

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

2.1.1 Pengertian Bencana Banjir

Bencana banjir merupakan peristiwa yang terjadi akibat dari adanya suatu kegiatan yang tidak sesuai dengan yang seharusnya. Menurut Siswoko (2002) dalam Nurhadi (2016) menyatakan bahwa terjadinya banjir disebabkan karena adanya interaksi antara faktor alami dan non alami seperti ulah manusia pada daerah aliran sungai. Kemudian, menurut Arfiana (2016) banjir disebabkan karena faktor intensitas curah hujan yang terjadi di daerah hulu cukup tinggi, meluapnya air pada saluran drainase, kurang memadainya saluran drainase dan adanya perubahan tutupan lahan pada sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Selain itu, menurut Wismarini (2015) menyatakan bahwa parameter penyebab banjir terdiri dari curah hujan, penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan struktur tanah. Sejalan dengan pendapat Wismarini (2015) bahwa banjir disebabkan oleh beberapa indikator seperti curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, dan kerapatan Daerah Aliran Sungai (DAS) (Hasan, 2015). Menurut Akbar (2013), menyatakan bahwa banjir disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor alam dan faktor manusia yang dijabarkan sebagai berikut.

A. Faktor Alam

1. Curah hujan, karena Indonesia memiliki iklim tropis maka hanya terdapat musim hujan dan musim kemarau, dimana apabila musim hujan tiba dengan intensitas yang tinggi dapat menimbulkan adanya genangan atau banjir.
2. Pengaruh fisiografi, merupakan pengaruh fisik sungai seperti bentuk, kemiringan dan fungsi sungai serta pengaruh hidrolika seperti kedalaman, lebar, material dasar sungai, dan lokasi sungai.
3. Erosi dan sedimentasi, adanya erosi dan sedimentasi pada DAS dapat mengurangi kapasitas sungai sehingga menimbulkan genangan akibat sungai tidak mampu menampung air.

4. Kapasitas drainase, kurangnya kapasitas drainase juga dapat membuat suatu daerah tergenang banjir karena tidak mampu menampung aliran air yang ada.
5. Pengaruh pasang surut air, adanya pasang surut air laut juga akan memperlambat aliran air dari sungai ke laut dan apabila terjadi pasang maka akan menyebabkan genangan banjir semakin besar.

B. Faktor Manusia

1. Perubahan DAS, terjadi karena adanya penggundulan hutan, perubahan penggunaan lahan, usaha pertanian yang kurang tepat, dan perluasan kota.
2. Kawasan kumuh, adanya permukiman kumuh di sepanjang sungai dapat menghambat aliran air sehingga dapat menyebabkan terjadinya banjir.
3. Sampah, dimana masih banyak masyarakat yang membuang sampah ke sungai sehingga dapat menimbulkan banjir.
4. Bendungan, adanya bendungan atau bangunan air juga menyebabkan peningkatan elevasi permukaan air karena adanya efek balik aliran.
5. Kerusakan bangunan pengendali banjir (bendali), apabila pemeliharaan bangunan pengendali banjir kurang memadai maka dapat menimbulkan kerusakan dan menyebabkan bangunan tidak dapat berfungsi lagi.

Pendapat lain mengatakan bahwa banjir terjadi akibat kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh manusia yang menyebabkan laju aliran permukaan meningkat dan luas lahan resapan berkurang (Suryanto, 2016). Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman dalam penyebab terjadinya banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1** berikut.

Tabel 2. 1 Faktor Penyebab Terjadinya Banjir

Faktor	Arfiana (2016)	Wismarini (2015)	Hasan (2015)	Akbar (2013)	Suryanto (2016)
Curah hujan	✓	✓	✓	✓	
Penggunaan lahan		✓	✓	✓	✓
Jenis tanah		✓	✓		
Kemiringan lereng		✓	✓	✓	✓

Faktor	Arfiana (2016)	Wismarini (2015)	Hasan (2015)	Akbar (2013)	Suryanto (2016)
Kerapatan DAS	✓		✓		
Kapasitas drainase	✓			✓	
Sedimentasi				✓	

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan penjelasan pada **Tabel 2.1**, terdapat keterkaitan antar pendapat seperti yang disampaikan oleh Arfiana (2016), Wismarini (2015), Hasan (2015), dan Akbar (2013) mengenai faktor penyebab banjir bahwa banjir disebabkan oleh faktor alam yaitu karena adanya curah hujan yang tinggi. Kemudian, Wismarini (2015) dan Hasan (2015) menambahkan bahwa indikator penyebab terjadinya banjir selain karena curah hujan yang tinggi juga disebabkan oleh kemiringan lereng, jenis tanah dan kerapatan DAS. Sedangkan, menurut Akbar (2013) berpendapat bahwa faktor alam terdiri dari fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas drainase, dan pasang surut air laut. Kemudian, menurut Suryanto (2016) banjir tidak disebabkan oleh faktor alam dan lebih disebabkan oleh faktor manusia (faktor non alam).

Selanjutnya, terdapat keterkaitan antar pendapat seperti yang disampaikan oleh Arfiana (2016), Wismarini (2015), Hasan (2015), dan Suryanto mengenai faktor penyebab banjir karena faktor non alam, yaitu karena adanya perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Sedangkan, menurut Akbar (2013) berpendapat bahwa faktor non alam yang menyebabkan banjir terdiri dari perubahan DAS, banyaknya pemukiman kumuh, jumlah sampah, elevasi muka air karena bendungan, dan kerusakan bangunan pengendali banjir. Hasan (2015) juga berpendapat bahwa DAS juga termasuk faktor penyebab banjir, akan tetapi faktor tersebut masuk ke dalam faktor alam. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesimpulan mengenai penyebab terjadinya banjir yaitu:

1. Intensitas curah hujan,
2. Penggunaan lahan yang mengalami alih fungsi
3. Kemiringan lereng
4. Jenis tanah sebagai daerah resapan air

2.1.2 Mitigasi Bencana Banjir

Mitigasi bencana merupakan suatu upaya untuk mencegah maupun mengurangi risiko serta dampak yang ditimbulkan oleh bencana di kawasan rawan bencana (Eato, 2017). Mitigasi banjir adalah upaya menyeluruh untuk menangani luapan air yang muncul secara tiba-tiba karena tersumbatnya aliran sungai atau adanya pengundulan hutan yang terjadi di sekitar daerah sungai. Upaya mitigasi bencana banjir menurut Eato (2017) dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. Mitigasi struktur merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalisir dampak dari bencana dari segi fisik seperti membangun bangunan khusus untuk mencegah banjir, membuat rekayasa teknis pada bangunan tahan banjir, dan merancang infrastruktur bangunan yang tahan terhadap air.
2. Mitigasi non struktur merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalisir dampak dari bencana dari segi sosial atau selain dari mitigasi struktur seperti melakukan perencanaan wilayah hingga melibatkan partisipasi masyarakat.

Pendapat lain dikemukakan oleh Pribadi (2008) dalam Dewi (2014), mitigasi merupakan upaya dalam mengurangi dampak dari bencana yang terdiri dari mitigasi struktur dan mitigasi non struktur. Mitigasi struktur merupakan upaya untuk mengurangi dampak dari bencana secara fisik, sedangkan mitigasi non struktur merupakan upaya pengurangan dampak dari bencana yang berhubungan dengan kebijakan, pengembangan pengetahuan dan peraturan. Selain itu, Dewi (2014) juga menambahkan bahwa bentuk mitigasi banjir dapat dilakukan melalui pembuatan sumur resapan, pengerukan sungai maupun drainase, dan sosialisasi penataan bangunan di sekitar saluran air.

Kemudian, Yuniartanti (2018) juga berpendapat bahwa mitigasi struktural dan non-struktural merupakan bagian dari adaptasi terhadap bencana banjir. Bentuk mitigasi tersebut dapat dilakukan dengan penyusunan *masterplan* drainase, membangun waduk retensi, mengembangkan sistem peringatan dini, normalisasi sungai, dan membangun kembali hutan kota. Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman dalam bentuk mitigasi banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2. 2 Bentuk Mitigasi Bencana Banjir

Faktor	Dewi (2014)	Eato (2017)	Yuniartanti (2018)
Pembangunan waduk retensi		✓	✓
Pembangunan sumur resapan	✓	✓	
Perbaikan tata guna lahan	✓		
Perbaikan drainase	✓		✓
Sistem peringatan dini			✓
Pembangunan daerah hijau			✓
Normalisasi sungai	✓		

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan penjelasan pada **Tabel 2.2**, diketahui terdapat beberapa kesepahaman antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Eato (2017) dan Yuniartanti (2018) bahwa bentuk mitigasi banjir dapat dilakukan melalui pembangunan waduk retensi atau bangunan pengendali banjir lainnya. Selain itu, terdapat kesepahaman pada pembangunan sumur resapan yang dikemukakan oleh Dewi (2014) dan Eato (2017) bahwa sumur resapan dapat membantu mengurangi volume air yang meluap di permukaan. Kemudian, terdapat kesepahaman bahwa dalam mitigasi banjir perlu adanya perbaikan pada tata guna lahan yang dikemukakan oleh Dewi (2014), serta adanya perbaikan pada drainase yang dikemukakan oleh Yuniartanti (2018). Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman mengenai kajian bentuk mitigasi bencana banjir yaitu:

1. Pembangunan bangunan pengendali banjir
2. Identifikasi penyebab perubahan tata guna lahan
3. Perbaikan saluran drainase

2.2 Hidrologi Banjir

Hidrologi merupakan komponen yang terdiri potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber air dan rehabilitasi sumber daya alam seperti tanah, air dan hutan yang telah rusak (Suripin, 2004). Suripin (2004) juga

menambahkan bahwa fenomena hidrologi meliputi curah hujan, penguapan, temperatur, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, debit sungai dan konsentrasi sedimen sungai yang selalu berubah menurut waktu. Menurut Styawan (2017), proses hidrologi diawali dengan adanya hujan yang jatuh di sistem (DAS), aliran di sungai berupa hidrograf aliran merupakan respon/tanggapan dari DAS akan hujan tersebut. Dalam transformasi hujan menjadi aliran terdapat tiga komponen utama yaitu hujan sebagai masukan (*input*) ke dalam sistem DAS dan keluaran (*output*) dari sistem DAS berupa aliran (hidrograf debit).

Soemarno (2011) dalam Suharini (2019) menyebutkan bahwa dalam hidrologi khususnya siklus hidrologi pada daerah aliran sungai terdapat hubungan antara daerah hulu, tengah dan hilir yang membentuk suatu ekosistem. Permasalahan yang terjadi pada ekosistem DAS umumnya yaitu adanya peningkatan jumlah penduduk dan perubahan pada tutupan lahan (Kometa dan Ebot, 2012). Kemudian, Asdak (2010) mengemukakan bahwa DAS terdiri dari bagian hulu yang memiliki karakteristik berupa drainase yang cenderung rapat, kelerengan yang tinggi dan vegetasi yang didominasi oleh tegalan hutan. Dengan karakteristik tersebut, pada bagian hulu termasuk sebagai kawasan rawan pemasok banjir bukan kawasan rawan banjir, sebaliknya pada bagian hilir merupakan wilayah yang termasuk sebagai kawasan rawan banjir.

Besarnya volume banjir diidentifikasi dari besarnya intensitas curah hujan dan karakteristik pada daerah tangkapan air, siklus hidrologi seperti infiltrasi dan tutupan lahan (Paimin, *et al* 2009). Dalam konteks pemanasan global, perubahan tutupan lahan menjadi fokus utama karena memiliki pengaruh pada perubahan limpasan permukaan, erosi, pengendalian dan pencegahan banjir. Perubahan tutupan lahan menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya variasi aliran permukaan sebagai sumber kerawanan banjir (Jiang, Huang, dan Ruan, 2008). Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman mengenai hidrologi banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.3** berikut.

Tabel 2. 3 Komponen Hidrologi Banjir

Faktor	Suripin (2004)	Paimin <i>et al</i> (2009)	Styawan (2017)
Curah hujan	✓	✓	✓
Debit sungai	✓		
Sedimentasi	✓		
Aliran permukaan	✓		✓
Tutupan lahan		✓	

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan penjelasan pada **Tabel 2.3**, diketahui terdapat beberapa kesepahaman antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Suripin (2004), Paimin *et al* (2009), dan Styawan (2017) bahwa hidrologi terkait dengan adanya curah hujan yang menyebabkan munculnya aliran hidrograf. Kemudian, Suripin (2004) dan Styawan (2007) juga sependapat bahwa aliran permukaan atau limpasan merupakan bagian dari fenomena hidrologi. Kemudian, Paimin *et al* (2009), menambahkan bahwa tutupan lahan juga merupakan bagian dari fenomena hidrologi dimana tutupan lahan berpengaruh pada tahap infiltrasi saat terjadinya hujan. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman bahwa faktor hidrologi terdiri dari:

1. Curah hujan
2. Aliran sungai (limpasan)

2.2.1 Curah Hujan

Hujan atau presipitasi merupakan uap air yang terkondensasi dan jatuh ke bumi dalam berbagai bentuk sebagai bagian dari rangkaian siklus hidrologi (Suripin, 2004). Sudirman (2018) menambahkan bahwa hujan terjadi karena uap air akibat dari evaporasi dan evapotranspirasi bergerak ke atmosfer, kemudian mengakibatkan perbedaan temperatur di atmosfer sehingga air akan terbentuk akibat adanya kondensasi dari uap menjadi cairan. Selain itu, menurut Agustianto (2014), hujan merupakan komponen yang terdapat dalam siklus hidrologi karena

intensitas hujan yang turun akan mengalir di sungai sebagai limpasan permukaan (*run off*), aliran antara maupun aliran air tanah (infiltrasi).

Curah hujan merupakan volume air yang jatuh pada wilayah atau area tertentu dalam mm dan diperlukan dalam penyusunan rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir (Pratiwi, 2016). Curah hujan merupakan salah satu penyebab terjadinya banjir, dimana hujan dengan intensitas cukup tinggi dan jatuh dalam waktu yang relatif lama akan menimbulkan banjir (Sudirman, 2018). Semakin lama hujan terjadi maka intensitas hujan juga semakin bertambah. Menurut Agustianto (2014), intensitas curah hujan merupakan besarnya curah hujan dalam jangka waktu tertentu dan memberikan gambaran mengenai deras hujan perjam yang dinyatakan dalam satuan mm/jam. Intensitas hujan pada tiap wilayah berbeda-beda dikarenakan lamanya curah hujan atau frekuensi terjadinya hujan juga berbeda-beda.

Intensitas curah hujan yang tinggi memiliki arti bahwa air yang dicurahkan jumlahnya banyak dalam waktu yang relatif singkat, memiliki butiran air yang besar dan menyebabkan terjadinya erosi karena limpasan permukaan yang besar, sementara resapan air akan terhambat (Hadi, 2012). Selain itu, menurut Pratiwi (2016), intensitas hujan juga dapat diketahui dengan melihat data hujan harian, dimana dengan mengetahui intensitas hujan maka dapat mengetahui kejadian banjir yang akan terjadi. Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman mengenai keterkaitan curah hujan dan banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.4** berikut.

Tabel 2. 4 Curah Hujan Dengan Kejadian Banjir

No	Sumber Pustaka	Indikator	Variabel
1	Hadi (2012)	Curah Hujan	1. Intensitas hujan
			2. Limpasan permukaan
			3. Daerah resapan
2	Agustianto (2014)	Curah Hujan	1. Intensitas hujan
			2. Lama waktu hujan
3	Pratiwi (2016)	Curah Hujan	1. Hujan harian
4	Sudirman (2018)	Curah Hujan	1. Intensitas hujan
			2. Lama waktu hujan

www.itk.ac.id Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan penjelasan pada **Tabel 2.4**, diketahui terdapat beberapa kesepahaman antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Hadi (2012), Agustianto (2012), dan Sudirman (2018) bahwa kaitan curah hujan dengan kejadian banjir dapat diketahui dari intensitas hujan yang terjadi. Kemudian, Agustianto (2014) dan Sudirman (2018) juga sependapat bahwa lama waktu hujan juga akan mempengaruhi terjadinya banjir karena hujan. Selain itu, Pratiwi (2016) juga menambahkan bahwa hujan harian juga berpengaruh pada terjadinya banjir. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman mengenai indikator curah hujan yaitu:

1. Intensitas hujan
2. Lama waktu hujan
3. Hujan harian

2.2.2 Limpasan Permukaan (*Run Off*)

Limpasan permukaan (*runoff*) merupakan bagian dari siklus hidrologi berupa curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dengan elevasi tinggi ke rendah menuju ke sungai, danau, maupun lautan (Tirani, 2016). Tirani (2016) juga menambahkan bahwa air larian atau limpasan air permukaan (*surface run-off*) terbentuk ketika intensitas hujan yang turun melebihi kemampuan infiltrasi air masuk ke dalam tanah. Bagian air larian atau limpasan air permukaan yang berlangsung agak cepat akan membentuk suatu aliran debit. Agustianto (2014) menyatakan bahwa limpasan permukaan adalah adanya air yang berlebih dari kecepatan infiltrasi dan tampungan permukaan. Menurut Yelza (2012), limpasan permukaan terjadi karena ada pengaruh dari penggunaan lahan hingga karakteristik tanah. Kemudian, Tirani (2016) juga menambahkan bahwa limpasan permukaan disebabkan oleh 2 faktor yaitu sebagai berikut.

1. Faktor Meteorologi
 - a. Jenis presipitasi
 - b. Waktu konsentrasi curah hujan
 - c. Arah pergerakan curah hujan
 - d. Kelembaban tanah

- e. Curah hujan terdahulu
- f. Distribusi curah hujan

2. Faktor Daerah Pengaliran

- a. Daerah pengaliran
- b. Penggunaan tanah (*landuse*)
- c. Kondisi kemiringan lereng atau topografi
- d. Jenis tanah

Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman mengenai keterkaitan limpasan permukaan dan banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5** berikut.

Tabel 2.5 Limpasan Permukaan Dengan Kejadian Banjir

No	Sumber Pustaka	Indikator	Variabel
1	Yelza (2012)	Limpasan Permukaan (<i>Runoff</i>)	1. Penggunaan Lahan 2. Jenis Tanah
2	Agustianto (2014)	Limpasan Permukaan (<i>Runoff</i>)	1. Kecepatan Infiltrasi 2. Tampung Permukaan
3	Tirani (2016)	Faktor Limpasan Permukaan (<i>Runoff</i>)	1. Instensitas curah hujan 2. Penggunaan lahan (<i>landuse</i>) 3. Topografi 4. Luas daerah aliran

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan indikator dan variabel pada **Tabel 2.5**, diketahui bahwa terdapat beberapa kesamaan pendapat antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Yelza (2012) dan Tirani (2016) bahwa limpasan permukaan (*runoff*) dipengaruhi oleh penggunaan lahan dan jenis tanah. Kemudian, Tirani (2016) menambahkan bahwa menurutnya aliran permukaan juga dipengaruhi oleh curah hujan yang terjadi serta topografi. Namun, pendapat lain dikemukakan oleh Agustianto (2014) bahwa limpasan permukaan dipengaruhi oleh kecepatan infiltrasi dan tampungan permukaan. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman mengenai indikator limpasan permukaan (*runoff*) yaitu:

1. Penggunaan lahan,

2. Intensitas curah hujan.
3. Luas daerah aliran

2.3 Hidrolika

Hidrolika merupakan komponen yang berkaitan dengan perilaku suatu aliran air baik secara mikro maupun secara makro (Ambarwati, 2016). Pemahaman mengenai hidrolika terdiri dari berbagai macam aspek dan disiplin ilmu keteknikan, seperti bendungan, turbin, aliran tertutup (pipa), pengukuran aliran, pompa, serta sungai dan drainase. Dalam kaitannya dengan hidrologi, hidrolika merupakan bagian penampung atau penerima aliran dari sistem hidrologi. Oleh karena itu, hidrologi dan hidrolika saling terkait satu sama lain (Ambarwati, 2016).

Menurut Aliyansyah (2017), analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui profil muka air banjir pada berbagai waktu ulang dari debit rencana. Analisis hidrolika digunakan untuk menganalisis seberapa jauh pengaruh dari sistem hidrolika terhadap pengendalian banjir yang terjadi. Ambarwati (2016) berpendapat bahwa hidrolika juga termasuk sebagai bagian dari hidrodinamika yang berhubungan dengan mekanikan aliran atau gerak air, dimana terdapat dua jenis aliran yaitu aliran tertutup dan aliran terbuka. Aliran tertutup tidak mempunyai hubungan langsung dengan tekanan atmosfer atau sentuhan langsung dengan udara luar, sedangkan aliran terbuka mempunyai permukaan yang berhubungan langsung dengan atmosfer. Dalam hal ini hidrolika juga terkait dengan kapasitas sungai maupun drainase sebagai penampung aliran air.

2.3.1 Drainase

Drainase merupakan bentuk tindakan secara teknis dalam mengurangi terjadinya luapan air yang berlebih, baik yang berasal dari rembesan, air hujan, maupun air irigasi dari suatu wilayah agar fungsi suatu kawasan atau wilayah tidak terganggu (Fairizi, 2015). Drainase merupakan tempat untuk menampung kelebihan air yang ada sehingga kapasitas drainase menjadi salah satu perhitungan dalam perencanaan drainase. Selain kapasitas, bentuk, bahan hingga kemiringan drainase juga dihitung dalam merencanakan drainase. Drainase merupakan fasilitas dasar yang merupakan komponen penting dalam perencanaan kota maupun wilayah

dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Novrianti, 2017). Saluran drainase memiliki fungsi dalam mengendalikan kelebihan luapan air agar tidak menimbulkan dampak negatif. Menurut Novrianti (2017), penggunaan drainase selain sebagai aliran air namun juga sebagai tempat pembuangan sampah atau limbah dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan atau sedimentasi. Apabila debit aliran sungai tidak mampu menampung laju aliran air seperti air hujan dan drainase juga tidak mampu menampung limpasan air dari sungai, maka akan menyebabkan terjadinya banjir.

Kemudian, Novrianti (2017) juga menambahkan bahwa selain pencemaran limbah maupun sampah pada saluran drainase, adanya pembangunan bangunan di atas saluran drainase juga dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan saluran drainase yang berakibat pada kurang optimalnya drainase dalam menampung air terutama saat terjadi hujan. Hal tersebut kemudian memunculkan adanya genangan yang selanjutnya semakin tinggi dan menyebabkan terjadinya banjir. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi juga menambahkan bahwa poin penting dalam mencegah terjadinya banjir yaitu dengan menyediakan saluran drainase yang memadai baik dari segi kuantitas, kualitas, maupun dalam hal pemeliharaan (bppt.go.id, 2009). BPPT juga sependapat bahwa pendangkalan drainase akibat sampah dan sedimentasi akan berdampak pada terjadinya banjir. Selain itu, perlu adanya normalisasi dan pengerukan drainase secara rutin agar dapat mengurangi terjadinya banjir.

Untuk mengetahui kemampuan drainase dalam menampung aliran air, maka perlu diketahui kapasitas dari drainase tersebut. Dalam menentukan dimensi saluran drainase baik yang telah ada maupun yang akan direncanakan berdasarkan pada debit maksimum air yang akan mengalir pada saluran tersebut (Dewi, 2014). Penentuan debit maksimum dilihat dari besarnya dimensi saluran dan kecepatan aliran (Dewi, 2014). Putri (2011) menambahkan bahwa perhitungan kapasitas saluran drainase bergantung pada kapasitas aliran, karakteristik saluran dan kondisi topografi wilayah. Dalam perencanaan saluran drainase, kecepatan rata-rata aliran harus memenuhi batas nilai tertentu yaitu antara batas aliran maksimum dan minimum, serta menyesuaikan dengan perkerasan saluran dan jari-jari hidrolis

saluran (Wiyono, 2018). Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman mengenai keterkaitan drainase dan banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6** berikut.

Tabel 2. 6 Keterkaitan Drainase dan Kejadian Banjir

No	Sumber Pustaka	Indikator	Variabel
1	Putri (2011)	Kapasitas Drainase	1. Kapasitas aliran 2. Kondisi saluran 3. Topografi
2	Dewi (2014)	Kapasitas Drainase	1. Dimensi saluran 2. Kecepatan Aliran
3	Wiyono (2018)	Kecepatan Aliran Drainase	1. Dimensi saluran 2. Perkerasan saluran 3. Jari-jari hidrolis

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan indikator dan variabel pada **Tabel 2.6**, diketahui bahwa terdapat beberapa kesamaan pendapat antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Dewi (2014) dan Putri (2011) bahwa kapasitas drainase dapat dihitung dengan melihat kecepatan aliran dan dimensi saluran. Selain itu, Dewi (2014) juga menambahkan bahwa kondisi topografi juga berpengaruh pada banyaknya aliran yang mengalir pada saluran. Selain itu, Wiyono (2018) menambahkan bahwa kecepatan aliran drainase juga dipengaruhi oleh perkerasan saluran dan jari-jari hidrolis saluran. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman mengenai indikator drainase yaitu:

1. Dimensi saluran
2. Kecepatan aliran
3. Perkerasan saluran
4. Jari-jari hidrolis

2.3.2 Penggunaan Lahan (*Land Use*)

Penggunaan lahan merupakan bentuk intervensi yang dilakukan oleh manusia pada lahan yang ada untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Hairiah, et al, 2004). Adanya penggunaan lahan tersebut dapat menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan berarti adanya perubahan dari

suatu penggunaan lahan ke penggunaan lahan lainnya yang diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan atau berubahnya fungsi lahan pada kurun waktu yang berbeda (Widianto et al., 2010). Dampak yang ditimbulkan dari perubahan penggunaan lahan perlu dianalisis agar dapat menentukan alternatif Tindakan atau kebijakan yang harus dilakukan pada masa yang akan datang (Supit, 2016). Adanya peningkatan aliran permukaan disebabkan karena adanya penurunan kemampuan tanah dalam meretensi air yang ditunjukkan dengan semakin meningkatnya aliran permukaan. Meningkatnya aliran permukaan mengakibatkan jumlah air hujan yang turun berubah menjadi debit air permukaan. Peningkatan aliran air pada suatu wilayah aliran sungai juga dapat mengindikasikan peningkatan ancaman banjir di wilayah tersebut.

Supit (2016) menambahkan bahwa penggunaan lahan pada suatu wilayah dapat mempengaruhi kondisi hidrologi di wilayah tersebut begitu pun sebaliknya. Perluasan permukaan kedap air akibat perubahan penggunaan lahan dapat menyebabkan berkurangnya infiltrasi dan menurunkan penyerapan air bawah tanah, serta dapat meningkatkan aliran permukaan (Pawitan, 2002). Adanya penurunan muka air tanah dapat mempengaruhi penurunan debit air begitu pula sebaliknya, dimana perubahan tutupan lahan dari vegetasi menjadi non vegetasi pada daerah aliran sungai (DAS) cenderung meningkat intensitasnya karena adanya kegiatan pembangunan dan peningkatan laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi. Akibat dari kegiatan tersebut, maka berpengaruh negatif pada kondisi hidrologi seperti peningkatan debit luapan, koefisien aliran permukaan, fluktuasi debit antar musim, serta terjadinya banjir dan kekeringan (Haryanti, 2008). Menurut Paimin (2012), pengurangan luas hutan dari tiga puluh persen menjadi dua puluh lima persen, lima belas persen, dan nol persen dapat meningkatkan puncak banjir hingga dua belas persen, lima puluh delapan persen, dan sembilan puluh persen, serta dapat meningkatkan erosi sebesar sepuluh persen, enam puluh persen, dan sembilan puluh persen.

Fakhrudin (2003) menyatakan bahwa adanya perubahan penggunaan lahan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan kondisi hidrologi pada DAS, dimana terjadi perubahan perilaku dan fungsi air permukaan pada DAS. Selain itu, hal tersebut juga berpengaruh terhadap keberadaan situ (embung) yang

berfungsi sebagai penyedia air untuk irigasi pertanian, pengendali banjir, penampung air hujan dan sumber ekonomi yang akan mengalami tekanan sehingga mengalami penurunan dan perlahan menghilang (Noordwijk, 2003).

Penggunaan lahan secara sembarangan dan tidak sesuai dengan kebijakan dapat meningkatkan jumlah tanah yang mengalami erosi, menghilangkan lapisan tanah sehingga perusakan berlangsung semakin cepat. Dari beberapa pendapat tersebut terdapat keberagaman mengenai keterkaitan penggunaan lahan dan banjir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.7** berikut.

Tabel 2. 7 Diskusi Teori Penggunaan Lahan

No	Sumber Pustaka	Indikator	Variabel
1	Noordwijk (2003)	Perubahan Penggunaan Lahan Lahan	1. Pembangunan pada daerah resapan Penggunaan lahan
2	Haryanti (2008)	Perubahan Penggunaan Lahan	1. Pengurangan vegetasi 2. Pertumbuhan penduduk
3	Supit (2016)	Perubahan Penggunaan Lahan	1. Perluasan Permukaan Lahan Kedap Air 2. Peningkatan limpasan (<i>runoff</i>)

Sumber: Hasil Pustaka, 2021

Berdasarkan indikator dan variabel pada **Tabel 2.7**, diketahui bahwa terdapat beberapa kesamaan pendapat antar para ahli seperti yang dikemukakan oleh Supit (2016) dan Haryanti (2008) bahwa penyebab perubahan lahan yang mempengaruhi hidrologi karena adanya perubahan lahan berupa pengurangan daerah resapan air karena adanya pengurangan vegetasi dan perluasan permukaan lahan kedap air. Hal tersebut juga didukung dengan pendapat Noordwijk (2003) mengenai perluasan permukaan lahan kedap air yang terjadi karena adanya pembangunan pada daerah resapan dan adanya penggunaan lahan untuk perumahan. Dengan demikian, berdasarkan pendapat dari para ahli dan menyesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah penelitian, dapat ditarik kesepahaman bahwa faktor perubahan lahan yang mempengaruhi kondisi hidrologi banjir yaitu

1. Pengurangan daerah resapan air
2. Perubahan tutupan lahan

3. Pertumbuhan penduduk

2.4 Penelitian Terdahulu

Selain berdasarkan pada teori-teori yang ada, dalam melakukan penelitian terkait pemodelan sistem mitigasi banjir dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik juga mengacu pada beberapa penelitian terdahulu. Berikut disajikan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan penelitian mengenai mitigasi banjir pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu

Judul	Peneliti	Tujuan	Metode
Analisis Implementasi Rencana Kebijakan Strategi Mitigasi Bencana Banjir di DKI Jakarta yang Dikaitkan Dengan Properti Perumahan Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis (Skripsi)	Aninditha Kemala Dinianyadharani (2012)	Mendapatkan model simulasi problematika untuk properti perumahan yang dikaitkan dengan rencana pembangunan Jakarta Coastal Defense Strategy.	Metode analisis yang digunakan yaitu metode sistem dinamik dengan model Causal Loop Diagram (CLD).
Analisis Implementasi Rencana kebijakan Mitigasi Bencana Banjir di DKI Jakarta yang di Kaitkan dengan Properti perumahan dengan	Armand Omar Moeis, Aninditha K. Dinianyadharani, Akhmad Hidayatno (2012)	Menyusun model dalam membantu memahami dampak pengembangan rencana pembangunan yang memiliki nilai investasi besar dalam perspektif apakah akan memberikan nilai tambah bagi	Metode penelitian yang digunakan yaitu pendekatan sistem dinamik dengan menggunakan Causal Loop Diagram (CLD). Adapun tahapan dalam analisis

Judul	Peneliti	Tujuan	Metode
Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis		pemerintah maupun warga Jakarta.	yaitu konseptualisasi model, pengembangan model, validasi model, dan pengembangan skenario.
Kajian Dampak Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Kejadian Banjir Pada Lanskap Das Ciliwung Hilir Dengan Pendekatan Sistem Dinamik (Tesis)	Muhammad Ali (2016)	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui perubahan dan distribusi tutupan lahan pada DAS Ciliwung Hilir Membentuk struktur model sistem dinamik dari lahan DAS Ciliwung Hilir. Menyusun perencanaan lanskap DAS Ciliwung Hilir yang optimal sesuai dengan daya dukung 	Metode analisis yang digunakan yaitu analisis penutupan lahan, analisis periode ulang curah hujan, analisis hubungan antara penutupan lahan dan curah hujan terhadap debit air, analisis sistem dinamik dan analisis distribusi spasial.
<i>Defining flood risk management strategies: A systems approach</i>	Thanh Mai, Shahbaz A Mushtaq, Kate Reardon-Smith, Paul Webb, Roger Stone, Jarrod Kath, Duc-Anh An-Vo (2020)	<ol style="list-style-type: none"> Mengembangkan model konseptual (model sistem) dari sistem risiko banjir; Menggunakan model sistem ini untuk menilai konsekuensi potensial dari arus Kebijakan FRM; dan Menyarankan perbaikan pada 	Analisis Kualitatif dengan konsep <i>Causal Loop Diagrams</i> (CLDs), dimana memungkinkan sistem risiko banjir dipetakan dan memberikan visualisasi sistem yang relatif sederhana bagi

Judul	Peneliti	Tujuan	Metode
		kebijakan banjir saat ini untuk mencapai keberlanjutan FRM	pemangku kepentingan untuk meninjau.

Sumber: Penulis, 2021

Berdasarkan penjelasan pada **Tabel 2.8**, diketahui bahwa dari empat penelitian terdahulu menggunakan metode pendekatan sistem dinamik untuk menyusun model sederhana dalam menganalisis berbagai permasalahan yang kompleks seperti banjir dan mitigasi bencana. Jika melihat tujuan dari penelitian terdahulu, maka dapat diketahui bahwa dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik dapat membantu merumuskan kebijakan yang dibutuhkan dalam mengatasi permasalahan yang ada. Selain itu, dari hasil penelitian terdahulu dapat diperoleh faktor penyebab banjir dan tahapan analisis dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik. Adapun faktor-faktor yang berkaitan dengan banjir berdasarkan penelitian terdahulu terdiri dari penutupan lahan dan curah hujan. Kemudian, untuk tahapan analisis terdiri dari konseptualisasi model ke dalam *causal loop diagram* (CLD), validasi model, dan pengembangan skenario optimal.

2.5 Sintesa Pustaka

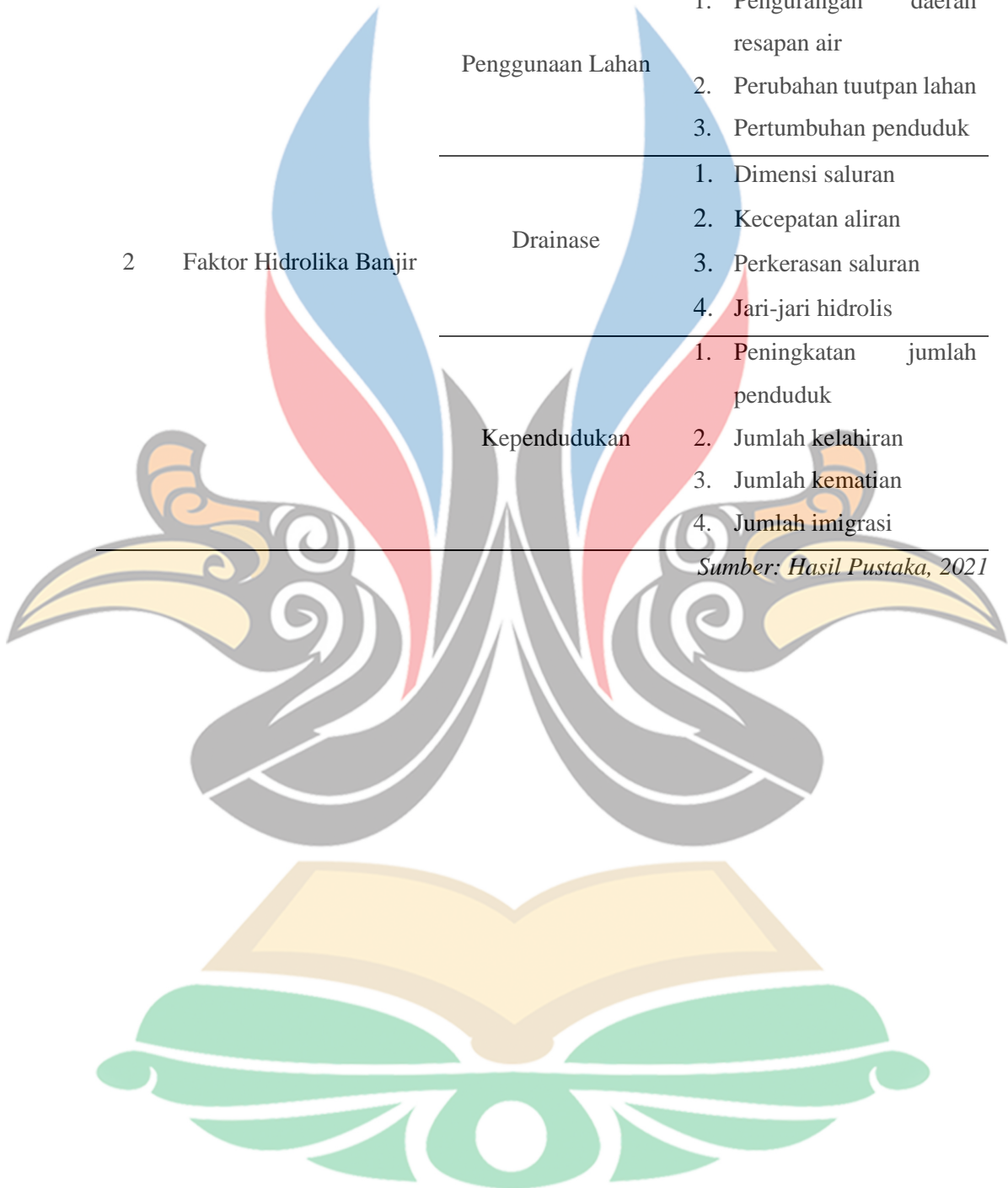
Adapun hasil dari sintesis teori-teori yang telah dijelaskan sebelumnya dapat menjadi dasar dalam menentukan variabel yang sesuai dengan penelitian strategi mitigasi banjir dengan menggunakan pemodelan sistem dinamik pada Sub DAS Kelay. Berikut disajikan hasil sintesa pustaka pada penelitian ini dalam **Tabel 2.9** dan hasil hubungan sistem berdasarkan teori pada **Gambar 2.1**.

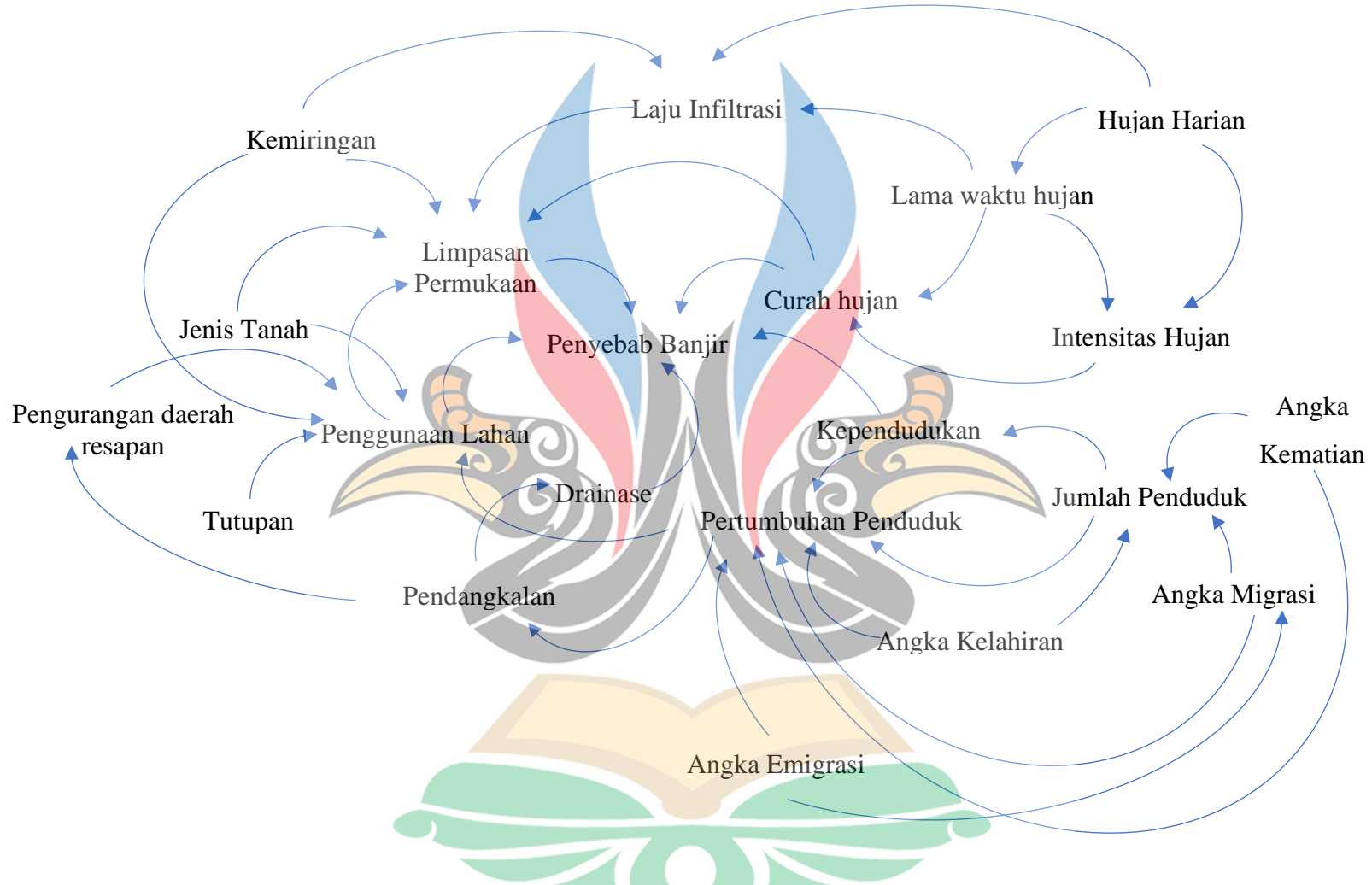
Tabel 2. 9 Sintesa Pustaka

No	Sasaran	Indikator	Variabel
1	Faktor Hidrologi Banjir	Limpasan	1. Penggunaan lahan,
			2. Intensitas curah hujan.
		Curah Hujan	3. Luas daerah aliran
			1. Intensitas hujan
			2. Lama waktu hujan

No	Sasaran	Indikator	Variabel
			3. Hujan harian
		Penggunaan Lahan	1. Pengurangan daerah resapan air 2. Perubahan tutupan lahan 3. Pertumbuhan penduduk
2	Faktor Hidrolika Banjir	Drainase	1. Dimensi saluran 2. Kecepatan aliran 3. Perkerasan saluran 4. Jari-jari hidrolis
		Kependudukan	1. Peningkatan jumlah penduduk 2. Jumlah kelahiran 3. Jumlah kematian 4. Jumlah imigrasi

Sumber: Hasil Pustaka, 2021





Gambar 2. 1 Sistem Hubungan Hidrologi dan Hidrolika Banjir Hasil Sintesa Teori

Sumber: Penulis, 2021