

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI BANJIR/GENANGAN DI KOTA PANTAI DAN IMPLIKASINYA TERHADAP KAWASAN TEPIAN AIR

Sudirman¹, Slamet Tri Sutomo², Roland A. Barkey³, Mukti Ali⁴

doktorarsiek@gmail.com¹

Program Doktor Ilmu Arsitektur Universitas Hasanuddin¹

Labo. Pengembangan Kawasan Tepian Air, Universitas Hasanuddin^{2,4}

Labo. Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, Universitas Hasanuddin³

ABSTRAK

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki beberapa kota yang secara geografis berada di garis pantai seperti Kota Makassar, Jakarta, dan Surabaya. Pada saat ini, isu pemanasan global menjadi perhatian dunia karena berimplikasi terhadap perubahan iklim yang menyebabkan perubahan temperatur rata-rata pada lapisan atmosfer, pola curah hujan menjadi tidak teratur, intensitas curah hujan tinggi, sehingga beberapa kota di Indonesia mengalami banjir/genangan pada saat terjadi hujan. Di samping itu, perubahan iklim juga menyebabkan meningkatnya gelombang pasang naik air laut, kenaikan muka air laut sehingga terjadi banjir rob pada kota-kota pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi faktor berpengaruh terhadap banjir/genangan di kota pantai dan implikasinya terhadap kawasan tepian air. Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif, data bersumber dari tinjauan literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banjir/genangan di kota pantai diakibatkan oleh faktor-faktor seperti; 1) tutupan lahan, 2) jenis tanah, 3) kontur, 4) kemiringan lereng, 5) curah hujan, 6) pasang surut air laut, 7) kenaikan muka air laut, 8) banjir kiriman, 9) penurunan muka tanah. Untuk mengetahui dampak dan Implikasi banjir/genangan, maka diperlukan gambaran secara spasial, pola spasial banjir/genangan dapat dibuat dalam beberapa skenario seperti kombinasi tinggi muka air banjir/genangan akibat kenaikan muka air laut (KML) dan banjir kiriman (BK). Banjir/genangan dapat berimplikasi pada perubahan fisik lingkungan, memberikan tekanan terhadap masyarakat, bangunan, dan infrastruktur perkotaan, rusaknya sarana dan prasarana lingkungan serta penurunan kualitas lingkungan yang ditandai dengan turunnya kualitas kesehatan masyarakat. Manfaat penelitian diharapkan dapat memberi informasi bagi peneliti berikutnya untuk menganalisis pola spasial banjir/genangan di kota-kota pantai, karena peta banjir/genangan dapat dijadikan sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang.

Kata Kunci : Faktor-faktor, Banjir, genangan, implikasi, kawasan tepian air

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau ("Daftar Pulau Di Indonesia," n.d.). Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki beberapa kota yang secara geografis berada di garis pantai seperti kota Makassar, Jakarta, dan Surabaya. Peningkatan aktivitas manusia, terutama dalam transportasi, industri, konstruksi bangunan dan aktivitas manusia mempengaruhi perubahan iklim global yang ditandai dengan peningkatan suhu rata-rata bumi dari tahun ke tahun (Imaduddina and Subagyo 2014). Perubahan iklim sebagai implikasi pemanasan global yang disebabkan oleh kenaikan gas-gas rumah kaca terutama karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄), mengakibatkan dua

hal utama yang terjadi di lapisan atmosfer paling bawah, yaitu perubahan pola curah hujan dan kenaikan muka laut (Susandi et al. 2010), hal tersebut menyebabkan banjir/genangan di wilayah perkotaan maupun pedesaan dan memberikan implikasi negatif pada kota itu sendiri.

Banjir/genangan merupakan peristiwa dimana air melimpah atau menggenangi daratan/ lahan yang semestinya kering yang menyebabkan kerugian ekonomi bagi penduduk. Banjir/genangan terjadi dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor utama yaitu 1) faktor perilaku manusia seperti perubahan tata guna lahan, 2) faktor kondisi alami bentang permukaan bumi seperti kemiringan lereng, dan 3) faktor perubahan iklim seperti kenaikan muka air laut. Penelitian bertujuan untuk menginvestigasi faktor-faktor yang mempengaruhi banjir/genangan di kota pantai dan implikasinya terhadap kawasan perkotaan sebagai pijakan untuk memetakan banjir/genangan. Pemetaan banjir/genangan atau pola spasial banjir/genangan dapat menjadi instrumen bagi pemerintah dalam menyusun atau merevisi zonasi kawasan untuk mengurangi resiko akibat peristiwa banjir/genangan.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian banjir

Berdasarkan definisi dari *Multilingual Technical Dictionary on Irrigation and Drainage* yang dikeluarkan oleh *International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)*, pengertian banjir dapat diberi batasan sebagai laju aliran di sungai yang relatif lebih tinggi dari biasanya; genangan yang terjadi di daratan; kenaikan, penambahan, dan melimpasnya air yang tidak biasanya terjadi di daratan. Secara umum, mengadopsi dari ensiklopedia bebas (*wikipedia*), banjir diartikan sebagai suatu peristiwa di mana air menggenangi daratan/lahan yang semestinya kering sehingga menimbulkan kerugian fisik dan berdampak pada bidang sosial dan ekonomi.

Banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan : sumber air, mekanisme, posisi dan berdasarkan aspek penyebabnya (Ferad Puturuhu 2015), sebagai berikut :

a) Klasifikasi banjir berdasarkan sumber air

Klasifikasi banjir berdasarkan sumber air yang menjadi penampung di bumi, pendapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- o Banjir sungai; terjadi karena air sungai meluap;
- o Banjir danau; terjadi karena air danau meluap atau bendungannya jebol;
- o Banjir laut pasang; terjadi antara lain akibat adanya badai dan gempa bumi.

b) Klasifikasi banjir berdasarkan mekanisme terjadinya

Banjir dapat dikategorikan berdasarkan mekanisme terjadinya dan berdasarkan posisi dari sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya. Berdasarkan mekanisme terjadinya, banjir dapat dibedakan menjadi :

- o Banjir biasa (regular); banjir regular terjadi akibat jumlah limpasan yang sangat banyak sehingga melampaui kapasitas dari pembuangan air yang ada (existing drainage);
- o Banjir tidak biasa (irregular); banjir irregular terjadi akibat tsunami, gelombang pasang, atau keruntuhan dam (dam break).

c) Klasifikasi banjir berdasarkan posisi sumber banjir

Berdasarkan posisi sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya, banjir dapat dibedakan menjadi :

- o Banjir lokal; banjir lokal didefinisikan sebagai banjir yang diakibatkan oleh hujan lokal;
- o Banjir bandang (*flash flood*); banjir bandang dapat diartikan banjir yang diakibatkan oleh propagasi limpasan dari daerah hulu pada suatu daerah tangkapan.

d) Klasifikasi banjir berdasarkan aspek penyebabnya

Dilihat dari aspek penyebabnya, jenis banjir yang ada dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis yaitu :

- o Banjir yang disebabkan oleh hujan yang lama, dengan intensitas rendah (hujan siklonik atau frontal) selama beberapa hari;
- o Banjir karena salju yang mengalir, terjadi karena mengalirnya tumpukan salju dan kenaikan suhu udara yang cepat di atas lapisan salju;
- o Banjir bandang (*flash flood*), disebabkan oleh tipe hujan konvensional dengan intensitas yang tinggi dan terjadi pada tempat-tempat dengan topografi yang curam di bagian hulu sungai;
- o Banjir yang disebabkan oleh pasang surut atau air balik (*back water*) pada muara sungai atau pada pertemuan dua sungai.

Pengertian genangan

Genangan dapat disebabkan oleh 2 (dua) hal yaitu akibat intensitas curah hujan yang tinggi dan pengaruh kenaikan muka air laut, gelombang pasang surut. Dalam (Suhelmi and Prihatno 2014) di jelaskan bahwa jenis penggenangan yang diakibatkan oleh kenaikan muka air laut dibedakan dalam 3 (tiga) macam yaitu :

Pertama adalah penggenangan permanen yaitu penggenangan rob yang disebabkan kenaikan muka air laut terhadap garis pantai bergeser ke arah daratan. Besarnya pergeseran garis pantai ke arah daratan tergantung pada topografi daerah setempat. Biasanya penggenangan ini akan dialami langsung oleh kawasan pesisir yang berbatasan dengan garis pantai di pinggiran-pinggiran sungai dekat muara sungai.

Kedua adalah penggenangan sesaat yaitu penggenangan yang dialami pada saat terjadi pasang tinggi tertinggi akan tetapi setelah surut kawasan tersebut terbebas lagi. Pada daerah ini berpotensi mengalami penggenangan permanen bila muka air laut terus mengalami kenaikan.

Ketiga berupa penggenangan semu yaitu bilamana suatu kawasan tersebut tidak terjadi penggenangan air laut tetapi terkena pengaruh penggenangan, yaitu melalui perembesan air laut yang masuk melalui pori-pori tanah ke arah daratan. Hal ini terlihat dan kawasan di mana permukaan tanahnya selalu lembab atau basah disebabkan pengaruh air laut yang bergerak melalui bagian bawah permukaan.

Siklus hidrologi

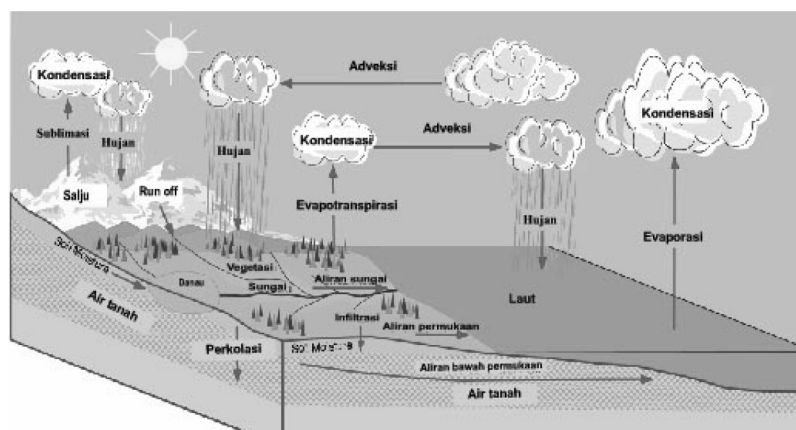
Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah.

Air juga dapat berupa ujud : dapat berupa zat cair sesuai dengan nama atau sebutannya “air”, dapat berupa benda padat yang disebut “es”, dan dapat pula berupa gas yang dikenal dengan nama “uap air”. Perubahan fisik bentuk air ini tergantung dari lokasi dan kondisi alam. Ketika dipanaskan sampai 100°C maka air berubah menjadi uap dan pada suhu tertentu uap air berubah kembali menjadi air. Pada suhu yang dingin di bawah 0°C air berubah menjadi benda padat yang disebut es atau salju. Air dapat juga berupa air tawar (fresh water) dan dapat pula berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan ujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah dan di udara) dan jenis air mengikuti siklus keseimbangan dan dikenal istilah siklus hidrologi (Kodoatie 2010).

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tetap mulai dari lautan sampai ke udara dan kembali ke lautan. Proses yang terjadi pada siklus hidrologi adalah evaporasi, transpirasi, presipitasi, pergerakan massa udara, kondensasi, dan pergerakan air tanah.

Penguapan dari laut (evaporasi) dan tanaman (evapotranspirasi) akan membentuk uap air. Uap air tersebut membentuk awan serta mengemban di udara (kondensasi) dan pada akhirnya cenderung menimbulkan hujan (presipitasi) dan apabila telah terlalu berat maka turunlah hujan. Air hujan ada yang jatuh lagi ke laut, sedang yang jatuh ke daratan meresap ke dalam tanah (infiltrasi). Air dalam tanah sebagian diserap oleh akar tanaman dan sebagian lagi membentuk mata air. Karena pengaruh radiasi matahari terjadi lagi penguapan, demikianlah terjadinya siklus tersebut. Pergerakan air dalam tanah disebut perkolasi, sedangkan aliran air di permukaan tanah disebut *run off*.

Dalam siklus hidrologi diperlukan panas dan kelembapan tertentu, apabila panas dan kelembapan tersedia maka siklusnya aktif.



Gambar 1. Proses perjalanan air dalam siklus hidrologi

Mengacu pada gambar 1, proses perjalanan air dalam siklus hidrologi, maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a) Penguapan/evaporasi : Terjadi pada air laut karena panas matahari yang merupakan sumber air terbesar. Evaporasi juga terjadi pada sungai, danau, rawa, tambak, embung, situ-situ, waduk, dll;

- b) Evapotranspirasi : Air diambil oleh tanaman melalui akar-akarnya yang dipakai untuk kebutuhan hidup dari tanaman tersebut disebut dengan transpirasi, lalu air di dalam tanaman juga keluar berupa uap akibat energi panas matahari (evaporasi). Proses pengambilan air oleh akar tanaman kemudian terjadinya penguapan dari tanaman disebut sebagai evapo-transpirasi;
- c) Hujan turun : Uap air akibat dari evaporasi dan evapo-transpirasi bergerak ke atmosfer (udara) kemudian akibat perbedaan temperatur di atmosfer dari panas menjadi dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi keadaan cairan (*from air to liqued state*). Bila temperatur berada di bawah titik beku (*freezing point*) kristal-kristal es terbentuk. Tetesan air kecil (*tiny droplet*) tumbuh oleh kondensasi dan berbenturan dengan tetesan air lainnya dan terbawa oleh gerakan udara turbulen sampai pada kondisi yang cukup besar menjadi butir-butir air. Apalagi jumlah butir air sudah cukup banyak dan akibat berat sendiri (secara gravitasi) butir-butir air itu akan turun ke bumi dan proses turunnya butiran air ini disebut dengan hujan. Bila temperatur udara turun sampai di bawah 0° Celcius maka butiran air akan berubah menjadi salju;
- d) Air hujan di tanaman : air hujan jatuh atau mengalir melalui tanaman. Bila tanaman cukup rimbun maka perlu waktu yang relatif lama untuk air mencapai tanah. Waktu air mengalir melalui tanaman berbeda-beda untuk tiap jenis tanaman;
- e) Aliran permukaan (*run-off*) : Secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan, ke lembah, lalu ke daerah lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut (dapat juga bermuara ke danau). Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di atas muka tanah;
- f) Banjir/genangan : Terjadi banjir dan genangan akibat luapan sungai atau drainase yang tak mampu mengalirkan air. Banjir dan genangan juga terjadi di daerah rendah berupa cekungan dan retensi;
- g) Aliran sungai : Aliran permukaan biasanya akan memasuki daerah tangkapan air (*catchment area*) atau daerah aliran sungai (DAS) menuju ke sistem jaringan sungai. Dalam sistem sungai, aliran mengalir mulai dari sistem sungai yang kecil menuju ke sistem sungai yang besar dan akhirnya akan menuju mulut sungai atau sering disebut estuari yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut. Dapat juga berakhirnya sistem sungai di danau;
- h) Transpirasi : Seperti telah di uraikan pada poin b, air dalam tanah diambil oleh tanaman melalui akar-akarnya yang dipakai untuk kebutuhan hidup dari tanaman tersebut;
- i) Kapiler : Air dalam tanah mengalir dari aliran air tanah karena mempunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke vadose zone menjadi butiran air tanah (soil moisture), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah;
- j) Infiltrasi : Sebagian dari air permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah dalam bentuk infiltrasi;
- k) Aliran antara (interflow) : Yaitu air di bawah vadose zone yang mengalir menuju jaringan sungai, waduk, situ-situ, danau;
- l) Aliran dasar (base flow) : Yaitu aliran air tanah yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ-situ, rawa dan danau;

- m) Aliran run-out : Yaitu aliran air tanah yang langsung menuju ke laut;
- n) Perkolasi : Air dari soil moisture di daerah vadose zone yang mengisi aliran air tanah;
- o) Kapiler : Yaitu aliran dari air tanah yang mengisi *soil moisture*.

Jumlah air

Dalam (Kodoatie 2010), dijelaskan bahwa dari sudut pandang ketersediaan air, maka siklus hidrologi dapat dipandang juga dari sisi tampungan (*storage*). Tampungan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) tampungan intersepsi;
- b) tampungan di tanaman;
- c) tampungan di atas permukaan tanah;
- d) tampungan jaringan sungai;
- e) tampungan di zona tak jenuh, di atas muka air tanah sampai permukaan tanah;
- f) tampungan air tanah, dibawah muka air tanah;
- g) tampungan air tanah;
- h) tampungan di atmosfer;
- i) tampungan di gudang air minum kemasan, gedung-gedung dan rumah tangga.

Secara garis besar total volume air yang ada yaitu air asin dan air tawar di dunia adalah 1.385.948.610 km³, terdiri atas :

- a) air laut (air asin) : 1.338.000.000 km³ atau 96,54%
- b) lainnya (air tawar + asin) : 47.984.610 km³ atau 3,46%
 - o air asin di luar air laut : 12.955.400 km³ atau 0,93%
 - o air tawar : 35.029.210 km³ atau 2,53%

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Metode penelitian kualitatif berlandaskan pada filsafat complex paradigm, dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci, teknik pengumpulan data dilakukan dengan tinjauan literatur, analisis data bersifat deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, menginvestigasi dan menguraikan faktor-faktor yang mempengaruhi banjir/genangan di kota pantai, faktor-faktor tersebut dikumpulkan dari literatur berupa buku, jurnal nasional, dan jurnal internasional, antara lain :

Tutupan Lahan

Yang dimaksud dengan tata guna tanah adalah (*land use*) adalah pengaturan penggunaan tanah (tata = pengaturan). Tanah berarti bumi (*earth*), sehingga pengertian kata “tanah” banyak sekali, misalnya tanah pengertian benua (tanah Amerika); dalam pengertian daratan (tanah Asia); dalam pengertian negeri (tanah Cina); dalam pengertian tanah air (tanahku, Indonesia); dan dalam pengertian lahan (tanah pertanian atau tanah untuk rumah). Lahan berarti : tanah yang sudah ada peruntukannya dan umumnya ada pemiliknya (perorangan atau lembaga), misalnya dapat dikatakan tata guna lahan di kota. Tata guna tanah/lahan perkotaan adalah suatu istilah yang digunakan untuk menunjukkan pembagian dalam ruang dari peran kota seperti : kawasan pemukiman, kawasan tempat bekerja, kawasan rekreasi, dll. (Jayadinata 1999).

Perubahan tata guna lahan membawa dampak terhadap infiltrasi tanah. Sehingga apabila terjadi hujan, maka di beberapa daerah yang permukaannya sudah ditutupi oleh bangunan dan aspal dengan tingkat infiltrasinya kecil menyebabkan banjir dan genangan (Rismalinda. Ariyanto, n.d.). Pengaruh kepadatan bangunan yang cenderung mengalami peningkatan akibat penetapan kawasan sebagai kawasan permukiman terpadu, berdampak kepada masyarakat dan lingkungan. Pertumbuhan pembangunan yang sangat tinggi mendesak keberadaan sungai dan saluran drainase, dan daerah resapan air menjadi semakin kecil. Sehingga berdampak pada daya resap air yang rendah, akibat tutupan lahan akan perkerasan semakin luas. Sehingga potensi timbulnya genangan air yang terakumulasi menjadi banjir (Reza and Pamungkas 2014).

Migrasi orang dari desa ke kota menyebabkan peningkatan populasi dan urbanisasi. Urbanisasi merupakan penyebab utama dari perubahan proses hidrologi dan hidrolika, kehilangan kapasitas eksisting drainase dan banjir di daerah perkotaan. Hal ini meningkatkan total volume limpasan dan debit puncak limpasan (Zope, Eldho, and Jothiprakash 2016).

Jenis Tanah

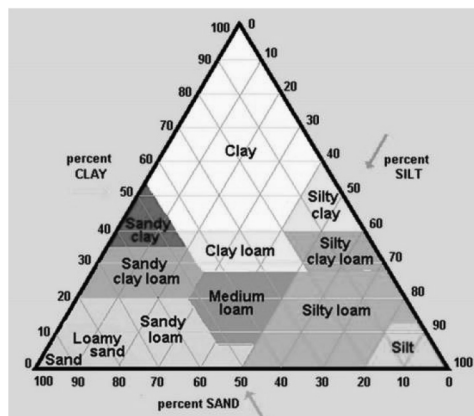
Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus). Dapat juga didefinisikan bahwa tanah adalah hasil pelapukan batuan yang dapat mengandung pasir, lempung, mempunyai bermacam nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Tanah dengan tekstur sangat halus memiliki peluang kejadian banjir yang tinggi, sedangkan tekstur yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah. Hal ini disebabkan semakin halus tekstur tanah menyebabkan air aliran permukaan yang berasal dari hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi penggenangan (Purnama 2008).

Tekstur Tanah adalah perbandingan relatif antara fraksi-fraksi debu, liat, dan pasir dalam bentuk persen, berdasarkan kelas teksturnya maka tanah dapat digolongkan menjadi :

- a) Tanah bertekstur halus atau kasar berliat; artinya tanah yang memiliki minimal 37,5% liat, baik itu liat berdebu dan atau liat berpasir.
- b) Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung; artinya tanah ini tersusun atas:

- o Tanah bertekstur sedang, mencakup tanah dengan tekstur lempung berdebu (silty loam), lempung berpasir sangat halus, lempung (loam), atau debu (silt).
 - o Tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar, mencakup tanah yang bertekstur lempung berpasir halus atau lempung berpasir (sandy loam).
 - o Tanah bertekstur sedang dan agak halus, meliputi lempung liat berdebu (sandy silt loam), lempung liat berpasir (sandy clay loam), serta lempung liat (clay loam).
- c) Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir; artinya tanah yang memiliki minimal 70% pasir, dan atau bertekstur pasir, dan atau pasir berlempung.



Gambar 2. Jenis-jenis tanah berdasarkan kelas teksturnya

Klasifikasi tanah berdasarkan USDA (United States Departemen of Agriculture), FAO/UNESCO, serta Pusat Penelitian Tanah (PPT) Bogor sebagai berikut :

Tabel 1. Konversi antar klasifikasi tanah USDA, FAO/UNESCO, dan PPT

USDA Soil Taxonomy (1975-1990)	FAO/UNESCO (1974)	Modifikasi 1978/1982 (PPT)
Entisol	Fluvisol	Tanah aluvial
Andisol	Andosol	Andosol
Inceptisol	Cambisol	Kambisol
Vertisol	Vertisol	Grumusol
Entisol	Litosol	Litosol
Alfisol	Luvisol	Mediteran
Histosol	Histosol	Organosol
Spodosol	Podsol	Podsol
Ultisol	Acrisol	Podsolik
Entisol	Regosol	Regosol
Rendoll	Renzina	Renzina

Kontur

Data berupa kontur yang menunjukkan garis-garis ketinggian wilayah diproses dalam aplikasi berbasis sistem informasi geografis (SIG) dan bersumber dari data DEM (*digital elevation model*) yang kemudian dilakukan suatu pemodelan untuk mencari arah aliran air, akumulasi aliran serta konsentrasi aliran air (Purwono 2013). DEM (*digital elevation model*) adalah data yang memberikan informasi ketinggian dan karakteristik topografi suatu bentang lahan (Mulyoutami et al. 2010). Model elevasi digital yang digunakan dalam kajian atau penelitian dapat diperoleh melalui data Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).

Ketinggian mempunyai pengaruh terhadap terjadinya banjir. Berdasarkan sifat air yang mengalir mengikuti gaya gravitasi yaitu mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Dimana daerah yang mempunyai ketinggian yang lebih tinggi lebih berpotensi kecil untuk terjadi banjir. Sedangkan daerah dengan ketinggian rendah lebih berpotensi besar untuk terjadinya banjir (Suhardiman, n.d.).

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng menunjukkan besarnya sudut lereng dalam persen atau derajat. Dua titik yang berjarak horizontal 100 meter yang mempunyai selisih tinggi 10 meter membentuk lereng 10%. Kecuraman lereng 100% sama dengan kecuraman 45 derajat. Selain dari memperbesar jumlah aliran permukaan, semakin curamnya lereng juga memperbesar energi angkut air (Eunike Rupang, Sakka, n.d.). Topografi, kelandaian lahan sangat mempengaruhi timbulnya banjir terutama pada lokasi dengan topografi dasar dan kemiringan rendah, seperti pada kota-kota pantai. Hal ini menyebabkan kota-kota pantai memiliki potensi/peluang terjadinya banjir yang besar disamping dari ketersediaan saluran drainase yang kurang memadai, baik saluran utama maupun saluran yang lebih kecil (Purnama 2008). Kemiringan lahan semakin tinggi, maka air yang diteruskan semakin tinggi. Air yang berada pada lahan tersebut akan diteruskan ke tempat yang lebih rendah semakin cepat jika dibandingkan dengan lahan yang kemiringannya rendah (landai). Dengan demikian, maka semakin besar derajat kemiringan lahan maka skor untuk kerawanan banjir semakin kecil (Suhardiman, n.d.).

Curah hujan (CH)

Cuaca dan iklim sangat terkait erat dengan banyak aspek kehidupan manusia. Kejadian cuaca ekstrem dalam beberapa dekade terakhir telah menekankan pentingnya bahaya yang terkait dengan iklim dan cuaca, seperti suhu tinggi atau banjir setelah curah hujan yang intens (Każmierczak and Cavan 2011). Faktor curah hujan sebagai salah satu penduga penyebab terjadinya banjir, hujan akan menimbulkan banjir jika intensitasnya cukup tinggi dan jatuhnya dalam waktu yang relatif lama (Suhardiman, n.d.). Dalam (Kartasapoetra 2016), dijelaskan bahwa hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Untuk dapat terjadinya hujan diperlukan titik-titik kondensasi, amoniak, debu, dan asam belerang. Titik kondensasi ini mempunyai sifat dapat mengambil uap air dari udara.

Berdasarkan terjadinya proses presipitasi, hujan dapat dibagi menjadi :

- Hujan konveksi, yaitu suatu proses hujan yang berdasarkan atas pengembangan udara yang dipanaskan, jadi akan terus naik. Pada waktu naik temperatur akan turun sampai suatu saat terjadi kondensasi maka timbullah hujan.
- Hujan orografis, yaitu suatu proses hujan di mana udara dipaksa naik karena adanya penghalang, misalnya gunung. Pada lereng gunung yang menghadap angin datang akan mempunyai hujan yang tinggi, sedangkan pada lereng sebaliknya dimana udara turun akan terjadi panas yang sifatnya kering.
- Hujan frontal, banyak terjadi pada daerah lintang pertengahan dimana temperatur massa udara tidak sama, akibatnya apabila massa udara yang panas naik sampai ke massa udara yang dingin akan terjadi kondensasi dan timbullah hujan.

Satuan curah hujan diukur dalam mm/inci. Curah hujan 1 mm artinya air hujan yang jatuh setelah 1 mm tidak mengalir, tidak meresap dan tidak menguap. Hari hujan artinya suatu hari dimana curah hujan kurang dari 0,5 mm per hari, jumlah ini tidak berarti bagi tanaman, karena akan habis menguap apabila ada angin. Hari hujan tanaman artinya suatu hari yang curah hujannya kurang dari 2,5 mm dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Sifat awan yang dapat mengakibatkan hujan oleh manusia digunakan untuk membuat hujan buatan. Dalam mempercepat hujan, orang memberi zat yang higroskopis sebagai inti kondensasi (perak iodida, kristal es, es kering atau CO₂ padat). Zat-zat tersebut ditaburkan ke udara dengan menggunakan pesawat terbang.

Dalam (Indah et al. 2013), dijelaskan hubungan antara derajat curah hujan dan intensitas curah hujan (mm/jam) seperti pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Hubungan derajat curah hujan dan intensitas curah hujan

Derajat curah hujan	Intensitas curah hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	<1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1,20-3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan normal	3,00-18,00	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan kedinginan
Hujan deras	18,00-60,00	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	>60,00	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran drainase meluap

Sumber : Suripin, 2004

Debit banjir rencana

Untuk menentukan banjir rencana, ada banyak metode perhitungan. Beberapa metode perhitungan banjir rencana (Kodoatie 2013), diantaranya :

- a) Hubungan empiris curah hujan-limpasan (metode-metode : Rasional, Weduwen, Melchior);
- b) Dengan menggunakan hidrograf satuan untuk menghitung hidrograf banjir;
- c) Dengan pengamatan langsung di lapangan.

Hubungan empiris curah hujan-limpasan

a) Metode Rasional

Metode ini dipakai untuk daerah aliran sungai (DAS) yang kecil. Untuk perencanaan banjir daerah perkotaan dan bangunan fasilitas air misalnya gorong-gorong, drainase saluran terbuka.

Metode ini juga menunjukkan parameter-parameter yang dipakai metode-metode perkiraan banjir lainnya, yaitu koefisien *run off*, intensitas hujan dan luas daerah aliran sungai (DAS). Metode rasional dipakai untuk daerah perkotaan dengan luas DAS kurang dari 200 are atau ± 81 ha (Subarkah, 1980; Grigg, 1996), dengan persamaan :

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

dimana :

C = koefisien run-off (dari tabel atau dengan rumus) → besarnya antara 0 – 1;

I = intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam);

A = luas daerah aliran (km²);

Q = debit maksimum (m³/detik)

Tabel 3. Koefisien aliran (C) untuk Metode Rasional

Koefisien Aliran C = Ct + Cs + Cv					
Topografi Ct		Tanah Cs		Tutupan lahan/vegetasi Cv	
Datar (<1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Lahan perta- nian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

Sumber : Suripin 2003

Pasang surut air laut (PASUT)

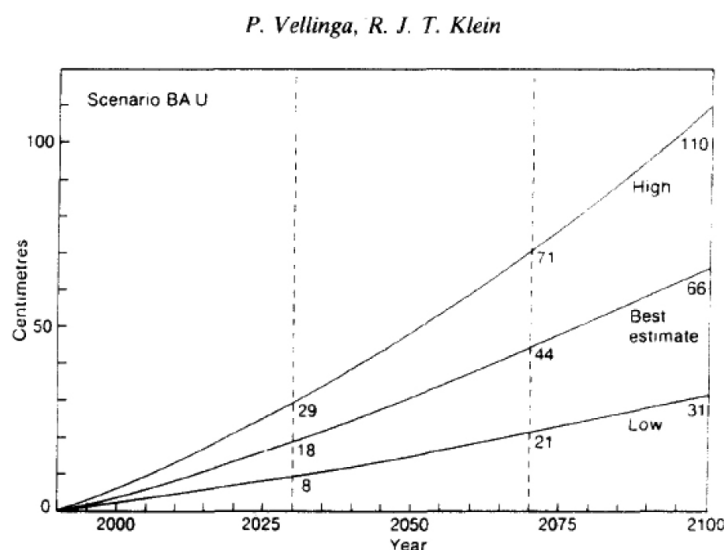
Genangan pasang surut merupakan ancaman serius bagi daerah-daerah pesisir, merusak lingkungan dan meningkatkan risiko di wilayah pesisir (Luber et al. 2015). Dalam (Sutirto 2014) di jelaskan bahwa gelombang pasang surut adalah gelombang atau fluktuasi muka air yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara planet bumi dan planet-planet lain terutama dengan bulan dan matahari. Pasang surut termasuk gelombang panjang dengan periode gelombang

berkisar antara 12 dan 24 jam. Puncak gelombang pasang surut biasa disebut air pasang (high tide) dan lembahnya disebut air surut (low tide).

Pasang surut dan pasang naik pada air laut dalam 24 jam 50 menit terjadi sebanyak 2 kali. Pasang terjadi karena tarikan / gravitasi bulan yang menaikkan air dari bagian permukaan bumi yang menghadap ke arahnya. Pasang surut terjadi ketika bulan berada tepat di atas kepala kita, gravitasi menarik laut ke arahnya, sehingga menyebabkan gembungan gelombang yang menjauhi pantai. Pasang surut ini menyebabkan ketinggian air laut ini menurun. Sedangkan pasang naik terjadi ketika bumi berotasi, gembungan gelombang mengikuti posisi bulan terhadap bumi. Pasang naik menyebabkan ketinggian air meningkat.

Kenaikan muka air laut (KML)

Kenaikan muka air laut (KML) adalah salah satu konsekuensi yang paling mendalam dari perubahan iklim antropogenik. Sebagai ekosistem pesisir dan komunitas mereka di seluruh dunia secara luas diakui menjadi rentan terhadap KML (Chen et al. 2014). Dalam (Sutirto 2014), dinyatakan bahwa berdasarkan IPCC (1990), kenaikan muka air laut akibat efek rumah kaca sebesar 60 cm tiap seratus tahun. Publikasi ini merupakan laporan penilaian pertama yang dilakukan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) tentang perubahan iklim (Vellinga and Klein 1993), kenaikan muka air laut (KML) membebankan peningkatan bahaya banjir di masyarakat pesisir dataran rendah akibat paparan lebih tinggi untuk kondisi tinggi gelombang dan gelombang badai (Wdowinski et al. 2016). Proyeksi kenaikan muka air laut (KML) diilustrasikan pada gambar 2 berikut ini :



Gambar 3. Kenaikan muka air laut global (IPCC,1990)

Banjir kiriman (BK)

Banjir Kiriman adalah istilah yang menggambarkan kejadian banjir di satu tempat dimana air genangan berasal dari aliran air permukaan dari tempat yang lebih tinggi (hulu). Banjir kiriman yang debitnya sangat besar dan mampu menghanyutkan benda-benda ukuran besar disebut dengan istilah Banjir Bandang (“Pusat Studi Lahan” 2017)

Banjir kiriman terjadi karena daerah atas (hulu) tidak mampu menyerap air (infiltrasi) dengan optimal, sehingga volume curah hujan banyak berubah menjadi aliran permukaan (*runoff*). Ketidak mampuan penyerapan air secara optimal ini dapat disebabkan oleh :

a) Curah Hujan terlalu tinggi

Biasanya terjadi pada puncak musim hujan, dimana volume air hujan jauh melebihi kapasitas kemampuan tanah meresapkan air. Curah hujan abnormal (ekstrim tinggi) juga terjadi akibat perubahan iklim yang mulai terjadi pada beberapa tahun terakhir ini. Sehingga ramalan/prediksi curah hujan masa lalu seperti pranata mangsa menjadi kurang akurat lagi.

b) Bangunan (permukiman) di kawasan hulu

Semakin banyak bangunan (satuan luas) maka semakin banyak pula volume air yang tidak dapat diserap ke dalam tanah. Nilai air yang tidak dapat diserap dapat dihitung berdasarkan nilai curah hujan (mm) dikalikan dengan luasan lahan yang tertutup oleh bangunan.

c) Penggundulan hutan

Siapapun pengelolanya, apakah perusahaan atau pribadi, kawasan lereng perbukitan dan pegunungan di hulu wajib dijadikan sebagai kawasan hutan (lindung/produksi/rakyat). Pola pengelolaan hutan bersama masyarakat dengan membolehkan menanam tanaman semusim di bawah tegakan (tanaman pokok hutan) selama 4 tahun pertama, kadang kurang efektif dan sering tanpa kendali. Konsep wanatani (agroforestry) dengan kombinasi tanaman tahunan (kayu/buah) dianggap paling efektif dalam meningkatkan peran hutan sebagai kawasan tangkapan air.

d) Kerusakan tanggul/bendungan

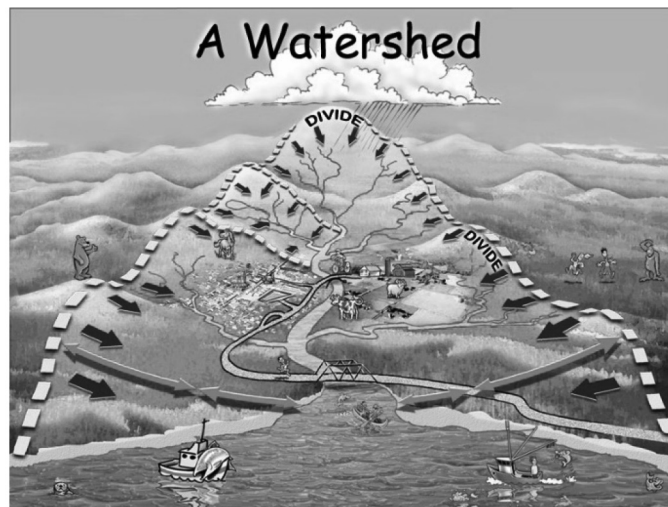
Bendungan dibuat untuk menjadi tampungan air dari daerah atas (hulu), sedangkan tanggul dibuat untuk menghalangi aliran air melewati jalur sungai ke permukiman warga. Apabila bangunan ini mengalami kerusakan (jebol) maka aliran air menjadi lebih besar dan dapat menimbulkan banjir di kawasan bawah (hilir).

e) Daerah aliran sungai (DAS)

Dalam (Ferad Puturuhi 2015), dijelaskan bahwa salah satu aspek yang seringkali dilupakan berkaitan dengan terjadinya banjir di satu kota adalah banjir itu sangat berkaitan erat dengan kesatuan wilayah yang disebut dengan daerah aliran sungai (DAS). DAS didefinisikan sebagai satu hamparan wilayah dimana air hujan yang jatuh di wilayah itu akan menuju ke satu titik outlet yang sama, apakah itu sungai, danau atau laut.

Jadi jika air hujan yang jatuh kerumah Anda mengalir ke selokan dan menuju ke sungai, maka Anda adalah warga DAS. Itu artinya, jika air sungai meluap dan menggenangi daratan banjir di sekitarnya, maka Anda (air hujan dari persil lahan Anda) punya kontribusi terhadap terjadinya banjir itu. Seperti pada hulu DAS sungai Citarum yang terletak di Jawa Barat-Indonesia yang menderita akibat terjadinya banjir setiap tahun pada musim hujan karena merupakan daerah dataran tinggi yang di kelilingi oleh gunung (Nastiti et al. 2015).

Suatu daerah aliran sungai atau DAS adalah sebidang lahan yang menampung air hujan dan mengalirkannya menuju parit, sungai dan akhirnya bermuara ke danau dan laut. Istilah yang umum digunakan untuk DAS adalah daerah tangkapan air (DTA) atau *catchment* atau *watershed* (gambar 4). Batas DAS adalah punggung perbukitan yang membagi satu DAS dengan DAS lainnya.



Gambar 4. Daerah aliran sungai (DAS)

Penurunan muka tanah

Proses atau gerakan turunnya permukaan tanah telah banyak terjadi diberbagai wilayah di dunia terutama dikota-kota besar yang berlokasi dikawasan pantai atau dataran *aluvial* (endapan lepas yang tertransport ke tempat lain atau tidak berada disekitar batuan induk dimana berukuran butiran berupa pasir dan lempung) (Yudopotter, n.d.). Kerentanan wilayah pesisir juga dipengaruhi oleh penurunan tanah, penurunan tanah terjadi karena sebagian besar daerah terdiri dari unit morfologi dataran aluvial yang masih dalam proses konsolidasi, kondisi penurunan tanah sangat mempengaruhi luasan genangan rob di masa depan (Luber et al. 2015). Rob merupakan fenomena yang menarik yaitu banjir terjadi tanpa hujan, kenyataan tersebut terjadi karena dampak penurunan tanah (Hidajat 2010).

Implikasinya banjir/genangan terhadap kawasan perkotaan

Bencana banjir mengakibatkan kerugian berupa korban manusia dan harta benda, baik milik perorangan maupun milik umum yang dapat mengganggu dan bahkan melumpuhkan kegiatan sosial ekonomi penduduk perkotaan. Dari hasil investigasi faktor-faktor yang mempengaruhi banjir/genangan di kota pantai, terdapat beberapa faktor yang diakibatkan oleh perubahan iklim antara lain; kenaikan muka air laut (KML), pasang surut air laut (PASUT), curah hujan (CH) dan banjir kiriman (BK).

Perlu dipahami bahwa faktor-faktor banjir/genangan akibat perubahan iklim dapat terjadi diwaktu bersamaan dan juga dapat terjadi oleh 1 atau lebih faktor, sehingga diperlukan beberapa skenario dengan untuk memetakan secara spasial daerah banjir/genangan pada suatu perkotaan, skenario pola spasial dapat dilakukan dengan mengkombinasikan 2 atau lebih faktor tersebut seperti berikut ini :

- Skenario 1 = KML + PASUT
- Skenario 2 = KML + CH
- Skenario 3 = KML + BK
- Skenario 4 = KML + PASUT + BK
- Skenario 5 = KML + PASUT + CH + BK

Setiap skenario pola spasial banjir/genangan, dari skenario 1 – 5 akan berimplikasi pada kawasan tepian air pada kota-kota pantai. Banjir/genangan dapat berimplikasi pada kawasan perkotaan (Ferad Puturuhi 2015), terutama pada komponen-komponen sebagai berikut :

a) Manusia

- o Jumlah penduduk yang meninggal dunia
- o Jumlah penduduk yang hilang
- o Jumlah penduduk yang luka-luka
- o Jumlah penduduk yang mengungsi

b) Prasarana umum

- o Prasarana transportasi yang tergenang, rusak dan hanyut, diantaranya; jalan, jembatan dan bangunan lainnya; jalan KA, stasiun KA, terminal bus, jalan akses dan kompleks pelabuhan.
- o Fasilitas sosial yang tergenang, rusak dan hanyut diantaranya; sekolah, rumah ibadah, pasar, gedung pertemuan, puskesmas, rumah sakit, kantor pos dan fasilitas sosial lainnya.
- o Fasilitas pemerintahan, industri jasa dan fasilitas strategis lainnya: kantor instansi pemerintah, kompleks industri, kompleks perdagangan, instalasi listrik, pembangkit listrik, jaringan distribusi gas, instalasi telekomunikasi yang tergenang, rusak dan hanyut serta dampaknya, misal berapa lama fasilitas-fasilitas terganggu sehingga tidak dapat memberikan layanannya.

c) Harta benda perorangan

- o Rumah tinggal yang tergenang, rusak dan hanyut
- o Harta benda (aset) diantaranya modal-barang produksi dan perdagangan, mobil, perabotan rumah tangga, dan lainnya yang tergenang, rusak dan hilang

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap banjir/genangan di kota pantai adalah; tutupan lahan, jenis tanah, kontur, kemiringan lereng, curah hujan, pasang surut air laut, kenaikan muka air laut, banjir kiriman, penurunan muka tanah.
2. Pola spasial banjir/genangan, dapat digambarkan kedalam beberapa skenario yaitu dengan mengkombinasikan 2 atau lebih faktor yang disebabkan oleh pengaruh iklim seperti kombinasi curah hujan (CH) dengan kenaikan muka air laut (KML), dll.
3. Banjir/genangan dapat berimplikasi pada keselamatan manusia, kerusakan prasarana umum, kerugian harta, dan kerusakan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Chang-lin, Jun-cheng Zuo, Mei-xiang Chen, Zhi-gang Gao, and C.-K. Shum. (2014). "Sea Level Change under IPCC-A2 Scenario in Bohai, Yellow, and East China Seas." *Water Science and Engineering* 7 (4). Hohai University. Production and hosting by Elsevier B.V.: 446–56. doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2014.04.009.
- "Daftar Pulau Di Indonesia." n.d. https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pulau_di_Indonesia.
- Eunike Rupang, Sakka, Paharuddin. n.d. "Analisis Kerentanan Pantai Berdasarkan Parameter Fisik," 1–8.
- Ferad Puturu. (2015). *Mitigasi Bencana Dan Penginderaan Jauh*. Cetakan I. (Yogyakarta: Graha Ilmu)
- Hidajat, Sutomo Kahar; Purwanti; Wahyu Krisna. (2010). "Dampak Penurunan Tanah Dan Kenaikan Muka Laut Terhadap Luasan Genangan Rob Di Semarang," 83–91.
- Imaduddina, Annisaa Hamidah, and W. Widiyanto Hari Subagyo. (2014). "Sea Level Rise Flood Zones: Mitigating Floods in Surabaya Coastal Area." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 135. Elsevier B.V.: 123–29. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.335.
- Indah, Kelurahan Tamalanrea, Kota Makassar, Dana Rezky Arisandhy, and Westi Susi Aysa. (2013). "Prediksi Genangan Banjir Menggunakan Metode Rasional USSCS 1973 Studi Kasus : Perumahan BTN Hamzy , BTN Antara , BTN Asal," 7–12.
- Jayadinata, Johara T. (1999). *Tata Guna Tanah Dalam Perencanaan Pedesaan Perkotaan & Wilayah*. Bandung.
- Kartasapoetra, Ance Gunarsih. (2016). *Klimatologi : Pengaruh Iklim Terhadap Tanah Dan Tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kaźmierczak, Aleksandra, and Gina Cavan. (2011). "Surface Water Flooding Risk to Urban Communities: Analysis of Vulnerability, Hazard and Exposure." *Landscape and Urban Planning* 103 (2): 185–97. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.07.008.
- Kodoatie, Robert J.(2010). *Tata Ruang Air*. (Yogyakarta: Andi Yogyakarta).
- . (2013). *Rekayasa Dan Manajemen Banjir Kota*. (Yogyakarta: Andi Yogyakarta)
- Luber, Pra, Agung Wibowo, Agus Hartoko, Penurunan Tanah, Mempengaruhi Kerentanan, and Wilayah Pesisir. 2015. "Land Subsidence Affects Coastal Zone Vulnerability" 20 (September): 127–34. doi:10.14710/ik.ijms.20.3.127-134.
- Mulyoutami, Elok, Andree Ekadinata, Tonni Asmawan, Zuraida Said, Meine Van Noordwijk, and Beria Leimona. (2010). "Kaji Cepat Hidrologi Di Daerah Aliran Sungai Krueng Peusangan , NAD , Sumatra."
- Nastiti, Kania Dewi, Yeonsu Kim, Kwansue Jung, and Hyunuk An. (2015). "The Application of Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model for Inundation Case in Upper Citarum Watershed, West Java-Indonesia." *Procedia Engineering* 125. Elsevier B.V.: 166–72. doi:10.1016/j.proeng.2015.11.024.

- Purnama, Asep. (2008). "Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis."
- Purwono, Nugroho. (2013). "Pemodelan Spasial Untuk Identifikasi Banjir Genangan Di Wilayah Kota Surakarta Dengan Pendekatan Metode Rasional (Rational Runoff Method)."
- "Pusat Studi Lahan." (2017). <https://www.facebook.com/Pusat-Studi-Lahan-397826617014885/>.
- Reza, Adhe, and Adjie Pamungkas. (2014). "Faktor-Faktor Kerentanan Yang Berpengaruh Terhadap Bencana Banjir Di Kecamatan Manggala Kota Makassar." *Jurnal Teknik Pomits* 3 (2): 3–8.
- Rismalinda. Ariyanto. n.d. "Analisa Kelayakan Kapasitas Saluran Drainase," 1–10.
- Suhardiman. n.d. "Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)."
- Suhelmi, Ifan R, and Hari Prihatno. (2014). "Model Spasial Dinamik Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Pesisir Semarang" 21 (1): 15–20.
- Susandi, Armi, Indriani Herlianti, Mamad Tamamadin, and Irma Nurlela. (2010). "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut Di Wilayah Banjarmasin." *Jurnal Ekonomi Lingkungan* 12 (2): 5–8.
- Sutirto, Diarto Trisnoyuwono. (2014). *Gelombang Dan Arus Laut Lepas*. Cetakan I. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Vellinga, Pier, and Richard J.T. Klein. (1993). "Climate Change, Sea Level Rise and Integrated Coastal Zone Management: An IPCC Approach." *Ocean & Coastal Management* 21 (1): 245–68. doi:10.1016/0964-5691(93)90029-X.
- Wdowinski, Shimon, Ronald Bray, Ben P. Kirtman, and Zhaohua Wu. (2016). "Increasing Flooding Hazard in Coastal Communities due to Rising Sea Level: Case Study of Miami Beach, Florida." *Ocean and Coastal Management* 126. Elsevier Ltd: 1–8. doi:10.1016/j.ocecoaman.2016.03.002.
- Yudopotter. n.d. "Pengantar Penurunan Muka Tanah." <https://yudopotter.wordpress.com/2009/02/17/pengantar-penurunan-muka-tanah-land-subsidence/>.
- Zope, P. E., T. I. Eldho, and V. Jothiprakash. (2016). "Impacts of Land Use-Land Cover Change and Urbanization on Flooding: A Case Study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India." *Catena* 145. Elsevier B.V.: 142–54. doi:10.1016/j.catena.2016.06.009.