/2019WR026575>
- Mararakanye, N., Le Roux, J. J., & Franke, A. C. (2020). Using satellite-based weather data as input to SWAT in a data poor catchment. *Physics and Chemistry of the Earth*, 117(April 2019), 102871. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102871>
- Maskrey, S. A., Priest, S., & Mount, N. J. (2019). Towards evaluation criteria in participatory flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, 12, 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12462>
- McEwen, L., Garde-Hansen, J., Holmes, A., Jones, O., & Krause, F. (2017). Sustainable flood memories, lay knowledges and the development of community resilience to future flood risk. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 42, 14–28. <https://doi.org/10.1111/tran.12149>
- Mohor, G. S., Hudson, P., & Thieken, A. H. (2020). A Comparison of Factors Driving Flood Losses in Households Affected by Different Flood Types. *Water Resources Research*, 54, 1–20. <https://doi.org/10.1029/2019WR025943>
- Molina-Navarro, E., Andersen, H. E., Nielsen, A., Thodsen, H., & Trolle, D. (2017). The impact of the objective function in multi-site and multi-variable calibration of the SWAT model. *Environmental Modelling and Software*, 93, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.018>
- Nakamura, S., & Oki, T. (2018). Paradigm Shifts on Flood Risk Management in Japan: Detecting Triggers of Design Flood Revisions in the Modern Era. *Water Resources Research*, 54, 5504–5515. <https://doi.org/10.1029/2017WR022509>
- Negash, E., Gebresamuel, G., Embaye, T. A., & Zenebe, A. (2019). The Effect Of Climate And Land-Cover Changes On Runoff Response In Guguf Spate Systems, Northern Ethiopia. *Irrigation And Drainage*. <https://doi.org/10.1002/ird.2326>
- Niedzielski, P., & Skolasin, K. (2015). Environmental impact of flooding: studies of 'self-cleaning' of river ecosystem during consecutive flood events. *Journal of Flood Risk Management*, 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12209>
- Nye, M., Tapsell, S., & Ross, C. T. (2011). New social directions in UK flood risk management: Moving towards flood risk citizenship? *Journal of Flood Risk Management*, 4(4), 288–297. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2011.01114.x>
- Penning-Rowsell, E. C. (2015). A realistic assessment of fluvial and coastal flood risk in England and Wales. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 40, 44–61. <https://doi.org/10.1111/tran.12053>
- Pinter, N., Dierauer, J., & Remo, J. W. F. (2012). Flood-loss modelling for assessing impacts of flood-frequency adjustment, Middle Mississippi River, USA. *Hydrological Processes*, 26, 2997–3002. <https://doi.org/10.1002/hyp.9321>
- Pohl, R. (2020). Quantifying resilience in hydraulic engineering: Floods , flood records , and resilience in urban areas. *WIREs WATER*, 7, 1–13. <https://doi.org/10.1002/wat2.1431>
- Rodríguez, S. O., Wang, L. P., Thraves, L., Onof, C., & Johnston, A. (2018). Surface water flood warnings in England: overview, assessment and recommendations based on survey responses and workshops. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S211–S221. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12195>
- Romero, B. R., Wanders, N., Burek, P., Salamon, P., & Roo, A. de. (2016). Integrating remotely sensed surface water extent into continental scale hydrology. *Journal of Hydrology*, 543, 659–670. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.10.041>
- Samimi, M., Mirchi, A., Moriasi, D., Ahn, S., Alian, S., Taghvaeian, S., & Sheng, Z. (2020). Modeling arid/semi-arid irrigated agricultural watersheds with SWAT: Applications, challenges, and solution strategies. *Journal of Hydrology*, 590, 125418. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125418>
- Sanders, B. F., Schubert, J. E., Goodrich, K. A., & Houston, D. (2019). Collaborative Modeling With Fine - Resolution Data Enhances Flood Awareness , Minimizes Differences in Flood Perception , and Produces Actionable Flood Maps Earth 's Future. *Earth's Future*, 7, 1–23. <https://doi.org/10.1029/2019EF001391>
- Santos, P. P., & Reis, E. (2018). Assessment of stream flood susceptibility: a cross-analysis between model results and flood losses. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S1038–S1050. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12290>
- Sapriza-Azuri, G., Jodar, J., Navarro, V., Slooten, L. J., Carrera, J., & Gupta, H. V. (2015). Impacts of rainfall spatial variability on hydrogeological response. *Water Resources Research*, 51. <https://doi.org/10.1002/2014WR016168>
- Schulz, J. J., & Schröder, B. (2017). Identifying suitable multifunctional restoration areas for Forest Landscape Restoration in Central Chile. *Ecosphere*, 8(1), e01644. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1644>
- Shi, W., Yu, X., Liao, W., Wang, Y., & Jia, B. (2013). Spatial and temporal variability of daily precipitation concentration in the Lancang River basin, China. *Journal of Hydrology*, 495, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.002>
- Shiferaw, H., Bewket, W., Alamirew, T., Zeleke, G., Teketay, D., Bekele, K., Schaffner, U., & Eckert, S. (2019). Implications of land use/land cover dynamics and Prosopis invasion on ecosystem service values in Afar Region, Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 675, 354–366. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.220>
- Shrestha, B. B., Okazumi, T., Miyamoto, M., & Sawano, H. (2015). Flood damage assessment in the Pampanga river basin of the Philippines. *Journal of Flood Risk Management*, 9, 355–369. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12174>
- Shtober-Zisu, N., Tessler, N., Tsatskin, A., & Greenbaum, N. (2015). Accelerated weathering of carbonate rocks following the 2010 wildfire on Mount Carmel, Israel. *International Journal of Wildland Fire*, 24(8), 1154–1167. <https://doi.org/10.1071/WF14221>
- Sivapalan, M., Savenije, H. H. G., & Blöschl, G. (2011). Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*, 26(8), 1270–1276. <https://doi.org/10.1002/hyp.8426>
- Slater, L. J., & Villarini, G. (2016). Recent trends in U.S. flood risk. *Geophysical Research Letters*, 43, 12,428–12,436. <https://doi.org/10.1002/2016GL071199>
- Smith, J. A., Cox, A. A., Baeck, M. L., Yang, L., Bates, P., & Al, S. E. T. (2018). Strange Floods: The Upper Tail of Flood Peaks in the United States. *Water Resources Research*,

- 54, 6510–6542. <https://doi.org/10.1029/2018WR022539>
- Snel, K. A. W., Priest, S. J., Hartmann, T., Witte, P. A., & Geertman, S. C. M. (2021). 'Do the resilient things.' Residents' perspectives on responsibilities for flood risk adaptation in England. *Journal of Flood Risk Management*, 14, 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12727>
- Solín, L., Madajová, M., & Skubinc̣an, P. (2015). Mitigating flood consequences: analysis of private flood insurance in Slovakia. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S173–S185. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12191>
- Speight, L. J., Cranston, M. D., White, C. J., & Kelly, L. (2021). Operational and emerging capabilities for surface water flood forecasting. *WIREs WATER*, 8:e1517. <https://doi.org/10.1002/wat2.1517>
- Stein, L., Pianosi, F., & Woods, R. (2020). Event-based classification for global study of river flood generating processes. *Hydrological Processes*, 34, 1514–1529. <https://doi.org/10.1002/hyp.13678>
- Sung, K., Jeong, H., Sangwan, N., & Yu, D. J. (2018). Effects of Flood Control Strategies on Flood Resilience Under Sociohydrological Disturbances *Water Resources Research*. *Water Resources Research*, 54, 2661–2680. <https://doi.org/10.1002/2017WR021440>
- Surminski, S., & Eldridge, J. (2015). Flood insurance in England – an assessment of the current and newly proposed insurance scheme in the context of rising flood risk. *Journal of Flood Risk Management*, 10, 415–435. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12127>
- Tarasova, L., Blöschl, G., Kiss, A., Merz, B., Viglione, A., Plötner, S., Schumann, A., Krug, A., Pidoto, R., Primo, C., Lun, D., & Müller-thomy, H. (2019). Causative classification of river flood events. *WIREs WATER*, 1–23. <https://doi.org/10.1002/wat2.1353>
- Toté, C., Patricio, D., Boogaard, H., van der Wijngaart, R., Tarnavsky, E., & Funk, C. (2015). Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique. *Remote Sensing*, 7, 1758–1776. <https://doi.org/10.3390/rs70201758>
- Tran, H., Tran, T., & Kervyn, M. (2015). Dynamics of land cover/land use changes in the Mekong Delta, 1973–2011: A Remote sensing analysis of the Tran Van Thoi District, Ca Mau Province, Vietnam. *Remote Sensing*, 7, 2899–2925. <https://doi.org/10.3390/rs70302899>
- Trumbore, S., Brando, P., & Hartmann, H. (2015). Boreal forest health and global change. *Science*, 349(6250), 819–822. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9092>
- Turzewski, M. D., Huntington, K. W., & LeVeque, R. J. (2019). The Geomorphic Impact of Outburst Floods: Integrating Observations and Numerical Simulations of the 2000 Yigong Flood, Eastern Himalaya *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. *JGR Earth Surface*, 124, 1056–1079. <https://doi.org/10.1029/2018JF004778>
- Vávra, J., Lapka, M., Cudlínová, E., & Dvořáková-Líšková, Z. (2015). Local perception of floods in the Czech Republic and recent changes in state flood management strategies. *Journal of Flood Risk Management*, 10, 238–252. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12156>
- Veldhuis, J. A. E. ten. (2011). How the choice of flood damage metrics influences urban flood risk assessment. *Journal of Flood Risk Management*, 4, 281–287. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2011.01112.x>
- Wang, F., Wang, L., Zhou, H., Valeriano, O. C. S., Koike, T., & Li, W. (2012). Ensemble hydrological prediction-based real-time optimization of a multiobjective reservoir during flood season in a semiarid basin with global numerical weather predictions. *Water Resources Research*, 48, 1–21. <https://doi.org/10.1029/2011WR011366>
- Wang, X., Zhang, J., & Babovic, V. (2016). Improving real-time forecasting of water quality indicators with combination of process-based models and data assimilation technique. *Ecological Indicators*, 66, 428–439. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.016>
- Wang, Y., Liu, Y., & Jin, J. (2018). Contrast effects of vegetation cover change on evapotranspiration during a revegetation period in the Poyang Lake Basin, China. *Forests*, 9, 217. <https://doi.org/10.3390/f9040217>
- Wazneh, H., Chebana, F., & Ouarda, T. B. M. J. (2013). Depth-based regional index-flood model. *Water Resources Research*, 49, 7957–7972. <https://doi.org/10.1002/2013WR013523>
- Webber, J. L., Chen, A. S., Stevens, J., Henderson, R., Djordjević, S., & Evans, B. (2021). Targeting property flood resilience in flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, 14, 1–18. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12723>
- Welde, K., & Gebremariam, B. (2017). Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.03.002>
- Winsemius, H. C., Aerts, J. C. J. H., Van Beek, L. P. H., Bierkens, M. F. P., Bouwman, A., Jongman, B., Kwadijk, J. C. J., Ligtoet, W., Lucas, P. L., Van Vuuren, D. P., & Ward, P. J. (2015). Global drivers of future river flood risk. *Nature Climate Change*, 6(4), 381–385. <https://doi.org/10.1038/nclimate2893>
- Wondie, M., Schneider, W., Melesse, A. M., & Teketay, D. (2011). Spatial and temporal land cover changes in the simen mountains national park, a world heritage Site in northwestern Ethiopia. *Remote Sensing*, 3, 752–766. <https://doi.org/10.3390/rs3040752>
- Wrachien, D. De, Mambretti, S., & Schultz, B. (2011). Flood management and risk assessment in flood-prone areas: Measures and solutions. *Irrigation and Drainage*, 60, 229–240. <https://doi.org/10.1002/ird.557>
- Wyncoll, D., & Gouldby, B. (2015). Integrating a multivariate extreme value method within a system flood risk analysis model. *Journal of Flood Risk Management*, 8, 145–160. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12069>
- Yang, L., Li, J., Sun, H., Guo, Y., & Engel, B. (2018). Calculation of nonstationary flood return period considering historical extraordinary flood events. *Flood Risk Management*, e12463, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12463>
- Zhang, H., Wang, B., Liu, D. L., Zhang, M., Leslie, L. M., & Yu, Q. (2020). Using an improved SWAT model to simulate hydrological responses to land use change: A case study of a catchment in tropical Australia. *Journal of Hydrology*, 585, 124822. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124822>
- Zhang, L., Nan, Z., Xu, Y., & Li, S. (2016). Hydrological impacts of land use change and climate variability in the headwater region of the Heihe River Basin, northwest China. *PLoS ONE*, 11(6), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158394>
- Zhao, M., Boll, J., & Brooks, E. S. (2021). Evaluating the effects

of timber harvest on hydrologically sensitive areas and hydrologic response. *Journal of Hydrology*, 593, 125805.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125805>

Zhou, T., & Penning-Rowsell, E. (2021). China ' s ' Sponge Cities ' : The role of constructed wetlands in alleviating urban pluvial flooding. *Water and Environment Journal*, 00, 1–14. <https://doi.org/10.1111/wej.12705>

Zhou, Z., Smith, J. A., Yang, L., Baeck, M. L., Chaney, M., Veldhuis, M. Ten, Deng, H., Liu, S., & Al, Z. E. T. (2017).

The complexities of urban flood response: Flood frequency analyses for the Charlotte metropolitan region. *Water Resources Research*, 53, 7401–7425. <https://doi.org/10.1002/2016WR019997>

Zsoter, E., Prudhomme, C., Stephens, E., Pappenberger, F., & Cloke, H. (2020). Using ensemble reforecasts to generate flood thresholds for improved global flood forecasting. *Flood Risk Management*, e12658. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12658>