

ANALISIS PENERAPAN INDIKATOR *SMART CITY* TERHADAP SISTEM PENANGGULANGAN BANJIR DI KOTA SEMARANG

Yunaedi^{*)}, L. M. Sabri, Yasser Wahyuddin

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: junned30@gmail.com^{*)}

ABSTRAK

Sistem Smart City memanfaatkan perkembangan informasi teknologi dalam meningkatkan layanan perkotaan guna mencapai tujuan secara keberlanjutan dalam masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan. Di Indonesia, indikator penerapan sistem Smart City mengacu pada Garuda Smart City Framework (GSCF) dengan meluncurkan inisiatif 100 Smart Cities pada kota-kota yang dianggap layak dan mampu, salah satunya di Kota Semarang. Sistem Smart City di Kota Semarang dimanfaatkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Semarang dalam menginisiasi sistem penanggulangan bencana, yaitu dengan mengembangkan Sistem Peringatan Dini Bencana atau Early Warning System (EWS). Penerapan indikator Smart City di Kota Semarang telah berjalan cukup baik terutama dalam aspek Smart Infrastructure, Technology, dan Environment yang ditandai dengan cakupan 12 stasiun EWS sebesar 86,74 %, terhadap sub sistem DAS yang ada. Penerapan indikator Smart City dalam aspek penanggulangan banjir di kawasan hilir juga telah berjalan cukup baik. Hal tersebut ditandai dengan cakupan komponen alarm peringatan dari stasiun EWS sebesar 42,93% di kawasan rawan banjir sepanjang aliran sungai primer.

Kata Kunci: *Smart City*, Rawan Banjir, *Early Warning System*

ABSTRACT

The Smart City system utilizes the development of information technology in improving urban services in order to achieve sustainable goals in social, economic, and environmental issues. In Indonesia, the indicator for the implementation of the Smart City system refers to the Garuda Smart City Framework (GSCF) by launching the 100 Smart Cities initiative in cities that are considered feasible and capable, one of which is Semarang City. The Smart City system in Semarang City is utilized by the Regional Disaster Management Agency (BPBD) of Semarang City in initiating a disaster management system, namely by developing an Early Warning System (EWS). The implementation of Smart City indicators in Semarang City has been running quite well, especially in the aspect of Smart Infrastructure, Technology, and Environment which is marked by the coverage of 12 EWS stations of 86.74%, to the existing watershed sub-systems. The implementation of Smart City indicators in the aspect of flood prevention in the downstream area has also been going quite well. This is indicated by the coverage of the warning alarm component from the EWS station of 42.93% in flood-prone areas along primary river flows.

Keywords : *Smart City*, Flood Prone, *Early Warning System*

^{*)} Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Konsep *Smart City* atau biasa disebut kota pintar muncul karena adanya peningkatan populasi dan perkembangan informasi teknologi perkotaan. Konsep *Smart City* mulai dikenalkan dan dikembangkan sekitar tahun 1990 oleh perusahaan-perusahaan swasta seperti *International Business Machines Corporation* (IBM), Siemens, dan Intel (Ejaz, 2019), dengan melakukan inovasi untuk mengatasi masalah kritis menggunakan teknologi inovatif sebagai proyek pengembangan kota. Perusahaan IBM mengenalkan dan mengembangkan konsep *Smart City* bernama IBM Smarter Planet dengan visi interkoneksi, instrumentasi dan juga intelegensi. Konsep *Smart City* bertujuan untuk merencanakan dan membangun sebuah konsep kota yang cerdas, dimana

teknologi informasi terintegrasi dalam perkembangan infrastruktur dan digunakan untuk mengendalikan serta mengatur fungsi-fungsi kota secara inovatif (Axelsson, 2018). Sistem *Smart City* secara signifikan meningkatkan layanan dalam perkotaan guna mencapai keberlanjutan dalam masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan (Insani, 2017).

Pada perkembangannya, beberapa ilmuwan mengemukakan pendapatnya dan membaginya ke dalam beberapa indikator. Giffinger (2007) yang membagi *Smart City* ke dalam beberapa indikator yaitu: *smart governance*, *smart economy*, *smart people*, *smart mobility*, *smart environment*, dan *smart living*. Di Indonesia, konsep *Smart City* menjadi acuan untuk keberhasilan dalam pembangunan kota yang berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDG's) yaitu tercapainya

pembangunan yang efektif, efisien, inklusif, dan partisipatif (Anindra, 2018). Supangkat (2018) menjelaskan pengembangan mengenai konsep *Smart City* di Indonesia menggunakan acuan metode *Garuda Smart City Model* (GSCM) dengan 3 (tiga) indikator utama yaitu *economy* (perekonomian), *society* (masyarakat), dan *environment* (lingkungan), serta 3 enabler dalam menjalankan model *Smart City* yang ada yaitu *Smart People*, *Smart Governance*, dan *Smart Infrastructure, Technology, and Environment*. Konsep *Garuda Smart City Model* yang memasuki semua sektor pembangunan kota di Indonesia sejalan dengan indikator-indikator dari teori yang ditawarkan oleh ilmuwan Boyd Cohen yaitu *Smart Cities Wheel* (Cohen, 2015).

Permasalahan konsep *Smart City* dikarenakan pihak yang berwenang diharuskan untuk mengutamakan pemenuhan semua pilar indikator yang ada sehingga indikator-indikator tersebut bersifat umum, serta mengabaikan capaian keberhasilan yang diukur secara detail dan spesifik pada satu pilar indikator (Sabri, 2021). Penelitian ini sebagai langkah yang tepat berdasarkan permasalahan yang ada dengan melakukan kajian, observasi serta evaluasi terhadap indikator-indikator *Smart City* serta melakukan analisis penilaian terhadap indikator *Smart City* yang sudah diterapkan.

Penerapan indikator-indikator sistem *Smart City* di Kota Semarang dimanfaatkan oleh Organisasi Pemerintah Daerah (OPD) yang ada, salah satunya Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Semarang yang menginisiasi sistem penanggulangan bencana berdasarkan indikator-indikator *Smart City*. Banyaknya indikator-indikator *Smart City* yang mengacu pada GSCM menghambat pencapaian yang maksimal dari penerapan indikator-indikator *Smart City* di Kota Semarang. Pihak BPBD mengembangkan Sistem Peringatan Dini Banjir/*Flood Early Warning System* (EWS) sebagai langkah untuk penanggulangan bencana banjir dengan memanfaatkan indikator-indikator untuk mencapai tujuan pembangunan sebagai sistem Kota Cerdas.

Terdapat 12 titik stasiun peringatan dini banjir yang tersebar di Kota Semarang. Luas wilayah Kota Semarang yang mencapai 388,07 km², dengan 16 wilayah kecamatan dan 177 kelurahan serta dihuni oleh ±1,5 juta jiwa penduduk (Alihar, 2018), menjadikan pengawasan dan kontrol terutama kontrol bencana menjadi kurang intensif dan tidak efektif. BPBD Kota Semarang membentuk Kelompok Siaga Bencana (KSB) dan Kelurahan Tangguh Bencana (KATANA) sebagai antisipasi penanggulangan bencana dan meningkatkan keefektifan dari sistem EWS banjir sebagai salah satu komponen pendukung sistem *Smart City* di Kota Semarang.

Pemanfaatan Sistem EWS banjir dalam pengelolaan dan penanggulangan bencana banjir di Kota Semarang dilakukan dengan mengklusterisasikan wilayah perkotaan berdasarkan cakupan geometri menggunakan analisis SIG sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan mitigasi bencana banjir serta meminimalisir kerugian dan dampak yang

ditimbulkan sebagai akibat dari bencana banjir yang terjadi di Kota Semarang.

I.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang dapat dipetik berdasarkan latar belakang yang telah disusun:

1. Bagaimana ketercakupan indikator *Smart City* BPBD untuk pengawasan bencana banjir di Kota Semarang?
2. Bagaimana analisis indikator *Smart City* BPBD untuk penanggulangan bencana banjir di Kota Semarang?

I.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian berdasarkan latar belakang yang telah disusun:

1. Memperoleh luas cakupan Sistem EWS Banjir terhadap sistem DAS dalam kaitannya dengan penanggulangan bencana banjir di Kota Semarang
2. Mengetahui luas cakupan Sistem EWS Banjir terhadap daerah rawan banjir di Kota Semarang.

I.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini seperti:

1. Penelitian hanya berfokus pada 1 indikator *Smart City* berdasarkan konsep *Garuda Smart City Model* yaitu *Smart Infrastructure, Technology, and Environment* yang terkait dengan infrastruktur dan teknologi untuk sistem penanggulangan banjir.
2. Bencana banjir yang digunakan dalam pemetaan kerawanan adalah banjir kota yang disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi.
3. Unit terkecil untuk analisis kerawanan bencana banjir yaitu wilayah administrasi kelurahan.
4. Analisis daerah rawan banjir meliputi hasil pemetaan kerawanan berdasarkan 6 parameter (kemiringan lereng, ketinggian lahan, jenis tanah, tutupan lahan, curah hujan dasarian, dan kerapatan aliran sungai) dan kerawanan daerah aliran sungai primer Kota Semarang.
5. Analisis cakupan area dari indikator *Smart City* berdasarkan hasil pengolahan, wawancara, dan validasi lapangan.
6. Validasi lapangan dilakukan pada titik-titik EWS yang tersebar di beberapa titik di Kota Semarang.
7. Validasi kerawanan banjir Kota Semarang berdasarkan data kejadian bencana banjir Kota Semarang tahun 2016 – 2020 dengan unit terkecil yaitu kelurahan.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Definisi dan Konsep *Smart City*

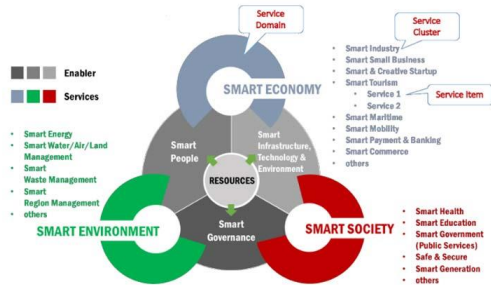
Konsep *Smart City* diciptakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat kotanya, bukan hanya melalui pelayanan publik saja tetapi dengan melibatkan masyarakat itu sendiri dalam pengambilan keputusan (Murhadi, 2019). Konsep *Smart City* dikaitkan dengan penggunaan teknologi yang berkenaan dengan manajemen perkotaan untuk pengelolaan sumber daya, meningkatkan kualitas hidup penduduknya serta menumbuhkan ekonomi di daerah perkotaan.

II.2 Indikator *Smart City*

Indikator *Smart City* di Indonesia direpresentasikan sebagai 3 lapisan (Pratama, 2022), yaitu:

1. Karakteristik sumber daya meliputi ekonomi,

- sosial, dan lingkungan.
2. *Enabler* meliputi orang, pemerintahan, dan teknologi.
 3. Faktor layanan meliputi ekonomi, industri, pendidikan, sumber daya alam, mitigasi bencana, kesehatan, transportasi, layanan publik, sosial-digital, energi, lingkungan, dan tata ruang



Gambar 1 Model untuk Indikator *Smart City* di Indonesia
Sumber: Supangkat (2018)

II.3 Bencana Banjir

Menurut Suwardi (1999) dalam Irfan (2022), banjir merupakan peristiwa terjadinya genangan pada daerah yang biasanya kering (bukan daerah rawa) atau pada daerah datar sekitar sungai sebagai akibat meluapnya air sungai yang tidak mampu ditampung oleh alur sungai akibat curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung.

II.4 Kerawanan Bencana Banjir

Kerawanan banjir adalah keadaan yang menggambarkan mudah atau tidaknya suatu daerah terkena banjir dengan didasarkan pada faktor-faktor alam yang mempengaruhi banjir antara lain faktor meteorologi (intensitas curah hujan, distribusi curah hujan, frekuensi dan lamanya hujan berlangsung) dan karakteristik daerah aliran sungai (kemiringan lahan/kelerengan, ketinggian lahan, tekstur tanah penggunaan lahan, dan kerapatan aliran sungai) (Suherlan, 2001). Parameter yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Kemiringan Lereng

Semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil (Pratomo, 2008). Pemberian nilai untuk parameter kemiringan lereng seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan	Deskripsi	Nilai
1	0 - 8 %	Datar	5
2	8 - 15 %	Landai	4
3	15 - 25 %	Agak Curam	3
4	25 - 45 %	Curam	2
5	> 45 %	Sangat Curam	1

Sumber: Darmawan, dkk (2017)

2. Ketinggian Lahan

Ketinggian tempat adalah ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Ketinggian mempunyai pengaruh terhadap terjadinya banjir dimana semakin rendah suatu daerah maka semakin berpotensi terjadi banjir, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi suatu

daerah, maka semakin aman akan bencana banjir (Darmawan, 2017). Pemberian nilai untuk parameter ketinggian lahan dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2 Klasifikasi Ketinggian Lahan

No	Ketinggian	Nilai
1	<10 m	5
2	10 – 50 m	4
3	50 – 100 m	3
4	100 – 200 m	2
5	>200 m	1

Sumber: Darmawan (2008)

3. Curah Hujan

Curah hujan merupakan besarnya *volume* air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Besarnya curah hujan dapat dimaksudkan untuk satu kali hujan atau untuk masa tertentu seperti per hari, per 10 hari (dasarian), per bulan, per musim atau per tahun. Curah hujan yang tinggi menimbulkan banjir karena tanah menjadi jenuh air yang artinya kemampuan tanah meresapkan air menurun sehingga apabila hujan masih terjadi maka hampir semua volume air hujan tersebut akan langsung menjadi aliran permukaan (Asdak, 2018). Pemberian nilai untuk parameter curah hujan dasarian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Klasifikasi Curah Hujan Dasarian

No	Curah Hujan	Deskripsi	Nilai
1	<50mm	Sangat Kering	5
2	50 – 100 mm	Kering	4
3	100 – 200 mm	Sedang	3
4	200 – 300 mm	Basah	2
5	>300 mm	Sangat Basah	1

Sumber: Darmawan (2008)

4. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (*Catchment Area, Watershed*) merupakan wilayah daratan yang satu kesatuan dengan jaringan sungai (sungai dan anak-anak sungai), berfungsi menampung sementara, menyimpan dan mengalirkan air dari kiriman curah hujan ke suatu danau/ bendungan/ waduk/ laut secara alami, dimana batas darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh oleh daratan (Prasetyo, 2020). Semakin rapat aliran dalam suatu DAS maka tingkat kerawanan banjir juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya. Pemberian nilai untuk parameter kerapatan aliran DAS dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Klasifikasi Kerapatan Aliran DAS

No	Kerapatan Aliran (km/km ²)	Nilai
1	<0,62	5
2	0,62 – 1,44	4
3	1,44 – 2,27	3
4	2,27 – 3,10	2
5	>3,10	1

Sumber: Darmawan (2017)

5. Tutupan Lahan

Penggunaan lahan (*land use*) juga merupakan setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materiil maupun spiritual (Arsyad, 2010). Penggunaan lahan akan berperan pada besarnya air limpasan hasil dari hujan yang telah melebihi laju infiltrasi. Daerah yang banyak ditumbuhi oleh pepohonan/vegetasi akan sulit sekali mengalirkan air limpasan sehingga kemungkinan banjir lebih kecil daripada daerah yang tidak ditanami oleh

vegetasi. Pemberian nilai untuk parameter tutupan lahan seperti pada tabel 5.

Tabel 5 Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	Nilai
1	Permukiman	5
2	Pertanian Lahan Basah	4
3	Pertanian Lahan Kering/ Tegalan	3
4	Semak Belukar/ Lahan Kosong	2
5	Hutan	1

Sumber: Darmawan (2008)

6. Jenis Tanah

Jenis tanah berkaitan dengan proses infiltrasi yang merupakan proses aliran air (umumnya berasal dari curah hujan) masuk ke dalam tanah dan perkolasi yang merupakan proses kelanjutan aliran air tersebut ke tanah yang lebih dalam. Dengan kata lain, infiltrasi adalah aliran air masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal). Tanah dengan tekstur sangat halus memiliki peluang kejadian banjir yang tinggi, sedangkan tekstur yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah. Pemberian nilai untuk parameter jenis tanah dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Klasifikasi Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Nilai
1	Asosiasi Aluvial, Aluvial, Planosol, Hidromorf, Laterik	5
2	Latosol Cokelat, Latosol Cokelat Kemerahan	4

3	Mediteran Cokelat Tua, Tanah Mediteran, Tanah Hutan Coklat	3
4	Andosol, Laterik, Grumosol, Podsol, Podsollic	2
5	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	1

Sumber: Asdak (2010) dalam Irfan (2022)

II.1 Early Warning System (EWS) Bencana Banjir

Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) merupakan serangkaian sistem untuk memberitahukan akan timbulnya kejadian alam, dapat berupa bencana maupun tanda-tanda alam lainnya. Peringatan dini pada masyarakat atas bencana merupakan tindakan memberikan informasi dengan bahasa yang mudah dicerna oleh masyarakat. Kesigapan dan kecepatan reaksi masyarakat diperlukan karena waktu yang sempit dari saat dikeluarkannya informasi dengan saat (dugaan) datangnya bencana (Nugroho, 2011).

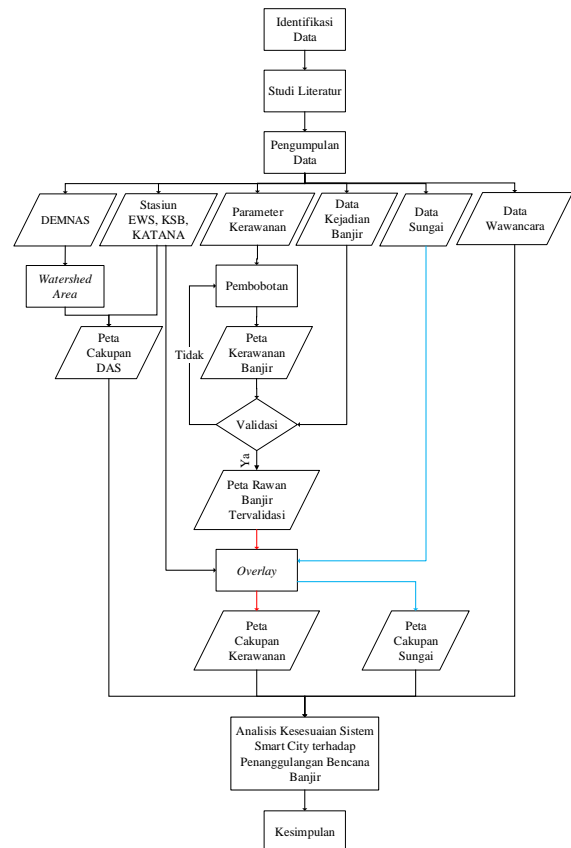
II.2 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information Sistem* (GIS) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan) dengan beberapa aksi yang dapat dilakukan seperti *capture*, *mengecek*, *mengintegrasikan*, *memanipulasi*, *menganalisa*, dan *menampilkan data* yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi (Aini, 2007).

III. Pelaksanaan Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop Toshiba Portege Z-30A
2. Handphone Oppo Reno 3
3. Software Arc.GIS 10.8

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian, tertera sebagai berikut:

Tabel 7 Data Penelitian

No	Data	Sumber Data
1	Sistem Penanggulangan Banjir Kota Semarang	BPBD Kota Semarang
2	Data Kejadian Banjir Tahun 2016 - 2020	
3	Data Titik EWS	
4	Data Batas Administrasi Kota Semarang	BAPPEDA
5	Data Jenis Tanah Kota Semarang	DISTARU
6	Data Sungai Kota Semarang	
7	Data Tata Guna Lahan Kota Semarang	
8	Data DEMNAS Kota Semarang	BIG
9	Data Curah Hujan Dasarian Kota Semarang Tahun 2020	BMKG Jawa Tengah

III.3 Tahap Persiapan Penelitian

Tahapan persiapan merupakan tahapan yang dilakukan sebelum pengolahan penelitian agar penelitian dapat berjalan lancar dengan melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
2. Studi Literatur

3. Pengumpulan Alat dan Data
4. Perizinan Permohonan Penggunaan Data

III.4 Tahap Pengolahan Data

III.4.1 Data Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan untuk melengkapi data penelitian kualitatif dan upaya untuk memperoleh data yang akurat serta sumber data yang tepat dalam penelitian. Dalam penelitian ini, penulis mewawancarai 2 orang informan yang terdiri dari Kasie Pencegahan Bapak Y. M. Yonata Kristanto, S. Sos (informan 1), dan Penanggung Jawab EWS Bapak Abdurrahman (informan 2). Teknik yang digunakan untuk menganalisis data wawancara dalam penelitian ini adalah teknik deskriptif atau lebih spesifik menggunakan metode interaktif.

Model analisis data wawancara yang digunakan peneliti adalah model interaktif Miles, Huberman, dan Saldana. Komponen dalam analisis data Miles, Huberman dan Saldana sebagai berikut:

1. Pengumpulan data (*data collection*)
2. Reduksi Data (*data reduction*)
3. Penyajian Data (*data display*)
4. Penarikan kesimpulan (*conclusion*)

III.4.2 Pemetaan Cakupan Area Daerah Aliran Sungai

Pemetaan Cakupan Area Daerah Aliran Sungai dilakukan dengan menggunakan data citra DEMNAS TerraSAR-X kemudian diolah menjadi peta *Watershed Area* dan dilakukan *overlay* dengan data titik *Early Warning System*.

III.4.3 Pemetaan Cakupan KSB dan KATANA

Pemetaan cakupan KSB dan KATANA sebagai sistem *Smart City* dilakukan dengan melakukan plotting titik-titik KSB dan KATANA. Dimana titik-titik KSB dan KATANA mewakili cakupan area kelurahan.

III.4.4 Pemetaan Cakupan Aliran Sungai

Pemetaan cakupan aliran sungai primer dilakukan dengan menganalisis aliran sungai primer yang mengalir ke hilir dibawah sistem pengamatan stasiun EWS.

III.4.5 Pemetaan Kerawanan Banjir

Pemetaan daerah rawan banjir dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yang mempengaruhi tingkat kerawanan banjir suatu daerah kemudian dilakukan *overlay* dari semua parameter. Parameter tersebut meliputi kemiringan lereng, ketinggian lahan, kerapatan aliran sungai, curah hujan dasarian, jenis tanah serta tata guna lahan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Klasifikasi Kerawanan Banjir

No	Parameter	Kriteria	Skor	Bobot
1	Tutupan Lahan	Permukiman/ Lahan Terbuka Sungai	5	15
		Sawah/ Tambak/ Mangrove	4	
		Ladang/ Tegalan/ Kebun	3	
		Semak Belukar/ Pasir	2	
		Hutan	1	
2	Topografi	< 10 m	5	10
		10 - 50 m	4	
		50 - 100 m	3	
		100 - 200 m	2	
		> 200 m	1	
3	Curah Hujan	> 300 mm	5	15
		200 - 300 mm	4	
		100 - 200 mm	3	

4	Kelerengan	50 - 100 mm	2	20
		< 50 mm	1	
		0 - 8 %	5	
		8 - 15 %	4	
		15 - 25 %	3	
5	Kerapatan Aliran Sungai	25 - 45 %	2	20
		> 45 %	1	
		< 0,62	5	
		0,62 - 1,44	4	
		1,45 - 2,27	3	
6	Jenis Tanah	2,28 - 3,10	2	20
		> 3,10	1	
		Asosiasi Aluvial Kelabu, Aluvial	5	
		Latosol Cokelat, Latosol Cokelat Kemerahan	4	
		Mediteran Cokelat Tua	3	
		Grumosol	2	
		Regosol	1	

Sumber:

1. Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986 dalam Darmawan (2017)
2. Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS (Darmawan, 2008)
3. Asdak (2010) dalam Irfan (2022)

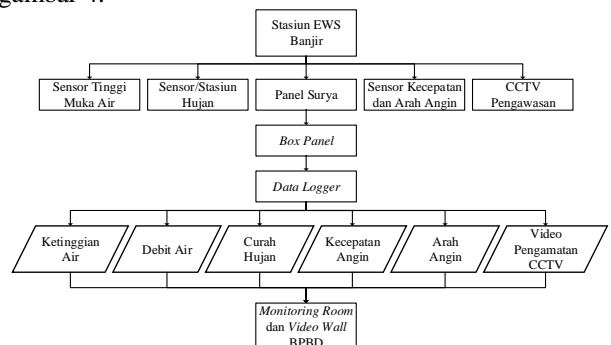
IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Sistem Struktural Penanggulangan Banjir Kota Semarang

Sistem Peringatan Dini Banjir (*Flood Early Warning System*) Kota Semarang terdiri dari beberapa indikator yaitu 12 Stasiun EWS, aplikasi SEMARISK, 39 Kelompok Siaga Bencana (KSB), dan 22 Kelurahan Tanggap Bencana (KATANA). Pada stasiun EWS terdapat beberapa komponen seperti panel surya, *box panel*, CCTV, sensor ketinggian air, sensor kecepatan angin, sensor arah angin, dan sensor curah hujan. Data/informasi yang diperoleh dari semua komponen tersebut, terekam secara *realtime* dan terpantau secara *audiovisual* pada *situation room* dan *video wall* yang dikelola oleh BPBD Kota Semarang.

1. Metode Kerja Sistem Penanggulangan Banjir Kota Semarang

Metode kerja sistem penanggulangan banjir dengan melakukan perekaman data/informasi untuk disalurkan ke pusat sistem data BPBD Kota Semarang dapat dilihat pada gambar 4.

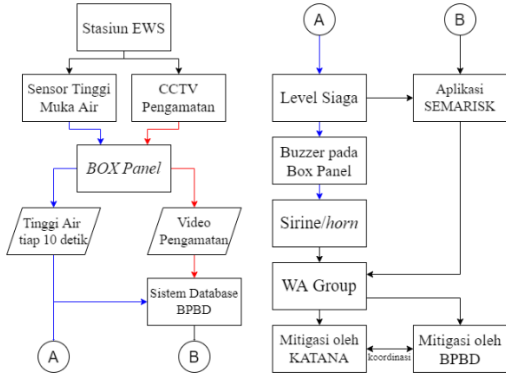


Gambar 3 Aliran Data EWS

Data yang diperoleh dari masing-masing komponen pada stasiun EWS banjir berfungsi dalam sistem deteksi bencana banjir yang terjadi/akan terjadi. Data-data tersebut meliputi data ketinggian air, data debit air, data curah hujan

(lama hujan, kapasitas hujan), data arah dan kecepatan angin, dan data video pengamatan CCTV yang bersifat *realtime*.

Data/informasi yang diperoleh tersebut dimanfaatkan sebagai sistem deteksi peringatan dini bencana banjir yang akan terjadi. Sistem kerja stasiun EWS banjir sebagai deteksi peringatan dini bencana banjir dapat dilihat pada gambar 5.



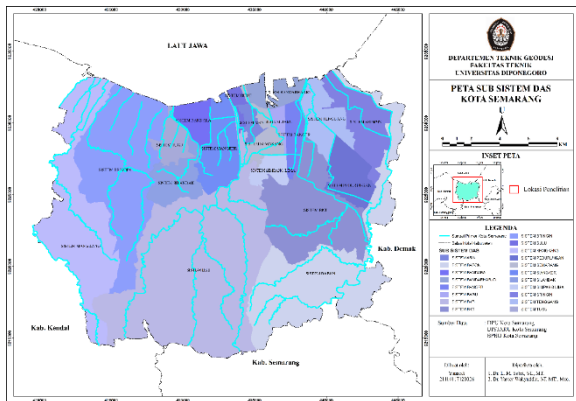
Gambar 4 Alur Mitigasi Bencana

Informasi yang didapatkan dari komponen stasiun EWS yang diteruskan ke sistem pusat data kebencanaan BPBD untuk disajikan kedalam aplikasi kebencanaan SEMARISK. Ketika sensor ketinggian menunjukkan batas siaga atau warna kuning pada *scale pale* maka komponen *buzzer* pada *box panel* akan bekerja untuk menyalakan *sirine/horn* pada stasiun EWS. Selanjutnya tim KSB, tim KATANA, dan BPBD akan saling berkoordinasi melalui grup *Whatsapp* untuk upaya mitigasi bencana banjir.

IV.2 Cakupan Early Warning System terhadap Sistem DAS

IV.2.1 Pembuatan Peta Daerah Aliran Sungai

Peta Daerah Aliran Sungai Kota Semarang hasil pengolahan data DEMNAS dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5 Peta Daerah Aliran Sungai Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0) Berdasarkan gambar 6 didapatkan luas sub DAS Kota Semarang, dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Luasan sub DAS Kota Semarang

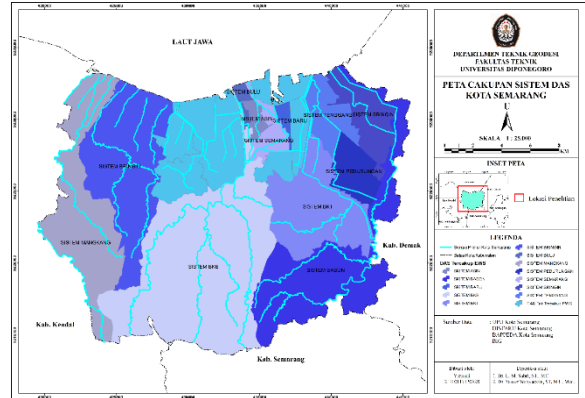
Sub DAS	Luas (Ha)	Sub DAS	Luas (Ha)
BKT	3.704,892	Bringin	5.016,333
Tenggang	1.137,009	Bandarharjo	560,131
Pedurungan	1.076,882	Bulu	182,657
Sringin	1.524,857	Asin	263,537
Babon	5.233,372	Semarang	623,577
Silandak	1.041,553	Simpang Lima	419,404

Siangker	1.395,741
Tugu	617,024
Bandara	560,052
Mangkang	4.593,594

Baru	182,753
BKB	10119,741
Banger	553,289

IV.2.2 Pembuatan Cakupan Early Warning System

Cakupan EWS terhadap sistem DAS hasil *overlay* dengan titik stasiun EWS dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6 Cakupan EWS terhadap sistem DAS (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 7 didapatkan besarnya cakupan sistem EWS, dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Cakupan EWS terhadap Sub DAS

No	Akses EWS	Sub Sistem	Cakupan (%)
1	DAM Wonosari	Sistem Mangkang	11,84%
2	Mangkang Kulon		
3	Mts Darul Ulum Wates	Sistem Bringin	12,93%
4	Wonosari		
5	Mangkang Wetan		
6	Jatibarang	Sistem BKB, Sistem Semarang, Sistem Asin, Sistem Bulu, Sistem Baru	29,31%
7	River Tubing Mayangsari		
8	Tugu Soeharto		
9	Pudak Payung		
10	Perumahan Dinar Indah	Sistem Babon, Sistem Sringin, Sistem Tenggang, Sistem Pedurungan, Sistem BKT	32,67%
11	Bendungan Pucang Gading		
12	BKT		

IV.2.3 Analisis Cakupan EWS terhadap sub DAS

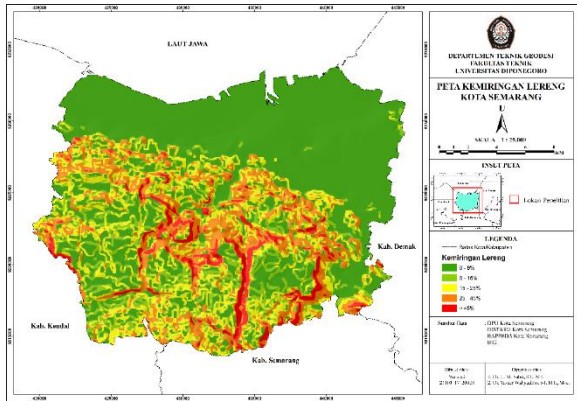
Dari hasil pemetaan daerah aliran sungai diperoleh 19 sub DAS yang tergabung menjadi 4 sistem DAS berdasarkan verifikasi data dari DPU. Sub DAS BKB sebagai sub DAS terluas yaitu 10.119,741 Ha dan sub DAS bulu sebagai sub DAS terkecil luasannya dengan 182,657 Ha. Setelah dilakukan *overlay* dengan titik stasiun EWS, diperoleh 12 sub DAS yang tercakup yaitu sub Mangkang, sub Bringin, sub BKB, sub Semarang, sub Asin, sub Bulu, sub Baru, sub Babon, sub BKT, sub Tenggang, sub Pedurungan, dan sub Sringin. Stasiun EWS banjir BPBD

Kota Semarang telah mencakup hampir seluruh sub sistem DAS yang ada di Kota Semarang, dengan cakupan sebesar 86,74% atau 33.659,203 Ha dari total luas DAS yaitu 38.806,397 Ha.

IV.3 Cakupan Early Warning System terhadap Daerah Rawan Banjir

IV.3.1 Pembuatan Peta Kemiringan Lereng

Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Kota Semarang hasil pengolahan data DEMNAS dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7 Peta Kemiringan Lereng Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

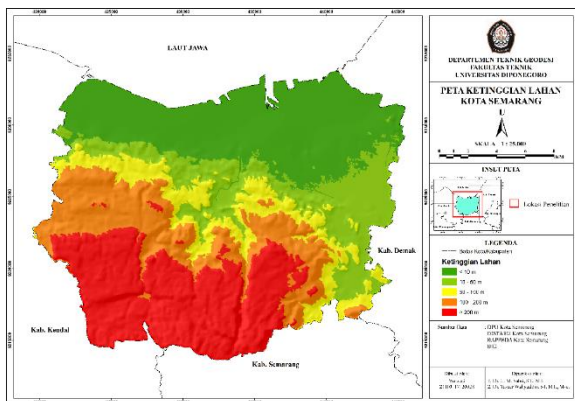
Berdasarkan gambar 8 diperoleh luas kemiringan lereng Kota Semarang, dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Persentase Kemiringan Lereng Kota Semarang

No	Kelerengan	Deskripsi	Luas (Ha)	Persentase
1	0 - 8%	Datar	19.572,199	50,44 %
2	8 - 15%	Landai	4.173,780	10,76 %
3	15 - 25%	Agak Curam	7.152,780	18,43 %
4	25 - 45%	Curam	6.073,340	15,65 %
5	> 45%	Sangat Curam	1.834,300	4,73 %

IV.3.2 Pembuatan Peta Ketinggian Lahan

Peta Peta Kemiringan Lereng Kota Semarang hasil pengolahan data DEMNAS dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8 Peta Ketinggian Lahan Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 9 didapatkan luas sub DAS Kota Semarang, dapat dilihat pada tabel 12.

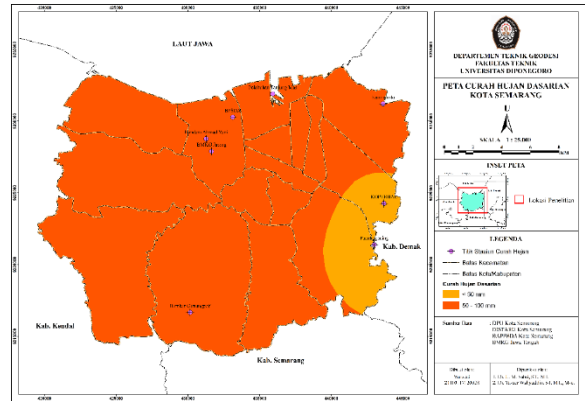
Tabel 12 Persentase Ketinggian Lahan Kota Semarang

No	Ketinggian (m)	Luas (Ha)	Persentase
----	----------------	-----------	------------

1	< 10	11.006,027	28,36%
2	10 - 50	6.479,120	16,70%
3	50 - 100	4.224,550	10,89%
4	100 - 200	6.904,500	17,79%
5	>200	10.192,200	26,26%

IV.3.3 Pembuatan Peta Curah Hujan Dasarian

Pembuatan Peta Curah Hujan Dasarian tahun 2020 menggunakan metode interpolasi IDW dengan data dari 8 stasiun curah hujan BMKG Jawa Tengah, dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9 Peta Curah Hujan Dasarian Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

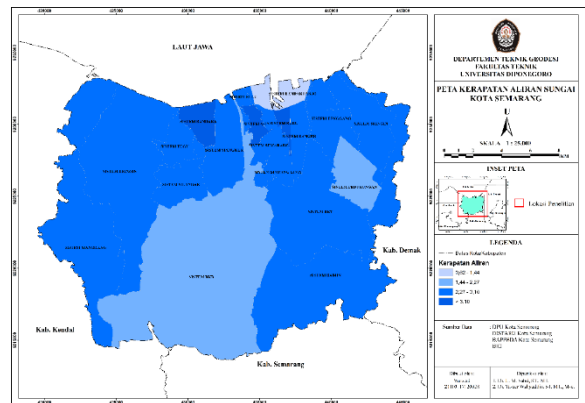
Berdasarkan gambar 10 didapatkan 2 kelas curah hujan dasarian yaitu kelas sangat rendah dan kelas rendah, dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13 Persentase Luas Area Curah Hujan Dasarian

Curah Hujan	Luas (Ha)	Deskripsi	Persentase
< 50 mm	3.336,499	Sangat Rendah	8,60%
50 - 100 mm	35.469,898	Rendah	91,40%

IV.3.4 Pembuatan Peta Kerapatan Aliran Sungai

Pembuatan Peta Kerapatan Aliran Sungai hasil overlay Peta DAS dengan jaringan sungai dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 10 Peta Kerapatan Aliran Sungai Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 11 didapatkan 3 kelas kerapatan, dapat dilihat pada tabel 14.

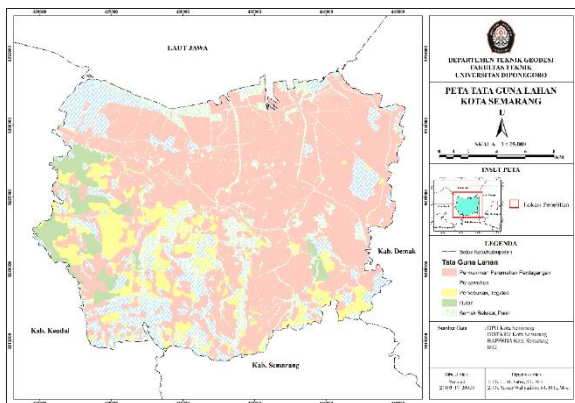
Tabel 14 Kerapatan Aliran Sungai

Sub DAS	A	Ln	Dd	Kelas
Baru	1,83	8,81	4,82	Sangat Rapat
Bandara	5,60	23,94	4,27	
Asin	2,63	11,63	4,41	
Tenggang	11,37	35,65	3,14	Rapat
Mangkang	45,94	129,53	2,82	

Bringin	50,16	128,70	2,57	Sedang
Sianger	13,96	32,26	2,31	
Silandak	10,42	24,74	2,38	
Tugu	6,17	19,04	3,09	
Banger	5,53	16,68	3,01	
Bulu	1,83	4,73	2,59	
Semarang	6,24	16,89	2,71	
Simpanglima	4,19	9,95	2,37	
Babon	52,33	137,61	2,63	
Sringin	15,25	40,85	2,68	
BKT	37,05	94,63	2,55	
BKB	101,20	224,82	2,22	
Pedurungan	10,77	18,80	1,75	
Bandarharjo	5,60	7,37	1,32	

IV.3.5 Pembuatan Peta Tutupan Lahan

Pembuatan Peta Tutupan Lahan menggunakan data dari DISTARU Kota Semarang dapat dilihat pada gambar 12.



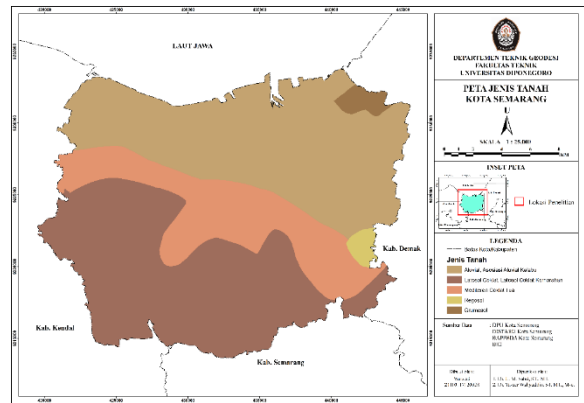
Gambar 11 Peta Tutupan Lahan Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0) Berdasarkan gambar 12, didapatkan luas area seperti pada tabel 15.

Tabel 15 Persentase Tutupan Lahan Kota Semarang

No	Guna Lahan	Luas (Ha)	Persentase
1	Hutan	1898,850	4,89%
2	Perumahan, Perumahan, Perdagangan	22179,500	57,15%
3	Perkebunan, Tegalan	3872,720	9,98%
4	Persawahan	4998,117	12,88%
5	Semak Belukar, Pasir	5857,210	15,09%

IV.3.6 Pembuatan Peta Jenis Tanah

Pembuatan Peta Jenis Tanah Kota Semarang ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 12 Peta Jenis Tanah Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

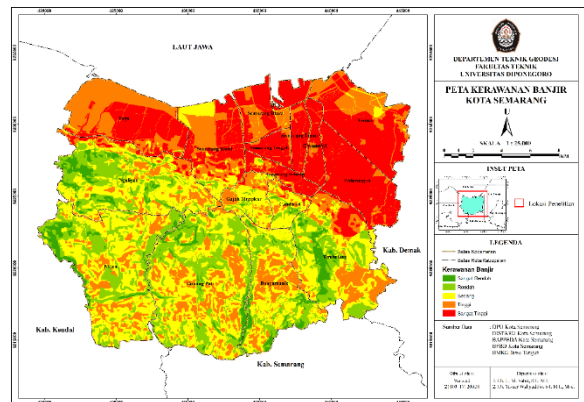
Berdasarkan gambar 13 diperoleh luas jenis tanah Kota Semarang, dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16 Persentase Jenis Tanah Kota Semarang

No	Jenis Tanah	Luas (Ha)	Persentase
1	Aluvial, Asosiasi Aluvial Kelabu	15377,100	39,63%
2	Latosol Coklat, Latosol Coklat Kemerahan	14996,600	38,64%
3	Mediteran Coklat Tua	7505,680	19,34%
4	Grumosol	530,357	1,37%
5	Regosol	396,661	1,02%

IV.3.7 Pembuatan Peta Kerawanan Banjir

Pembuatan Peta Kerawanan Banjir Kota Semarang didapatkan dengan melakukan overlay 6 parameter kerawanan, dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 13 Peta Kerawanan Banjir Kota Semarang (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 14 didapatkan 5 kelas kerawanan, dapat dilihat pada tabel 17.

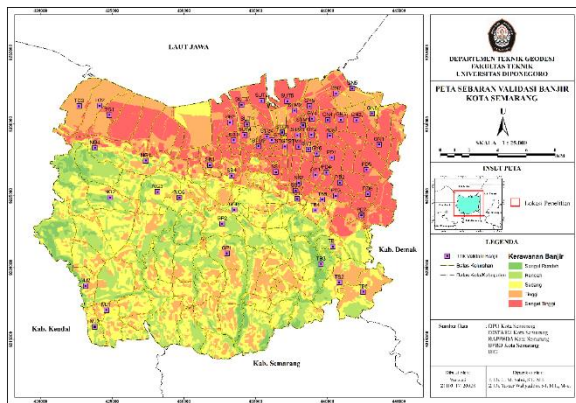
Tabel 17 Persentase Kerawanan Banjir Kota Semarang

No	Kelas Kerawanan	Luas (Ha)	Persentase
1	Sangat Rendah	1.616,110	4,16%
2	Rendah	7.000,480	18,04%
3	Sedang	11.195,311	28,85%
4	Tinggi	9.770,215	25,18%
5	Sangat Tinggi	9.224,281	23,77%

IV.3.8 Validasi Kerawanan Banjir dengan Data Kejadian Banjir Tahun 2016-2020

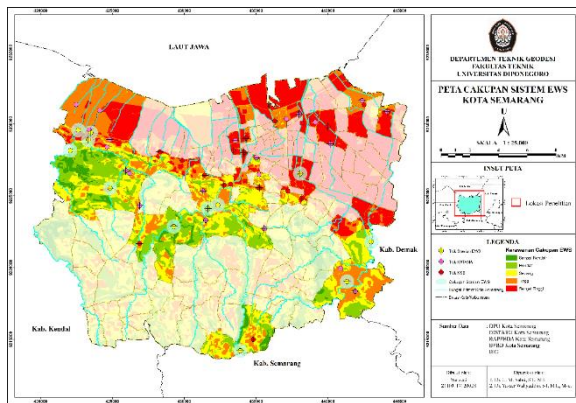
Berdasarkan data kejadian banjir Kota Semarang Tahun 2016-2020, validasi kerawanan banjir Kota Semarang menggunakan 173 kejadian banjir pada 63 titik kelurahan yang terkena bencana banjir. Diperoleh nilai kesesuaian sebesar 66,67%. Berikut ini merupakan Peta

Sebaran Titik Kejadian Banjir Kota Semarang Tahun 2016-2020 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 14 Sebaran Titik Kejadian Banjir (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)
 IV.3.9 Pembuatan Peta Cakupan *Early Warning System* terhadap Daerah Rawan Banjir

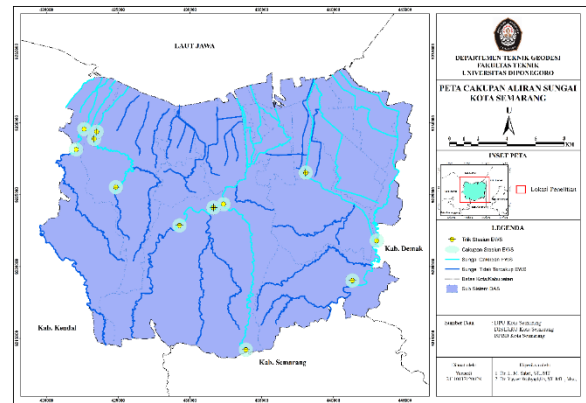
Cakupan Sistem EWS Kota Semarang dilakukan dengan *overlay* titik Stasiun EWS, Titik KSB, dan Titik KATANA dengan Peta Kerawanan Banjir, dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 15 cakupan EWS terhadap Peta Kerawanan Banjir (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 16, didapatkan 55 kelurahan dari 177 kelurahan tercakup oleh sistem EWS (stasiun EWS, KSB, dan KATANA) dengan cakupan sebesar 41,13% atau seluas 15.962,141 Ha dari total 38.806,397 Ha.

Selain peta kerawanan bencana banjir yang dihasilkan dari proses pengolahan 6 parameter kerawanan, daerah sekitar aliran sungai juga memiliki tingkat kerawanan yang tinggi. Pemetaan cakupan stasiun EWS sebagai sistem EWS terhadap aliran sungai primer di Kota Semarang dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 16 Peta Cakupan Kerawanan Aliran Sungai (skala peta sesuai dengan penyajian peta pada ukuran A0)

Berdasarkan gambar 17, didapatkan 17 aliran sungai tercakup stasiun pengamatan EWS dengan persentase cakupan sebesar 42,93% atau sepanjang 140,809 km.

IV.3.10 Analisis Cakupan *Early Warning System* terhadap Daerah Rawan Banjir

Hasil Pemetaan Daerah Kerawanan Banjir di Kota Semarang dari pengolahan skoring dan pembobotan setiap parameter kerawanan dibagi menjadi 5 kelas yaitu sangat rendah (4,16%) atau seluas 1.616,110Ha, rendah(18,04%) atau seluas 7.000,480 Ha, sedang (28,85%) atau seluas 11.195,311Ha, tinggi (25,18%) atau seluas 9.770,215Ha, dan sangat tinggi (23,77%) atau seluas 9.224,281 Ha dengan tingkat kesesuaian sebesar 66,67%.

Cakupan sistem EWS di Kota Semarang yang terdiri dari beberapa indikator yaitu Stasiun EWS, Kelompok Siaga Bencana (KSB), dan Kelurahan Tangguh Bencana (KATANA) diperoleh cakupan sebesar 41,13% atau seluas 15.962,141Ha dari luas kelurahan total 38.806,397Ha dengan total kelurahan tercakup pantauan sistem EWS sebanyak 55 kelurahan dari 177 kelurahan di Kota Semarang. Persentase cakupan sistem EWS dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18 Persentase Cakupan Kerawanan

Kelas Kerawanan	Luas Cakupan Kerawanan	Luas Total Kerawanan	Persentase Cakupan
Luas (Ha)	Sangat Rendah	496,608	1,28%
	Rendah	2.933,686	7,56%
	Sedang	4.098,097	10,56%
	Tinggi	4.876,537	12,57%
	Sangat Tinggi	3.557,212	9,17%
Total	15.962,141	38.806,397	41,13%

Selain itu aliran sungai primer yang mengalir ke bagian hilir dibawah stasiun EWS, juga memiliki tingkat kerawanan banjir yang tinggi, didapatkan 17 aliran sungai telah terawasi oleh stasiun EWS, yang memenuhi 42,93% atau sepanjang 140,827 km dari 327,999 km aliran sungai primer yang ada di Kota Semarang.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan indikator *Smart City* dalam aspek *Smart Infrastructure, Technology, dan Environment* telah diterapkan dengan cukup baik. Hal tersebut ditandai dengan cakupan 12 stasiun EWS yang telah memenuhi 86,74 %, terhadap sub sistem DAS yang ada di Kota Semarang. Sub sistem DAS tersebut meliputi Sub DAS Mangkang, sub DAS Bringin, sub DAS BKB, sub DAS Semarang, sub DAS Asin, sub DAS Bulu, sub DAS Baru, sub DAS Babon, sub DAS BKT, sub DAS Tenggang, sub DAS Pedurungan, dan sub DAS Sringin dengan total luas 33.659,203 Ha.
2. Penerapan indikator *Smart City* dalam aspek penanggulangan banjir di kawasan hilir telah cukup baik. Hal tersebut ditandai dengan cakupan alarm peringatan dari stasiun EWS sebesar 42,93% di kawasan rawan banjir sepanjang aliran sungai primer. Sedangkan sisanya telah tercakup melalui koordinasi dari BPBD Kota Semarang, KSB, dan KATANA pada *Whatsapp Group*.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh peneliti lain, seperti:

1. Pada penelitian selanjutnya, untuk pengecekan ketersediaan data yang dibutuhkan serta keterbaruan data sehingga semua data yang diperoleh pada tahun yang sama dan mempresentasikan kondisi lapangan yang sebenarnya.
2. Parameter pemetaan kerawanan dapat ditambahkan lagi sehingga dapat membandingkan hasil yang lebih baik dalam analisis pemetaan kerawanan.
3. Acuan dalam klasifikasi parameter untuk pemetaan sebaiknya diperbarui berdasarkan penelitian terbaru.
4. Penggunaan skala lebih besar agar dapat menganalisis hingga tingkat unit terkecil RW/RT dengan akurat.
5. Perlu dilakukan wawancara untuk pengolahan AHP dalam pembobotan kerawanan bencana banjir.
6. Validasi kejadian banjir dilakukan dengan wawancara kepada masyarakat untuk validitas data.
7. Perlu dilakukan wawancara terkait sistem *Smart City* dalam kaitannya dengan masyarakat yang terdampak.
8. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait kebencanaan terhadap indikator *Smart City* yang lain.
9. Perlu dilakukan perbandingan hasil Pemetaan Kerawanan Banjir dengan Peta Kerawanan Banjir yang dimiliki oleh BPBD/pihak terkait.
10. Keterkaitan sistem EWS dengan kejadian banjir perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengacu pada indikator *Smart City* yang lain..

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. (2007). Sistem Informasi Geografis: Pengertian dan Aplikasinya. *Jurnal Ilmiah DASI (Data Manajemen Dan Teknologi Informasi)*, 8(2), 23-34.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. *IPB Press*.
- Asdak, C., Supian, S., dan Subiyanto. (2018). *Watershed management strategies for flood mitigation: A case study of Jakarta's flooding. Weather and Climate Extremes*, 117-122.
- BIG. (2012). *Standart Operating Procedures Pengolahan Data untuk Pemetaan Kemiringan Lereng*.
- Cohen, B. (2015). *What Exactly of Smart City*. Retrieved from <https://boydcohen.com/smartcities.html>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kalasek, R., dan Milanović, N. P. (2007). *Smart Cities: Medium-Sized Cities*. Vienna.
- Insani, P. A. (2017). Mewujudkan Kota Responsif melalui *Smart City*. *PUBLISIA (Jurnal Ilmu Administrasi Publik)*, Universitas Merdeka.
- KEMENHUT. (2014). *Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai (Vol. No.1266)*.
- Kurnia Darmawan, H. A. (2017). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang menggunakan Metode *Overlay* dengan Scoring berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 31-40.
- Muhammad Irfan. (2022). *Pemetaan dan Mitigasi Lokasi Rawan Banjir di Daerah Aaliran Sungai Lawo Kabupaten Soppeng*. Makassar: UNHAS.
- Murhadi, dan Jumasa, H. M. (2019). Strategi Transisi Kabupaten Purworejo dari E-Government menuju *Smart City*. *Jurnal Sistem Cerdas, Vol 02- No 03*, 186 - 193.
- Pratiwi, H. E. (2012). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Lamongan. *Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Volume 01 No. 01*.
- Supangkat, S. H., Arman, A. A., Nugraha, R. A., dan Fatimah, Y. A. (2018). The Implementation of Garuda *Smart City* Framework for *Smart City* Readiness Mapping in Indonesia. *Journal of Asia-Pacific Studies (Waseda University) No.32*, 169–176.
- Sven Theml, M. (2008). *Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS*. Banda Aceh: Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias.
- Yenchun Jim Wu, d. J. (2019). A Structured Method for *Smart City* Project Selection. *International Journal of Information Management*, 101981. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.007.