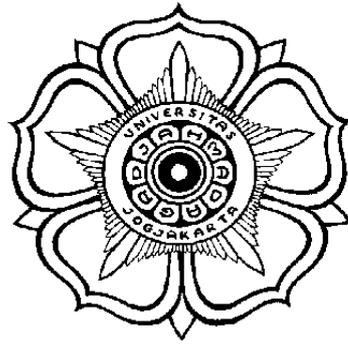


MODUL

HIDROMETEOROLOGI

Dasar-dasar, Analisis dan Aplikasi



DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN UGM
UNIVERSITAS GADJAH MADA

2020

BAB V

BENCANA HIDROMETEOROLOGIS

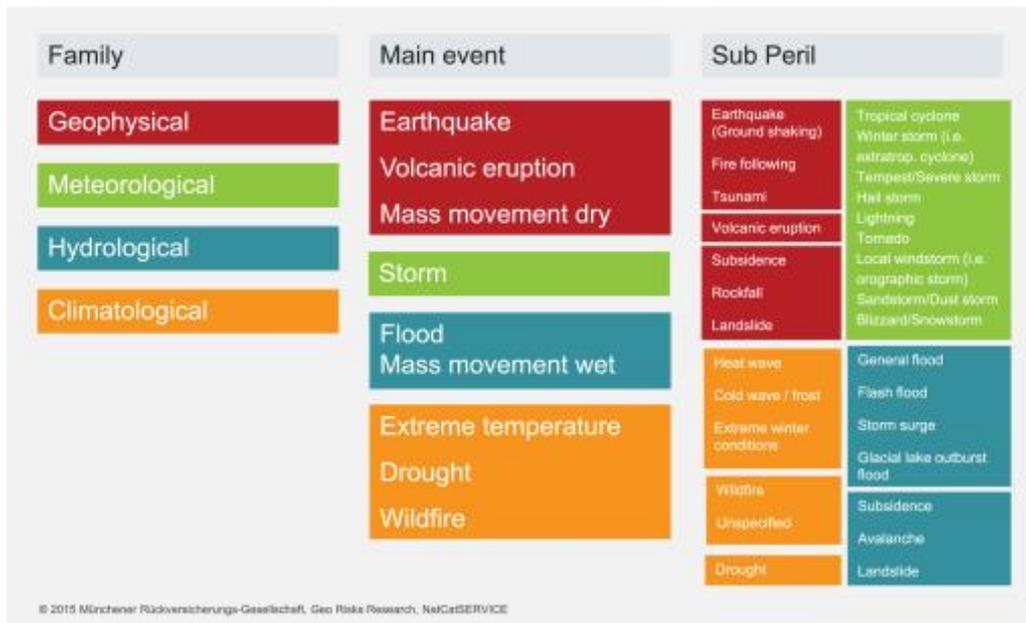
5.1. Bencana Hidrometeorologis

Bencana hidrometeorologis memiliki dua kata, bencana dan hidrometeorologis. Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, sesuatu fenomena yang disebut bencana adalah jika peristiwa tersebut mengancam dan mengganggu kehidupan, penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Fenomena hidrometeorologis merupakan segala fenomena yang melibatkan parameter cuaca dan iklim : hujan, suhu udara, angin, dan parameter lainnya. Sebenarnya fenomena hidrometeorologis merupakan peristiwa yang terjadi secara alamiah sehari-hari. Meskipun demikian, peristiwa hidrometeorologis yang ekstrim memiliki daya rusak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bencana hidrometeorologis merupakan bencana yang memiliki keterkaitan dengan fenomena hidrometeorologis dan berpotensi mengakibatkan gangguan pada kehidupan dan penghidupan manusia.

5.2. Macam Bencana Hidrometeorologis

Berdasarkan Hoeppe (2016), bencana alam dapat dikategorikan menjadi 4 tipe utama (*family*) yaitu bencana geofisik (*geophysical*), bencana meteorologis (*meteorological*), bencana hidrologis (*hydrological*), dan bencana klimatologis (*climatological*). Bencana hidrometeorologis merupakan gabungan dari 3 tipe utama bencana yaitu bencana meteorologis, bencana hidrologis, dan bencana klimatologis. Selanjutnya hanya akan dibahas jenis bencana yang terkait dengan bencana hidrometeorologis saja. Berbagai macam bencana meteorologis, hidrologis, dan klimatologis secara rinci disajikan pada Gambar 5.1.

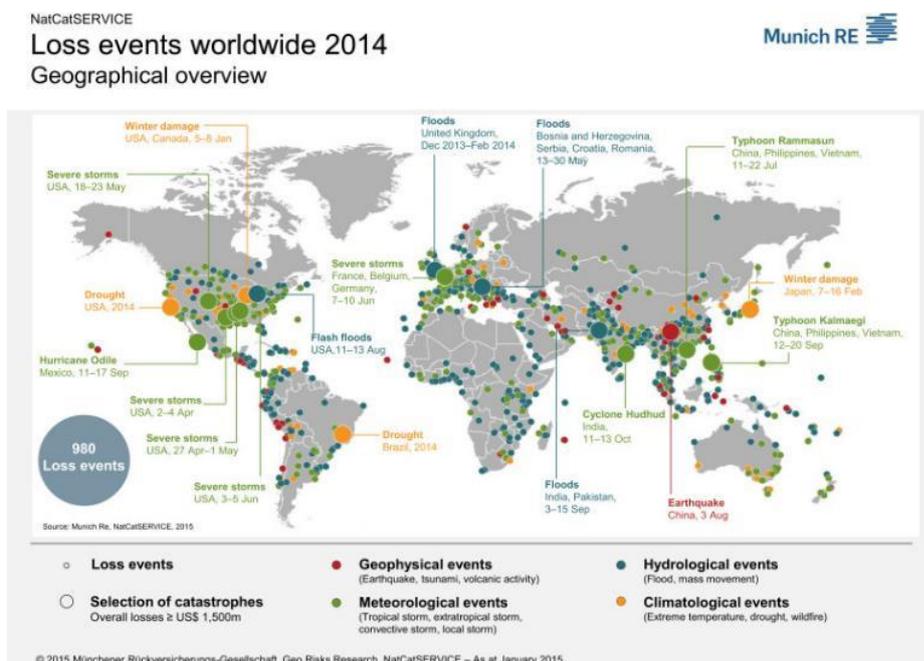


Gambar 5. 1. Kategorisasi Bencana Alam (Sumber : Hoeppe, 2016)

5.3. Tren Kejadian Bencana Hidrometeorologis

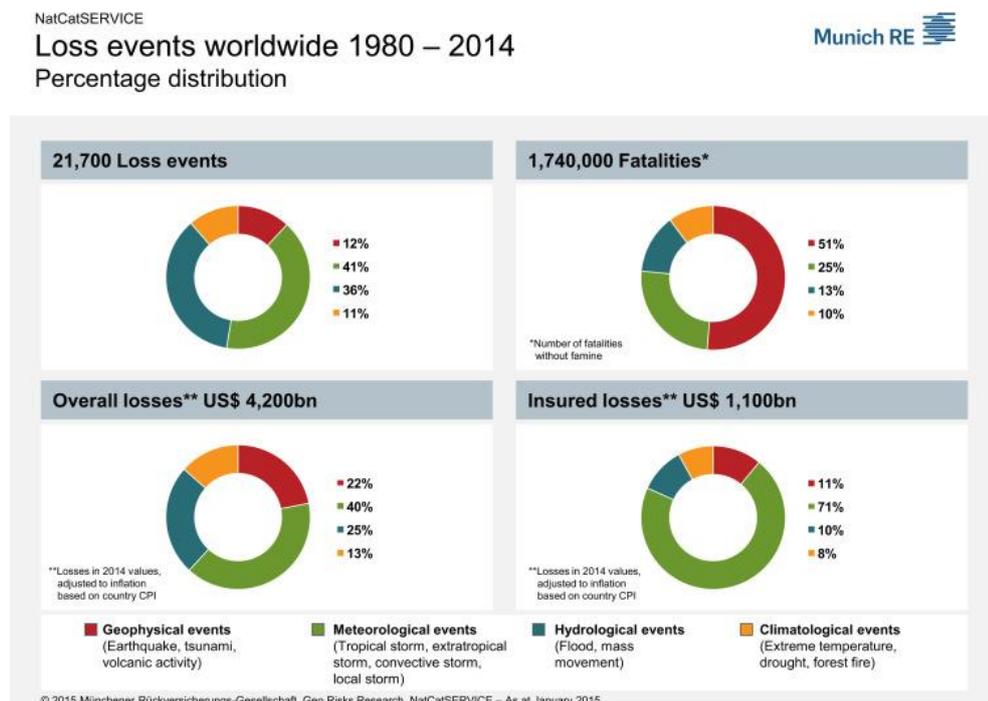
A. Tren Global

Bencana hidrometeorologis terjadi di manapun di dunia, baik negara maju ataupun negara berkembang. Meskipun demikian, berdasarkan catatan Munich RE dalam Hoeppe (2016) menyebutkan bahwa kejadian bencana alam memiliki tendensi mengumpul di lokasi-lokasi tertentu seperti yang disajikan pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2. Kerugian Akibat Bencana Alam di Dunia tahun 2014 (Sumber : Hoeppe, 2016)

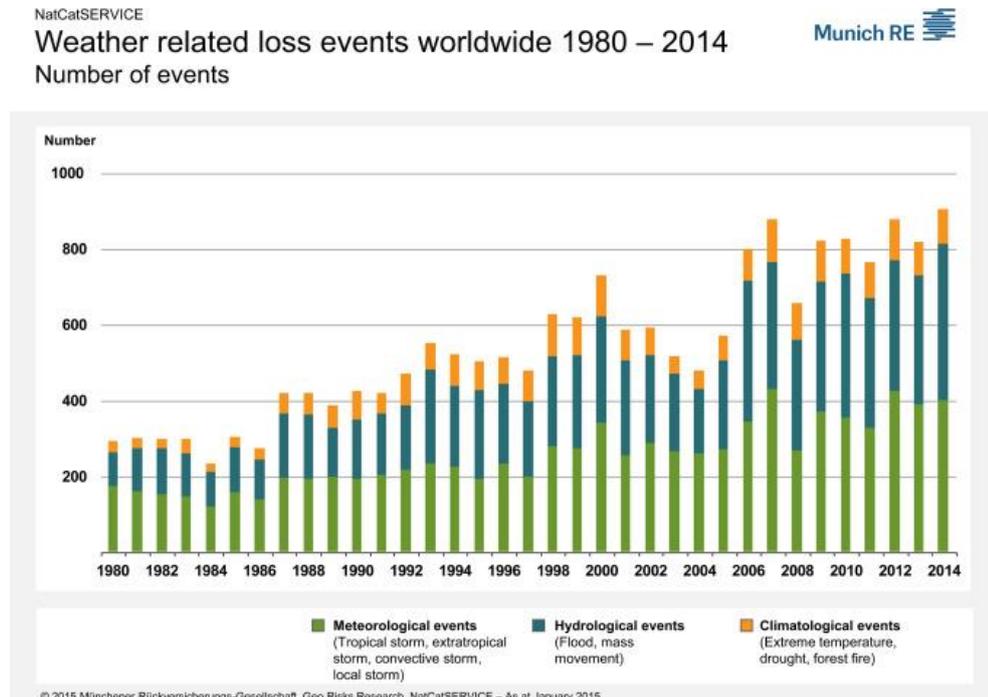
Jika dikaji lebih jauh, bencana hidrometeorologis merupakan tipe bencana alam yang paling sering terjadi di dunia pada kurun tahun 1980 hingga 2014 yaitu sebesar 88% dari total kejadian bencana yang tercatat (Gambar 5.3). Bencana hidrometeorologis per tipe kejadian memang tidak lebih mematikan dibandingkan dengan bencana geofisik (gempabumi, tsunami, dan erupsi gunungapi). Meskipun demikian, secara kumulatif jumlah korban jiwa akibat bencana hidrometeorologis memiliki persentase yang sama dengan jumlah korban jiwa akibat bencana geofisik. Terlebih lagi, bencana hidrometeorologis selama 1980 hingga 2014 tercatat memiliki kontribusi sebesar 78% dari total kerugian ekonomi akibat bencana alam. Jadi dari data ini tampak jelas bahwa selain mematikan, bencana hidrometeorologis juga memiliki konsekuensi yang nyata terhadap kerugian ekonomi yang besar.



Gambar 5. 3. Persentase Kerugian Akibat Bencana Alam di Dunia Tahun 1980-2014 (Sumber : Hoeppe, 2016)

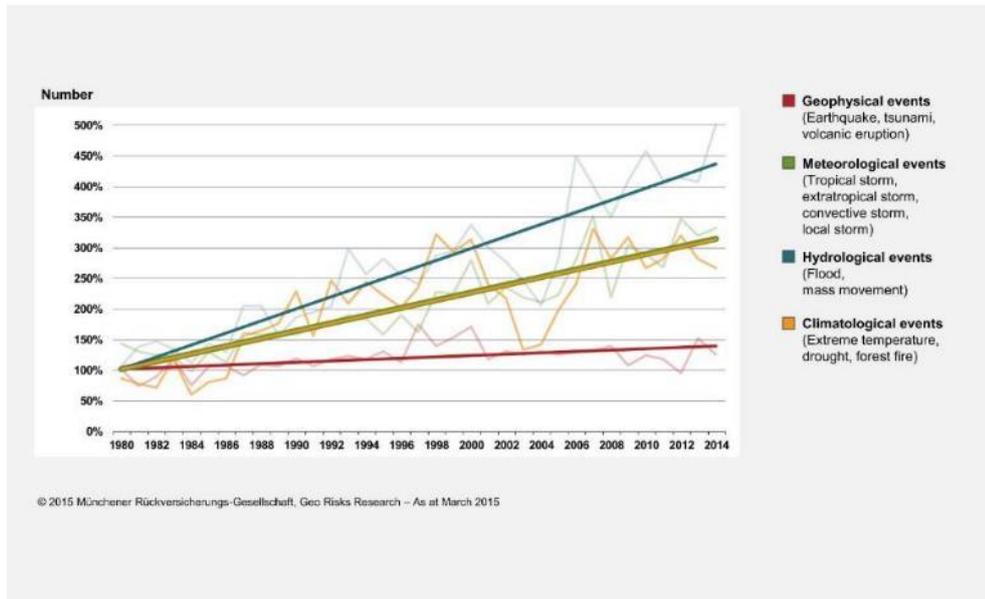
Kejadian bencana hidrometeorologis di dunia sejak tahun 1980 – 2014 terus mengalami peningkatan seperti yang disajikan pada Gambar 5.4. Pada era 1980an, jumlah kejadian bencana hidrometeorologis berkisar antara 300 kejadian per tahun. Peningkatan jumlah kejadian bencana hidrometeorologis hanya membutuhkan kurang dari 2 dekade untuk bertambah 2 kali lipatnya. Jumlah kejadian bencana hidrometeorologis pada era 2000an telah menyentuh 600 kejadian pertahun, bahkan

menyentuh angka 800 kejadian pertahun padatahun 2006 dan seterusnya. Peningkatan bencana hidrometeorologis terjadi pada seluruh tipe bencana hidrometeorologis, baik bencana meteorologis, hidrologis, maupun klimatologis.



Gambar 5. 4. Kerugian Akibat Bencana Hidrometeorologis di Dunia Tahun 1980-2014 (Sumber : Hoeppe, 2016)

Lebih jauh, jika dilihat dari peningkatannya tampak bahwa bencana hidrometeorologis memiliki peningkatan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan bencana geofisik (Gambar 5.5.). Jika dilihat secara individu, bencana hidrologis merupakan tipe bencana hidrometeorologis dengan peningkatan yang paling tinggi disusul oleh tipe bencana meteorologis dan bencana klimatologis yang pengingatannya hampir sama tingginya.



Gambar 5. 5. Persen Kejadian Bencana Alam di Dunia Tahun 1980-2014 (Sumber : Hoeppe, 2016)

B. Tren di Indonesia

Indonesia merupakan ‘supermarket’ bencana, karena seluruh jenis bencana dapat ditemukan di negara ini. Berdasarkan basis data dari dibi BNPB, selama 20 tahun terakhir Indonesia telah mengalami berbagai jenis bencana alam, termasuk di dalamnya bencana hidrometeorologis. Kejadian bencana hidrometeorologis di Indonesia memiliki kecenderungan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (Gambar 5.6 dan Gambar 5.7). Tentunya hal ini perlu menjadi peringatan bagi seluruh elemen masyarakat baik pemerintahan, lembaga non pemerintahan (NGO), akademisi, praktisi, dan pengusaha.



Gambar 5. 6. Tren Kejadian Bencana Indonesia 2000-2009 (Sumber : dibi BNPB)



Gambar 5. 7. Tren Kejadian Bencana Indonesia 2011-2020 (Sumber : dibi BNPB)

Dari sejumlah bencana alam yang terjadi selama 20 tahun terakhir di Indonesia, bencana hidrometeorologis yang meliputi banjir, kekeringan, tanah longsor, dan puting beliung merupakan bencana yang memiliki jumlah kejadian tertinggi. Jumlah kejadian yang tinggi memiliki relasi erat dengan jumlah orang yang terdampak serta kerugian yang disebabkan oleh bencana tersebut.

5.4. Bencana Banjir

A. Definisi

Banjir didefinisikan sebagai sejumlah air yang lebih besar dari biasanya sehingga meluap dari tampungan yang tersedia (badan sungai, danau, atau badan perairan lainnya) dan menggenangi lahan yang normalnya kering/tidak tergenang air (BNPB, 2007; Simonovic, 2012). Banjir merupakan fenomena yang terjadi secara alamiah, meskipun demikian jika banjir memberikan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan maka dapat disebut sebagai bencana.

B. Tipe Banjir

Terdapat 4 jenis tipe banjir, yaitu sebagai berikut :

1. Banjir bandang

Banjir yang terjadi secara cepat (umumnya kurang dari 6 jam) setelah hujan dengan intensitas tinggi. Banjir bandang juga dapat terjadi tanpa didahului hujan, misalnya jebolnya tanggul atau bendungan. Kecepatan tinggi menyebabkan daya angkutnya besar, sehingga berpotensi membawa apapun yang dilewatinya.

2. Banjir sungai

Banjir sungai umumnya lebih lambat terjadi dibandingkan banjir bandang. Meskipun demikian, genangannya juga bertahan lebih lama. Banjir ini disebabkan oleh meluapnya air dari sungai karena volumenya melebihi kapasitas tampungan maksimum.

3. Banjir perkotaan

Banjir perkotaan disebabkan oleh buruknya drainase. Wilayah perkotaan umumnya didominasi oleh lahan terbangun, sehingga pembuangan curahan hujan yang jatuh di wilayah tersebut serta air kiriman dari wilayah hulu sangat bergantung pada saluran drainase.

4. Banjir pantai

Banjir yang disebabkan oleh aktivitas pasang surut air laut, sering juga disebut sebagai banjir rob. Banjir pantai dapat diperparah oleh fenomena kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim serta amblesan tanah sehingga luas genangan makin luas dan waktu tergenang makin lama.

C. Penyebab Banjir

Banjir merupakan peristiwa yang kompleks, disebabkan oleh sangat banyak faktor baik kondisi fisik lingkungan ataupun manusia. Beberapa penyebab banjir diantaranya yaitu sebagai berikut :

1. Akibat Kondisi Fisik Lingkungan

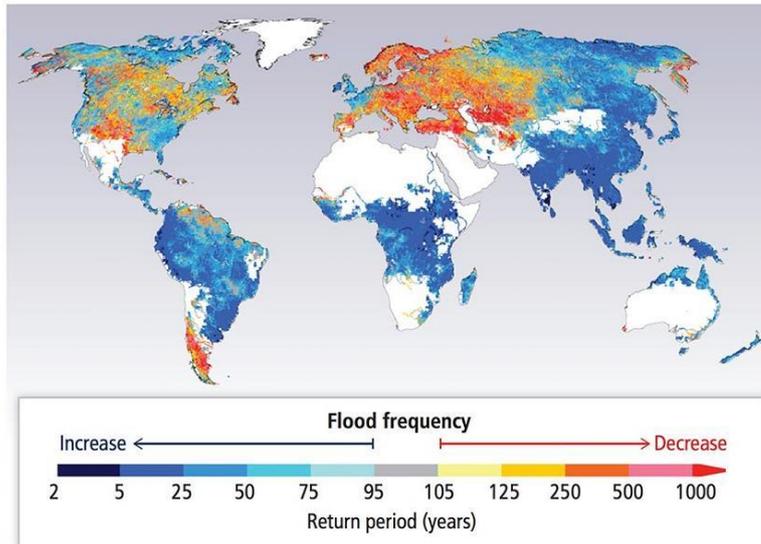
- Hujan berlebih
- Badai
- Tanggul/dam jebol
- Gelombang pasang
- Peningkatan muka air laut
- Subsiden (amblesan tanah)
- Tsunami

2. Akibat Manusia

- Pembukaan lahan/deforestasi
- Perubahan tata guna lahan
- Urbanisasi
- Pemadatan/kompaksi tanah
- Penyempitan tubuh air oleh pembangunan

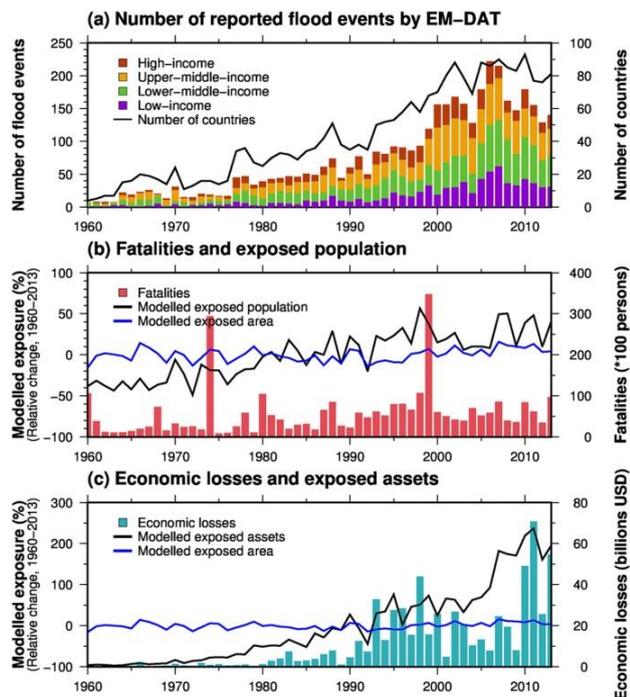
D. Tren Kejadian Banjir

Banjir telah terjadi sejak awal bumi terbentuk hingga saat ini. Hanya saja, kejadian banjir dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan akibat adanya usikan manusia terhadap lingkungan yang menyebabkan gangguan terhadap siklus hidrologis. Berdasarkan peta yang diperoleh dari *public health post* (Gambar 5.8), tampak bahwa beberapa wilayah di dunia mengalami pengurangan frekuensi banjir. Meskipun demikian, jauh lebih banyak wilayah di dunia yang memiliki tren peningkatan frekuensi banjir.



Gambar 5. 8. Tren Kejadian Banjir Global
(Sumber : www.publichealthpost.org)

Secara global, dari tahun 1960 hingga tahun 2015 jumlah kejadian banjir mengalami peningkatan yang signifikan baik terhadap negara dengan pendapatan rendah (*low income countries*), penduduk pendapatan menengah (*middle income countries*), maupun penduduk pendapatan tinggi (*high income countries*). Dampaknya, korban jiwa dan kerugian ekonomi juga memiliki tren yang meningkat dari tahun 1960 hingga tahun 2015.



Gambar 5. 9. Jumlah Kejadian, Korban Jiwa, dan Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Tahun 1960-2015 (Sumber : Tanoue et al, 2016)

E. Dampak Banjir

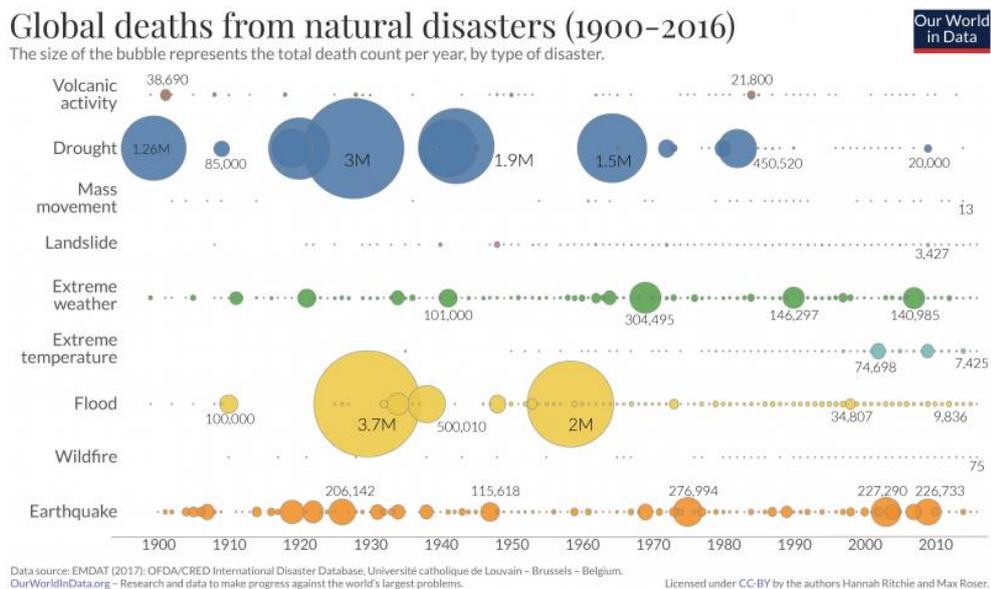
Banjir memberikan dampak yang luas dan nyata terhadap kehidupan dan penghidupan masyarakat. Berikut beberapa dampak dari banjir baik dari aspek fisik lingkungan maupun dari aspek sosio-ekonomi.

1. Fisik – Lingkungan

- Kerusakan properti individu (rumah, kendaraan, perabotan, dst)
- Kerusakan dan gangguan pada infrastruktur publik
- Kerusakan lahan pertanian, peternakan dan perikanan
- Kerusakan habitat
- Meningkatkan pencemaran pada badan perairan

2. Sosio – Ekonomi

- Gangguan pada aktivitas masyarakat
- Turunnya pendapatan masyarakat
- Peningkatan biaya hidup terutama makanan dan air bersih
- Peningkatan risiko kesehatan fisik serta psikososial & kematian
- Migrasi temporer dan/atau permanen
- Implikasi politik



Gambar 5. 10. Korban Jiwa Akibat Bencana Alam Pada Tahun 1900-2016
(Sumber : <https://ourworldindata.org>)

F. Mitigasi Bencana Banjir

Banjir tidak dapat dihindari kejadiannya karena merupakan fenomena alami. Hal yang dapat dilakukan yaitu mengurangi risiko bencana dengan mitigasi bencana. Mitigasi bencana banjir dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang seperti yang disajikan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11. Mitigasi Banjir Jangka Pendek, Jangka Menengah, dan Jangka Panjang

G. Studi Kasus : Luar Negeri

1. Banjir Tiongkok 2020

Tipe banjir : banjir sungai

Penyebab : hujan ekstrim, debit air pada bendungan pada level berbahaya, air pada bendungan dilepaskan ke hilir

Kronologis : Hujan ekstrim yang melanda wilayah Tiongkok Selatan sejak Bulan Juni 2020 menyebabkan peningkatan tinggi muka air Sungai Yangtze secara signifikan. Bendungan Gezhouba yang membendung Sungai Yangtze dan berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air pada hari kejadian banjir menerima hingga 74.000 m³ air per detik. Karena mengancam kestabilan dan keamanan bendungan, pengelola bendungan terpaksa melepaskan debit air yang lebih banyak dari kondisi normal. Konsekuensi dari hal tersebut yaitu wilayah hilir terdampak banjir parah.

Dampak : properti pribadi, lahan pertanian, infrastruktur publik, dan situs sejarah Leshan Giant Buddha terdampak parah. Kerugian yang terjadi akibat banjir ini diperkirakan hingga 21 miliar USD (Rp. 310 triliun). Banjir ini berpotensi mengganggu stok pangan nasional, wilayah yang terdampak berkontribusi terhadap 70% dari stok pangan nasional di Tiongkok. Puluhan juta petani mengalami kerugian akibat gagal panen dan lahannya yang rusak tidak bisa digunakan untuk produksi hingga tahun depan.

Mitigasi Bencana :

Mitigasi bencana banjir di Tiongkok dibagi menjadi 2 era :

- Era Pendekatan Berbasis Keteknikan

Pembangunan tanggul sungai, Tiongkok memiliki tanggul sungai terpanjang di dunia (>30.000 km) serta pendekatan keteknikan lainnya

- Era Pendekatan Berbasis Ekosistem
 - Restorasi ekologis terbesar di dunia di wilayah hulu DAS dengan penanaman pohon (diklaim dapat mengurangi banjir hingga 30%)
 - Program pemerintah “*sponge cities*” untuk menyediakan lebih banyak ruang hijau dan menyediakan ruang untuk terjadinya infiltrasi di wilayah perkotaan
 - Restorasi dataran banjir/flood plain pada sempadan sungai Yangtze dengan merelokasi 2,4 juta jiwa dari wilayah tersebut untuk membebaskan area seluas 2.600 km².

2. Banjir Eropa 2016

Tipe banjir : banjir sungai dan banjir perkotaan

Penyebab : hujan ekstrim yang melanda daratan Eropa selama beberapa hari

Kronologis : Hujan ekstrim yang terjadi di wilayah Eropa Barat menyebabkan beberapa sungai mengalami peningkatan tinggi muka air yang terbesar dalam tiga dekade terakhir, diantaranya Sungai Seine, Sungai Neckar, Sungai Danube, Sungai Rhine, serta anak-anak sungainya.

Dampak : gangguan listrik, gangguan akses jalan dan akses kereta, gangguan pada aktivitas masyarakat, museum/cagar budaya ditutup, korban jiwa dan luka-luka. Diperkirakan dampak dari banjir ini menyebabkan kerugian hingga lebih dari 1 miliar euro (Rp. 17,5 triliun).

Mitigasi bencana : Prediksi dan sistem peringatan dini, evakuasi penduduk wilayah berpotensi terdampak, evakuasi karya seni (Museum Louvre), kesiapsiagaan dan kapasitas masyarakat yang tinggi, bantuan bencana dan bantuan keuangan, asuransi, sistem drainase yang baik

H. Studi Kasus : Dalam Negeri – Banjir Jakarta

Tipe banjir : banjir perkotaan, banjir sungai, banjir pantai (jakarta utara)

Penyebab : hujan ekstrim, tata guna lahan yang minim ruang terbuka hijau, sistem drainase yang buruk

Kronologis : Pada pergantian tahun 2019 lalu, Jakarta dan sekitarnya mengalami hujan ekstrim (kalah ulang 1000 tahunan) dengan intensitas mencapai 377 mm/hari dengan durasi lama.

Dampak : Jakarta dan sekitarnya terendam banjir dengan tinggi antara 25 s.d 50 cm selama beberapa hari. Berdampak pada sektor strategis : sektor perdagangan, transportasi, pergudangan, dan logistik, jasa keuangan. Pada sektor perdagangan, sebanyak 73 pasar di Jabodetabek mengalami kerugian hingga Rp 350 milyar akibat terendam banjir selama 3 hari. Pedagang retail yang beroperasi di pusat perbelanjaan juga mengalami kerugian besar akibat sepi pengunjung serta sebagian dari mall yang terendam banjir. Berdasarkan penghitungan kerugian yang dilakukan oleh Bank Indonesia, kerugian akibat banjir pada beberapa sektor tersebut mencapai Rp. 960 miliar.

Mitigasi Bencana Yang Sudah Dilakukan :

- Pengendalian tata ruang di wilayah hulu
- Pemantauan TMA pada pintu air (mis : Katulampa)
- Pembuatan Waduk Ciawi dan Waduk Sukamahi
- Revitalisasi sungai
- Pembersihan saluran drainase & gorong-gorong
- Pembatasan penggunaan air tanah (Pergub No. 38/2017 tentang Pungutan Pajak Air Tanah)
- Penyiapan saluran drainase (banjir kanal barat – banjir kanal timur)
- Penyediaan rumah pompa dengan pompa sebanyak 450 unit
- Penyusunan peta kerawanan banjir
- Pemantauan intensif kondisi hidrometeorologis wilayah Jabodetabek
- Penerapan teknologi hujan buatan (menjatuhkan air di luar wilayah Jabodetabek)
- Penerapan sistem peringatan dini

Mitigasi Bencana Yang Direkomendasikan Forum DAS Nasional :

- Perencanaan
Merumuskan Grand Design Pengelolaan Sumberdaya Air (termasuk pengendalian banjir) DAS Ciliwung-Cisadane yang mencakup Jakarta, Bogor, Depok, dan Tangerang-Bekasi dengan mempertimbangkan kondisi biofisik dan

aspek social-ekonomi-kelembagaan. Mitigasi banjir tidak hanya fokus pada pendekatan sipil teknis, tetapi juga pendekatan non-fisik (social, politik, dan kelembagaan)

- Adaptasi Bencana
 - Meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana banjir dari berbagai perspektif;
 - Sistem peringatan dini yang antisipatif dan efektif;
 - Monitoring dan evaluasi kerentanan/ketahanan prasarana dan infrastruktur bangunan air.
- Mitigasi Bencana
 - Pembuatan Sumur Resapan kolektif (terutama di recharge area di hulu dan tengah DAS), bangunan sipil teknis KTA dan vegetatif;
 - Revitalisasi lahan basah (embung, situ, waduk, dan rawa);
 - Penerapan konsep distribusi banjir. Banjir besar dipecah menjadi aliran/tampung air kecil di Hulu dan Tengah DAS Ciliwung dan Cisadane. Untuk itu, perlu membangun dam/reservoir skala kecil hingga menengah dan menambah retensi air permukaan;
 - Pembangunan/Perbaikan/Pemeliharaan sistem drainase yang memadai di bagian hilir DAS/kota Jakarta;
 - Tanggul dan waduk lepas pantai untuk menampung aliran air sungai yang dilengkapi pintu pengatur air dan system pompa yang efektif;
 - Teknologi Sistem Peringatan Dini yang terintegrasi dengan upaya mitigasi dan aksi dini terhadap bencana melalui Multi-Hazard Early Warning System yang dimiliki BNPB;
 - Dalam penerapannya, solusi teknologi tersebut, menjadi wadah koordinasi bagi stakeholder terkait secara terpadu untuk pencegahan bencana serta dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dengan mudah dipahami dan akurat;
 - Teknologi Modifikasi Cuaca-TMC (dimiliki oleh BPPT), agar tepat sasaran perlu mengirimkan dua armada sekaligus, baik dengan metode semai garam menggunakan pesawat atau dengan teknologi flare. Proses operasional loading logistik harus cepat dikarenakan kedinamisan proses meteorologi yang tinggi;
 - Terkait dengan upaya normalisasi (pelebaran, pendalaman, dan penguatan tanggul sungai) dan naturalisasi (membiarkan aliran sungai sesuai dengan alam termasuk penguatan tepi sungai/situ/embung dengan tanaman pohon berakar

dalam), keduanya penting untuk dilaksanakan, tapi perlu diatur normalisasi dilakukan di daerah hilir DAS untuk melancarkan aliran air ke laut. Sementara naturalisasi dilakukan di tengah dan hulu DAS untuk menahan aliran air sebanyak dan selama mungkin di wilayah tersebut;

- Pengembang perumahan dan/atau perdesaan didorong untuk melakukan upaya penampungan dan peresapan air hujan ke dalam tanah serta upaya pemanenan air hujan sehingga dapat mengurangi jumlah air yang mengalir ke wilayah hilir;
- Kelembagaan
 - Integrasi perencanaan pengelolaan DAS/RTRW/RDTR lintas wilayah provinsi (DKI Jakarta-Jabar-Banten);
 - Pengendalian pemanfaatan ruang yang efektif (Optimalisasi Peran Badan Koordinasi Penataan Ruang Daerah);
 - Pencegahan dan penanggulangan banjir harus menjadi key performance indicator dalam RPJMD
 - Alokasi pendanaan (dana pemerintah dan badan usaha) lintas wilayah administrasi dalam pencegahan dan penanggulangan banjir;
 - Strategi mitigasi bencana banjir jangka Panjang memerlukan dana besar. Pemerintah DKI Jakarta perlu melibatkan perusahaan besar dalam pendanaan program mitigasi bencana banjir;
 - Memformulasikan dan meningkatkan kelembagaan terkait sumberdaya air yang bersifat lintas multidisiplin dan lintas kelembagaan dalam perencanaan ruang secara terpadu. Tipe susunan kelembagaan harus mempertimbangkan pentingnya kompensasi imbal jasa lingkungan antara hulu-hilir DAS.
 - Perlunya edukasi dan advokasi masyarakat yang tinggal di hulu-tengah DAS Ciliwung dan Cisadane untuk mengelola dan mempertahankan pekarangan, kebun campuran, hutan rakyat, dan retensi air permukaan seperti kolam, check dam kecil dan sumur resapan;
 - Merumuskan sistem insentif-disinsentif untuk kegiatan tersebut di atas (contoh : Pajak atau mekanisme lain).

I. Pelajaran yang Bisa Diambil

Dari sejumlah kasus kejadian banjir yang terjadi terdapat pemicu berupa badai dan/atau hujan dengan intensitas lebat sampai dengan ekstrim, pemacu terjadinya

banjir yaitu kondisi permukaan lahan yang tidak mampu menampung jumlah air hujan yang terjadi. Disebabkan karena ekosistem dan tata air daerah aliran sungai yang tidak sehat. Risiko banjir meningkat jika wilayah rawan banjir ditempati oleh objek berupa properti, lahan pertanian, ataupun infrastruktur bernilai tinggi dan/atau wilayah berkepadatan penduduk tinggi. Banjir sebenarnya hanya air 'pulang' ke tempat asalnya. Konversi lahan menyebabkan air kehilangan tempat untuk kembali. Perencanaan wilayah memegang peranan sangat penting. Setiap lokasi memiliki fungsinya masing-masing, wilayah hulu memiliki peran sebagai daerah tangkapan air sehingga perlu difungsikan sebagai wilayah lindung. Sebaliknya, wilayah hilir berfungsi sebagai wilayah pemanfaatan dapat digunakan sebagai wilayah budidaya.

5.5. Bencana Longsor

A. Definisi

Longsor merupakan fenomena bergeraknya material, dapat berupa tanah ataupun batuan, menuruni lereng pada bidang gelincirnya akibat adanya serangkaian pemicu dan pemacu. Disebut sebagai bencana longsor jika peristiwa ini menimbulkan dampak yang merugikan bagi manusia maupun lingkungan. Longsor dapat terjadi di seluruh bagian permukaan bumi, baik di daratan (*subaerial landslide*) dan di lautan (*submarine landslide*). Selanjutnya yang disebut sebagai longsor adalah longsor yang terjadi di daratan.

B. Tipe Longsor

Tipe longsor didasarkan atas gerakannya dan materialnya

Berdasarkan gerakannya dibagi menjadi :

- Jatuhan (*falls*)
- Rebahan (*topples*)
- Luncuran (*slides*)
- Sebaran (*spread*)
- Rayapan (*creep*)
- Aliran (*flows*)
- Kompleks (*complex*)

Berdasarkan materialnya dibagi menjadi :

- Batuan/*rock*
- Debris (campuran batuan dan tanah)

- Tanah/earth

Material	ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLS	Rock fall	Debris fall Scree Debris cone	Earth fall Fine soil Rock Colluvium Debris cone
TOPPLES	Rock topple	Debris topple Debris cone	Earth topple Cracks Debris cone
SLIDES	Single rotational slide (slump) Failure surface	Crown Head Scarp Minor Scarp Failure surface	Successive rotational slides
	Rock slide	Debris slide	Earth slide
SPREADS	Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planned off by erosion) Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum	Earth spread	
FLOWS	Solifluction flows (Periglacial debris flows)	Debris flow	Earth flow (mud flow)
COMPLEX	e.g. Slump-earthflow with rockfall debris	e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Gambar 5. 12. Tipe Longsor (Sumber : <https://www.bgs.ac.uk>)

C. Penyebab Longsor

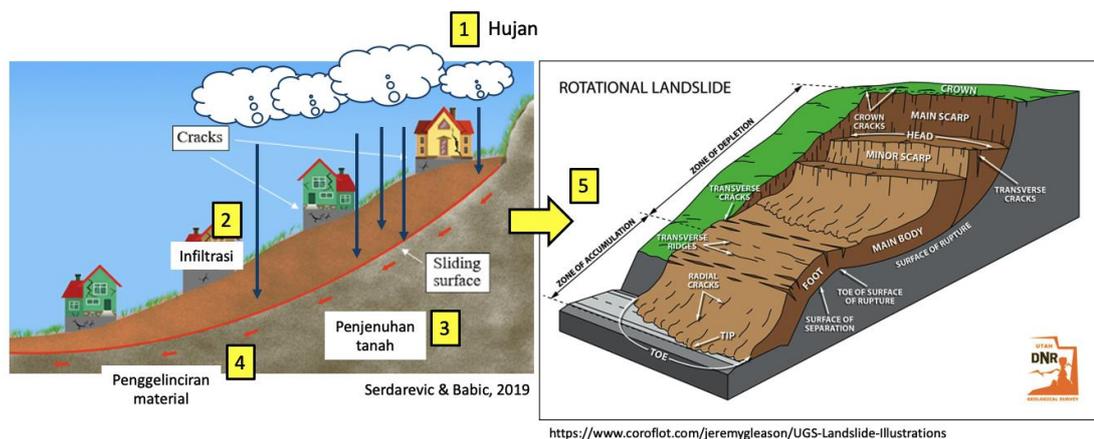
Longsor disebabkan oleh banyak hal, baik yang sifatnya alami maupun akibat aktivitas manusia. Penyebab longsor diantaranya sebagai berikut :

- **Kemiringan lereng** – kemiringan lereng berbanding lurus dengan kerawanan longsor (Satriagasa dkk, 2018)
- **Geologi** – terkait dengan keberadaan lapisan batuan yang berperan sebagai bidang gelincir, material induk tanah, dan keberadaan patahan/lipatan yang dapat mengamplifikasi getaran gempa bumi
- **Hidrologi** (air permukaan & air tanah) – aktivitas infiltrasi dan perkolasi berperan dalam mentransportasikan air hujan menuju bidang gelincir

- **Tanah** – kejadian longsor terbanyak terjadi pada solum tanah yang tebal, dengan tekstur geluh debuan, permeabilitas cepat, dan tanah telah lapuk (Achmad dkk, 2016)
- **Presipitasi/hujan** – hujan dengan intensitas lebat dan durasi yang panjang
- **Tutupan lahan** – mengubah tutupan hutan menjadi jenis tutupan lainnya
- **Gerakan tanah** – mis : akibat gempa, getaran dari aktivitas konstruksi, getaran dari jalan
- **Aktivitas manusia** – berbagai aktivitas manusia yang menyebabkan usikan pada zona merah mis : pertanian dan perikanan, modifikasi lereng, pembebanan oleh infrastruktur atau permukiman

D. Mekanisme Terjadinya Longsor

Longsor merupakan gerakan material menuruni lereng. Dalam prosesnya, umumnya longsor diawali oleh hujan intensitas tinggi dalam durasi yang panjang. Air hujan yang telah mencapai permukaan tanah kemudian terinfiltrasi dan lanjut mengalami perkolasi hingga menyentuh lapisan tidak kedap air/lapisan *impermeable*. Jika tanah sudah jenuh, lapisan impermeable berperan sebagai bidang gelincir yang mampu menggerakkan lapisan tanah yang menumpang diatas bidang gelincir tersebut. Mekanisme terjadinya longsor digambarkan secara visual pada Gambar 5. 13.

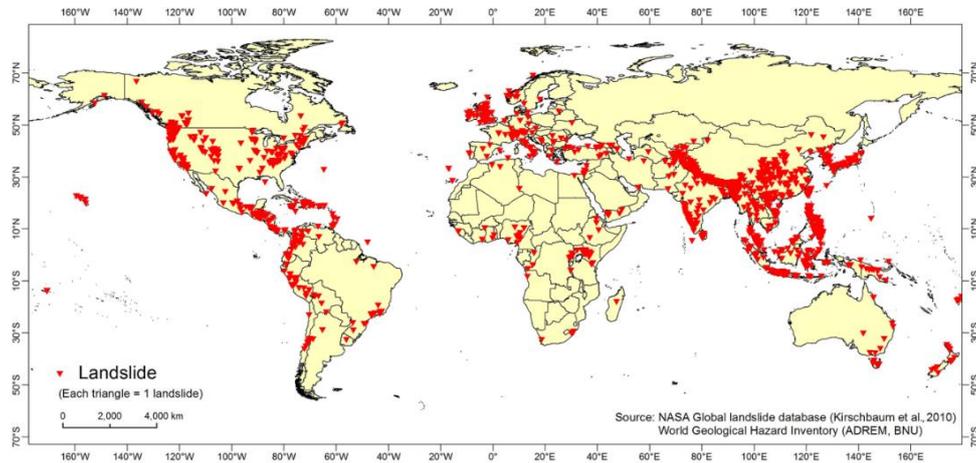


Gambar 5. 13. Mekanisme Terjadinya Longsor

E. Tren Kejadian Longsor

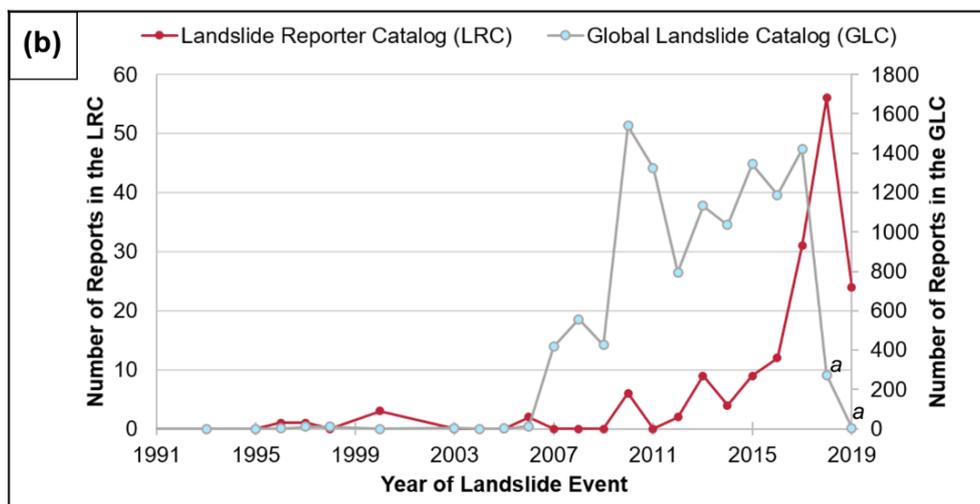
Longsor dapat ditemukan di seluruh benua di dunia, baik pada negara maju maupun negara berkembang. Longsor terjadi pada wilayah yang memiliki lanskap perbukitan dan/atau pegunungan. Oleh karenanya, negara yang memiliki persentase

lahan dengan lanskap berbukit dan bergunung tinggi, memiliki lebih banyak kejadian longsor. Distribusi spasial kejadian longsor di dunia disajikan pada Gambar 5.14.



Gambar 5. 14. Distribusi Spasial Kejadian Longsor Dunia (Sumber : Lin et al., 2017)

Juang dkk (2019) melaporkan bahwa kejadian longsor global mengalami tren meningkat dari tahun ke tahun (Gambar 5.15). Gejala peningkatan kejadian longsor terjadi mulai tahun 2010 dan terus mengalami tren naik hingga tahun 2019. Tentunya hal ini perlu menjadi perhatian bersama, peningkatan tren kejadian longsor memiliki relasi yang erat dengan peningkatan penduduk terdampak serta kerugian ekonomi yang besar.



Gambar 5. 15. Tren Kejadian Longsor Dunia Tahun 1991 hingga Tahun 2019 (Sumber : Juang dkk., 2019)

F. Dampak Longsor

Meskipun umumnya longsor hanya berdampak pada wilayah yang relatif sempit, akan tetapi dampak dari longsor tidak dapat diabaikan begitu saja. Berdasarkan riwayat kejadian longsor yang telah terjadi setidaknya terdapat beberapa dampak dari bencana longsor yaitu sebagai berikut.

1. Dampak Fisik

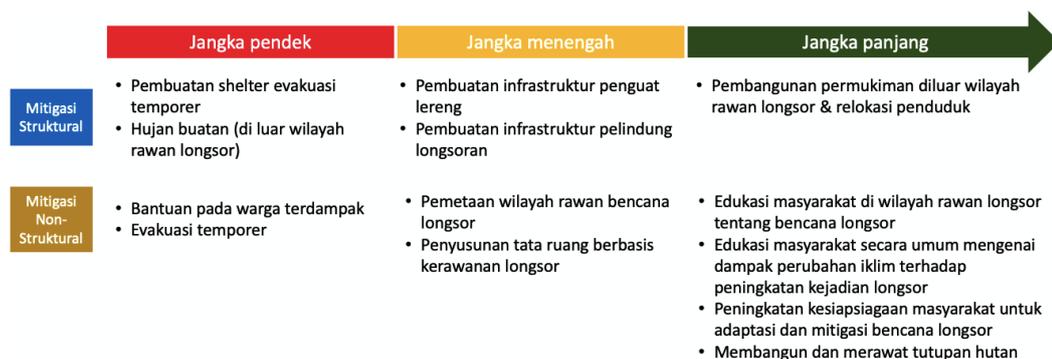
- Korban luka dan/atau korban jiwa
- Kerusakan personal property (rumah, kendaraan, dsb)
- Kerusakan infrastruktur (transportasi, komunikasi, penyediaan air minum, listrik, kesehatan, pendidikan)
- Gangguan pada suplai air bersih

2. Dampak Sosio-Ekonomi

- Kerugian masyarakat akibat kerusakan lahan pertanian, perikanan, dan sumber penghidupan lainnya
- Gangguan pada arus transportasi & aktivitas perekonomian
- Trauma pada masyarakat terdampak
- Migrasi penduduk baik sementara maupun permanen

G. Mitigasi Bencana Longsor

Sama dengan bencana lainnya, longsor juga tidak dapat dihindari kejadiannya. Hal yang dapat dilakukan yaitu mengurangi risiko bencana longsor dengan berbagai upaya mitigasi bencana. Mitigasi bencana longsor dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang serta dibagi 2 menjadi mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural seperti yang disajikan pada Gambar 5.16.



Gambar 5. 16. Mitigasi Bencana Longsor

H. Studi Kasus : Luar Negeri - Prefektur Kumamoto, Jepang 2020

- **Tipe longsor** : luncuran/*earth slides*
- **Penyebab** : hujan ekstrim selama 24 jam akibat ketidakstabilan kondisi atmosfer dari Jepang Barat hingga Tohoku. Hal ini disebabkan oleh adanya *front* aktif dan sistem bertekanan rendah dari Laut Cina Selatan hingga Laut Jepang.
- **Kronologis** : hujan ekstrim yang terjadi di barat daya Jepang menyebabkan terjadinya sejumlah bencana : tornado, tanah longsor, dan banjir. Dilaporkan terjadi 282 longsor berupa luncuran (mud slide) pada 27 prefektur di Jepang, 52 kejadian terjadi di Prefektur Kumamoto.
- **Dampak** : menghancurkan rumah, jalan/jembatan, dan infrastruktur telekomunikasi; puluhan korban jiwa; ribuan penduduk di evakuasi; aktivitas perekonomian terganggu
- **Mitigasi bencana** : SAR, penyediaan shelter pengungsian, disaster preparedness drill (kesiapan evakuasi & persiapan emergency kit), pemantauan & *early warning system*, pembuatan infrastruktur penguat/penahan lereng, pembangunan/perlindungan tutupan hutan

I. Studi Kasus : Dalam Negeri - Banjarnegara 2014

- **Tipe longsor** : luncuran/*earth slides*
- **Penyebab** : hujan deras selama 2 hari berturut-turut (10 & 11 Desember 2014). Material di lokasi kejadian merupakan endapan vulkanik tua yang memiliki solum tebal hasil dari pelapukan material induk tanah. Tutupan lahan di tempat terjadinya longsor yaitu tanaman semusim serta ditemukan kolam-kolam ikan yang tidak menggunakan pelapis.
- **Kronologis** : Maghrib tanggal 12 Desember 2014 Bukit Telagalele kehilangan stabilitasnya kemudian bergerak menuruni lereng ke arah barat laut. Seluruh objek yang dilaluinya termasuk Dusun Jemblung hancur dan tertimbun oleh material tanah. Beberapa waktu sebelum terjadi longsor, sudah ada tanda-tanda berupa retaknya lereng di beberapa tempat yang menyebabkan lele yang di budidaya dalam kolam lepas dan ditemukan di lereng bawah.

- **Dampak** : satu dusun hilang, korban jiwa ratusan warga, migrasi permanen korban selamat, batas kepemilikan tanah tidak jelas, puluhan hektar sawah tertimbun, akses jalan terputus
- **Mitigasi bencana** : stabilisasi lereng (menggunakan metode teknik, vegetatif atau perpaduannya), meningkatkan kapasitas masyarakat (pembentukan taruna siaga bencana, edukasi kebencanaan, penyediaan tas siaga bencana), meningkatkan kesiapsiagaan (penggunaan early warning system, pengecekan lereng rawan longsor secara rutin, penyiapan shelter bencana), pengaturan tata guna lahan (menghindari pendirian permukiman di zona merah, menghindari pemanfaatan lahan intensif pada zona merah)

J. Pelajaran yang Bisa Diambil

Bencana longsor merupakan bencana yang dihasilkan dari perpaduan faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam yang menjadi penyebab terjadinya longsor yaitu Longsor terjadi pada wilayah yang memiliki tingkat kerawanan longsor. Semakin banyak faktor kerawanan longsor yang ditemui pada suatu wilayah akan menyebabkan wilayah tersebut memiliki kerawanan longsor yang lebih tinggi. Pada kejadian longsor, hujan memiliki peran penting. Tanpa adanya cukup air dari hujan, potensi tanah bergerak pada bidang gelincirnya relatif rendah. Oleh karenanya longsor umumnya terjadi pada musim penghujan.

Selain faktor alam, faktor manusia juga memiliki peran yang besar dalam terjadinya bencana longsor. Faktor manusia sifatnya mengakselerasi & memperparah terjadinya longsor pada wilayah yang rawan. Usikan langsung yang disebabkan oleh manusia diantaranya : perubahan tutupan lahan, penurunan stabilitas lereng, pembebanan berlebihan pada lereng. Usikan tidak langsung yang disebabkan oleh manusia diantaranya : peningkatan GRK yang berdampak pada terjadinya hujan ekstrim. Pengenalan faktor dominan dari penyebab longsor di suatu wilayah sangat penting agar pengambil kebijakan dapat menentukan langkah mitigasi yang paling tepat guna meminimalisir risiko bencana longsor.

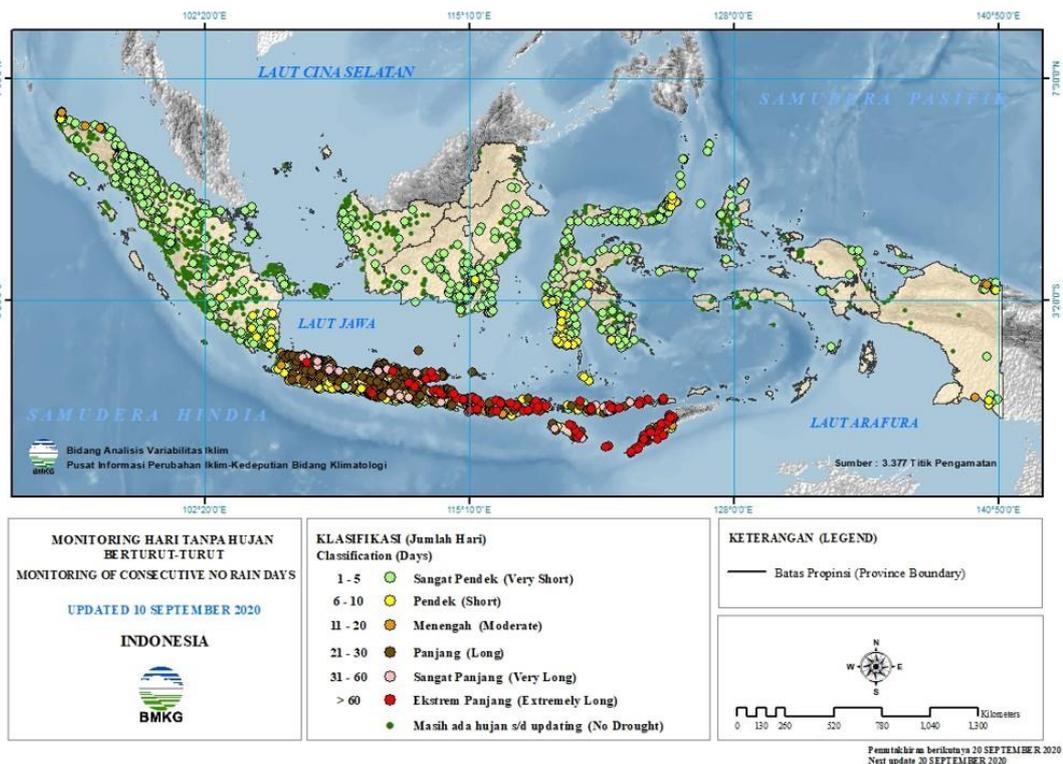
5.6. Bencana Kekeringan

A. Definisi

Bencana Kekeringan merupakan tidak tercukupinya hujan sebagai input dalam neraca air pada waktu yang panjang sehingga menyebabkan berbagai dampak dan konsekuensi kepada lingkungan dan manusia. BMKG mengklasifikasikan panjangnya hari tidak adanya input hujan dengan istilah Hari Tanpa Hujan (HTH). Klasifikasi hari tanpa hujan disajikan sebagai berikut :

- 1 - 5 HTH : Sangat Pendek
- 6 - 10 HTH : Pendek
- 11 - 20 HTH : Menengah
- 21 - 30 HTH : Panjang
- 31 - 60 HTH : Sangat Panjang
- >61 HTH : Kekeringan Ekstrim
- HH : Masih ada hujan

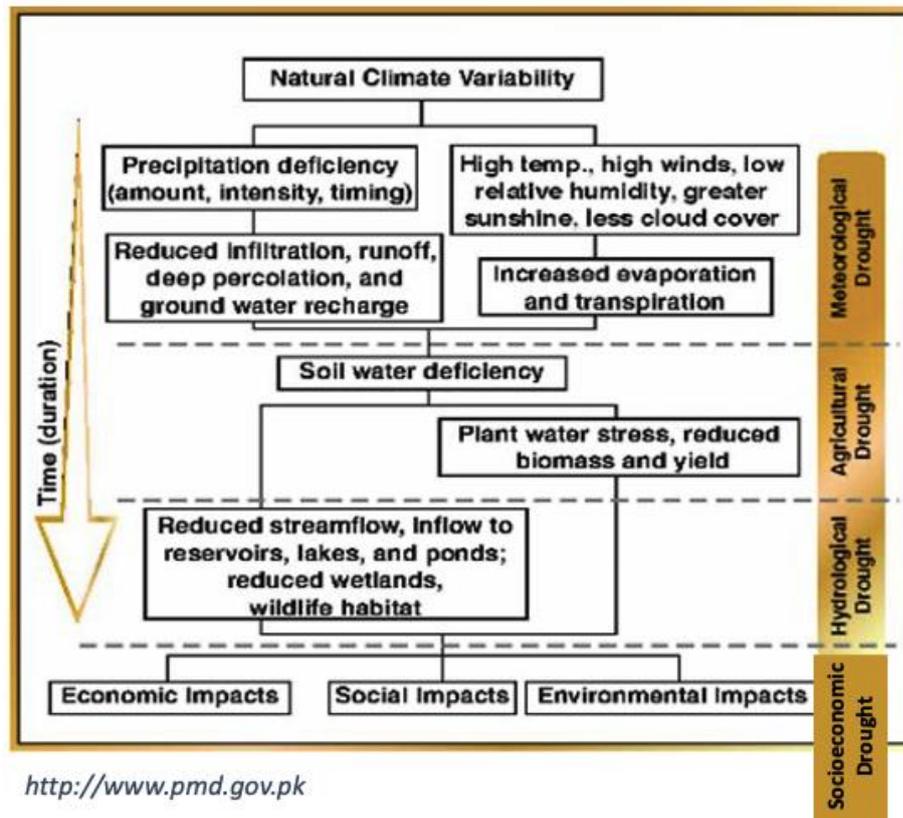
*disebut terjadi hujan jika minimal terjadi hujan ≥ 1 mm



Gambar 5. 17. Peta Monitoring Hari Tanpa Hujan BMKG September 2020
(Sumber : https://cews.bmkg.go.id/Peta/Hari_Tanpa_Hujan.bmkg)

B. Tipe Kekeringan

Kekeringan dapat dikategorikan berdasarkan sifatnya maupun berdasarkan waktu. Berdasarkan sifatnya, kekeringan dapat dibagi menjadi 4 tipe yaitu : kekeringan meteorologis, kekeringan agrikultural, kekeringan hidrologis, dan kekeringan sosioekonomik. Berdasarkan waktu, kekeringan dibagi menjadi 3 tipe yaitu kekeringan permanen, kekeringan musiman, dan kekeringan tak terprediksi.



Gambar 5. 18. Kekeringan Berdasarkan Sifatnya
(Sumber : www.pmd.gov.pk)

Kekeringan meteorologis melibatkan pengurangan hujan pada suatu wilayah dalam periode tertentu (hari, bulan, musim, ataupun tahun) dibawah jumlah tertentu. Kekeringan agrikultural merupakan kurangnya lengas tanah yang menyebabkan kekurangan ketersediaan air untuk kebutuhan tanaman pertanian. Kekeringan hidrologis merupakan pengurangan sumber air (sungai, waduk, airtanah) dibawah level tertentu. Kekeringan sosioekonomik yaitu kurangnya air untuk kebutuhan minum dan kebutuhan dasar masyarakat.

Kekeringan permanen merupakan kekeringan yang terjadi pada wilayah yang sangat sedikit/bahkan tidak pernah mengalami kejadian hujan. Kekeringan musiman merupakan kekeringan yang terjadi pada wilayah yang memiliki 2 musim, kemarau dan penghujan. Kekeringan musiman terjadi pada musim kemarau. Kekeringan yang tidak terprediksi merupakan kekeringan yang terjadi secara tiba-tiba. Kekeringan ini merupakan yang paling bahaya dibandingkan tipe kekeringan lainnya karena bisa terjadi kapanpun bahkan ketika tidak seharusnya terjadi kekeringan. Kekeringan tidak terprediksi dapat terjadi karena gangguan cuaca yang menyebabkan hujan yang abnormal.

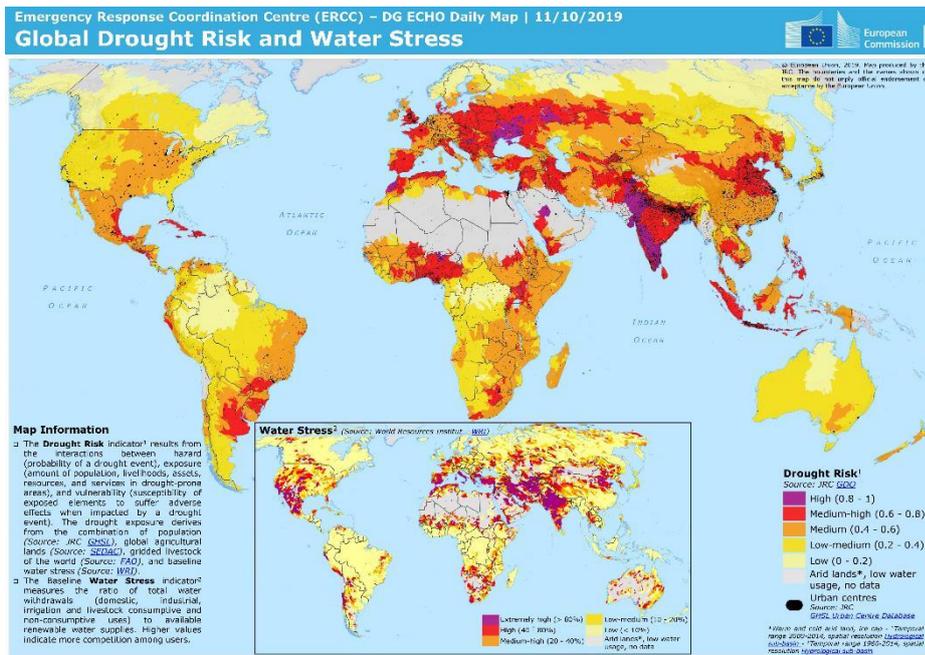
C. Penyebab Kekeringan

Kekeringan terjadi akibat ketidakseimbangan antara input air dan output air pada lokasi tertentu. Input air pada suatu wilayah dapat berasal dari 3 sumber, yaitu hujan, cadangan air permukaan, dan cadangan air tanah. Sedangkan output air dapat berupa evapotranspirasi, pemanfaatan air, dan saluran drainase. Input dan output air pada kondisi kekeringan disajikan secara rinci pada Tabel 5. 1.

Tabel 5. 1. Input dan Output Air pada Kondisi Kekeringan

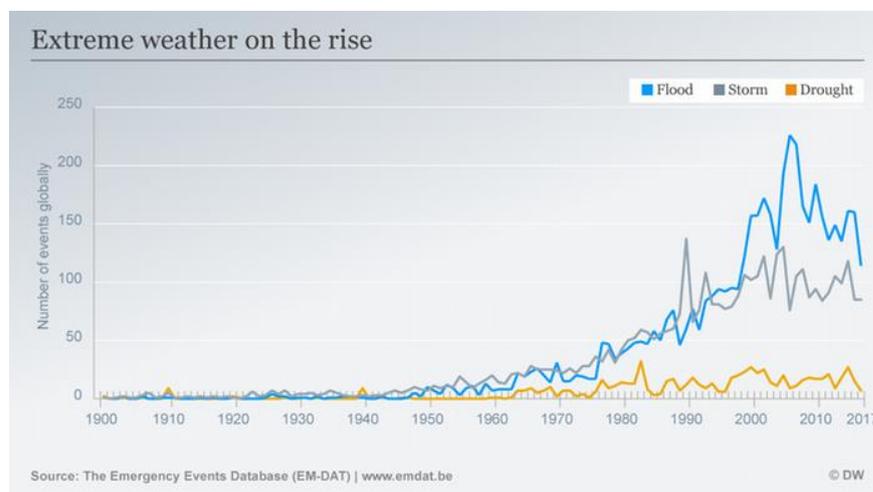
Input	Output
<ul style="list-style-type: none"> • Hujan → jumlah hujan sedikit/tidak ada • Cadangan air permukaan → mengalami pengurangan signifikan sehingga tidak mencukupi kebutuhan • Cadangan air tanah → terjadi pengurangan cadangan air tanah akibat penggunaan air tanah yang berlebihan sedangkan kawasan tangkapan airnya terusik sehingga fungsinya tidak normal 	<ul style="list-style-type: none"> • Evapotranspirasi → evapotranspirasi lebih besar dibandingkan jumlah presipitasi • Pemanfaatan air → pemanfaatan air baik untuk keperluan dasar, keperluan rumah tangga, keperluan pertanian, ataupun untuk keperluan industri • Saluran drainase → saluran drainase perkotaan dirancang untuk memitigasi banjir sehingga air dibuang secepat mungkin ke laut. Akibatnya air tidak memiliki kesempatan mengalami infiltrasi dan perkolasi untuk mengisi cadangan air tanah dalam akuifer

D. Tren Kejadian Kekeringan Global



Gambar 5. 19. Peta Risiko Kekeringan dan Tekanan Kebutuhan Air (Sumber : <https://reliefweb.int>)

Kekeringan terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu, mulai dari tahun 1900 hingga saat ini. Jumlah kejadian kekeringan tidak naik setinggi dua jenis bencana hidrometeorologis lainnya (banjir dan badai) seperti tampak pada Gambar 5.20. Meskipun demikian, kekeringan merupakan isu prioritas yang dibahas oleh seluruh negara di dunia dibandingkan isu dampak perubahan iklim lainnya Gambar 5.21. Hal ini disebabkan karena kekeringan memberikan dampak yang signifikan dan dapat membebani perekonomian suatu negara dalam jangka waktu yang panjang.



Gambar 5. 20. Kejadian Bencana Banjir, Badai, dan Kekeringan Global Tahun 1900 hingga 2017 (Sumber : <https://www.dw.com>)

TOP CLIMATE CHANGE CONCERNS BY REGION

	Droughts or water shortages	Severe weather, like floods or intense storms	Long periods of unusually hot weather	Rising Sea Levels
LATIN AMERICA	59%	21%	12%	5%
AFRICA	59%	18%	16%	3%
U.S.	50%	16%	11%	17%
ASIA/ PACIFIC	41%	34%	13%	6%
MIDDLE EAST	38%	24%	19%	5%
EUROPE	35%	27%	8%	15%
GLOBAL	44%	25%	14%	6%

Note: Russia and Ukraine not included in Europe median.
Source: Spring 2015 Global Attitudes Survey, Q32
Data: Pew Research Center, November 2015.
"Global Concern about Climate Change, Broad Support for Limiting Emissions"

Gambar 5. 21. Persentase Perhatian Negara di Dunia Terhadap Dampak Perubahan Iklim Berdasarkan Region
(Sumber : www.climaterealityproject.org)

E. Dampak Kekeringan

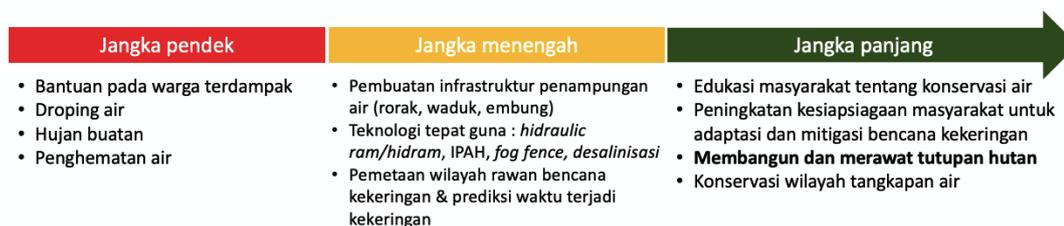
Bencana kekeringan mampu berdampak terhadap lingkungan maupun masyarakat serta berbagai sektor tanpa terkecuali. Berdasarkan kejadian bencana kekeringan yang telah terjadi, dapat disarikan beberapa dampak kekeringan yaitu sebagai berikut.

1. Fisik - Lingkungan
 - a. Kerusakan habitat
 - b. Peningkatan risiko kebakaran hutan & lahan
 - c. Matinya satwa dan vegetasi yang membutuhkan banyak air
 - d. Kerusakan tanaman pertanian
 - e. Tidak berfungsinya pembangkit listrik tenaga air
2. Sosio - Ekonomi
 - a. Turunnya pendapatan masyarakat
 - b. Peningkatan biaya hidup terutama makanan dan air bersih
 - c. Peningkatan risiko kesehatan & kematian terkait kekeringan

- d. Kesenjangan sosial akibat perebutan air
- e. Migrasi temporer dan/atau permanen

F. Mitigasi Bencana Kekeringan

Bencana kekeringan memiliki bentuk yang berbeda dibandingkan bencana lainnya yaitu tidak terlihat tetapi dapat dirasakan dampaknya. Tentu saja dampak dari bencana kekeringan tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena bencana kekeringan memiliki dampak yang luas serta dapat menimbulkan korban jiwa serta kerugian ekonomi yang sangat besar. Sebagai langkah dalam mengurangi risiko kekeringan, perlu dilakukan berbagai langkah mitigasi bencana. Langkah mitigasi bencana kekeringan dapat dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan tahapan waktunya, seperti yang disajikan pada Gambar 5.22.



Gambar 5. 22. Mitigasi Bencana Kekeringan

G. Peran Hutan dalam Mitigasi Kekeringan

Hutan memiliki peranan yang sangat penting dalam mitigasi bencana kekeringan. Hal ini dikarenakan ekosistem hutan memiliki berbagai jasa ekosistem termasuk diantaranya jasa ekosistem dalam mengendalikan daur air dan jasa ekosistem pengurangan risiko bencana termasuk bencana kekeringan. Secara spesifik peran hutan dalam mitigasi bencana kekeringan yaitu sebagai berikut.

- Dapat menjadi *buffer* wilayah perkotaan untuk mengurangi dampak dari cuaca ekstrim.
- Berkontribusi pada untuk mengurangi kelebihan air pada musim penghujan dan meregulasi cadangan air pada musim kemarau.
- Kelebihan air dibuang dalam bentuk evapotranspirasi.
- Tanah dan struktur perakaran membantu proses infiltrasi sehingga mengurangi jumlah *runoff* yang berkontribusi terhadap banjir.

- Air yang tersimpan sebagai lensa tanah ataupun airtanah berfungsi sebagai cadangan air pada musim kemarau.
- Menjaga agregat tanah dari daya pukul air hujan secara langsung, sehingga memaksimalkan fungsi tanah dalam proses infiltrasi.
- Menjaga kualitas air dalam kondisi yang baik sehingga layak untuk dipergunakan

H. Studi Kasus : Luar Negeri - Afrika 2018-2019

- **Tipe kekeringan** : kekeringan musiman – kekeringan agrikultural, kekeringan sosioekonomik
- **Penyebab** : kegagalan/tidak terjadinya hujan akibat El Nino yang terjadi kedua kalinya pada tiga tahun terakhir
- **Dampak** : harga pangan naik akibat turunnya produksi pangan (pertanian dan peternakan), 45 juta orang pada 14 negara kesusahan mendapatkan kebutuhan pokok, 31.000 pekerjaan pada sektor pertanian hilang, carangan air tanah kritis
- **Mitigasi bencana** :
 - Deteksi potensi bencana kekeringan lebih awal untuk memangkas waktu pemberian bantuan (Mark Lowcock, UN's Emergency Relief Coordinator)
 - Penggunaan bibit tanaman resisten kekeringan, sistem irigasi yang lebih baik, pemberian bantuan kepada petani (Jesse Mason, World Food Programme climatologist)
 - Pemberian bantuan kebutuhan dasar, bantuan tenaga kesehatan, rehabilitasi penyedia kebutuhan air (pembuatan perangkat pemanenan hujan, rehabilitasi sumber air untuk ternak, perbaikan sarana sanitasi dan kebersihan, backyard gardening untuk menyediakan kebutuhan pangan, bantuan bibit tanaman, bantuan modal pertanian (IFRC, 2019)

I. Studi Kasus : Dalam Negeri

1. Kekeringan Nusa Tenggara Timur 2020

- **Tipe kekeringan** : kekeringan musiman, kekeringan meteorologis menuju kekeringan agrikultural
- **Penyebab** : tidak terjadi hujan dalam 2 bulan terakhir (hari tanpa hujan/HTH >60 hari) di 9 Kabupaten/Kota (Kota Kupang, Kabupaten Kupang, Sikka, Ende, Sumba Timur, Sabu Raijua, Rote Ndao, Timor Tengah Selatan, dan Belu)

- **Dampak** : sektor pertanian terganggu, ketersediaan air tanah berkurang, kelangkaan air bersih, meningkatkan potensi terjadi karhutla
- **Mitigasi bencana** : penghematan penggunaan air, pembangunan bendungan (Bendungan Raknamo, Kab. Kupang; Bendungan Rotiklot, Kab. Belu, Bendungan Temef, Kab. TTS, Bendungan Napunggete, Kab Sikka), distribusi air bersih

2. Kekeringan Pasuruan 2019

- **Tipe kekeringan** : kekeringan musiman, kekeringan meteorologis
- **Penyebab** : kemarau panjang, kerusakan pipa & pompa pada sumber air, penduduk yang tinggal di wilayah tinggi tidak dapat mengakses mata air yang ada di bawahnya
- **Dampak** : 7 kecamatan terdampak, 37 ribu warga terdampak, kekurangan air untuk kebutuhan domestik
- **Mitigasi bencana** : distribusi air bersih, memperbaiki tutupan vegetasi, biopori, pemanenan air hujan, penghematan penggunaan air, mengurangi aktivitas yang menyebabkan gangguan pada siklus hidrologi dan akuifer, edukasi dan sosialisasi konservasi sumberdaya air

J. Pelajaran yang Bisa Diambil

Pada semua kejadian bencana kekeringan, faktor hidrometeorologis berupa hujan memiliki peran yang sangat besar. Hal ini disebabkan karena hujan merupakan input dari neraca hidrologis di suatu daerah. Keterlambatan/kegagalan terjadinya hujan menyebabkan tidak adanya input air, padahal pengurangan cadangan air baik dari faktor alami maupun pemanfaatan oleh manusia selalu terjadi setiap waktu. Hal ini diperparah dengan tidak adanya/terbatasnya cadangan air di permukaan bumi ketika kemarau dikarenakan :

- Tutupan lahan yang tidak lagi berhutan, sehingga ketika penghujan sebagian besar air menjadi *runoff*, sangat sedikit yang tersimpan menjadi airtanah
- Tidak tersedianya tampungan air permukaan/bawah tanah alami ataupun buatan yang memadai
- Gangguan pada tutupan hutan dan akuifer sehingga tidak mampu menyediakan jasa dalam pengaturan dan penyediaan air bersih

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad A, Suwarno, Sarjanti E. 2016. Hubungan Sifat Fisik Tanah Dengan Kejadian Longsorlahan di Sub-DAS Logawa Kabupaten Banyumas. *Geo Edukasi*. Vol 5 No 1. pp : 31-36
- Serdarevic A, Babic F. 2019. Landslide Causes and Corrective Measures – Case Study of the Sarajevo Canton, *Journal of Civil Engineering Research*, Vol. 9 No. 2, 2019, pp. 51-57
- Chang M. 2013. *Forest Hydrology : An Introduction to Water and Forests*. Third Edition. Florida : CRC Press
- Ernawati J. 2016. *Jejak Hijau Wanagama : Sebuah Perjalanan Menghijaukan Lahan Kritis*. Jakarta : Forclime
- Hoeppe, P. 2016. Trends in weather related disasters – Consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes*. Vol 11. PP : 70-79
- Juang CS, Stanley TA, Kirschbaum DB. 2019. Using citizen science to expand the global map of landslides: Introducing the Cooperative Open Online Landslide Repository (COOLR). *PLoS ONE* 14(7)
- Lacasse, S., Kalsnes, B., Vaciago, G., Choi, Y. J., & Lam, A. 2013. *A web-based tool for ranking landslide mitigation measures*. 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: Challenges and Innovations in Geotechnics, ICSMGE 2013, 3, 2197–2200.
- Lin L, Lin Q, Wang Y. 2016. Landslide susceptibility mapping on global scale using method of logistic regression. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*.
- Satriagasa MC, Suryatmojo H, Dewi HN. 2018. *Physical and Anthropogenic Characteristics-based Landslide Spatial Pattern Analysis in Agricultural Catchment*. Proceeding : International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy. Malang, 18-20 September 2018.
- Sharma BR, Sharma D. 2008. *Impact of Climate Change on Water Resources and Glacier Melt and Potential Adaptations for Indian Agriculture*. Convention Proceedings. Page 86-101, IAUA, NASC Complex, Pusa, New Delhi, India
- Simonovic SP. 2012. *Floods in a Changing Climate*. UK : Cambridge University Press
- Smith K dan Petley DN. 2008. *Environmental Hazards : Assessing Risk and Reducing Disaster*. New York : Routledge
- Tanoue M, Hirabayashi Y, Ikeuchi H. 2016. Global-scale River Flood Vulnerability in the Last 50 years. *Scientific Reports*. Vol 6
- Um MJ, Kim Y, Park D, Kim J. 2017. *Effects of different reference periods on drought index (SPEI) estimations from 1901 to 2014*. *Hydrol. Earth Syst. Sci*. Vol 21. pp : 4989–5007

Website

https://cews.bmkg.go.id/Peta/Hari_Tanpa_Hujan.bmkg

<https://www.sabcnews.com/sabcnews/drought-places-sas-food-security-and-jobs-under-threat>

<https://mediaindonesia.com/read/detail/335274-semilan-kabupatenkota-di-ntt-alami-kekeringan-ekstrem>

<https://www.antaraneews.com/berita/971750/kekeringan-bukan-lagi-bencana-bagi-ntt>

<https://www.antaraneews.com/berita/1660842/tujuh-kecamatan-di-pasuruan-alami-kekeringan>

<https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4725620/kekeringan-di-pasuruan-semakin-parah-air-bersih-dipasok-hingga-malam-hari>

<https://www.thenewhumanitarian.org/analysis/2019/06/10/drought-africa-2019-45-million-in-need>

<https://www.wartabromo.com/2019/12/12/di-pasuruan-37-ribu-warga-terdampak-kekeringan/>

<https://republika.co.id/berita/nasional/umum/14/12/15/ngmai6-ini-analisis-penyebab-longsor-banjarnegara>

<https://www.tribunnews.com/regional/2018/07/03/kisah-dusun-jemblung-banjarnegara-yang-hilang-ditelan-longsor-bukit-telagalele>

<https://www.viva.co.id/berita/nasional/569986-misteri-ribuan-lele-sebelum-longsor-banjarnegara>

<https://jogja.tribunnews.com/2014/12/22/mencegah-longsor-terulang-kembali-di-dusun-jemblung>

<https://thediplomat.com/2020/07/japan-hammered-by-record-breaking-torrential-rains-and-deadly-floods>