



**PENDEKATAN KESETIMBANGAN AIR TANAH
SEBAGAI DASAR PERENCANAAN PEMBANGUNAN
KAWASAN PERMUKIMAN YANG BERKELANJUTAN**

**TESIS
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR MAGISTER**

OLEH

**NAMA : DEDDY SUGIANTO
NIM : 176150100111053**

**PROGRAM MAGISTER PENGELOLAAN SUMBERDAYA
LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
TAHUN 2019**





LEMBAR PENGESAHAN

**PENDEKATAN KESETIMBANGAN AIR TANAH SEBAGAI DASAR
PERENCANAAN PEMBANGUNAN KAWASAN PERMUKIMAN YANG
BERKELANJUTAN**

Oleh :

Deddy Sugianto

NIM : 176150100111053

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal : **4 November 2019**
dan dinyatakan memenuhi syarat

Komisi Pembimbing

Dr.rer.Nat. Ir. Arief Rachmansyah
Pembimbing 1

Dr. Rita Parmawati, SP., ME
Pembimbing 2

Malang, Desember 2019

PASCASARJANA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Direktur,

Prof. Dr. Marjono, M.Phil

NIP. 196211161988031004

IDENTITAS TIM PENGUJI TESIS

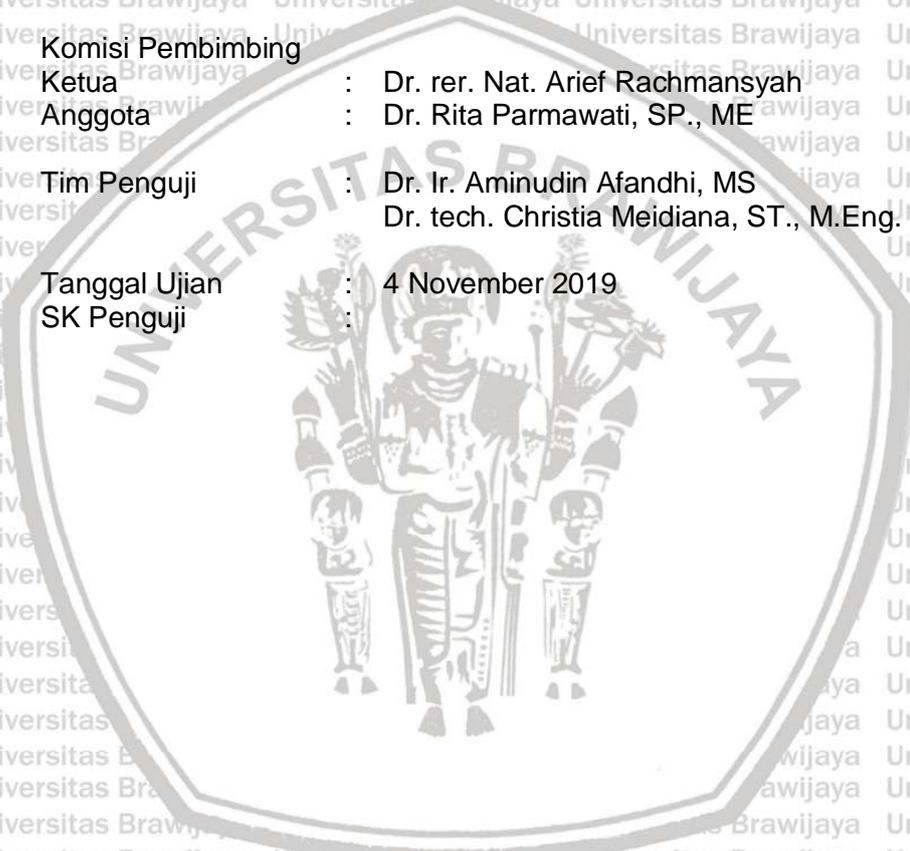
Judul Tesis : Pendekatan Kesetimbangan Air Tanah Sebagai Dasar
Perencanaan Pembangunan Kawasan Permukiman
Yang Berkelanjutan

Nama : Deddy Sugianto
NIM : 176150100111053
Program Studi : Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan
Pembangunan

Komisi Pembimbing
Ketua : Dr. rer. Nat. Arief Rachmansyah
Anggota : Dr. Rita Parmawati, SP., ME

Tim Penguji : Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS
Dr. tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng.

Tanggal Ujian : 4 November 2019
SK Penguji :



PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

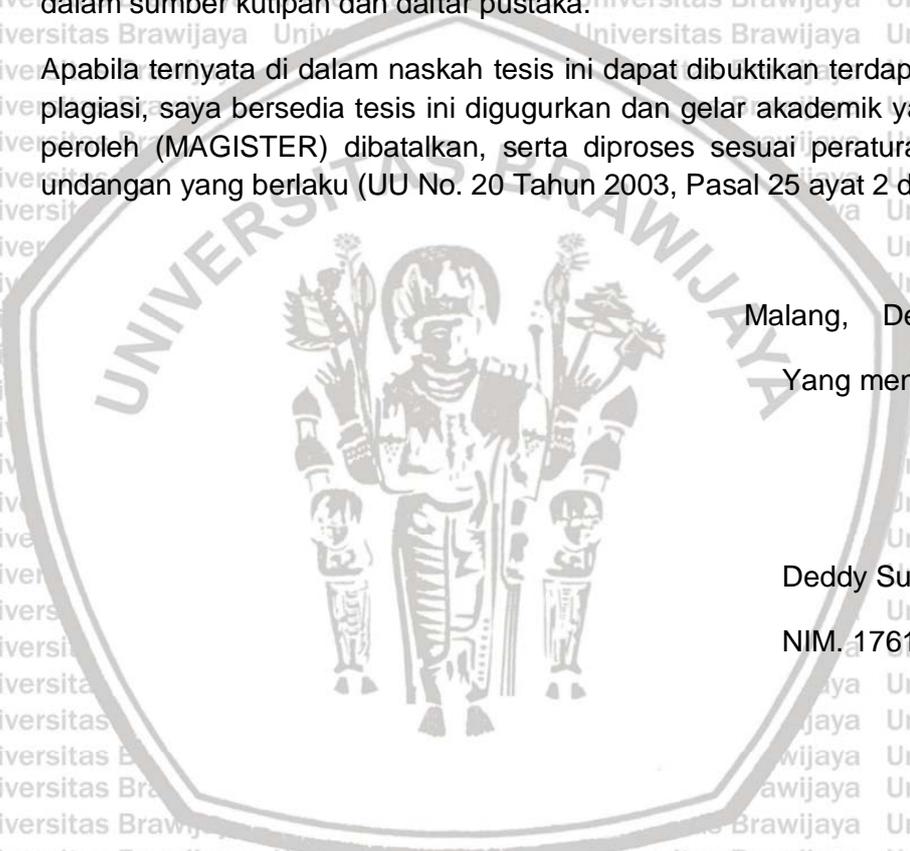
Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Desember 2019

Yang menyatakan,

Deddy Sugianto

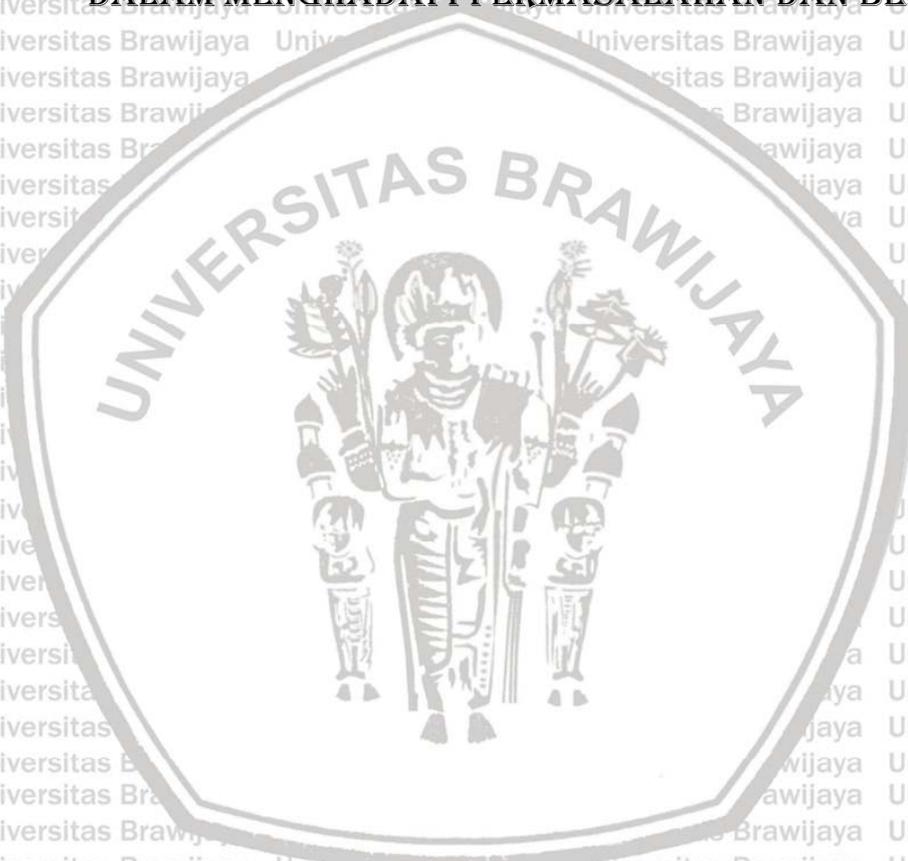
NIM. 176150100111053





MOTTO

**BERPIKIR KRITIS, KREATIF, KOMUNIKATIF DAN KERJASAMA
DALAM MENGHADAPI PERMASALAHAN DAN BERKARYA**





HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk Kedua Orang tua : M. Soetanto & Sjamsimah

Untuk Istri dan anak-anakku tercinta

Anik Pujiatningsih

Dea Putri Safira

Naadhirah Azra Giantini



RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

1	Nama Lengkap	: Deddy Sugianto
2	Tempat/Tanggal Lahir	: Lumajang / 29 April 1978
3	Jenis Kelamin	: Laki Laki
4	Agama	: Islam
5	Instansi asal	: PT. Adi Banuwa
6	Alamat Instansi	: Ruko Panji Makmur C 11 Panjang Jiwo Surabaya
7	No. Telp / Fax instansi	:
8	Alamat Rumah	: Perum Permata Taman Delta F No. 12A , Candi, Sidoarjo
9	No. Telp / HP Rumah	: 081332227040
10	Email	: sby_das@yahoo.com dassidoarjo09@gmail.com

PENDIDIKAN

NO	TINGKAT	PENDIDIKAN	JURUSAN	TAHUN	TEMPAT
1	SD	SD Ditotrunan 01 Lumajang		1984-1990	Lumajang
2	SMP	SMPN 03 Lumajang		1990-1993	Lumajang
3	SMA	SMAN 01 Lumajang		1993-1996	Lumajang
4	S-1	S-1 Universitas 17 Agustus Surabaya	Teknik Sipil	1996-2001 2005-2007	Surabaya

PENGALAMAN PEKERJAAN

NO	RINCIAN	TAHUN
1.	CV. Griya Mitra Kontraktor	2001 – 2010
2.	PT. Management & Project Engineering (Consultant)	2010 - 2012
3.	Direktorat Keuangan Universitas Airlangga	2012 – 2016
4.	PT. Adi Banuwa	2016 - Sekarang

PENGALAMAN SEMINAR/LOKAKARYA/PELATIHAN

NO	RINCIAN	TAHUN
1.	Seminar Geoteknik “Pile Foundation, Analysis, Design And Evaluation”	2003
2.	“Towards Sustainable Civil Engineering Practice” UK Petra	2006
3.	Pelatihan Manajemen Proyek (IAMPI)	2011
4.	Pelatihan dan Lokakarya Pengadaan Barang Jasa (PLP Universitas Airlangga)	2015
5.	Workshop “Pelayanan Perizinan Berusaha Terintegrasi Secara Elektronik (Online Single Submission) Terkait Mekanisme Penilaian Dokumen Lingkungan Dan Penerbitan Izin Lingkungan”	2018

KETERANGAN KELUARGA

1. Orang Tua

NO	NAMA	TEMPAT LAHIR	TANGGAL LAHIR	PEKERJAAN
1.	M. Soetanto	Surabaya	15 Januari 1954	Swasta
2.	Sjamsimah	Tapaktuan (Aceh selatan)	23 Oktober 1955	Pensiunan

2. Isteri

NO	NAMA	TEMPAT LAHIR	TANGGAL LAHIR	PEKERJAAN
1	Anik Pujiatiningsih, SKM	Surabaya	30 September 1976	Swasta

3. Anak

NO	NAMA	JENIS KELAMIN	TEMPAT LAHIR	TANGGAL LAHIR	SEKOLAH/ PEKERJAAN
1	Dea Putri Safira	Perempuan	Surabaya	30 Januari 2002	FKM Unair
2	Naadhirah Azra Giantini	Perempuan	Surabaya	24 Juli 2007	SMPN 3 Sidoarjo

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan Kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis dengan judul : “Pendekatan Kesetimbangan Air Tanah Sebagai Dasar Perencanaan Pembangunan Kawasan Permukiman Yang Berkelanjutan” ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Penelitian dan penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan guna memperoleh gelar Magister, pada Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Universitas Brawijaya dan merupakan kesempatan berharga sekali untuk menerapkan beberapa teori yang diperoleh selama menempuh pendidikan dalam situasi dunia nyata. Tanpa kesempatan, bimbingan, masukan, serta dukungan dari berbagai pihak, tentunya tesis ini tidak akan terwujud sebagaimana bentuknya saat ini.

Dengan selesainya penulisan tesis ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, baik moril maupun materiil, yaitu :

- (1) Prof. Dr. Ir. Nuhfil Hanani AR., MS., selaku Rektor Universitas Brawijaya;
- (2) Prof. Dr. Marjono, M.Phil., selaku Direktur Pascasarjana Multidisipliner Universitas Brawijaya;
- (3) Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS., selaku Ketua Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Pasca Sarjana Universitas Brawijaya sekaligus sebagai tim penguji tesis;
- (4) Dr. rer.Nat. Arief Rachmansyah, selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk perbaikan tesis ini;
- (5) Dr. Rita Parmawati, SP., ME, selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk perbaikan tesis ini;
- (6) Para Tim Penguji Tesis : Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS., dan Dr. tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng;
- (7) Para Dosen pada Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Universitas Brawijaya;
- (8) Para Pegawai dan Staf Administrasi pada PascaSarjana Multidisipliner Universitas Brawijaya;
- (9) Dr. Dra. Hj. Dwi Prapti Sri Margiasih, MS, yang telah memberikan dukungan;
- (10) Kedua orang tua penulis Bapak M. Soetanto dan Ibu Sjamsimah yang telah memberikan dukungan dan doa;
- (11) Istri dan anak-anakku tercinta, Anik Pujiatningsih, SKM., Dea Putri Safira dan Naadhirah Azra Giantini, yang selalu memberikan dukungan dan semangat;
- (12) Rekan-rekan mahasiswa Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Universitas Brawijaya;

Kepada pihak-pihak lainnya yang tidak mungkin disebutkan satu per-satu, juga penulis sampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang tidak terhingga karena dengan bantuan Bapak dan Ibu semuanya maka tesis ini dapat terselesaikan penulisannya dengan baik dan lancar.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada kita semua dalam melaksanakan pengabdian bagi kejayaan negara dan bangsa Indonesia yang kita cintai. Aamiin.

Malang, Desember 2019
Penulis,

Deddy Sugianto
NIM. 176150100111053



RINGKASAN

Deddy Sugianto, NIM: 176150100111053, Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang, tanggal 8 bulan oktober tahun 2019, "*Pendekatan Kesetimbangan Air Tanah Sebagai Dasar Perencanaan Pembangunan Kawasan Permukiman Yang Berkelanjutan*", Komisi Pembimbing, Ketua: Arief Rachmansyah dan Anggota: Rita Parmawati.

Tuntutan terhadap perlindungan lingkungan hidup, khususnya sumberdaya air, pada saat perencanaan pembangunan menunjukkan peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Namun demikian, acuan perlindungan sumberdaya air selalu didasarkan pada tingkat pencemaran atau perubahan kualitas air.

Pendekatan kesetimbangan air tanah sebagai sebuah pendekatan untuk perencanaan pembangunan perumahan. Pendekatan ini diasumsikan semua kebutuhan air untuk penduduk di wilayah permukiman tersebut beserta aktifitasnya dipenuhi dari air tanah, selanjutnya air tanah terpakai tersebut harus diupayakan diganti dengan cara meresapkan air ke dalam tanah di kawasan tersebut. Untuk itu diperlukan pengelolaan air hujan yang menyeluruh. Potensi air hujan di kawasan permukiman diperlukan pengelolaan yang lebih intens, selain pengendalian limpasan yang terjadi, juga pemanfaatan untuk air bersih perlu.

Analisis limpasan di perumahan di daerah hilir dan hulu mempunyai potensi kenaikan limpasan dari sebelum perumahan dibangun hingga kondisi sudah dihuni sekitar 105%-115%. Pengelolaan air hujan dengan menggunakan sumur resapan sebesar 0,82 m³/m² dan neraca air 13,3%, kurang efektif untuk didaerah hilir dengan ketinggian air tanah yang dangkal, tetapi lebih efektif dalam penampungan dan peresapan air limpasan menggunakan kolam resapan sebesar 28,26% atau 1,74 m³/m². Sedangkan untuk perumahan di daerah hulu dengan koefisien permeabilitas yang rendah kolam resapan kurang efektif dalam peresapan air kedalam tanah sebesar 0,032 m³/m² atau 0,0054%, dengan ketinggian air tanah yang lebih dalam dari pada di daerah hilir perumahan tersebut dapat menggunakan sumur resapan lebih efektif.

Secara keseluruhan pengelolaan air hujan untuk air bersih dan air minum mempunyai debit yang cukup dan kualitas PH air hujan masih layak antara 6,6 - 7,8 melauai atap rumah. Prespektif masyarakat terhadap pemanfaatan air hujan sebagai air bersih dan air minum cukup baik sekitar 59%-61%.

Keywords: kesetimbangan air tanah, pengelolaan air hujan, permukiman berkelanjutan

SUMMARY

Deddy Sugianto, NIM: 176150100111053, Master Program of Environmental and Development Resource Management, Postgraduate, Brawijaya University Malang, Day 8th Month July Year 2018, "*Groundwater Balance Approach as Basic Planning for Sustainability of Settlement Development*", Supervising Commission, Chairman: Arief Rachmansyah and Member: Rita Parmawati.

Demands for environmental protection, especially water resources, especially when development planning shows an increase in recent years. However, the reference to protecting water resources is always based on the level of pollution or changes in water quality.

Groundwater equilibrium as an approach to housing development planning. This approach assumes that all water needs for residents in the settlement area and their activities are met from groundwater, then the used groundwater must be sought to be replaced by absorbing water into the soil in the area. For this reason, a comprehensive rainwater management is needed. The potential for rainwater in residential areas requires more intense management, in addition to controlling runoff that occurs, also the use of clean water is necessary.

The results of runoff analysis in housing in the downstream and upstream areas have the potential for runoff from before housing was built until conditions have been inhabited around 105% -115%. Rainwater management by using infiltration wells as large as 0,82 m³/m² and water balance 13.3%, less effective in downstream areas with shallow groundwater levels, but more effective in reservoirs and seepage of runoff water using a catchment pool of 28.26% or 1,74 m³/m². Whereas for housing in the upstream area with a low permeability coefficient the infiltration pond is less effective at infiltrating water into the soil by 0.032 m³/m² or 0.0054%, with a higher level of ground water than in the downstream area of the housing can use more effective infiltration wells.

Overall the management of rainwater for clean water and drinking water has sufficient discharge and the quality of the pH of rainwater is still feasible between 6.6 to 7.8 through the roof of the house. The people's perspective on the use of rainwater as clean water and drinking water is quite good, around 59% -61%.

Keywords: Groundwater balance, rain water harvest, sustainable settlement

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tesis dengan judul “ Pendekatan Kesetimbangan Air Tanah Sebagai

Dasar Perencanaan Pembangunan Kawasan Permukiman Yang Berkelanjutan “ dapat terselesaikan. penyusunan tesis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Universitas Brawijaya.

Dalam pembangunan perumahan berkelanjutan harus memerhatikan aspek ekonomi, lingkungan dan sosial. Dengan memerhatikan wilayah sebuah perumahan, baik di daerah hulu maupun hilir perlu di lakukan analisis terhadap neraca air sehingga surplus atau defisit air dapat diketahui. Dalam pembangunan perumahan dapat memerhatikan potensi air hujan di wilayah tersebut, dan pengelolaan air hujan untuk menunjang kelangsungan mahluk hidup dan lingkungannya, serta untuk memenuhi kebutuhan air bersih baik untuk kawasan perumahan di hulu maupun di hilir.

Penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dalam tesis ini, sehingga kedepannya dapat memberikan sebuah penelitian yang dapat bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan.

Malang, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	x
RINGKASAN	xii
SUMMARY	xiii
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
Bab	
I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah	4
1.3. Perumusan Masalah	5
1.4. Tujuan	6
1.5. Manfaat	6
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	8
2.2. Teori yang Relevan	24
III METODE PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian	49
3.2. Konsep dan Variabel	50
3.3. Populasi dan Sampel	55
3.4. Teknik Pengumpulan data	56
3.5. Uji Validasi dan Realiabilitas	57
3.6. Lokasi Penelitian	58
3.7. Analisa Data	61
IV DISKRIPSI LOKASI PENELITIAN	
4.1. Gambaran Umum Kecamatan Candi dan Kecamatan Tanggulangin	69
4.2. Gambaran Umum Perumahan	74
4.3. Gambaran Umum Responden Hasil Kuesioner	77
V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Analisis Potensi Air Hujan	76

5.2. Analisis Pengelolaan Air Hujan 95
5.3. Analisis Neraca Air Hujan 101
5.4. Presepsi Masyarakat Perumahan Hasil Survei Lapangan 104
VI KESIMPULAN
4.1. Kesimpulan 113
4.2. Saran 116
DAFTAR PUSTAKA 117



DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Hal.
2.1	Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini	18
2.2	Cara memilih metode menghitung hujan rata – rata	29
2.3	Koefisien air larian, C	32
2.4	Permeabel beberapa tipe tanah dari pengukuran lapangan (Kohnke dan Bertrand 1959)	34
2.5	Aplikasi metode pemanfaatan air hujan (memanen air hujan) untuk menanggulangi banjir, kekeringan, dan penyediaan air bersih	36
3.1	Variabel dan Konsep Penelitian	51
3.2	Desain survey	53
4.1	Jumlah Penduduk Kecamatan Candi	72
4.2	Jumlah Penduduk Kecamatan Tanggulangin	73
4.3	Gambaran Umum Responden Lokasi Studi Pertama	77
4.4	Gambaran Umum Responden Lokasi Studi Kedua	79
5.1	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Putat	79
5.2	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kludan	80
5.3	Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$	81
5.4	UjiKonsistensi Stasiun Putat	81
5.5	UjiKonsistensi stasiun Kludan	82
5.6	Uji Inlier outlier Stasiun Putat	82
5.7	Uji Inlier outlier Stasiun Kludan	83
5.8	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Normal Stasiun Putat	84
5.9	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Log Person III Stasiun Putat	85
5.10	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Gumbel Stasiun Putat	85
5.11	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Normal Stasiun Kludan	85
5.12	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Log Person III St. Kludan	86
5.13	Analisis Frekuensi Metode Distribusi Gumbel Stasiun Kludan	86
5.14	Uji Chi Kuadran Lokasi Studi Pertama	87
5.15	Uji Smirnov-Klmogrov Lokasi Studi Pertama	87
5.16	Uji Chi Kuadran Lokasi Studi Kedua	87
5.17	Uji Smirnov-Klmogrov Lokasi Studi Kedua	87
5.18	Debit Limpasan Sebelum Pembangunan Lokasi Studi Pertama	89
5.19	Debit Limpasan Setelah Pembangunan Lokasi Studi Pertama	89
5.20	Debit Limpasan Saat ini Pembangunan Lokasi Studi Pertama	90
5.21	Debit Limpasan Sebelum Pembangunan Lokasi Studi Kedua	91
5.22	Debit Limpasan Setelah Pembangunan Lokasi Studi Kedua	91
5.23	Debit Limpasan Saat ini Pembangunan Lokasi Studi Kedua	92
5.24	Analisis Neraca Air Limpasan	93
5.25	Kebutuhan Air Bersih	94
5.26	Analisis Sumur Resapan Lokasi Studi Pertama	95
5.27	Analisis Neraca Air Sumur Resapan Lokasi Studi Pertama	96
5.28	Analisis Sumur Resapan Lokasi Studi Kedua	97
5.29	Analisis Neraca Air Sumur Resapan Lokasi Studi Kedua	97
5.30	Analisis Neraca Air Kolam Resapan Lokasi Studi Pertama	98
5.31	Analisis Neraca Air Kolam Resapan Lokasi Studi Kedua	99
5.32	Analisis Neraca Air Sumur Resapan dan Kolam Resapan	100

5.33	Analisis Neraca Air Volume Air Hujan dengan Air Bersih Lokasi Studi Pertama	102
5.34	Analisis Neraca Air Volume Air Hujan dengan Air bersih Lokasi Studi Kedua	102
5.35	Analisis Neraca Air Kebutuhan Air Minum dan Masak Lokasi Studi Pertama	103
5.36	Analisis Neraca Air Kebutuhan Air Minum dan Masak Lokasi Studi Kedua	104



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Hal.
Gambar 2.1	Siklus Hidrologi	24
Gambar 2.2	Kerangka Analisis	48
Gambar 3.1	Peta Kabupaten Sidoarjo	59
Gambar 3.2	Peta lokasi Penelitian	59
Gambar 3.3	Peta Lokasi Studi Pertama	60
Gambar 3.4	Peta Lokasi Studi Kedua	60
Gambar 4.1	Peta Kabupaten Sidoarjo	69
Gambar 4.2	Layout Lokasi Studi Pertama	75
Gambar 4.3	Layout Lokasi Studi Kedua	76
Gambar 5.1	Presepsi masyarakat terhadap banjir lokasi studi pertama	105
Gambar 5.2	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan air hujan oleh pengembang lokasi studi pertama	105
Gambar 5.3	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan resapan oleh pemerintah di lokasi studi pertama	106
Gambar 5.4	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan resapan oleh mandiri di lokasi studi pertama	106
Gambar 5.5	Presepsi masyarakat terhadap pemanfaatan air hujan di lokasi studi pertama	107
Gambar 5.6	Presepsi masyarakat terhadap banjir lokasi studi kedua	108
Gambar 5.7	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan air hujan oleh pengembang lokasi studi kedua	109
Gambar 5.8	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan resapan oleh pemerintah di lokasi studi kedua	109
Gambar 5.9	Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan resapan oleh mandiri di lokasi studi kedua	110
Gambar 5.10	Presepsi masyarakat terhadap pemanfaatan air hujan di lokasi studi kedua	110
Gambar 5.11	Konsep Pemanfaatan Air Hujan.....	111

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul Lampiran	Hal.
Lampiran 1.	Kuesioner	
Lampiran 2.	Masterplan Perumahan Permata Taman Delta dan Pasar Wisata Tanggulangin	
Lampiran 3.	Data Curah Hujan	
Lampiran 4.	Analisis Hidrologi Lokasi Studi Pertama	
Lampiran 5.	Analisis Hidrologi Lokasi Studi Kedua	
Lampiran 6.	Foto Lokasi Penelitian	
Lampiran 7.	Foto Uji Permeabilitas Lapangan	
Lampiran 8.	Foto Kuesioner, uji air hujan ppm dan PH	
Lampiran 9.	Jurnal	
Lampiran 10.	Plagiasi	



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lingkungan hidup sudah lama menjadi perhatian negara maju, di Indonesia tahun 90 - an mulai bergerak dalam pelestarian lingkungan hidup.

Dalam masa sekarang ini perhatian terhadap lingkungan semakin meningkat, dimana isu pengelolaan sumberdaya air mulai kuat terdengar, semua itu guna kelangsungan dalam pembangunan yang berkelanjutan. Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan perlu ditingkatkan, peranan pemerintah sangat dibutuhkan dengan mengeluarkan kebijakan – kebijakan dalam bidang pelestarian lingkungan. Undang – Undang Negara Republik Indonesia Nomer 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, merupakan sebuah usaha dalam melindungi wilayah Negara Republik Indonesia dari pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup, menjamin keselamatan, kesehatan dan kehidupan manusia, menjamin kelangsungan kehidupan makhluk hidup dan kelestarian ekosistem, untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Pemerintah dan masyarakat sangat dibutuhkan dalam melakukan usaha pengelolaan sumberdaya air yang melimpah, bila tidak dilakukan dengan baik maka berpengaruh buruk terhadap kelangsungan hidup, mulai dari imbas banjir, kekeringan dan sebagainya. Lahan yang tertutup oleh pembangunan, tidak bisa meresapkan air hujan kedalam tanah sehingga air hujan langsung menjadi limpasan permukaan (run off) dan menyebabkan genangan di kawasan tersebut, bila drainase tidak mampu menampungnya maka debit banjir rancangan suatu kawasan, akan terjadi genangan. (Bisri, 2009). Indonesia mempunyai dua musim

yaitu musim penghujan dan musim kemarau, dengan retang waktu yang cukup panjang. Musim penghujan dapat menjadikan debit air limpasan akan tinggi jika tidak dimanfaatkan, intensitas air hujan yang tinggi dimungkinkan terjadinya banjir, sedangkan saat musim kemarau bila kapasitas air tanah berkurang bisa terjadi kekeringan. Pemanfaatan air hujan diperlukan agar tidak menimbulkan akibat buruk terhadap lingkungan sekitarnya. Tanah dan desain sistem drainase dapat menjaga kelestarian lingkungan dan memenuhi kebutuhan manusia melakukan pengelolaan air hujan, yang mana permeabilitas tanah lokasi studi yang rendah dan muka air 2,5 m. (Solikin, 2016). Jadi perlu adanya sebuah kajian dalam pengelolaan sumberdaya air terutama air hujan, hingga akibat yang timbul dapat diminimalkan, dan bermanfaat bagi kelangsungan makhluk hidup dan ekosistem.

Di kota besar pembangunan perumahan semakin meningkat disebabkan sebuah kebutuhan yang harus terpenuhi untuk kelangsungan hidup manusia. Dalam perkembangannya banyak pengembang perumahan (real estate) melakukan pengelolaan secara menyeluruh berupa rumah dengan berbagai fasilitas yang dibutuhkan, contoh akses jalan, saluran drainase, instalasi listrik, sanitasi, fasilitas penunjang dan sebagainya. Pembangunan perumahan sangat identik dengan pemenuhan kebutuhan penghuninya yang tidak hanya rumah saja yang dibangun tetapi fasilitas penunjang juga disiapkan, dengan maksud agar penghuni perumahan dapat hidup lebih sejahtera. Semakin besar perubahan lahan menjadi bangunan perumahan maka debit limpasan air akan semakin meningkat. (Romanti, 2018). Dengan demikian analisis pengelolaan air hujan di wilayah permukiman studi perlu dilakukan, yang terletak di daerah hilir dan hulu dalam satu Daerah Aliran Sungai. Masyarakat kawasan pesisir

Kabupaten Sidoarjo mempunyai potensi terhadap bencana banjir Rob akibat perubahan iklim, untuk Kecamatan Candi, Desa Kedung Peluk memiliki keterpaparan yang tinggi dengan 3 desa lainnya di kecamatan yang beda di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo, yaitu Desa Gebang, Tambak Kalisogo dan Desa Permisan. (Kurnianto, 2018). Lokasi Kawasan Lokasi studi pertama merupakan kawasan perumahan di daerah dekat pesisir yaitu daerah hilir yang mempunyai potensi banjir Rob, dan lokasi Lokasi studi kedua merupakan satu Daerah Aliran Sungai yang berada di sisi atas atau daerah hulu yang mempunyai peranan menambah debit air sungai, dan daerah ini mempunyai ketinggian air tanah yang cukup tinggi dibandingkan lokasi studi pertama. Sebagian besar wilayah kota pesisir kerap dilanda banjir, salah satunya dengan pembuatan kanal agar dapat terhindar banjir tetapi dengan semakin meningkatnya frekuensi banjir akibatnya akan semakin meluas. (Suripin, 2004). Pemanfaatan air tanah daerah pantai berpengaruh kepada sumur daerah sekitar dikarenakan akibat intrusi air laut bila jarak sekitar 2 km dari pantai. (Hendra, 2009).

Konsep pembangunan berkelanjutan merupakan konsep hidup dan memperlakukan proses pembangunan sebagai arus yang mengalir dinamis. Pembangunan tidak lagi dipandang dalam sektor kurun waktu tertentu, tetapi juga dalam jangka panjang secara berkelanjutan yang komprehensif memuat dimensi lingkungan dalam pola pembangunan secara stimulant segi ekonomi, sosial dan lingkungan untuk dikerjakan bersama sekaligus. (Parmawati, 2018).

Sementara perubahan permukaan bumi menjadi lingkungan buatan berupa kota, sentra industri, jaringan jalan, kegiatan pertambangan serta kegiatan manusia lainnya yang bersifat merusak dan mengubah lingkungan. Pola pembangunan

konvensional ini mengakibatkan separuh lebih dari sungai-sungai di dunia menderita pendangkalan, sedimentasi dan kerusakan sehingga diramalkan lebih dari separuh penduduk menderita kelangkaan air tawar di tahun 2030 nanti. (Salim, 2018). Pengembangan kawasan perumahan berkelanjutan disamping memperhatikan faktor ekonomi, perlu juga memperhatikan faktor lingkungan dan sosial, yang perlu diperhatikan di sektor lingkungan yaitu potensi air tanah di kawasan perumahan tersebut sehingga pengelolaan air dapat memberikan kontribusi yang baik terhadap masyarakat. Keseimbangan air dan estimasi ketersediaan air merupakan indikator keberlanjutan dan proses pengambilan keputusan. (Menico, 2010). Dengan demikian pengembangan dalam penelitian neraca air di kawasan permukiman khususnya di daerah Hilir dan di daerah Hulu dari Daerah Aliran Sungai perlu dilakukan. Dalam penelitian sebelumnya permeabilitas di daerah Sub DAS yaitu mempunyai persebarannya tinggi semakin ke arah bukit, dan semakin kearah pesisir semakin rendah. (Putra, 2012).

1.2. Identifikasi dan Batasan Masalah Penelitian

Masyarakat kawasan pesisir Kabupaten Sidoarjo mempunyai potensi terhadap bencana banjir Rob akibat perubahan iklim (Kurnianto, 2018). Lokasi studi pertama merupakan Perumahan Permata Taman Delta berada di Desa Kalipecebuan dan Kendalpecebuan Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu daerah pesisir Kabupaten Sidoarjo, yang mempunyai potensi banjir Rob. Lokasi studi kedua merupakan Perumahan Pasar Wisata tanggulngin Kecamatan Tanggulngin Kabupaten Sidoarjo dalam satu Daerah Aliran Sungai di daerah hulu, yang memberikan sumbangan debit air terhadap sungai ke Hilir, dimana lokasi hilir merupakan kawasan Lokasi studi pertama. Sehingga potensi air hujan di kedua kawasan permukiman tersebut perlu

dilakukan analisis, dan pengelolaan air guna untuk kelangsungan makhluk hidup dan ekosistemnya, dan begitu juga sistem pengelolaan air hujan untuk menunjang kebutuhan air bersih.

Lokasi studi dibatasi pada dua area perumahan di daerah Hilir dan Hulu dalam Sub DAS Brantas yaitu Perumahan Permata Taman Delta Desa Kalipecabean-Kendalpecabean Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo dan Perumahan Pasar Wisata Tanggulangin Desa Kendensari Kecamatan Tanggulangin Kabupaten Sidoarjo. Perumahan Permata Taman Delta yang berada daerah hilir dan daerah pesisir disebut lokasi studi pertama. Lokasi studi kedua berada di daerah Hulu yaitu Perumahan Pasar Wisata Tanggulangin Desa Kendensari Kecamatan Tanggulangin Kabupaten Sidoarjo.

Ruang lingkup penelitian ini metitikberatkan pada wilayah studi pertama dan Kedua, dengan tidak melakukan analisis terhadap Daerah Aliran Sungai secara keseluruhan, karena penelitian ini fokus pada pengembangan kawasan pemukiman yang berkelanjutan mencakup aspek lingkungan terutama kesetimbangan air tanah sebagai dasar perencanaan pembangunan.

1.3. Perumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah yang dibahas yaitu:

- ❖ Seberapa besar potensi air hujan di lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua di Kabupaten Sidoarjo?
- ❖ Bagaimanakah pengelolaan air di area kawasan lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua dalam kelangsungan makhluk hidup dan ekosistemnya?
- ❖ Bagaimanakah sistem pengelolaan air hujan untuk menunjang kebutuhan domestik (air bersih) di lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua dan

presepsi masyarakat dalam pengelolaan air hujan terhadap pengembangan permukiman?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian neraca air untuk pengembangan kawasan perumahan berkelanjutan di daerah Desa Kalipecabean Kecamatan Candi dan Desa Kedensari, Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo sebagai berikut:

- Menganalisis potensi air hujan di Lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua di Kabupaten Sidoarjo.
- Menentukan pengelolaan air yang tepat di kawasan lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua dalam kelangsungan mahluk hidup dan ekosistemnya.
- Menentukan sistem pengelolaan air hujan yang tepat di lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua, serta perumahan yang sejenis wilayahnya, untuk menunjang pemenuhan kebutuhan air domestik (air bersih). Dan presepsi masyarakat dalam pengelolaan air hujan terhadap pengembangan permukiman.

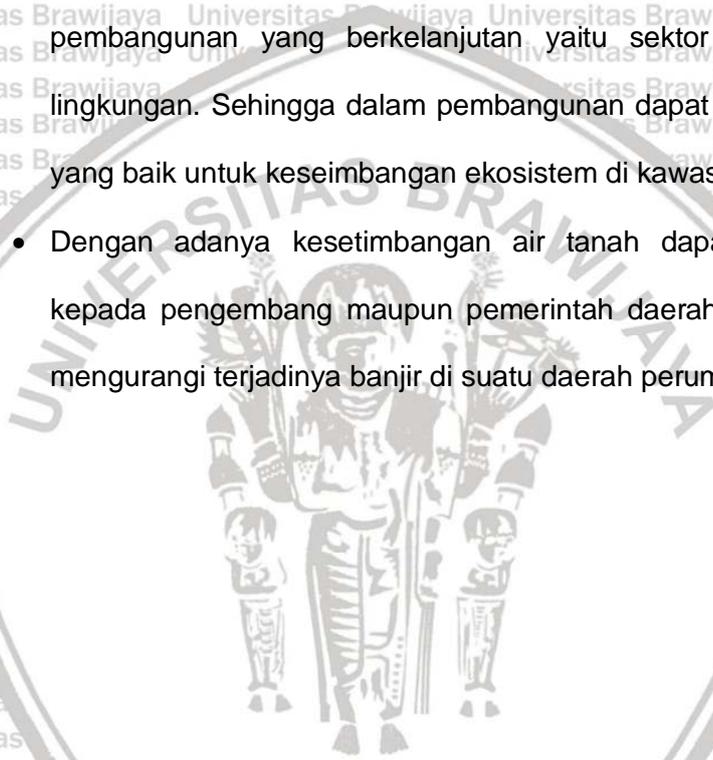
1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

- Dapat memberikan pedoman dan acuan besaran dari potensi air hujan pada masyarakat di Lokasi studi.
- Dengan pengelolaan air yang tepat di area kawasan lokasi studi, dapat memberikan sebuah kontribusi kepada masyarakat sekitar yang baik dalam kelangsungan mahluk hidup dan ekosistemnya.
- Sistem pengelolaan air hujan yang baik dan tepat dapat menunjang kebutuhan domestik air bersih wilayah lokasi studi pada khususnya dan

perumahan lainnya yang geografi dan kondisi tanahnya sejenis pada umumnya.

- Pengelolaan air hujan dan persepsi masyarakat Dapat memberikan sebuah pedoman dan arahan dalam pembangunan perumahan di wilayah daerah aliran sungai Hulu dan Hilir, kepada pengembang perumahan dan pemerintah daerah di setiap aktifitas pembangunan merujuk ke sebuah pembangunan yang berkelanjutan yaitu sektor ekonomi, sosial dan lingkungan. Sehingga dalam pembangunan dapat memberikan kontribusi yang baik untuk keseimbangan ekosistem di kawasan permukiman.
- Dengan adanya kesetimbangan air tanah dapat memberikan acuan kepada pengembang maupun pemerintah daerah untuk mencegah dan mengurangi terjadinya banjir di suatu daerah perumahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Analisis kesetimbangan air tanah dengan pemanfaatan air hujan untuk perencanaan pembangunan pemukiman yang berkelanjutan ini, selayaknya dapat memanfaatkan hasil penelitian-penelitian yang relevan sesuai dengan penelitian ini, sehingga mendukung dalam menganalisis pemanfaatan air hujan, walaupun ada penelitian sebelumnya yang melakukan tetapi permasalahan dan kondisi setiap daerah sangat berbeda sehingga setiap penelitian mempunyai sebuah hasil penelitian yang berbeda dan bervariasi sesuai dengan kondisi wilayah yang diteliti. Dengan demikian penelitian sebelumnya dijadikan sebagai gambaran dan arahan dalam sebuah penelitian yang dilakukan.

Penelitian terdahulu yang cukup relevan dengan penelitian ini, akan didiskripsikan sebagai berikut :

1. "Water Balance in Low-Income Community Housing Case Study in Bumi Mondoroko Raya Housing Singosari District Malang Regency". (Romanti, et al, 2018).

Kebutuhan lahan yang luas untuk perumahan yang disebabkan jumlah penduduk yang tinggi, menjadikan permasalahan keseimbangan air tanah terhadap keberlanjutan air, dengan tujuan menganalisa limpasan air hujan, kebutuhan air, volume resapan, jumlah sumur resapan yang dibutuhkan. Penelitian ini memakai metode kuantitatif dengan melakukan pengumpulan data, survey lokasi/pengamatan, dan analisis data. Hasil penelitian yaitu semakin besar perubahan lahan menjadi bangunan maka debit limpasan air semakin besar, dengan semakin besar jumlah penduduk suatu daerah maka kebutuhan air semakin meningkat, dan semakin besar luasan pembangunan perumahan

berpotensi penurunan air limpasan masuk ke dalam tanah, sehingga dibutuhkan sumur resapan untuk menambah kapasitas air tanah.

Penelitian ini dapat menjadi pustaka dalam penelitian potensi dan pengelolaan air hujan di lokasi studi.

2. "Assessment of Rainwater Availability by Building Type and Water Use Through GIS-based Scenario Analysis". (Kim, 2012).

Dalam pemanenan air hujan dan pemanfaatannya memerlukan informasi seperti luasan dan penggunaannya, bila menggunakan metodologi konvensional dianggap sangat melelahkan, sehingga pendekatan dengan sistem informasi geografis (GIS) merupakan pendekatan yang lebih efisien. Dalam pemodelan GIS dapat dibedakan sesuai dengan luasan yaitu rumah hunian, kantor, gedung komersial, restoran dan bangunan umum. Sehingga didapat tingkat pemanfaatan air hujan dalam ketersediannya dalam memenuhi kebutuhan rumah hunian, kantor, gedung komersial, restoran dan bangunan umum yaitu 55%, 38%, 28%, 5% dan 44%, sehingga terlihat permintaan kebutuhan air lebih tinggi pada luasan atap sebagai daya tampung air hujan.

Total permintaan penggunaan air diamati menyumbang 42% dari total permintaan domestik mulai untuk penyiraman toilet, AC, irigasi kebun, pembersihan, mandi, cuci dan penggunaan di dapur, dan air hujan menyumbang 32% dari total permintaan air.

Data GIS sangat berperan penting dalam melakukan analisis, misal jenis bangunan, perhitungan area, dan menghitung jumlah bangunan dari setiap jenis.

Hal ini menunjukkan bahwa metodologi berbasis GIS dapat menjadi alat untuk mengevaluasi pemanfaatan panen air hujan.

Penelitian ini menjadikan pustaka dalam penelitian ini dalam merumuskan sistem pengelolaan air hujan untuk kebutuhan air bersih domestic di lokasi studi.

3. "Kondisi dan potensi dampak pemanfaatan air tanah di Kabupaten Bangkalan". (Wahyudi, 2009).

Air terdiri dari air permukaan dan air dalam tanah. jumlah dan keberadaan Air permukaan dapat dilihat dan dihitung. Sedangkan air tanah yang letaknya di dalam tanah sehingga jumlah dan potensinya perlu adanya penelitian. Kabupaten bangkalan sebagai obyek penelitian merupakan kabupaten yang penduduknya memanfaatkan sumber sumur bor guna untuk mengairi sawah dan air minum, begitu juga sektor industri dan lainnya. Penelitian ini bertujuan memperoleh gambaran air tanah yang berada di Kabupaten Bangkalan dari potensi air tanah yang telah dimanfaatkan dan dikembangkan. Hal ini Memberikan sebuah masukan kepada pemerintah daerah dalam mengambil sebuah kebijakan pengembangan air tanah di wilayah Kabupaten Bangkalan.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu persiapan, inventarisasi data dan orientasi lapangan, analisa data, pemodelan, analisa hasil dengan software Mudflow, pembuatan laporan.

Kesimpulan penelitian, jumlah dari pemanfaatan air tanah di wialayah Kabupaten Bangkalan sebesar 152.566,91 m³/hr. Dengan sistem aquifet pada aquifet atas kedalaman 50 – 100 meter, aquifet bawah 40 – 100 meter. Di daerah pantai mempunyai aquifet landai dan semakin mendatar sehingga pengambilan 32 l/det/sumur memberikan akibat intrusi air laut bila dalam jarak sekitar 2 km dari tepi pantai, dengan debit aman yaitu 23 l/det/sumur. Pemanfaatan dari air tanah di daerah cekung sebesar 48.700 m³/hr besar recharge 252.990 m³/hr dari garis tepi pantai dan dengan debit saran dalam pengambilan air tanah sebesar 10 l/det di daerah ini. Disarankan adanya area embung atau sumur resapan yang berada di daerah hulu yang berfungsi mengalirkan air hujan masuk ke tanah guna

meningkatkan cadangan air tanah serta mengurangi banjir di daerah hilir saat hujan lebat.

Penelitian ini dapat menjadi pustaka dalam rumusan potensi besaran air hujan yang terjadi di lokasi studi.

4. “Imbuhan air tanah mereduksi genangan” (lokasi studi di Kecamatan Batu, Kota Batu)”. (Bisri, et al, 2009).

Lahan yang tertutup dalam kawasan tidak dapat meresapkan air hujan dalam tanah sehingga menjadi air limpasan permukaan (*runoff*), sehingga dapat

menyebabkan genangan di kawasan studi. Bila kondisi dari drainase tersebut tidak mampu menampung debit banjir rancangan dari kawasan tersebut akan

terjadi genangan. Bila hal ini terjadi terus menerus akan dapat mengakibatkan penurunan debit sumber – sumber air tanah di suatu kawasan tersebut. Tujuan

dari penelitian ini merencanakan sebuah sistem drainase berwawasan lingkungan menggunakan teknologi beberapa sumur resapan dengan

mengharapkan fungsi ganda, yaitu mereduksi genangan dan meresapkannya, sehingga menambah debit air tanah secara buatan. Metode penelitian yang di

gunakan : penentuan lokasi studi yaitu Kota Batu Kecamatan Batu, metode pengumpulan data baik melalui survey dan data sekunder, metode analisis

dengan analisis hidrologi, menganalisis sistem drainase, merencanakan sumur resapan.

Kesimpulan penelitian yaitu terjadinya genangan di lokasi studi karena kapasitas saluran drainase awal tidak mampu menampung volume banjir dalam

desain rencana debit Banjir 10 tahunan. Didapat rencana debit banjir kala ulang 10 tahun sebesar 91,24 m³/dt, jumlah saluran drainase 25 buah dari 173 saluran

drainase di lokasi tersebut. Total debit genangan sebesar 12.142 m³/dt. Pemecahan masalah mengatasi genangan memakai sistem sumur resapan

berwawasan lingkungan dalam mereduksi air hujan, sumur resapan tersebut dengan diameter 1 meter kedalaman 3 meter dengan kapasitas 0,028 m³/dt per sumur, dan untuk mengatasi genangan tersebut di lokasi studi dibutuhkan 450 buah sumur resapan.

Penelitian ini mendasarkan dalam pengelolaan air hujan untuk keseimbangan makhluk hidup dan ekosistemnya dan besaran potensi air hujan.

5. "Perencanaan sumur resapan untuk mengatasi masalah kekeringan". (Solikin, 2016).

Rumah merupakan kebutuhan manusia untuk berlindung, dimana lahan yang awalnya berupa tanah yang terbuka dan dapat meresapkan air ke dalam tanah

agar air tanah terjaga, sehingga pengaruh pembangunan rumah dan bangunan lainnya menimbulkan akibat di sekitar yang salah satunya berkurangnya air tanah. Sedangkan air tanah digunakan manusia untuk kebutuhan sehari-hari.

Tujuan dari penelitian ini menganalisis kemampuan jenis tanah dan desain sistem drainase dapat menjaga kelestarian air tanah dan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Menjadikan warga sekitar penelitian sadar akan pentingnya

menjaga siklus air hujan yang turun membawahi berkah dengan berusaha menjadikan air permukaan menjadi air tanah. metode penelitian menggunakan metode survey dan menganalisis dengan menggunakan metode analisis

kuantitatif. Penelitian ini menyimpulkan daerah studi mempunyai nilai permeabilitas cukup rendah dengan nilai permeabilitas 5 cm/jam dan kedalaman muka air tanah 2,5 meter. Intensitas hujan rancang daerah penelitian durasi 1 jam pada periode tahun 2015 dengan intensitas hujan rancang 193,82 mm/jam.

Kedalaman sumur resapan diameter 80 cm yang diperoleh dari perhitungan yaitu kedalaman 3,44 meter, dengan muka air tanah 2,5 diperlukan 2 sumur resapan kedalaman 2 meter sistem paralel.

Penelitian ini menjadi pustaka dalam pengembangan penelitian besaran potensi air hujan dan pengelolaan air hujan dalam pengembangan perumahan di lokasi studi.

6. “Analyzing hydrological sustainability through water balance” (Menico, 2010)

Ketersediaan air adalah masalah utama dalam penilaian kelestarian air, rencana pengelolaan DAS harus mempertimbangkan sumberdaya dari DAS dan transfer air antara sungai untuk memenuhi permintaan. Pertukaran air seperti di antara cekungan mungkin tidak diketahui ketika air tanah adalah sumber utama

Neraca air menjadi alat yang cocok untuk menentukan akibat eksploitasi air tanah pada sistem hidrogeologi regional, yang menyiratkan aliran air tanah yang diinduksi dari cekungan terdekat selama periode pembangunan.

Komponen – komponen persamaan neraca air termasuk input dan output air tanah menunjukkan apakah pasokan air di masa depan harus diperoleh dari air permukaan atau air tanah dalam distribusi yang tepat meminimalkan pengaruh pada sumber daya air.

Keseimbangan air dan estimasi ketersediaan air merupakan indikator keberlanjutan dan proses pengambilan keputusan. Namun manajemen keberlanjutan pada interaksi komponen berbeda dari siklus hidrologi, apakah alami atau buatan. Studi hidrogeologi lebih lengkap bila berdasarkan data hidrolis, parameter hidrokimia dan biologi tentang tekanan dan pengaruh pada sumberdaya air, untuk memberikan titik awal untuk pengembangan sumberdaya air yang berkelanjutan dalam cekungan sungai.

Penelitian ini dapat dijadikan rujukan pustaka dalam pengembangan penelitian neraca air yang terdapat di lokasi studi.

7. "Rancangan sumur resapan di sub DAS garang hilir Kota Semarang, Jawa Tengah". (Putra, 2012)

Kota Semarang sebagai kota pesisir yang kerap dilanda banjir. Kanal timur merupakan salah satu usaha Hindia Belanda agar dapat terhindar banjir. Tetapi tahun terakhir frekuensi banjir semakin meningkat dan daerah Semarang yang terkena imbas pun semakin luas (Suripin, 2004). Kota Semarang akan kebutuhan lahan untuk pemukiman semakin meningkat sehingga akibat perubahan dari lahan menjadi pemukiman. (Kodoatie, 2002). (Suhandini, 2012). Mengatakan bahwa banjir disebabkan oleh curah hujan. Secara signifikan terjadinya banjir disebabkan nilai infiltrasi yang rendah dari curah hujan.

Tujuan dari penelitian untuk mengetahui nilai intensitas hujan periode ulang tertentu. Mengetahui nilai permeabilitas dan sebaran koefisien permeabilitas tanah. Menentukan daerah yang layak untuk dibuat sumur resapan. Mendesain sumur resapan untuk meresapkan air hujan.

Metode penelitian dengan melakukan survey lokasi, perhitungan hujan wilayah, hujan rancangan dan intensitas hujan rancang, penentuan koefisien permeabilitas tanah, lokasi sumur resapan dan penentuan desain sumur resapan.

Kesimpulan penelitian, intensitas rancang durasi 1 jam metode *log pearson type III* periode berulang 2, 5, 20, 25 data hujan 10 tahun 2003 – 2012 adalah 46,57 mm/jam, 66,19 mm/jam, 83,90 mm/jam dan 113,00 mm/jam. Nilai koefisien permeabilitas di daerah Sub DAS persebarannya tinggi semakin ke perbukitan dan semakin ke utara semakin rendah. Wilayah prioritas sumur resapan di bagian selatan Sub DAS kemiringan lereng 0-8% kedalaman air tanah > 3 meter dan koefisien permeabilitas > 2 cm/jam. Desain sumur resapan yang diterapkan di wilayah prioritas dengan menggunakan bis beton diameter 0,8

meter kedalaman efektifitas zona 1 dengan kedalaman 2,98 – 4,47 meter dengan pembatas luas atap 129,12 m², zona 2 dengan kedalaman 3,33 – 4,99 meter dengan pembatas luas atap 125,62 m², zona 3 dengan kedalaman 3,16 – 5,54 meter dengan pembatas luas atap 136,56 m².

8. Evaluasi Kebijakan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Dangkal di Kabupaten Sleman (Anwar, 2015)

Pertumbuhan dan perkembangan masyarakat dalam penggunaan ruang di kabupaten sleman dalam pengambilan air tanah, dan penurunan resapan air hujan kedalam tanah. kesetimbangan pengambilan dan pengisian air tanah menyebabkan penurunan muka air tanah

Tujuan mengevaluasi kebijakan sumur resapan yang sudah ditetapkan pemerintah Kabupaten sleman dalam aspek fisik, lingkungan, instrumen, aspek pemeintah dan aspek sikap masyarakat. Kebutuhan dan teknik penyajian data Teknik analisis; analisis statistik data (Gasperz, 1991), dg variable pengaruh (pendidikan, pendapatan, pengetahuan tentang sumur resapan), Variabel terpengaruh. Analisis Non Statistik; analisis hujan Gumbel dan log person III, uji kecocokan dg metode chin kuadrat, Intensitas hujan, debit rencana, faktor geometri , kedalaman sumur resapan. Peta wilayah sumur resapan dan efektifitas sumur resapan.

Koefisien permeabilitas tanah Kabupaten Sleman 0,000024 – 0,000944 m/detik dengan permeabilitas kecil ke besar dari barat ke timur. Secara keseluruhan permeabilitas 3×10^{-6} m/detik efektif untuk sumur resapan. Kedalaman sumur resapan terbesar di sisi barat mencapai 10,6 m dan terendah 0,5 meter sisi timur. IMB sebagai instrumen penerapan sumur resapan belum efektif. Pengawasan pemerintah pelaksanaan sumur resapan masih rendah.

Nilai permeabilitas tanah di kabupaten Sleman dari barat kearah timur dari kecil menjadi semakin membesar. Kedalaman sumur resapan semakin kecil kearah barat kabupaten sleman dikarenakan kemampuan meluluskan air semakin besar ke arah timur yang tergambar dari koefisien permeabilitas tanah. Konservasi untuk penerapan sumur resapan di Kabupaten Sleman sangat dimungkinkan untuk dilaksanakan, dikarenakan muka air tanah memberikan ruang yang cukup. Penerapan ijin mendirikan bangunan pada instrument sumur resapan air hujan belum efektif. Kinerja pemerintah dalam mengawasi pelaksanaan sumur resapan air hujan masih rendah. Sikap masyarakat terhadap sumur resapan air hujan cenderung netral dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan tentang sumur resapan.

9. Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan di Kawasan Rungkut. (Muliawati, 2015).

Daerah dengan kawasan industri yang sangat pesat akan di ikuti pula dengan perkembangan penduduk yang pesat. Hal ini di ikuti dengan pembangunan pemukiman/perumahan dan fasilitas penunjang yang akan di imbangi dengan sistem drainase. Salah satu pengaruh meningkatkan aliran permukaan secara langsung dan penurunan kualitas air yang menyerap kedalam tanah, sehingga menimbulkan genangan/banjir pada musim hujan.

Tujuan melakukan perencanaan penerapan sistem drainase konsep konvensional menjadi konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase).

Kelebihan air terutama air hujan dapat di tampung dan dikendalikan supaya meresap ke dalam tanah sehingga mengurangi peluapan air ke permukaan. Total genangan terjadi dalam 6 saluran di kawasan rungkut sebesar

11,205 m³/detik. Sistem drainase berwawasan lingkungan menggunakan sumur resapan sebagai alternatifnya, dengan luasan sumur 4 m² dan kedalaman 1 m.

kapasitas sumur resapan dan kapasitas daya tampung :

Saluran Kedung Asem : sumur resapan 0,038 m³/detik dengan 27 unit

Saluran Pondok Nirwana : sumur resapan 0,044 m³/detik dengan 43 unit

Saluran Penjaringan Sari : sumur resapan 0,044 m³/detik dengan 84 unit

Saluran Nirwana Eksekutif : sumur resapan 0,044 m³/detik dengan 50 unit

Saluran Wonorejo Rungkut ; sumur resapan 0,044 m³/detik dengan 19 unit

Saluran Wonorejo Tambak : sumur resapan 0,032 m³/detik dengan 59 unit

Total debit 6 saluran dalam kawasan rungkut : 11,205 m³/detik

Spesifikasi sumur resapan tersebut yaitu luasan 4 m² dan kedalaman 1 m, dibutuhkan 282 buah sumur resapan untuk mengurangi genangan di Kawasan Rungkut Surabaya.

10. Urban Rainwater Utilization and its Role in Mitigating Urban Waterlogging Problems-A Case Study in Nanjing, China. (Zhang, et al, 2012)

Percepatan proses urbanisasi menjadikan permasalahan genangan air perkotaan yang serius di Nanjing Cina, untuk mengurangi masalah genangan air perkotaan diperlukan mengurangi air limpasan permukaan dari sumbernya dengan memanen dan memanfaatkan air hujan.

Klasifikasi jenis permukaan diperlukan dalam mengatasi Potensi air hujan dan perhitungan pengurangan dari volume air limpasan.

Pemanenan air hujan melalui atap dan permukaan lain menghasilkan volume air dalam setahun sekitar 372.284 m³, 414.034 m³ dan 275.180 m³

dengan perbandingan air hujan yang turun yaitu 75%, 50%, 25%. Kapasitas tangki yang di gunakan untuk memanen air hujan sekitar 4,083 m³, hal ini kapasitas tangki per unit luasan atas 1 m² adalah 0,0267 m³ dan mengisi tangki di butuhkan sekitas 55% luasan atap.

Dalam mengatasi masalah genangan air di perkotaan wilayah studi, dapat dikurangi secara efektif melalui pemanenan dengan data curah hujan harian maksimum, curah hujan maksimum tahunan rata-rata dan curah hujan Kritis badai hujan sebesar 13,9%, 30,2% dan 57%.

Penelitian ini dapat dijadikan rujukan pustaka dalam pengembangan potensi air hujan dan pengelolaan air hujan untuk pengembangan perumahan di lokasi studi.

Teori dahulu mempunyai perbedaan dengan penelitian ini yang terlihat pada tabel 2.1, perbedaan tersebut sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan penelitian ini

No.	Nama Peneliti dan Judul	Variabel	Metode & Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
1.	Sulin Rohmanti, (2018) Analisis Keseimbangan Air Tanah di Perumahan Bumi Mondoroko Raya Kecamatan Singosari Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air hujan • Neraca air • Jumlah sumur resapan 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air hujan, sebelum dibangun < bangunan susun < perumahan. • Kebutuhan air semakin meningkat setiap tahun • Keseimbangan air defisit tiap tahun • 118 sumur 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air hujan luasan atap dan luasan area perumahan • Neraca air awal dan setelah pengelolaan • Pemanfatan dan pengelolaan air hujan per rumah • Analisis sumur resapan dan

			resapan	kolam resapan
2	<p>Jinyoung Kim, Hiroaki Furumai, (2012)</p> <p>Assessment of Rainwater Availability by Building Type and Water Use Through GIS-based Scenario Analysis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat pemanfaatan air • Daya tampung air hujan • Data GIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah pemanfaatan hunian, kantor, gedung kormesial, restoran, bangunan umum, 55%,38%,28%, 5%,44%. • Pemanfaatan tidak berubah terhadap peningkatan air hujan. • Data GIS penting dalam analisis jenis bangunan, luas area dll. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanfaatan dan pengelolaan air hujan • Menggunakan data layout developer, dan survei lokasi dalam luasan atap dan permukaan • Pemanfaatan lingkup perumahan dan area sekitar <p>Area studi Hulu dan Hilir</p>
3	<p>Hendra Wahyudi, (2009)</p> <p>Kondisi dan Potensi Dampak Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Bangkalan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Debit air tanah • Neraca air tanah • Program <i>software mudflow</i> • Pemanfaatan air tanah 	<ul style="list-style-type: none"> • Neraca air tanah di musim kemarau semakin sedikit • Sistem equifet kedalaman 50-100 m, untuk kebutuhan air bersih Kabupaten Bangkalan • Diperlukan embung atau sumur resapan meningkatkan cadangan air tanah 	<ul style="list-style-type: none"> • Debit air tanah pengukuran dan uji laboratorium • Pemanfaatan air melalui air hujan langsung • Neraca air yang diperhitungkan bersumber dari hujan
4	Mohammad	• Analisis	• Kapasitas	• Limpasan

	<p>Bisri, (2009)</p> <p>Imbuhan Air Tanah Mereduksi Genangan (lokasi studi di Kecamatan Batu, Kota Batu)</p>	<p>hidrologi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air drainase • Debit air bersih • Evaluasi saluran drainase • Sumur resapan 	<p>saluran drainase awal tidak mampu menampung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan sumur resapan dalam mengatasinya 	<p>luasan atap dan area perumahan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debit air bersih dari data sekunder dan kuisisioner • Pengelolaan dengan menggunakan sumur resapan dan kolam resapan • Area studi daerah Hulu dan Hilir
6	<p>Anna Menico, (2010)</p> <p>“Analyzing Hydrological Sustainability Through Water Balance”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Neraca air permukaan • Data konsumsi air • Data pengelolaan air dari perusahaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Air DAS Selva 59,1% digunakan pertanian, ternak , 25,1% untuk industry, 15,8% perkotaan, 5,3% dari limpasan permukaan • Neraca air alat menentukan eksploitasi air tanah. • Keseimbangan air berdasar data hidrologi, hidrokimia, dan biologi untuk pengembangan sumberdaya air berkelanjutan 	<ul style="list-style-type: none"> • Neraca air dilakukan dengan awal dan setelah pengelolaan • Pemanfaatan dan pengelolaan air hujan untuk lingkungan perumahan dengan menggunakan sumur resapan dan kolam resapan. • Area studi daerah Hulu dan Hilir

7	<p>Ardian Permata Putra, (2012)</p> <p>Rancangan Sumur Resapan di Sub DAS garang hilir Kota Semarang, Jawa Tengah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Data curah hujan • Debit sumur resapan • Koefisien permeabilitas 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis Intensitas air hujan dengan kurva Intensity duration frequensi. • Koefisien permeabilitas di daerah perbukitan semakin tinggi dan semakin ke pesisir semakin rendah. • Sumur resapan kedalaman efektifitas sesuai dengan luas atap. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data curah hujan 10 tahunan dan di analisis hidrologi • Koefisien permeabilitas dari uji lapangan dan area studi di daerah Hulu dan Hilir • Pengelolaan air hujan sesuai dengan hasil analisis: sumur resapan, kolam penampung
8	<p>Anwar Zaini, (2015)</p> <p>Evaluasi Kebijakan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Dangkal di Kabupaten Sleman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Koefisien permeabilitas wilayah • Data curah hujan • Kebijakan Sumur resapan 	<ul style="list-style-type: none"> • Permeabilitas di wilayah Kabupaten Sleman dari barat ke timur semakin besar dari 0,000024-0,000944 • Sumur resapan lebih efektif dengan kedalaman 10,6 m sampai 0,5m • Penerapan instrument sumur resapan belum efektif dari pemerintah baik kinerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji permeabilitas lapangan dilakukan di 2 kawasan perumahan daerah Hulu dan Hilir • Pengelolaan air hujan di lakukan setiap rumah dengan pemanfaatan untuk air bersih dan sumur resapan. • Pengelolaan kesetimbangan air tanah

			<p>amupun pengawasan. Masyarakat cenderung netral.</p>	<p>dilakukan sebelum di bangun dan setelah di bangun dengan sumur resapan atau kolam resapan</p>
9	<p>Dea Nathisa Muliawati, (2015) Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan di Kawasan Rungkut.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Koefisien permeabilitas dengan menggunakan data tanah sekunder • Limpasan air hujan • Data Curah Hujan • Sistem drainase (eko-drainase) dengan 	<ul style="list-style-type: none"> • Total genangan terjadi di 6 saluran di kawasan Rungkut 11,205 m³/detik • Menggunakan sumur resapan dengan luasan 4 m² dan kedalaman 1 m • Jumlah sumur resapan yang di butuhkan 282 buah sumur resapan yang berada di area drainase. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji permeabilitas lapangan dilakukan di 2 kawasan perumahan daerah Hulu dan Hilir • Pengelolaan air hujan di lakukan setiap rumah dengan pemanfaatan untuk air bersih dan sumur resapan. • Pengelolaan kesetimbangan air tanah dilakukan sebelum di bangun dan setelah di bangun dengan sumur resapan atau kolam resapan
10	<p>Xinggi Zhang, Maochuan Hu, Gang Chen, Youpeng Xu,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air hujan • Data curah 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis hidrologi debit air limpasan 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji permeabilitas lapangan dilakukan di 2

(2012)
Urban Rainwater Utilization and its Role in Mitigating Urban Waterlogging Problems-A Case Study in Nanjing, China.

hujan

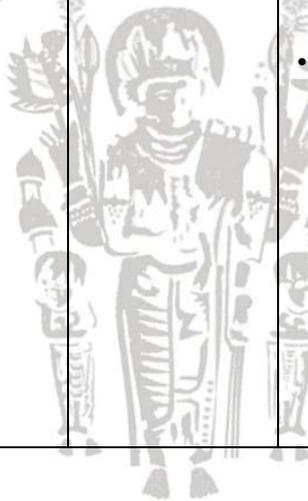
- Pemanenan air hujan

- Pemanenan air hujan dari atas dalam setahun 372.284 m³, 414.304 m³ dan 275.180 m³ sesuai data curah hujan yang digunakan, surah hujan harian maksimum, maksimum tahunan rata-rata dan curah hujan Kritis.
- Pemanenan air hujan dengan menggunakan tangki 4,083 m³ dapan mereduksi sekitar 55% luasan atap.

kawasan perumahan daerah Hulu dan Hilir

- Pengelolaan air hujan di lakukan setiap rumah dengan pemanfaatan untuk air bersih dan sumur resapan.
- Pengelolaan kesetimbangan air tanah dilakukan sebelum di bangun dan setelah di bangun dengan sumur resapan atau kolam resapan.

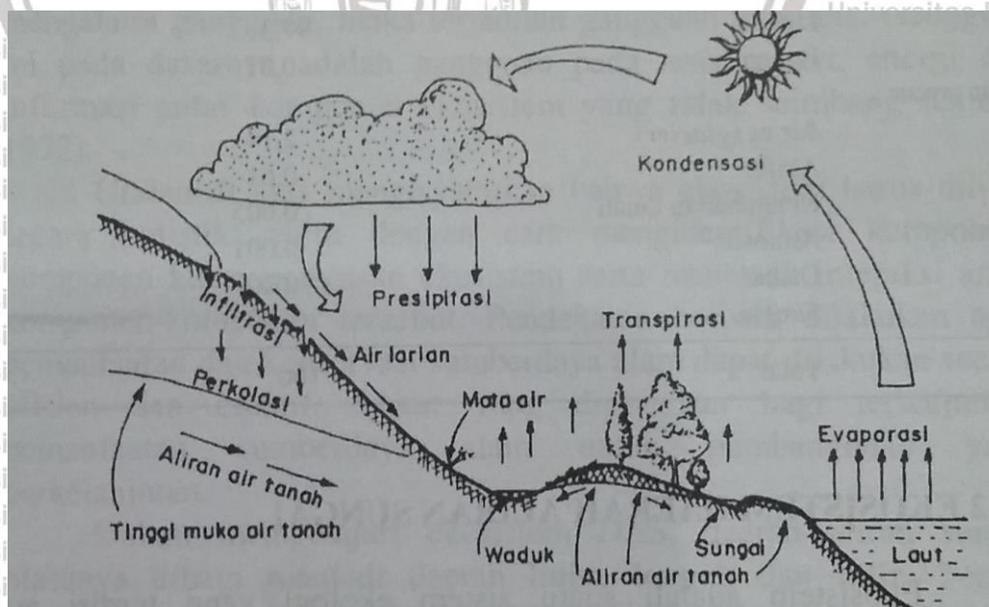
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



2.2. Teori yang Relevan

2.2.1. Daur (Siklus) Hidrologi

Dalam kehidupan di alam ini, air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kelangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup di muka bumi ini. Dalam prosesnya air mempunyai sebuah daur atau siklus yang sering disebut daur (siklus) hidrologi terlihat pada gambar 2.1. Air tersebut banyak terletak posisinya mulai dari air laut, air tanah, air hujan dan sebagainya. Semuanya itu mempunyai peranan yang sangat besar dalam kehidupan makhluk hidup di alam ini. Pengelolaan yang baik memberikan manfaat dalam kehidupan, jika tidak dikelola dengan baik akan menjadi akibat buruk bagi kehidupan. Salah satunya air hujan, dimana jika dikelola dengan baik akan bermanfaat bagi kehidupan makhluk hidup, sedangkan bila dibiarkan dan dipengaruhi faktor lain semisal kerusakan lingkungan maka air hujan ini akan menjadi pengaruh negatif seperti terjadinya banjir. Semua itu terjadi dalam sebuah rangkaian daur hidrologi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Asdak, 2014)

Daur hidrologi secara ilmiah menunjukkan sebuah pergerakan air di permukaan bumi, dimana berlangsungnya aliran air mulai permukaan laut menuju atmosfer kemudian jatuh ke permukaan tanah hingga kembali ke laut lagi dengan tidak pernah berhenti, akan tetapi tertahan sementara di area sungai, waduk/danau, serta di dalam tanah hal ini dapat dimanfaatkan manusia atau makhluk hidup lainnya. Dalam daur ini dipengaruhi oleh energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya yang menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, laut serta badan air lainnya. Uap air hasil evaporasi tersebut akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang datar maupun pegunungan dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, beberapa bagian uap air akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Sebelum mencapai permukaan tanah air hujan akan tertahan oleh tajuk vegetasi dan sebagian lagi akan jatuh ke permukaan tanah, sebagian masuk dalam tanah (infiltrasi). Sedangkan air hujan yang tidak masuk ke dalam tanah, tertampung sementara di cekungan – cekungan permukaan tanah, hingga mengalir di permukaan tanah menuju area yang lebih rendah (*run off*) selanjutnya ke sungai dan mengalir ke laut, (Asdak, 2014).

Daur atau siklus hidrologi adalah pergerakan air laut menuju udara, kemudian jatuh di atas permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain dan akhirnya kembali ke laut. Di mana dalam siklus hidrologi tersebut sangat kompleks hal tersebut dengan penguapan air laut disebabkan radiasi matahari, dan awan yang terjadi kemudian bergerak menuju atas daratan oleh angin. Adanya tabrakan butir-butir uap air disebabkan desakan angin mengakibatkan presipitasi yang berupa hujan atau salju dan kemudian jatuh ke permukaan tanah membentuk limpasan air (*run off*) yang mengalir kembali ke

laut, dan berapa diantaranya masuk ke tanah yaitu infiltrasi dan sebagian lainnya bergerak terus menuju ke lapisan bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh yang berada dibawah permukaan air tanah atau phreatik. Air akan bergerak secara perlahan-lahan melewati lapisan akwifer kemudian masuk ke sungai atau terkadang langsung ke laut. (Soemarto, 1986)

Air merupakan benda alam yang paling berharga dan dipastikan tanpa air tidak mungkin ada kehidupan. Air juga merupakan media untuk pengangkut, sumber energy dan keperluan lainnya. Selain itu juga bisa sebagai benda perusak pada suatu saat dalam bentuk hujan lebat dan banjir. Air yang bentuk hujan, salju, dan embun yang jatuh ke bumi akan mengalami beberapa peristiwa, kemudian menguap ke udara hingga menjadi awan dalam bentuk salju, hujan, dan embun yang kemudian jatuh kembali ke bumi ini merupakan siklus hidrologi / air. Air hujan yang jatuh sebagian akan tertahan di permukaan tumbuhan yang disebut air intersepsi, dan sebagian dari intersepsi tersebut ada yang menguap ke udara dan sebagian lagi jatuh langsung ke permukaan tanah. Air yang jatuh di atas permukaan tanah disebut suplai air permukaan tanah dan akan mengalir ke dalam tanah infiltrasi sedangkan sebagian lagi ada yang mengalir di permukaan tanah (*run off*). Air yang mengalir infiltrasi ada yang menguap (transpirasi) dan ada sebagian lagi terjadi perkolasi masuk lebih dalam menjadi air bawah tanah dan kemudian masuk ke dalam sungai, danau, waduk, dan laut hingga kemudian menguap kembali ke udara. (Arsyad, 1989)

2.2.2. Presipitasi

Presipitasi merupakan istilah secara umum menyatakan uap air yang mengondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuk di rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh disebut hujan, dan jika padat

disebut salju. Hujan merupakan faktor penting dalam analisis hidrologi. Intensitas hujan yang tinggi pada suatu kawasan hunian kecil dapat mengakibatkan genangan pada jalan-jalan, tempat parkir, dan tempat lainnya karena fasilitas drainase tidak didesain untuk mengalirkan air akibat intensitas hujan yang tinggi. Dengan demikian hujan dengan kejadian ekstrim, baik ekstrim tinggi maupun ekstrim rendah dapat menimbulkan bencana bagi mahluk hidup. (Suripin, 2004).

Karakteristik hujan ditinjau dari analisis dan perencanaan Hidrologi meliputi: (Suripin, 2004)

- Intensitas (I), persamaan 2.2.2 yaitu laju hujan = tinggi air dalam persatuan waktu, (mm/menit, mm/jam, atau mm/hari)
- Lama waktu (durasi) t, adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam
- Tinggi hujan d, persamaan 2.2.1 yaitu jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan, merupakan ketebalan air diatas sebuah permukaan datar, yaitu mm
- Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (return periode) T
- Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Persamaan sebagai berikut:

$$d = \int_0^t i \cdot dt \quad (2.2.1)$$

Sedangkan intensitas rata rata i

$$i = \frac{d}{t} \quad (2.2.2)$$

Analisis hujan untuk menghitung hujan rata-rata sebuah kawasan: (1) Rata-rata Aljabar (1), Poligon Thiessen (2), dan Isohyet (3). (Suripin, 2004)

- 1) Rata – rata Aljabar, metode dengan kondisi kawasan wilayah datar atau topografi rata yang tertera pada persamaan 2.2.3, dengan alat penakar tersebar merata, harga individu curah hujan tidak terlalu jauh.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2.2.3)$$

P_i jumlah curah hujan tercatat, n banyaknya pos penakaran.

- 2) Metode Poligon Thiessen

Merupakan metode rata-rata timbang sesuai persamaan 2.2.4, dimana proporsi luasan daerah dipengaruhi pos penakaran hujan untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak. Daerah pengaruh dapat dibentuk menggunakan gambar garis sumbu tegak lurus terhadap penghubung antara 2 pos penakar.

Rata – rata Das di hitung dengan persamaan

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.2.4)$$

- 3) Metode Isoyot

Memperhitungkan hujan rata-rata menggunakan perhitungan secara aktual berpengaruh setiap pos penakaran hujan. Dengan memplot data kedalaman air hujan tiap pos penakaran, kemudian digambar kontur sebuah kedalaman air hujan dari menghubungkan titik-titik dengan kedalaman yang sama, dan menghitung luasan area antara 2 garis isoyet

dengan menggunakan planimeter sesuai dengan persamaan 2.2.5.

Cocok digunakan di daerah berbukit serta daerah tidak teratur dengan

luasannya melebihi 5.000 km², persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{\sum A \left[\frac{P_1 + P_2}{2} \right]}{\sum A} \quad (2.2.5)$$

Dari ketiga metode dapat di petakan penggunaannya sesuai dengan tabel

2.2, cara memilih metode ketiga menurut (Suripin, 2004) yaitu :

Tabel 2.2. Cara memilih metode hitungan hujan rata-rata sebagai berikut: (Suripin, 2004)

1) Jaring – jaring pos penakar hujan

Jumlah titik pos penakar hujan yang cukup	Metode rata-rata aljabar, Isohyet, atau Thiessen dapat dipakai.
Jumlah titik pos penakar hujan yang terbatas	Metode thiessen atau metode rata-rata aljabar.
Pos penakar hujan yang tunggal	Dengan metode titik hujan

(Sumber: Saripin, 2004)

2) Luas Daerah Aliran Sungai

DAS besar yaitu > 5000 km ² .	Dengan metode Isohyet.
DAS sedang yaitu 500 s/d 5000 km ² .	Menggunakan metode Thiessen
DAS kecil yaitu < 500 km ² .	Menggunakan metode rata-rata aljabar

(Sumber: Saripin, 2004)

3) Topografi DAS

Daerah pegunungan	Dengan metode rata – rata aljabar
Wilayah Dataran	Dengan metode Thiessen
Daerah berbukit dan tidak datar	Dengan metode Isohyet

(Sumber : Suripin, 2014)

2.2.3. Limpasan air hujan

Limpasan air hujan (*run off*) merupakan air hujan yang jatuh ke tanah dan tidak terserap ke dalam tanah kemudian tertampung sementara di cekungan permukaan tanah, kemudian mengalir di permukaan tanah menuju area yang lebih rendah, dan menuju ke sungai, danau, dan lautan. Faktor yang mempengaruhi limpasan air hujan berhubungan dengan iklim, curah hujan, daerah aliran. Lama waktu hujan, intensitas hujan dan penyebaran hujan mempengaruhi laju dan volume limpasan air. Limpasan air total suatu hujan berhubungan lama waktu hujan dengan intensitas hujan tertentu. Hujan dengan waktu singkat tidak banyak menghasilkan limpasan air, sedangkan waktu yang lama dengan intensitas yang sama akan menghasilkan limpasan air yang lebih besar. (Asdak, 2014).

Metode rasional (U.S. Soil Conservation Service, 1973) dalam memperkirakan besarnya limpasan air hujan merupakan teknik yang dianggap memadai dan mudah digunakan, dimana peruntukan pada daerah aliran sungai ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. Maka daerah aliran sungai yang lebih besar dapat dibagi menjadi beberapa bagian sub daerah aliran sungai dan metode ini diaplikasikan. (Goldman et al., 1986)

Metode paling praktis untuk merencanakan bangunan pencegah banjir, erosi dan sedimentasi. Dalam memperkirakan besarnya air larian dapat menggunakan persamaan matematik dengan metode rasional persamaan 2.2.6 yaitu (Asdak, 2014) :

$$Q = C I A U \quad (2.2.6)$$

Q = Debit air larian puncak (m³/dt).

C = Koefisien air larian.

I = Intensitas hujan (mm/jam).

A = Luasan wilayah aliran (ha).

Koefisien air larian pada suatu kawasan terdiri dari berbagai jenis tata guna lahan dengan menghitung nilai rata – rata koefisien air larian pada masing– masing tata guna lahan dengan diwakili bobot masing–masing kawasan. Nilai koefisien ini dapat dirumuskan dalam tabel koefisien air larian/limpasan (*run off*) (Tabel 2.1). Persamaan 2.2.7 untuk menghitung koefisien air larian/limpasan sebagai berikut: (Suripin, 2004)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.2.7)$$

C = koefisien air larian rata – rata

A_i = luas kawasan pada masing – masing lahan

C_i = koefisien air larian masing – masing tata guna lahan

Koefisien air larian tidak mempunyai satuan tetapi berfungsi menunjukkan perbandingan antara besarnya volume air larian dengan besarnya curah hujan, untuk menentukan nilai koefisien air larian dengan persamaan 2.2.8 sebagai berikut : (Suripin, 2004)

$$C = \frac{R}{P} \quad (2.2.8)$$

C = koefisien air larian

R = Total kedalaman limpasan air hujan

P = Total kedalaman curah hujan

Selain menggunakan persamaan diatas juga dapat menggunakan tabel koefisien air larian yang tertera pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Koefisien Air Larian (C), untuk persamaan rasional (U.S. Forest Service 1980)

Tata Guna Lahan	C
Perkantoran	
Daerah pusat Kota	0,70 – 0,95
Daerah sekitar kota	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 – 0,50
Rumah susun, terpisah	0,40 – 0,60
Rumah susun, bersambung	0,60 – 0,75
Pinggiran kota	0,25 – 0,40
Daerah Industri	
Kurang padat industri	0,50 – 0,80
Padat industri	0,60 – 0,90
Taman, Kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Daerah stasiun KA	0,20 – 0,40
Daerah tak berkembang	0,10 – 0,30
Jalan raya	
Beraspal	0,70 – 0,95
Berbeton	0,80 – 0,95
Berbatu bata	0,70 – 0,85
Trotoar	0,75 – 0,85
Daerah beratap	0,75 – 0,95
Tanah lapang	
Berpasir, datar, 2 %	0,05 – 0,10
Berpasir, agak rata, 2 – 7 %	0,10 – 0,15
Berpasir, miring, 7 %	0,15 – 0,20
Tanah berat, datar, 2 %	0,13 – 0,17
Tanah berat, agak rata, 2 – 7 %	0,18 – 0,22
Tanah berat, miring, 7 %	0,25 – 0,35
Bidang pertanian 0 – 30 %	
Tanah kosong tanpa vegetasi	
Rata	0,30 – 0,60
Kasar	0,20 – 0,50
Ladang garapan	
Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30 – 0,60
Tanah berat dengan vegetasi	0,20 – 0,50
Berpasir, tanpa vegetasi	0,20 – 0,25
Berpasir, dengan vegetasi	0,10 – 0,25
Padang rumput	
Berpasir	0,15 – 0,45
Hutan/bervegetasi	0,05 – 0,25
Lahan non produktif lebih dari 30%	0,05 – 0,25
Topografi rata dan kedap air	

Kasar

Sumber: hidrologi dan Pengelolaan daerah aliran sungai. Asdak, 2014

Teori dari persamaan 2.2.1 sampai 2.2.3 merupakan rujukan teori untuk besaran potensi air hujan di kawasan perumahan studi.

2.2.4. Infiltrasi

Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, yang umumnya melalui permukaan dan secara vertical. Jika cukup air maka air infiltrasi akan bergerak terus ke bawah dalam profil tanah. Banyaknya air yang mengalir ke dalam tanah per satuan waktu disebut laju infiltrasi. Pada saat tanah masih kering, laju infiltrasi cenderung tinggi, setelah tanah menjadi jenuh air maka laju infiltrasi cenderung menurun atau konstan. Infiltrasi ke dalam tanah yang mulanya dalam keadaan tanah tidak jenuh, terjadi pengaruh sedotan matriks dan gaya gravitasi, bila infiltrasi terus terjadi, semakin banyak air infiltrasi yang masuk tanah dan lebih dalam profil tanah basah, sehingga sedotan matriks berkurang, hal ini disebabkan semakin jauhnya jarak antara bagian tanah yang kering dan yang basah. Jika proses ini berjalan terus ke seluruh lapisan, tanah menjadi basah, sedotan matriks bisa diabaikan sehingga perkerakan air ke dalam tanah diebabkan oleh gaya gravitasi. (Asdak, 2014)

Infiltrasi air ke dalam tanah dirumuskan oleh klute (1952) dengan persamaan 2.2.9, persamaan diferensial sebagai berikut: (Arsyad, 1989)

$$\frac{\delta \theta_v}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta z} \left[D_w \frac{\delta \theta_v}{\delta z} + K_w \frac{\delta \psi_z}{\delta z} \right] \quad (2.2.9)$$

θ_v = volume air yang mengalir ke dalam tanah

t = waktu (hari)

K_w = konduktivitas hidrolik (cm h⁻¹)

Z = jarak vertical yang dicapai air dari permukaan tanah tempat masuk air

Ψ_z = potensial gravitasi

$$D_w = \frac{K_w}{\delta \theta_v / \delta \psi_m}$$

Ψ_m = potensial matriks

2.2.5. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas merupakan kemampuan tanah untuk menyerap air infiltrasi pada suatu saat. Kemampuan permeabilitas tanah akan berkurang jika terjadi waktu hujan yang semakin lama dan menjadikan nilai permeabilitas tanah konstan. (Asdak, 2014). Permeabilitas sesuai dengan tipe tanah ditunjukkan oleh tabel 2.4, sebagai hasil pengukuran lapangan peneliti. (Kohnke, et al, 1959)

Tabel 2.4 Permeabilitas beberapa tipe tanah dari pengukuran lapangan (Kohnke dan Bertrand 1959)

Tektur Tanah	Permeabilitas (mm/jam)
Pasir berlempung	25 – 50
Lempung	12,5 – 25
Lempung berdebu	7,5 – 15
Lempung berliat	0,5 – 2,5
Liat	< 0,5

Sumber: Asdak, 2014

Permeabilitas yang dipengaruhi perlapisan batuan akan mempengaruhi kedalaman sumur resapan, karena semakin tinggi nilai permeabilitas menyebabkan kedalaman sumur resapan semakin dangkal, jika permeabilitas semakin rendah mengakibatkan kedalaman sumur resapan akan semakin dalam.

(Indramaya, 2013)

2.2.6. Pemanfaatan Air Hujan

Air hujan yang turun mengenai tumbuh – tumbuhan, atap bangunan, permukaan tanah dan sebagainya, sesuai dengan siklus hidrologi akan mengalir secara alami, dalam proses aliran tersebut air hujan dapat dilakukan pemanfaatannya baik untuk manusia, makhluk hidup dan keseimbangan atau kelestarian alam.

Pemanenan atau pemanfaatan air hujan umumnya dilakukan dengan mengumpulkan air hujan di area atas atap bangunan, jalan, halaman rumah, dan terutama dalam skala besar, di daerah tangkapan air. Usaha-usaha pemanenan air hujan diprioritaskan di daerah-daerah yang mempunyai hujan dengan intensitas cukup tinggi dengan periode waktu tanpa hujan cukup lama atau hujan yang turun dengan jumlah yang tidak memadai. Kualitas air hujan yang di tangkap melalui atap rumah-rumah mempunyai kualitas yang relatif cukup baik.

Pemanenan air hujan di permukaan tanah dilakukan dengan usaha menampung air larian permukaan dengan mengarahkan ke tanki atau tendon atau plastik tahan bocor. Besar air hujan yang dapat dipanen bervariasi yaitu sekitar 30% (dari total hujan) untuk kondisi permukaan tangkapan yang bersifat tidak kedap air, dan sekitar 90% untuk bidang tangkapan yang lereng dan bersifat kedap air. (Asdak, 2014)

Pemanenan air hujan bisa dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan air dan konservasi air untuk kelangsungan daya dukung lingkungan, hal ini dapat dilakukan untuk pemenuhan air bersih rumah tangga maupun diresapkan ke dalam tanah untuk mengisi air tanah. Pemanenan air hujan guna menghadapi perubahan iklim, banjir, kekeringan, kekurangan air bersih, dan kerusakan lingkungan, baik fisik maupun hayati. Kualitas air hujan di Indonesia masih relatif bagus, belum menunjukkan hujan asam, meskipun sudah masuk ambang batas asam, partikel debu masih tidak membahayakan. Metode pemanenan air hujan disesuaikan dengan situasi dan kondisi sosial, ekonomi, geografis, morfologi, geologi permukaan, karakteristik iklim atau hujan wilayah serta kearifan local daerah masing-masing. Aplikasi yang dapat diterapkan di berbagai daerah dapat dilihat pada tabel 2.5 sebagai berikut: (Maryono, 2015)

Tabel 2.5. Aplikasi metode pemanfaatan air hujan (memanen air hujan) untuk menanggulangi banjir, kekeringan, dan penyediaan air bersih (Maryono, 2015)

Lokasi Daerah Metode yang disarankan	Instansi Pemerintah/ swasta		Industri		Masyarakat Perkotaan		Masyarakat Suburban dan Pedesaan		
	Kelompok perkotaan, sarana Pendidikan	Hutan kota taman, Kebun percontohan	Komplek pabrik, Perkantoran	Areal Pertanian, Perkebunan agroindustri	Kawasan permukiman	Ruang publik	Kawasan Permukiman	Ruang Publik	Areal Pertanian dan tegal
1) Kolam pengumpul air hujan	√		√		√	√	√	√	
2) Sumur Resapan	√		√		√	√		√	
3) Parit Resapan		√		√			√		√
4) Areal peresapan air hujan	√	√	√	√	√	√	√	√	
5) Tanggul perkarangan	√			√			√	√	√
6) Pagar perkarangan	√		√	√			√	√	√
7) Lubang pada tanah (jonggolan)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
8) Modifikasi Lanskap	√	√	√	√	√	√	√	√	√
9) Daerah Konservasi air tanah		√		√					√
10) Kolam Konservasi air hujan (kolam tampungan)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
11) Revitalisasi telaga, danau, situ		√		√	√	√	√	√	√

Sumber: Maryono, A, 2015

Dari tabel 2.5 (Maryono, 2015), untuk lokasi studi termasuk kategori masyarakat sub urban, sebab lokasi tersebut merupakan pendukung dari perkotaan.

2.2.6.1. Kolam Penampungan Air Hujan

Kolam pengumpul air hujan merupakan kolam atau wadah yang digunakan untuk menampung air hujan jatuh di area atap bangunan (rumah, gedung, perkantoran, atau industri) yang disalurkan melalui talang, sedangkan untuk jalan raya highway dialirkan melalui drainase jalan (terpisah dengan drainase air limbah rumah) air hujan di tanjung di tandon bawah, yang fungsinya untuk pemeliharaan jalan dan menyirami tanaman. Dalam melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.2.10. Perhitungan dengan menggunakan rumus rasional : (Maryono, 2015)

$$Q = \alpha \cdot I \cdot A \quad (2.2.10)$$

Q = debit air yang masuk (m³/dt).

I = Intensitas air hujan (mm/jam).

α = koefisien *run off*.

A = Luas Atap bangunan (m²).

Dan rumus untuk kolam penampung menggunakan Intensitas rata-rata dengan persamaan 2.2.11 sebagai berikut :

$$V = \alpha \cdot \beta \cdot \bar{I} \cdot t \quad (2.2.11)$$

V = Volume air hujan yang tertampung dalam kolam pengumpul air hujan (m³)

A = Luas penampang pipa talang (m²)

t = durasi hujan (jam), satuan di ubah menjadi detik

α = koefisien *run off* (-)

β = koefisien distribusi hujan (-)

2.2.6.2. Sumur Resapan

Sumur resapan pada hakikatnya memberi kesempatan jalannya air hujan yang mengalir di atas atau lahan yang kedap air untuk meresap ke tanah dengan cara menampung air tersebut pada sistem resapan. Sumur resapan dipengaruhi beberapa faktor yaitu luas permukaan penutup, karakteristik hujan, koefisien permeabilitas tanah, tinggi muka air tanah. Dimana dalam karakteristik hujan, semakin tinggi hujan dan waktu berlangsungnya lama maka volume sumur resapan semakin besar pula. Pada kondisi air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat dan sebaliknya pada air tanah dangkal. Pembuatan sumur resapan pada air tanah dangkal kurang efektif, hal ini terutama pada daerah pasang surut atau rawa dimana air tanahnya dangkal. (Maryono, 2015)

Dalam menghitung sumur resapan terdapat metode yang telah dikembangkan. Secara teoritis volume dan efisiensi sumur resapan dapat dilakukan perhitungan keseimbangan air yang masuk ke sumur dan air yang meresap ke tanah. Kedalaman efektif sumur resapan dapat dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur resapan berada di bawah muka air tanah dan diukur dari dasar sumur jika muka air tanah berada di bawah dasar sumur resapan menggunakan persamaan 2.2.12 dengan rumus sebagai berikut :

(Sunjoto, 1988)

$$H = \frac{Q}{FK} \left[1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right] \quad (2.2.12)$$

F = Faktor geometric (m)

Q = debit air yang masuk (m^3/jam).

T = waktu pengaliran (jam).

K = koefisien permeabilitas tanah (m/jam).

R = jari-jari sumur (m).

$Q = C \cdot \bar{I} \cdot A$

Berdasarkan "Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman", "Departemen Pekerjaan Umum" (1990), standart tata cara perencanaan teknis

sumur resapan bersumber air hujan untuk lahan perkarangan dituangkan dalam

SKSNI T-06-2990, penentuan dimaensi dan jumlah sumur resapan yang

diperlukan suatu lahan atau perkarangan ditentukan oleh curah hujan

maksimum, permeabilitas tanah, dan luas bidang tanah, dengan persamaan

2.2.13 dan 2.2.14 sebagai berikut :

$$H = \frac{DIA_t - DKA_s}{A_s + DKP} \quad (\text{ untuk sumur berdingding porus }) \quad (2.2.13)$$

$$H = \frac{DIA_t - DKA_s}{A_s} \quad (\text{ sumur berdingding kedap air }) \quad (2.2.14)$$

D = durasi hujan (jam).

I = intensitas hujan (m/jam).

K = Permeabilitas tanah (m/jam).

A_t = Luas tadah hujan (m^2) berupa atap rumah atau area permukaan tanah yang keras.

A_s = Luas penampang sumur (m^2).

P = Keliling penampang sumur (m).

H = Kedalaman Sumur (m).

Debit banjir yang terjadi pada rumah tipe 8 x 10 dengan menggunakan sumur resapan dapat tereduksi banjir sebesar 50%. (Bunganaen, 2016).

Mereduksi genangan air di Kecamatan Batu dibutuhkan sumur resapan 450 buah sumur resapan diameter 1m dan kedalaman 3 m yang ditempatkan pada wilayah tangkapan air saluran yang tidak mampu menampung debit banjir. (Bisri, 2009).

2.2.6.3. Areal Peresapan Air Hujan

Dalam metode Areal peresapan air hujan ini menggunakan porus paving block (paving berlubang) hal ini digunakan pada areal yang permukaan tanah perkarangannya baik di perkotaan, pinggiran maupun pedesaan yang arealnya telah dilapisi dengan concrete paving block atau dengan plesteran. Dengan penggunaan ini diharapkan agar seluruh air hujan yang jatuh di perkarangan rumah meresap ke dalam tanah pada *grass block*. Luas perkarangan harus sama atau lebih kecil dari luas lubang *grass block* seluruhnya. Jika tidak maka tidak sepenuhnya air hujan meresap dalam tanah. hal ini dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Maryono, 2015) :

$$Q = k \cdot I_h \cdot A_p \quad (2.2.15)$$

Q = debit air yang mengalir (m³/detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

I_h = gradient hidrolik

A_p = luas perkarangan dengan plesteran (m²)

Dengan menggunakan Hukum Darcy (1956) Persamaan 2.2.16, memberikan hubungan antara kecepatan dan gradient hidrolik menggunakan koefisien permeabilitas:

$$v = k \cdot I_h \quad (2.2.16)$$

v = kecepatan rembesan (m/detik)

k = koefisien permeabilitas (m/detik)

I_h = gradien hidrolik

Kemudian diperoleh nilai kecepatan masing-masing (v_1 dan v_2) dengan persamaan 2.2.17a dan 2.2.17b sebagai berikut:

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \quad (2.2.17a)$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} \quad (2.2.17b)$$

v_1 = kecepatan rembesan pada konblok (m/detik)

v_2 = kecepatan rembesan pada *grass block* (m/detik)

Q = debit (m³/detik)

A_1 = luas konblok yang sesuai (m²)

A_2 = luas *grass block* yang sesuai (m²)

Lahan basah (kolam resapan) yang dibangun berfungsi tidak hanya untuk mengatasi limpasan air hujan, tetapi juga untuk mengontrol jumlah air hujan yang mengalir ke hilir. (Ayub, 2014).

2.2.6.4. Lubang Pada Tanah

Pemanfaatan air hujan metode lubang pada tanah yaitu memberikan lubang pada tanah perkarangan yang berfungsi untuk meresapkan air dan digunakan menanam tanaman penghijauan atau dapat juga sebagai lahan

pembuangan sampah organik, yang sekaligus dapat bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah perkarangan. (Maryono, 2015)

2.2.6.5. Modifikasi Lanskap

Modifikasi lanskap salah satu cara dengan mengganti cabang aliran drainase pada suatu kawasan dengan membuat cekungan – cekungan di berbagai tempat sehingga air hujan tertampung di lokasi cekungan tersebut.

Cara ini dapat mengurangi biaya konstruksi jaringan drainase suatu kawasan 50%. Kawasan perumahan dan perkantoran terdapat cekungan dapat digunakan sebagai kolam penampung tetapi sebagai kolam resapan, metode ini dapat mendukung kelestarian air tanah dengan persamaan 2.2.18. Metode ini menggunakan rumus rasional sebagai berikut: (Maryono, 2015)

$$Q_h = \alpha \cdot \bar{I} \cdot A_t \quad (2.2.18)$$

Q_h = debit air hujan ($m^3/detik$)

α = koefisien *run off*

\bar{I} = intensitas hujan rata-rata ($m/detik$)

A_t = luas total dari penjumlahan antara luas atap keseluruhan bangunan ditambah luas cekungan seluruhnya, dan ditambah sisa luas perkarangan

Kemudian volume air hujan yang jatuh di perkarangan dihitung dengan persamaan 2.2.19 sebagai berikut :

$$V_t = Q_h \cdot t \quad (2.2.19)$$

V_t = volume total air hujan yang jatuh di perkarangan (m^3)

Q_h = debit air hujan yang jatuh di perkarangan ($m^3/detik$)

t = durasi hujan ($detik$)

Air hujan yang mengalir dapat meresap menuju dalam tanah dan ada yang menuju cekungan. Air yang meresap ke dalam tanah, debit dapat diukur dengan persamaan 2.2.20, 2.2.21 dan 2.2.22 sebagai berikut:

$$v = k \cdot I_h$$

$$Q_r = k \cdot I_h \cdot A_p$$

$$Q_r = v \cdot A_p \quad (2.2.20)$$

Q_r = debit rembesan ($m^3/detik$).

v = kecepatan ($m/detik$).

k = koefisien permeabilitas ($m/detik$).

I_h = gradien hidrolik.

A_p = luas pekarangan (m^2).

$$V_r = Q_r \cdot t \quad (2.2.21)$$

V_r = volume resapan/rembesan (m^3).

Q_r = debit resapan/rembesan ($m^3/detik$).

T = waktu resapan/rembesan ($detik$).

Jadi volume air hujan yang menuju ke dalam cekungan sebagai berikut :

$$V_c = V_t - V_r \quad (2.2.22)$$

V_c = volume air yang masuk ke cekungan (m^3).

V_t = volume total air hujan yang jatuh di perkarangan (m^3).

V_r = volume air yang meresap dalam perkarangan (m^3).

2.2.6.6. Kolam Konservasi Air Hujan

Kolam tampung drainase dengan skala besar mudah dilakukan dengan menggali lokasi tertentu yang dijadikan kolam tampung. Dan galiannya untuk mengukur lokasi yang membutuhkan urugan. Dari hasil galian ini yang sudah

menjadi kolam, dijadikan tempat aliran dari limpasan air hujan, yang kemudian diolah kembali menjadi air minum bahkan untuk kebutuhan air irigasi, untuk menjadi air minum diperlukan instalasi *watertreatment*. Dalam perhitungannya dapat menggunakan hitungan hujan aliran dalam ilmu drainase untuk menentukan volume kolam tampung.

Teori dari sub bab 2.2.4 sampai sub bab 2.2.6 menjadi rujukan teori pustaka pengelolaan air untuk kelangsungan makhluk hidup dan ekosistemnya.

2.2.7. Neraca Air

Neraca air merupakan alat dalam menghitung besaran aliran air sebuah wilayah atau kawasan dari sebuah aliran air masuk dan aliran air keluar, yang dipengaruhi oleh beberapa factor yang di dalamnya. Neraca air mempengaruhi hubungan air – tanaman – tanah. Transpirasi tanaman bagian penting dari evapotranspirasi dan dengan demikian infiltrasi dan air larian permukaan sama dengan yang keluar dan panjang akar berada jauh di atas dari permukaan air tanah, persamaan 2.2.23 merupakan persamaan neraca air sebagai berikut (Lane dan Stone, 1983, Asdak, 2014)

$$Q = P - ET - L \pm \Delta S / \Delta t \quad (2.2.23)$$

Q = debit aliran ($m^3/\Delta t$).

P = Curah hujan (mm/tahun).

ET = evapotranspirasi (mm/tahun).

ΔS = Kelembapan tanah (mm).

Δt = periode waktu (jam, hari, bulan).

Neraca air dapat dipakai dalam pendekatan perkiraan besaran aliran air permukaan dalam suatu DAS dengan memperhatikan infiltrasi dan kedalaman

tanah yang tinggi. Dan dipengaruhi oleh sifat-sifat serta karakteristik kapasitas simpan tanah. Metode perhitungan dapat dimodifikasi dalam analisis metode neraca air. (Asdak, 2014). Dengan demikian neraca air dapat digunakan dalam perhitungan aliran air yang terjadi dalam sebuah kawasan perumahan untuk menciptakan pembangunan yang berkelanjutan. Metode neraca air persamaan 2.2.24 digunakan yaitu sebagai berikut:

$$Q_k = Q_m$$

$$Q_k = Q_h - Q_r - Q_{ev} \pm Q_d \quad (2.2.24)$$

Q_m = debit air masuk (m^3/jam)

Q_k = debit air keluar (m^3/jam)

Q_h = debit air hujan (m^3/jam)

Q_r = debit air resapan/infiltrasi (m^3/jam)

Q_{ev} = debit air evapotranspirasi (m^3/jam)

Q_d = debit penggunaai air bersih domestic. (m^3/jam)

Teori sub bab 2.2.6 sampai sub bab 2.2.7 merupakan teori rujukan untuk menentukan sistem pengelolaan air untuk kebutuhan air bersih domestik dan neraca air metode *before and after*, dan persepsi masyarakat terhadap pengelolaannya.

2.2.8. as Pembangunan Berkelanjutan

Dalam perkembangannya pembangunan dilakukan secara konvensional dimana dalam pelaksanaannya mengarah pada sektor ekonomi. Dalam perkembangannya konsep pembangunan berkelanjutan tercetus dalam komisi Brudntland dan disambut baik oleh "World Conference on Environment and Development" (WCED) di Rio de Janeiro, Brazil, Juni 1992 sebuah gagasan

pembangunan yang komprehensif memuat dimensi lingkungan dan pola pembangunan yang kini mencakup secara simultan segi ekonomi, sosial dan lingkungan untuk dikerjakan bersama sekaligus. Hakekatnya pembangunan abad ke 21 adalah mengusahakan keberlanjutan kehidupan sebagai esensi pembangunan berkelanjutan, untuk keberlanjutan kehidupan ini pembangunan berkelanjutan memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Salim, 2018) :

Pertama menjangkau persepsi masyarakat dalam jangka panjang untuk kenaikan kesejahteraan generasi kini dan generasi masa depan.

Kedua pembangunan menyadari adanya hubungan keterkaitan antara pelaku-pelaku alam, sosial dan buatan manusia dalam sebuah ekosistem.

Ketiga pembangunan berlangsung memenuhi kebutuhan manusia dan masyarakat masa kini tanpa mengurangi kemampuan generasi masa depan memenuhi kebutuhan.

Keempat untuk membangkitkan keberlanjutan pembangunan, pelaksanaannya menggunakan sumber daya alam tak terbarui untuk digunakan kembali dengan pola efisien yang tinggi, sumber daya alam diperbarui dikelola sehemat mungkin, limbah-polusi dihasilkan serendah mungkin di bawah ambang batas kebutuhan kelangsungan hidup makhluk hidup, ruang terbuka seefisien mungkin khususnya penghematan tanah semakin terbatas, energi diperbarui digunakan semaksimal mungkin dan energi tidak diperbarui sebersih mungkin dengan ciri-ciri perimbangan tenaga-energi per-satuan buangan – karbon sebesar mungkin, proses yang menghasilkan manfaat lingkungan, sosial-budaya-politik dan ekonomi seoptimal mungkin.

Kelima pembangunan diarahkan pada pemberantasan kemiskinan, perimbangan diikuti sosial yang adil dan kualitas hidup social, lingkungan dan ekonomi yang tinggi agar terpelihara kesejahteraan masyarakat berkeadilan sosial

Pembangunan berkelanjutan terdapat 3 aspek utama yaitu pembangunan ekonomi, pembangunan sosial, pembangunan pada lingkungan yang saling berkaitan dari ketiga aspek tersebut, dimana hubungan sebab-akibat aspek tersebut mengakibatkan perubahan dari aspek yang satu ke aspek yang lain.

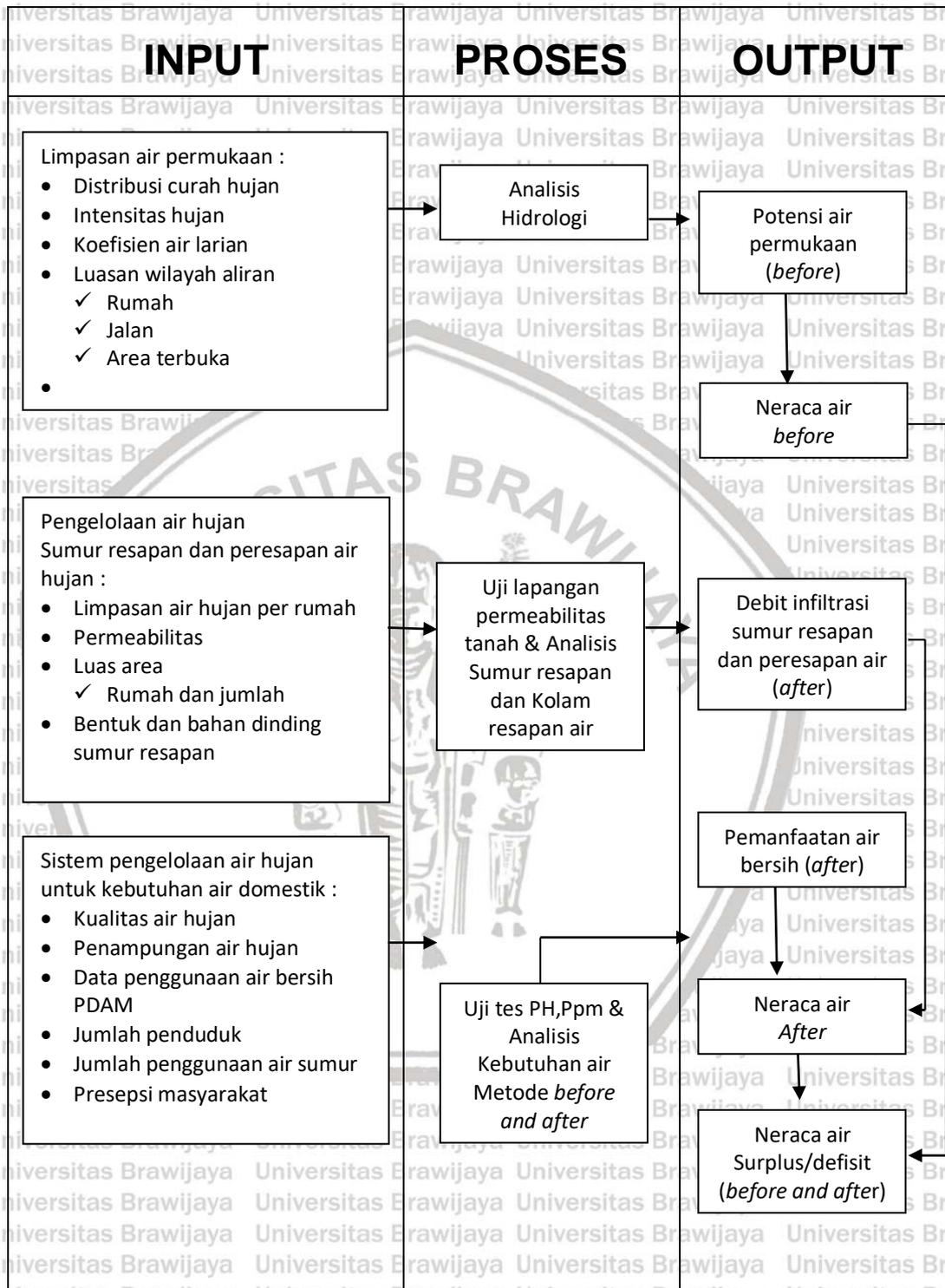
Hubungan aspek pembangunan ekonomi dan pembangunan sosial menciptakan hubungan yang adil/berkeadilan. Hubungan antara aspek pembangunan sosial dan pembangunan lingkungan bertujuan agar dapat terus bertahan. Hubungan antara pembangunan lingkungan dan pembangunan ekonomi bertujuan agar hubungan ini terus berjalan dan berkesimbangan, ketiga aspek ini dilakukan secara seimbang maka dapat diperkirakan menciptakan kondisi yang berkelanjutan. (Parmawati, 2018)

2.2.9. Kerangka Analisis Penelitian

Dengan adanya pembangunan perumahan yang menitikberatkan pada sektor pembangunan berkelanjutan, yang mana faktor lingkungan sangat perlu diperhatikan untuk menjaga keseimbangan ekosistem, dalam hal ini menitikberatkan pada neraca air yang menjadi fokus penelitian, sebab air yang ada pada lokasi studi pertama akan dapat mengakibatkan pengaruh yang kurang baik dan untuk di lokasi studi kedua menjadi sumbangan air kepada Daerah Aliran Sungai Hilir dan jika dimanfaatkan dapat menjadikan manfaat yang lebih untuk makhluk hidup dan ekosistem sekitar.

Kerangka analisis penelitian merupakan langkah – langkah yang akan dilakukan mulai dari awal hingga akhir dalam penelitian ini, sehingga output penelitian dapat memberikan analisis neraca air di lokasi studi. Sehingga surplus atau defisit dari neraca air di lokasi studi dapat memberikan acuan dalam pengembangan perumahan tersebut dan dapat menjadikan pedoman kepada para pengembang perumahan untuk menjadikan pembangunan perumahan yang berkelanjutan. Dan kerangka analisis dijelaskan pada gambar 2.2.





Gambar 2.2 Kerangka Analisis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian analisis neraca air untuk pengembangan kawasan perumahan berkelanjutan memerlukan metode penelitian yang sesuai. Penelitian ini memerlukan sebuah pengamatan dan pengelolaan sebuah data yang didapat, sebelum melakukan sebuah analisis.

Metode penelitian kuantitatif mendasarkan pada paradigma positivisme, bercorak empiris, menekankan pada aspek keprilakuan, naturalisme, bertujuan menguji teori, berjarak dengan responden, menjelaskan realitas sosial secara makro, pandangan peneliti dominan, melalui wawancara biasa (tidak mendalam) bahkan wawancara tidak langsung. (Hartono, 2017)

Metode Kuantitatif dalam pengambilan data dapat berbentuk angka, *coding*, ukuran yaitu bilangan/hitung, variable yang dioperasionalkan. Tujuannya menguji teori, memprediksi sesuatu, penjelasan secara statistic, menunjukkan hubungan antara variable, memperkuat fakta. Pengambilan sampel banyak dan luas, representative, control terhadap variable, mempertimbangkan validasi dan realibilitas. Teknik pengumpulan data melalui eksperimen, survey, dan kumpulan data. (Hartono, 2017). Atribut penelitian sesuai dengan aturan dan pedoman untuk mengkondisikan penelitian, tidak ada toleransi mengenai ambiguitas dan waktu studi yang singkat. Permasalahan alami, dimana sebelumnya dipelajari oleh peneliti lain sehingga bagian literatur, variabelnya diketahui, ada teori yang mendukung. (Kroelinger, 2012)

Analisis neraca air untuk pengembangan kawasan perumahan berkelanjutan cukup sesuai dengan metode kuantitatif. Hal ini terlihat dari data

yang dibutuhkan curah hujan, koefisien permeabilitas dan data lainnya yang diperlukan didapat dengan pengumpulan data, baik melalui data sekunder maupun data primer. Sedangkan teori-teori pendukung sudah ada yang mana telah terindikasikan pada teori-teori yang relevan dan peneliti terdahulu yang telah dibahas pada tinjauan pustaka.

3.2. Konsep dan Variabel Penelitian

Didasarkan pada siklus hidrologi, air mempunyai proses yang berputar yaitu dari awal kembali lagi ke awal. Dengan demikian jika air mengalir begitu saja tanpa ada pengelolaan sumberdaya air yang melimpah tersebut untuk penghambatan maka yang dimungkinkan terjadi kelebihan sehingga mengakibatkan banjir, dan jika mengalir begitu saja langsung kembali ke laut akan terjadi kekurangan sumber daya air atau kekeringan terutama pada masa kemarau.

Penelitian ini akan menitikberatkan pada proses curah hujan, dimana air hujan jatuh ke permukaan yaitu permukaan kedap air maupun permukaan tanah pada kawasan permukiman, dimana sebuah debit air hujan yang masuk dalam kawasan perumahan dapat diketahui seberapa besar potensinya di lokasi studi, dapat diketahuinya debit air yang masuk dan keluar melalui limpasan. Potensi tersebut dapat dilakukan pengelolaan yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan topografi daerah perumahan tersebut.

Kemudian melakukan analisis terhadap pemanfaatan air hujan dari air larian atau limpasan yang tidak terserap kedalam tanah, yang diakibatkan dengan berkembang semakin luasnya area kedap air dalam pengembangan kawasan perumahan dengan sistem konvensional. Dengan mengadopsi teori-teori terdahulu dapat memberikan sebuah pengelolaan air hujan yang tepat sesuai dengan kondisi lingkungan dalam pengelolaannya, sehingga memberikan

kontribusi yang baik bagi mahluk hidup dan lingkungan. Dan efek yang ditimbulkan akibat pengembangan perumahan dapat diminimalkan sehingga dalam pengembangan kawasan perumahan dapat berkonsep pada pembangunan berkelanjutan.

Dalam melakukan pengelolaan air hujan dengan beberapa konsep yang sesuai dengan keadaan lingkungannya akan terdiskripsikan manfaatnya dengan sistem drainase perumahan yang ada dan sistem lainnya yang baik untuk lingkungan hidup maupun masyarakat sekitar sehingga pengembangan kawasan perumahan dapat mencapai pembangunan berkelanjutan akan menitikberatkan pada ekonomi, sosial, dan lingkungan yang berjalan secara harmonis pada lokasi studi.

Dalam sistem pengelolaan air hujan di lokasi studi dapat memberikan sebuah kontribusi dalam menunjang kebutuhan domestik yaitu air bersih. Sehingga manfaatnya pengelolaan dapat dirasakan masyarakat di lokasi studi.

Dengan melakukan sebuah wawancara tidak mendalam atau kuesioner dan hasil survey lokasi dan analisisnya terlihat didalam penelitian di Kabupaten Sidoarjo antara wilayah hilir dan hulu, dapat memberikan sebuah pendalaman seberapa besar masyarakat dapat memahami dan merespon sistem pengelolaan yang menjadikan sebuah solusi dalam pengelolaan air hujan. Sehingga pengelolaan dapat sesuai dengan kondisi masyarakat lokasi studi.

Tabel 3.1 Variabel dan Konsep Penelitian

No.	Variabel	Indikator	Konsep
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan air permukaan sebelum pengelolaan Lokasi studi pertama • Limpasan air 	<ul style="list-style-type: none"> • Data curah hujan • Intensitas hujan • Koefisien air larian • Luas perumahan, jalan dan area terbuka 	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan analisis hidrologi (Asdak,2014) • Neraca air debit yang masuk dan yang keluar (Asdak, 2014)

	permukaan sebelum pengelolaan Lokasi studi kedua		
2.	<p>Pengelolaan air hujan Lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumur resapan • Area peresapan air 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpasan permukaan air rumah dan area sekitar • Permeabilitas • Bentuk dan bahan dinding sumur resapan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan rumusan sunjoto dan Standart tata cara perencanaan teknis sumur resapan (Departemen Pekerjaan Umum, 1990) • Menggunakan Metode Area Peresapan air hujan (Maryono, 2015)
3.	<p>Sistem pengelolaan air hujan dan Kualitas air hujan untuk air bersih di Lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua</p> <p>: neraca kebutuhan air bersih Dan Pengelolaan penampungan air hujan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas air hujan • Data penggunaan air bersih • Dimensi Penampungan air hujan • Jumlah penduduk • Jumlah penggunaan air sumur • Presepsi masyarakat terhadap panen air hujan dan peresapan 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji test PH dan ppm air hujan • Pengelolaan data kuisioner • Analisis neraca air metode <i>before and after</i> (surplus/defisit)

Tabel 3.2. Desain survey

No.	Tujuan Penelitian	Variabel	Data yang dibutuhkan	Metode pengumpulan data	Sumber data	Metode analisa	Output penelitian
1	Potensi air hujan di kawasan perumahan lokasi studi. (Limpasan air hujan sebelum pengelolaan)	• Intensitas hujan	• Data curah hujan	Data primer			Potensi air hujan di kawasan perumahan lokasi studi
		• Koefisien air larian	• Koefisien air larian	Data primer, survey			
		• Luasan atap perumahan, jalan dan area terbuka	• Data luasan atap rumah, lahan dan jalan	Data primer, survey dan kuesioner			
2	Pengelolaan air hujan lokasi studi, untuk kelangsungan mahluk hidup dan ekosistem (Sumur resapan atau Area Resapan).	• Limpasan air atap rumah	• Intensitas hujan • Luas atap rumah • Koefisien air larian	Data primer, survey, kuesioner			Pengelolaan air hujan di lokasi studi, untuk kelangsungan mahluk hidup dan ekosistem.
		• Permeabilitas	• Lokasi titik sampling	Uji lapangan test permeabilitas			
		• Bentuk dan bahan dinding sumur resapan	• Jenis bahan yang digunakan untuk sumur dan area peresapan	Data primer dan survey, kuesioner			
		• Luas area peresapan	• Kedalaman dan Luas area peresapan	Data primer, survey			
3	Sistem pengelolaan air hujan dan kualitas air hujan dalam kebutuhan	• Kualitas air hujan	• Data kualitas air hujan	Data primer tes PH & Ppm, survey dan			Sistem pengelolaan air hujan untuk

air bersih	<ul style="list-style-type: none"> • Pengelolaan penampungan air hujan 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensi tandon penampungan air 	kuesioner		kebutuhan air bersih domestik lokasi studi
		<ul style="list-style-type: none"> • Debit kebutuhan air bersih 	Data primer, survey, kuesioner		
	<ul style="list-style-type: none"> • Neraca kebutuhan air bersih 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah penduduk 	Data primer		
		<ul style="list-style-type: none"> • Kebutuhan air bersih 	Data primer, kuesioner		
	<ul style="list-style-type: none"> • Presepsi masyarakat tentang pengelolaan air hujan 	<ul style="list-style-type: none"> • Presepsi masyarakat tentang panen air hujan 	Kuesioner		
		<ul style="list-style-type: none"> • Presepsi masyarakat tentang peresapan air hujan 	kuesioner		

3.3. Populasi dan Sampel

Dalam penelitian menitik beratkan pada wilayah kawasan perumahan di daerah hulu dan hilir sebagai lokasi studi yaitu Lokasi studi pertama Desa Kalipecabean – Kendalpecabean Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo dan Lokasi studi kedua Desa Kedensari Kecamatan Tanggulangin Kabupaten Sidoarjo, dengan melakukan pengambilan sampel mulai dari uji lapangan tes permeabilitas tanah di lokasi penelitian dengan metode random dan analisis dengan metode Horton. Uji permeabilitas Lapangan dengan populasi lokasi studi pertama 73.664 m², lokasi studi kedua 71.960 m². Sampling menggunakan metode random, yaitu setiap lokasi 3 titik, untuk mewakili setiap lokasi adalah area depan, tengah, dan belakang, untuk layout uji permeabilitas pada gambar 3.3 dan 3.4.

Data curah hujan setiap lokasi studi pertama dengan Stasiun Pantau Pos Ngaban/Putat dan lokasi studi kedua dengan Stasiun pantau Pos Kludan, pengamatan dan pemetaan *layout* dari perumahan tersebut. Dan tidak melakukan populasi dan sampel di Daerah Aliran Sungai secara keseluruhan, hanya di area studi tersebut saja.

Dalam mendapatkan data yang berhubungan dengan masyarakat maka menggunakan metode kuisioner yang populasinya pada lokasi studi pertama yaitu Lokasi studi pertama Kalipecabean-Kendal Pecabean Candi Sidoarjo dengan data warga 314 KK (Kepala Keluarga) terdiri dari 2 RW yaitu RW.07 terdapat RT.01, RT.02, RT.03, RT.04, dan RW.03 terdapat RT.10, RT.11, RT.12. Dan lokasi studi kedua Lokasi studi kedua, Kedensari Tanggulangin Sidoarjo

terdapat RT.23, RT.24, RT.25 dengan 242 KK (Kepala Keluarga). Jadi total populasi penelitian adalah 556 KK. Kuisisioner menggunakan populasi jumlah penduduk tersebut diatas dan sample diambil dengan menggunakan metode Probability Sampling Cluster. Dan sampling menggunakan metode Solvin yaitu:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (3.1)$$

Keterangan:

n = besarnya sample

N = besarnya populasi

e = persen kelonggaran ketidakteelitian dalam pengambilan sample yaitu 8%

Dengan rumus diatas didapat banyaknya sample untuk lokasi studi pertama 104 KK dengan rincian wilayah RW.07, RT.01= 5 KK, RT.02= 12 KK, RT.03= 9 KK, RT.04= 8 KK, dan RW.03 adalah RT.10= 23 KK, RT.11= 27KK, RT.12= 20 KK, sedangkan lokasi studi kedua dengan sample 95 KK dengan rincian RW 10 dengan perincian RT.23= 20 KK, RT.24= 30 KK, RT.25= 45 KK.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Dalam langkah awal penelitian pertama melakukan persiapan yaitu untuk mengatur jadwal penelitian, biaya penelitian, peralatan yang dibutuhkan dan data yang mau diambil.

Langkah kedua inventarisasi data dan observasi lapangan; melakukan survei lokasi dengan melakukan pengamatan dan dokumentasi di wilayah studi.

Pengambilan data – data sekunder maupun data primer yang di butuhkan dalam analisis.

Langkah ketiga Analisis data; dengan data yang di peroleh melakukan analisis hidrologi dengan teori yang relevan dengan menggunakan metode matematik dan analisis dari hasil wawancara tidak mendalam atau kuesioner.

Langkah ke empat Analisis Hasil sebuah hasil akhir dari sebuah analisis data sehingga dapat memberikan hasil penelitian terhadap neraca air untuk pengembangan kawasan perumahan berkelanjutan.

Langkah ke lima kesimpulan, menarik sebuah kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian yang dapat memberikan ilmu baru terhadap perkembangan ilmu pengetahuan.

3.5. Uji Validasi dan Realiabilitas

Data curah hujan dilakukan dengan pengambilan data sekunder yaitu data resmi dari instansi pemerintah yang menangani bidang tersebut yaitu BMKG Juanda.

Uji konsistensi data dan uji kelayakan data yaitu uji Konsistensi data menggunakan RAPS dan Uji kelayakan menggunakan Uji outlier-inlier data.

Data luas penampang kedap air mulai dari luasan atap rumah, luasan jalan, dan luasan kedap air lainnya dari masterplan perumahan yang di dapat dari pengembang perumahan atau melalui google earth dan survey lokasi.

Data administrasi didapat dari instansi pemerintahan desa dan narasumber lainnya yang berkompeten.

Data permeabilitas tanah di lokasi studi dilakukan uji lapangan permeabilitas dan survei / wawancara daerah studi terhadap resapan air kedalam tanah.

Data kualitas air hujan di lokasi dapat menggunakan alat ukur PH dan Ppm.

Data pendukung dapat dilakukan dengan melakukan wawancara tidak mendalam atau kuesioner kepada masyarakat sekitar studi dan narasumber yang berkompeten dalam data yang diperlukan dalam analisis.

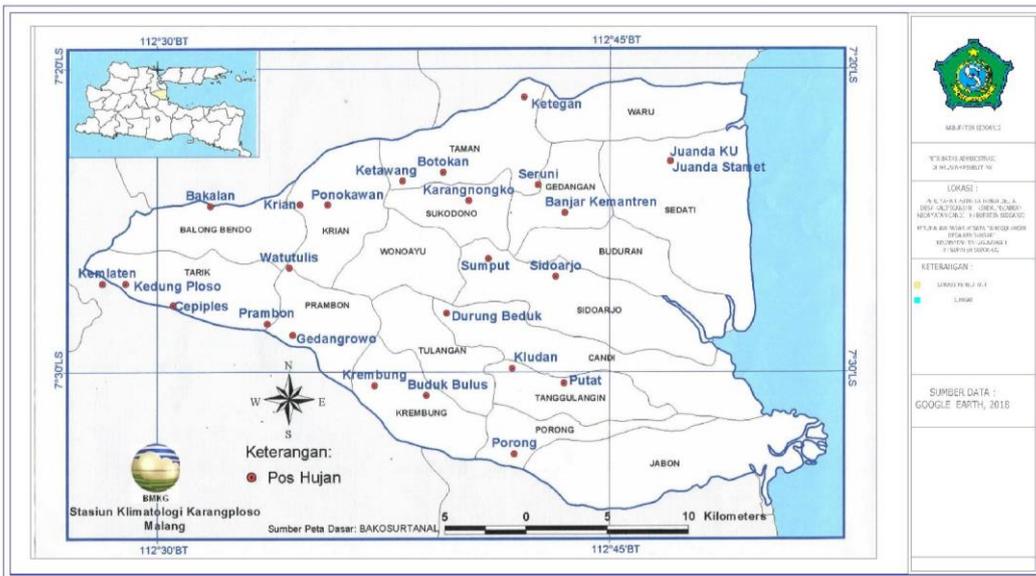
3.6. Lokasi Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini mengambil dua lokasi studi di Kabupaten Sidoarjo, lokasi studi pertama perumahan di daerah dekat pesisir selat Madura dengan kata lain daerah hilir yaitu Lokasi studi pertama dan lokasi studi kedua di daerah dataran lebih dalam dengan kata lain daerah Hulu yaitu Lokasi studi kedua.

Lokasi studi pertama secara administrasi masuk pada dua desa yaitu Desa Kalipecabean dan desa Kendalpecabean, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo. Secara garis besar lokasi daerah ini sebagian lahan persawahan dan pertambakan ikan.

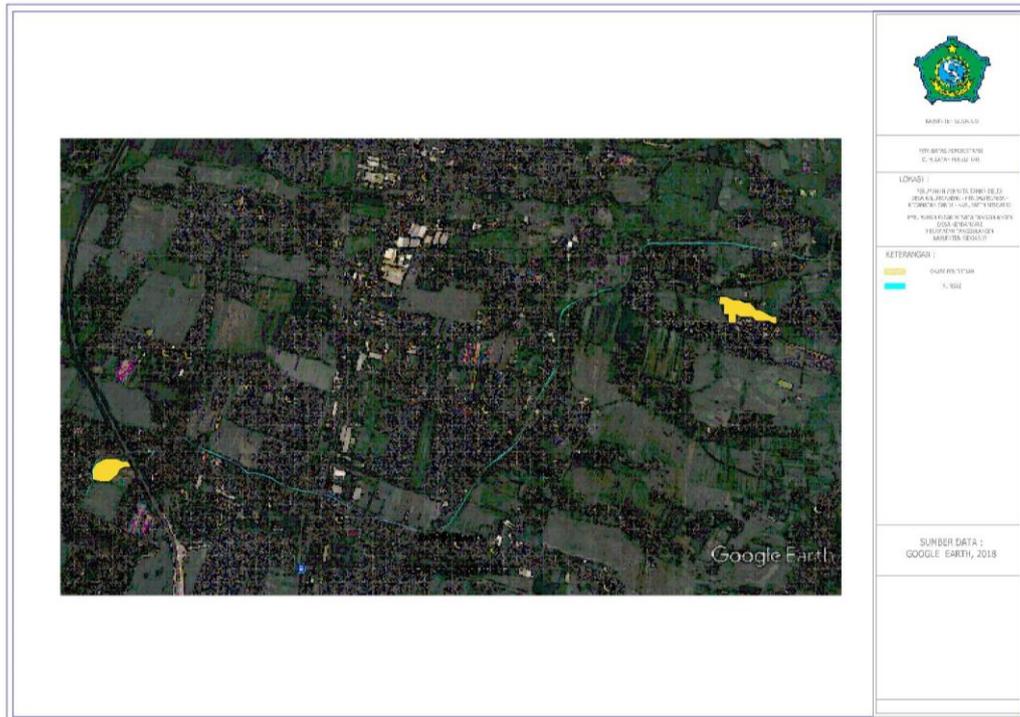
Lokasi studi kedua secara administrasi masuk Desa Kedensari, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Secara garis besar daerah ini adalah lahan persawahan.

Gambar 3.1. Peta Kabupaten Sidoarjo.



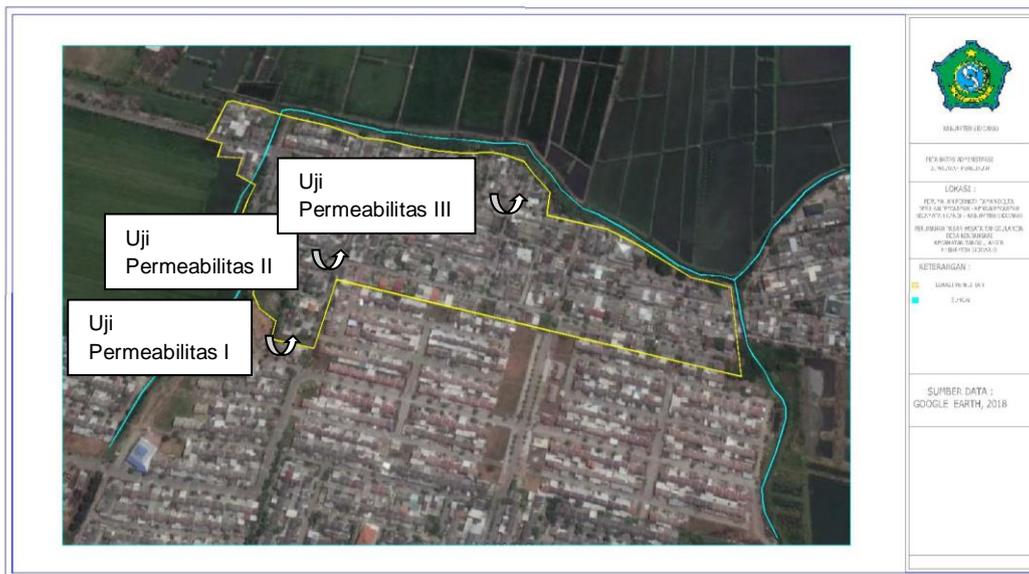
Sumber : BMKG, Bakorsurtanal.

Gambar 3.2. Peta lokasi penelitian.



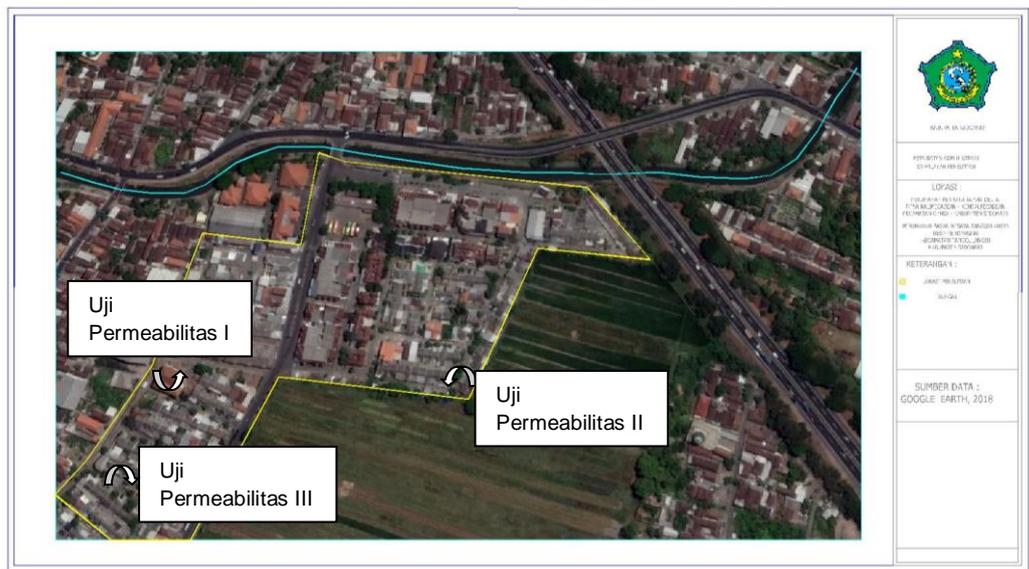
Sumber: Google earth, 2018

Gambar 3.3. Peta Lokasi studi pertama



Sumber: Google earth, 2018

Gambar 3.4. Peta Lokasi studi kedua



Sumber: Google earth, 2018

3.7. Analisis Data

Data yang diperoleh dari data sekunder maupun primer dilakukan pada tahap inventarisasi data dan observasi lapangan, adapun data yang didapat dari kegiatan tersebut:

1. Analisis Hidrologi

a. Distribusi curah hujan lokasi studi, diambil data melalui pos penangkaran terdekat lokasi yaitu stasiun terdekat, dengan menggunakan metode distribusi wilayah adalah metode titik.

b. Uji konsistensi data curah hujan, dimana ini dimaksudkan untuk melihat adanya penyimpangan data yang disebabkan data yang dicatat oleh alat pencatan mengalami ketidaksesuaian atau sebaliknya sehingga data layak atau tidak untuk dipakai. Pengujian ini menggunakan metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) digunakan pada data satu stasiun, dalam uji ini menggunakan pengujian kumulatif penyimpangan rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai rerata dan didapat nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$.(). Sedangkan untuk data dengan beberapa stasiun dapat menggunakan analisis kurva ganda (double mass analysis). (Asdak, 2014)

c. Uji Outlier data hal ini untuk mengetahui data maksimum dan data minimum. Urutan yang dilakukan : 1. Mengurutkan data dari yang besar ke data yang paling kecil, 2. Menghitung nilai Log dari urutan data tersebut, 3. Menghitung nilai deviasi dari nilai Log dan nilai Kn sesuai jumlah data, 4. Menghitung nilai ambang batas atas dan bawah.

d. Perhitungan curah hujan rata-rata dengan cara : 1. Rata – rata aritmatik, 2. Teknik Poligon (thiessen polygon).

Cara rata – rata aritmatik bila alat – alat penakar hujan sebaiknya berada di dalam daerah tangkapan air yang diamati, namun demikian alat penakar di luar daerah di tangkapan air dapat memanfaatkan sepanjang mewakili atau tidak jauh dari daerah pengamatan. Teknik rata-rata aritmatik memberikan hasil pengukuran yang memadai apabila lokasi alat penakaran hujan penyebarannya merata, dan daerah kajian relative seragam terutama ketinggian sehingga variasi curah hujan tidak terlalu jauh.

Teknik polygon dilakukan dengan menghubungkan alat penakar hujan dengan yang lain menggunakan garis lurus. Daerah tersebut dibagi menjadi beberapa polygon. Hasil pengukuran diberi bobot dengan menggunakan bagian – bagian wilayah dari total daerah penangkapan air di masing masing lokasi.

Dalam penelitian ini untuk analisis hujan menggunakan rata – rata aritmatik sebab setiap lokasi studi pada satu titik penakaran.

e. Frekuensi Curah Hujan dilakukan dengan menggunakan tiga metode, dan akan dipilih satu metode saja. Ketiga metode tersebut adalah metode Normal, metode distribusi Gumble, metode distribusi *Log Pearson III*. Kala ulang yang digunakan dalam penelitian 25 tahun sesuai dengan usia perumahan pada umumnya. Penelitian ini menggunakan distribusi *Log Pearson III* dan Distribusi *Gumble*.

f. Debit Limpasan Air Hujan Rencana dengan menggunakan rumus:

$$I = \frac{R24}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2.3} \quad (3.2)$$

g. Limpasan air hujan sebelum perumahan belum terbangun

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.2.6)$$

h. Limpasan air hujan perumahan:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

i. Perhitungan pemanfaatan air hujan dengan menggunakan:

1. Kolam penampung air hujan:

$$Q = \alpha \cdot I \cdot A \quad (2.2.10)$$

Q = debit air masuk (m³/dt)

α = koefisien run off

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas Atap bangunan (m²)

Dan rumus untuk kolam penampung menggunakan Intensitas rata-rata sebagai berikut:

$$V = \alpha \cdot \beta \cdot I \cdot t \quad (2.2.11)$$

V = Volume air hujan yang tertampung dalam kolam pengumpul air hujan (m³)

A = Luas penampang pipa talang (m²)

t = durasi hujan (jam), satuan diubah menjadi detik

α = koefisien run off (-)

β = koefisien distribusi hujan (-)

2. Sumur resapan

Dengan rumus Sunjoto, (1988):

$$H = \frac{Q}{FK} \left[1 - e^{-\frac{(FKT/\pi R^2)}{H}} \right] \quad (2.2.12)$$

F = Faktor geometric (m)

Q = debit air masuk (m^3/jam)

T = waktu pengaliran (jam)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/jam)

R = jari-jari sumur (m)

$Q = C \cdot T \cdot A$

Dengan rumus Standart tata cara perencanaan teknis sumur resapan

(Departemen Pekerjaan Umum (1990)):

$$H = \frac{DIA_r - DKA_s}{A_s + DKP} \quad (\text{untuk sumur berdingding porus}) \quad (2.2.13)$$

$$H = \frac{DIA_r - DKA_s}{A_s} \quad (\text{sumur berdingding kedap air}) \quad (2.2.14)$$

D = durasi hujan (jam)

I = intensitas hujan (m/jam)

A_r = Luas tadah hujan (m^2) dapat berupa atap rumah atau permukaan tanah yang keras

K = permeabilitas tanah (m/jam)

P = Keliling penampang sumur (m)

A_s = Luas penampang sumur (m^2)

H = Kedalaman Sumur (m)

Penelitian ini menggunakan teori sunjoto (1988)

3. Areal peresapan Air Hujan

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut: (Maryono A, 2015)

$$Q = k \cdot I_h \cdot A_p \quad (2.2.15)$$

Q = debit air yang mengalir ($m^3/detik$)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

I_h = gradien hidrolik

A_p = luas perkarangan dengan plesteran (m^2)

Dengan menggunakan Hukum Darcy (1956), memberikan hubungan antara kecepatan dan gradien hidrolik menggunakan koefisien permeabilitas :

$$v = k \cdot I_h \quad (2.2.16)$$

v = kecepatan rembesan (m/detik)

k = koefisien permeabilitas (m/detik)

I_h = gradien hidrolik

Kemudian di peroleh nilai kecepatan masing-masing (v_1 dan v_2)

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \quad (2.2.17a)$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} \quad (2.2.17b)$$

v_1 = kecepatan rembesan pada konblok (m/detik)

v_2 = kecepatan rembesan pada grass block (m/detik)

Q = debit ($m^3/detik$)

A_1 = luas konblok yang sesuai (m^2)

A_2 = luas grass block yang sesuai (m^2)

4. Modifikasi Lanskap

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut : (Maryono, 2017)

$$Q_h = \alpha \cdot I \cdot A_r \quad (2.2.18)$$

Q_h = debit air hujan ($m^3/detik$)

α = koefisien run off

I = intensitas hujan rata-rata (m/detik)

A_t = luas total dari penjumlahan antara luas atap keseluruhan bangunan di tambah luas cekungan seluruhnya, dan ditambah sisa luas perkarangan

Kemudian volume air hujan yang jatuh di perkarangan di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_t = Q_h \cdot t \quad (2.2.19)$$

V_t = volume total air hujan yang jatuh di perkarangan (m^3)

Q_h = debit air hujan yang jatuh di perkarangan ($m^3/detik$)

t = durasi hujan (detik)

Air hujan yang mengalir ada yang meresap ke dalam tanah dan ada yang menuju cekungan. Air yang meresap ke dalam tanah, debit dapat di ukur dengan rumus:

$$v = k \cdot I_h$$

$$Q_r = k \cdot I_h \cdot A_p$$

$$Q_r = v \cdot A_p \quad (2.2.20)$$

Q_r = debit rembesan ($m^3/detik$)

v = kecepatan (m/detik)

k = koefisien permeabilitas (m/detik)

I_h = gradien hidrolik

A_p = luas pekarangan (m^2)

$$V_r = Q_r \cdot t \quad (2.2.21)$$

V_r = volume resapan/rembesan (m^3)

Q_r = debit resapan/rembesan ($m^3/detik$)

T = waktu resapan/rembesan (detik)

Jadi volume air hujan yang masuk ke dalam cekungan sebagai berikut:

$$V_c = V_t - V_r \quad (2.2.22)$$

V_c = volume air yang masuk ke cekungan (m^3)

V_t = volume total air hujan yang jatuh di perkarangan (m^3)

V_r = volume air yang meresap dalam perkarangan (m^3)

2.1.3 Neraca Air

Neraca air merupakan alat dalam menghitung besaran aliran air sebuah wilayah atau kawasan dari sebuah aliran air masuk dan aliran air keluar, yang dipengaruhi oleh beberapa factor yang didalamnya. Neraca air mempengaruhi hubungan air – tanaman – tanah. Neraca air dapat dipakai dalam pendekatan perkiraan besaran aliran air permukaan dalam suatu DAS dengan memperhatikan infiltrasi dan kedalaman tanah yang tinggi. Dan dipengaruhi oleh sifat – sifat dan karakteristik kapasitas simpan tanah. metode perhitungan dapat di modifikasi dalam analisis metode neraca air. (Asdak, 2014). Dengan demikian neraca air dapat digunakan dalam perhitungan aliran air yang terjadi dalam sebuah kawasan perumahan untuk menciptakan pembangunan yang berkelanjutan. Metode neraca air yang akan di gunakan yaitu:

$$Q_k = Q_m$$

$$Q_k = Q_h - Q_r - Q_{ev} \pm Q_d \quad (2.2.24)$$

Q_m = debit air masuk (m^3/jam)

Q_k = debit air keluar (m^3/jam)

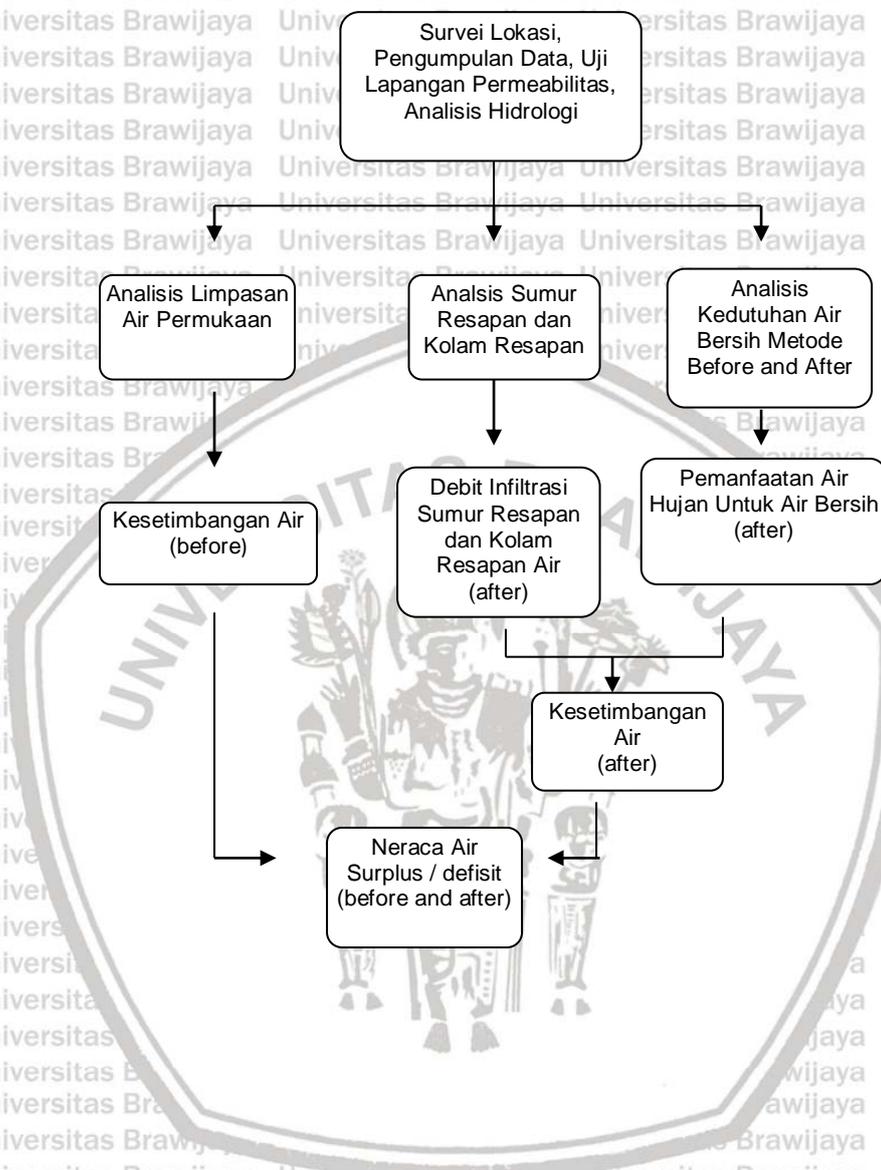
Q_h = debit air hujan (m^3/jam)

Q_r = debit air resapan/infiltrasi (m^3/jam)

Q_{ev} = debit air evapotranspirasi (m^3/jam)

Q_d = debit penggunaai air bersih domestic. (m^3/jam)

Diagram alir Penelitian:



BAB IV

DESKRIPSI LOKASI PENELITIAN

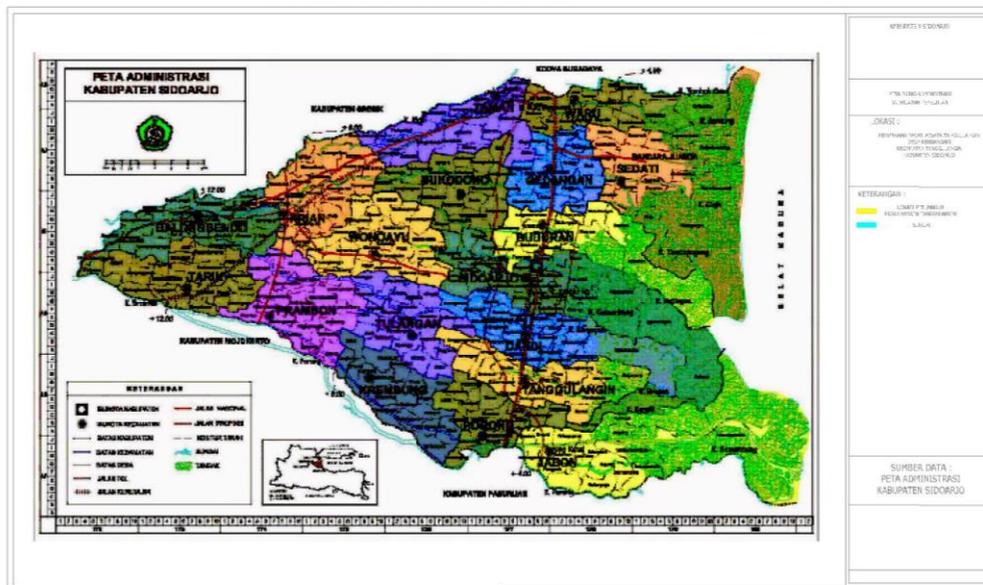
4.1. Gambaran Umum Kecamatan Candi Dan Kecamatan Tanggulangin

4.1.1. Gambaran Geografis Dan Administrasi

4.1.1.1. Gambaran Geografis Dan Administrasi Kecamatan Candi

Lokasi studi pertama berada di wilayah Kecamatan Candi. Kecamatan Candi terdiri dari 24 desa. Luas wilayah Kecamatan Candi sebesar 4.006,8 Ha. Secara administrasi Kecamatan Candi termasuk dalam Kabupaten Sidoarjo, Propinsi Jawa Timur dengan batas administrasi sebagai berikut ;

- Sebelah Utara : Kecamatan Sidoarjo
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Kecamatan Tanggulangin
- Sebelah Barat : Kecamatan Tulangan



Gambar 4.1 Peta Kabupaten Sidoarjo

4.1.1.2. **Gambaran Geografis Dan Administrasi Kecamatan Tanggulangin**

Lokasi studi kedua berada di wilayah Kecamatan Tanggulangin.

Kecamatan Tanggulangin terdiri dari 19 desa. Luas wilayah Kecamatan Tanggulangin sebesar 3.229 Ha. Secara administrasi Kecamatan Tanggulangin termasuk dalam Kabupaten Sidoarjo, Propinsi Jawa Timur dengan batas administrasi sebagai berikut;

- Sebelah Utara : Kecamatan Candi
- Sebelah Timur : Kecamatan Candi dan Kecamatan Porong
- Sebelah Selatan : Kecamatan Porong
- Sebelah Barat : Kecamatan Tulangan

4.1.2. **Gambaran Topografi**

4.1.2.1. **Gambaran Topografi Kecamatan Candi**

Kondisi topografi Kecamatan Candi dengan kemiringan tanah 0-2 % (landai), berada pada ketinggian rata-rata 4 m/dpl. Yang merupakan daerah pantai, pertambakan dan sebagian sekitaran jalan protokol yang berair asin/payau dan tawar.

4.1.2.2. **Gambaran Topografi Kecamatan Tanggulangin**

Kondisi topografi Kecamatan Tanggulangin dengan kemiringan tanah 0-2 % (landai), berada pada ketinggian rata-rata 4 m/dpl. Yang merupakan daerah sebagian sekitaran jalan protokol yang berair asin/payau dan tawar.

4.1.3. **Gambaran Geohidrologi dan Geologi**

4.1.3.1. **Gambaran Geohidrologi dan Geologi Kecamatan Candi**

Kecamatan Candi secara hidrogeologi dalam kelompok lapisan penyimpanan air tanah (akuifer) termasuk dalam akuifer bebas (menghasilkan air

melalui sumur-sumur gali yang dangkal). Dimana kedalaman air tanah (statis) ini sekitar 1 -14 meter di bawah muka tanah. Kondisi air tanah di pengaruhi oleh perubahan dua musim (kemarau / hujan).

Data geologi Kecamatan Candi berdasarkan data BPS tahun 2012, jenis lapisan batuan Alluvium. Dan jenis tanah di Kecamatan Candi Jenis tanah alluvial hidromorf. Dan terdapat pula Jenis tanah Alluial kelabu, dimana mempunyai sifat permeabilitasnya lambat dengan produktifitas tanah beraneka dari rendah sampai sedang.

4.1.3.2. **Gambaran Geohidrologi dan Geologi Kecamatan Tanggulangin**

Kecamatan Tanggulangin secara hidrogeologi dalam kelompok lapisan penyimpanan air tanah (akuifer) termasuk dalam akuifer bebas (menghasilkan air melalui sumur-sumur gali yang dangkal). Dimana kedalaman air tanah (statis) ini sekitar 1 -14 meter di bawah muka tanah. Kondisi air tanah dipengaruhi oleh perubahan dua musim (kemarau / hujan).

Data geologi Kecamatan Tanggulangin berdasarkan data BPS tahun 2012, jenis lapisan batuan Alluvium. Dan jenis tanah di Kecamatan Tanggulangin Jenis tanah alluvial hidromorf. Dan terdapat pula Jenis tanah Alluial kelabu, dimana mempunyai sifat permeabilitasnya lambat dengan produktifitas tanah beraneka dari rendah sampai sedang.

4.1.4. **Kondisi Curah Hujan**

4.1.4.1. **Kondisi Curah Hujan Kecamatan Candi**

Keadaan suhu Kecamatan candi pada tahun 2018, maksimum mencapai 35°C dan suhu minimum mencapai 20°C, kondisi curah hujan kecamatan Candi tahun 2018, dalam satu tahun rata –rata mencapai 1044 mm.

4.1.4.2. **Kondisi Curah Hujan Kecamatan Tanggulangin**

Keadaan suhu Kecamatan Tanggulangin pada tahun 2018, maksimum mencapai 35°C dan suhu minimum mencapai 20°C, kondisi curah hujan maksimal Kecamatan Tanggulangin tahun 2018, dalam satu tahun mencapai 1188 mm.

4.1.5. **Gambaran Demografi**

4.1.5.1. **Gambaran Demografi Kecamatan Candi**

Kecamatan Candi mempunyai potensi yang cukup besar dalam bidang Perikanan karena merupakan daerah pesisir. Jumlah penduduk Kecamatan Candi sebesar 166.567 jiwa dengan jumlah laki-laki 83.789 jiwa dan Perempuan 82.778 jiwa, dengan perincian jumlah Demografi Kecamatan Candi dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kecamatan Candi, April Tahun 2019

Desa	Jumlah Penduduk Tahun 2018 (jiwa)
KarangTanjung	8.232
Sumorame	8.916
Ngampelsari	9.911
Balonggabus	5.031
Balongdowo	7.473
Kendalpecabean	4.130
Kedungpeluk	3.810
Kalipecabean	10.349
Klurak	6.091
Kebonsari	6.947
Gelam	8.866
Candi	4.054
Sugihwaras	9.045
Kedungkendo	9.996
Durungbanjar	2.920
Durungbedug	7.003
Jambangan	4.502

Sidodadi	4.379
Sepande	10.768
Sumokali	6.391
Tenggulun	7.423
Bligo	6.495
Wedoroklurak	5.037
Larangan	9.598
Jumlah	166.567

Sumber: Data Kecamatan Candi, 2019

4.1.5.2. Gambaran Demografi Kecamatan Tanggulangin

Kecamatan Tanggulangin mempunyai potensi yang cukup besar dalam bidang Home Industri dan pertanian karena merupakan lebih jauh dari daerah pesisir. Jumlah penduduk Kecamatan Tanggulangin sebesar 107.137 jiwa, dengan perincian jumlah Demografi Kecamatan Tanggulangin dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jumlah Penduduk Kecamatan Tanggulangin, April Tahun 2019

Desa	Jumlah Penduduk Tahun 2018 (jiwa)
Kalitengah	15.071
Kludan	5.356
Boro	5.312
Ngaban	5.548
Putat	4.008
Kedungbanteng	3.340
Banjipanji	1.856
Banjarasri	2.887
Penatarsewu	3.509
Sentul	4.229
Kalidawir	4.611
Gempolsari	5.252
Kedungbendo	9.954
Ketapang	1.966
Kalisampurno	8.781
Kendensari	8.146
Ketegan	5.600

Ganggang Panjang	6.103
Randengan	5.608
Jumlah	107.137

Sumber : Data Kecamatan Tanggulangin, 2019

4.2. Gambaran Umum Perumahan

4.2.1. Kondisi tapak Perumahan

4.2.1.1. Kondisi Tapak Lokasi studi pertama

Lokasi studi pertama terletak pada $7^{\circ}29'8,76''$ LS - $7^{\circ}29'17,02''$ LS dan $112^{\circ}44'28,41''$ BT - $112^{\circ}44'44,16''$ BT, perumahan ini berada pada 2 (dua) desa yaitu Desa Kalipecabean dan Desa Kendalpecabean Kecamatan Candi Sidoarjo.

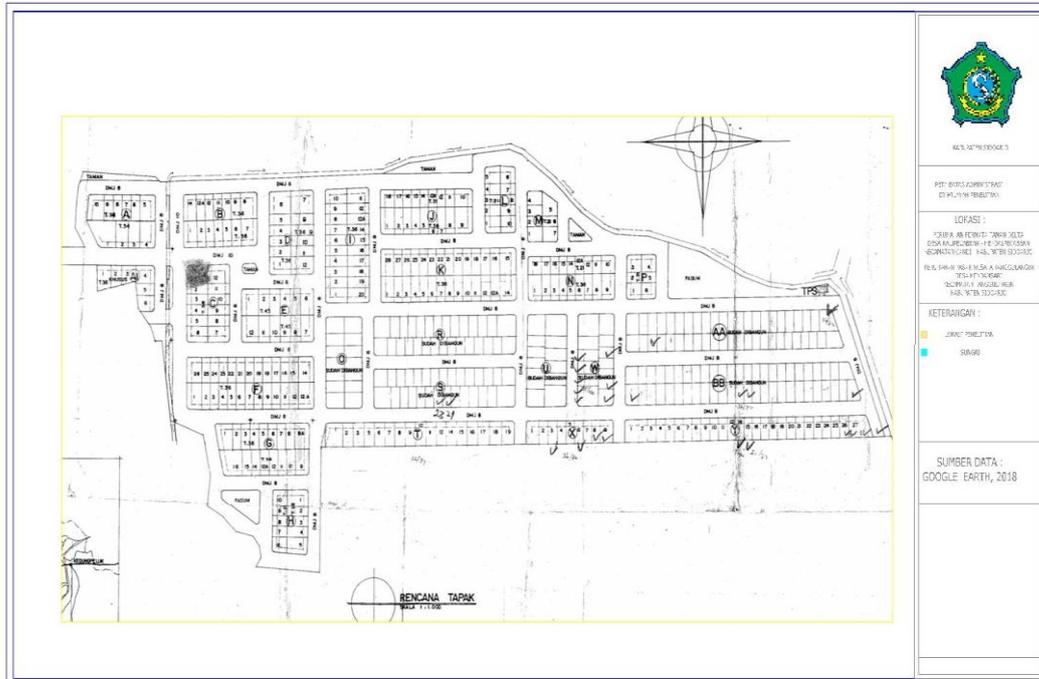
Dengan batas administrasi sebelah Utara adalah pertambangan, sebelah timur adalah Perumahan Pecabean Asri, sebelah selatan adalah perumahan Jasa marga, sebelah barat adalah persawahan dan jalan raya Desa Kalipecabean.

Perumahan ini dibangun pada tahun 2001, oleh PT. Karya Delta Nadila.

Dimana pada awalnya diperuntukan untuk pensiunan ABRI, dan dalam perkembangannya untuk umum. Lokasi studi pertama dengan luas 73.664 m^2 , dimana luasan yang diperuntukan rumah tinggal sebesar 41.010 m^2 dimana lahan tersebut terbangun 474 unit dengan type 21 sampai 54, luasan prasarana lingkungan sebesar 32.634 m^2 , layout lokasi studi terdapat pada gambar 4.2.

Lokasi studi pertama Terdiri dari 2 RW (Rukun Warga), RW 07 Lokasi studi pertama Desa Kalipecabean Terdiri dari 4 RT (Rukun Tetangga) yaitu RT.01 sebesar 16 KK, RT.02 sebesar 35 KK, RT.03 sebanyak 28 KK, RT.04 sebanyak 25 KK dengan total seluruh RW.07 sebanyak 104 KK (Kepala Keluarga). Sedangkan RW 03 Lokasi studi pertama Desa Kendalpecabean terdiri dari 3 RT yaitu RT.10 sebanyak 70 KK, RT.11 sebanyak 80 KK, RT.12

sebanyak 60 KK, dengan total keseluruhan RW.03 sebanyak 200 KK (Kepala Keluarga)



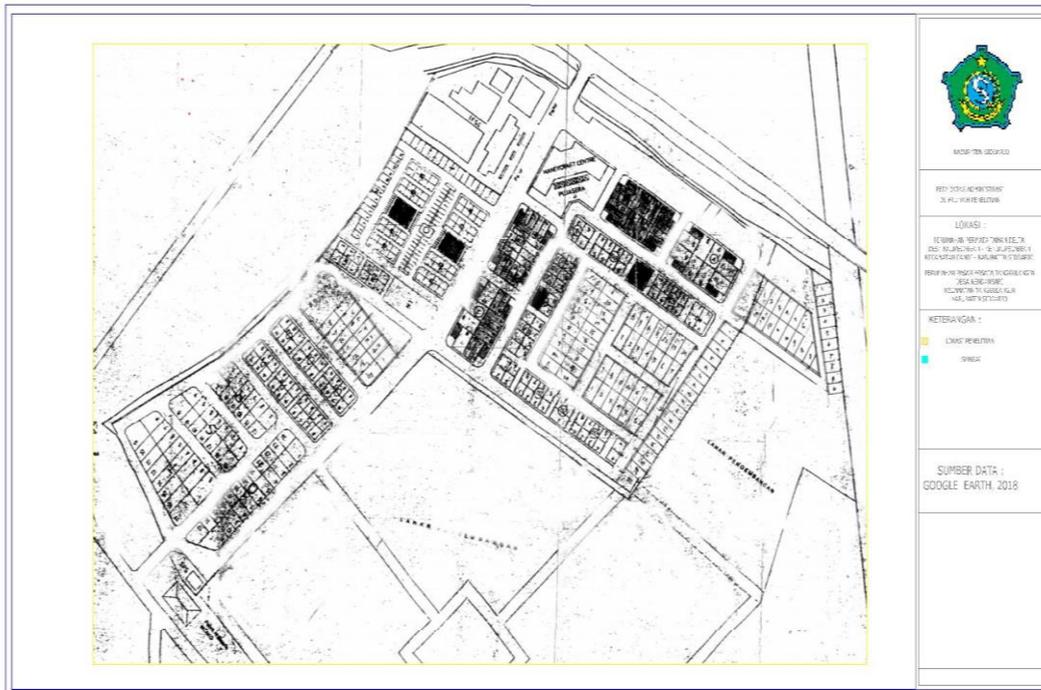
Gambar 4.2 Layout Lokasi studi pertama

4.2.1.2. Kondisi Tapak Lokasi Studi Kedua

Lokasi studi kedua terletak pada $7^{\circ}29'53,69''$ LS - $7^{\circ}30'5,77''$ LS dan $112^{\circ}41'26,23''$ BT - $112^{\circ}41'42,16''$ BT, dimana perumahan ini berada pada Desa Kendansari Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo. Dengan batas administrasi sebelah utara adalah Sungai dan jalan raya Tanggulangin, sebelah Timur adalah Jalan Tol Sidoarjo – Porong, sebelah selatan adalah persawahan dan penduduk Desa Kendansari, sebelah barat adalah pergudangan dan penduduk desa Kendansari.

Perumahan ini dibangun pada tahun 2001. Diperuntukkan untuk masyarakat umum terutama para pengerajin tas dan sejenisnya. Didalam perumahan dibangun juga ruko untuk mendukung usaha pengerajin Tas. Layout lokasi studi kedua pada gambar 4.3.

Lokasi studi kedua terdapat 1 RW (Rukun Tetangga) yaitu RW.10, dengan jumlah RT (Rukun Tetangga) sebanyak 3 RT yaitu RT.23, RT.24, RT.25. Jumlah RW.10 sebanyak 242 KK (Kepala Keluarga), meliputi RT.23 sebanyak 52 KK, RT.24 sebanyak 75 KK, RT.25 sebanyak 115 KK.



Gambar 4.4 Layout Lokasi studi kedua

4.2.2. Gambaran Umum Responden Hasil Koesioner

4.2.2.1. Kondisi Masyarakat Lokasi studi pertama Hasil Survei Lapangan

Berdasarkan hasil kuesioner dilapangan lokasi studi terhadap 104 responden didapat gambaran masyarakat responden pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel. 4.3 Gambaran Umum responden lokasi studi pertama

No.	Uraian		Jumlah
1	Jenis Kelamin	Laki-laki	80
		Perempuan	24
2	Usia	17 – 23	8
		24 – 30	5
		31 – 60	88
		>60	3
3	Pendidikan	SD	0
		SMP	8
		SMA	56
		Perguruan Tinggi	37
		Lain-lain	3
4	Pekerjaan	Pelajar / Mahasiswa	11
		PNS	3
		Wiraswasta	51
		Petani	0
		Swasta	32
		Lain-lain	8
5	Status rumah	Rumah Pribadi	75
		Rumah Orang Tua	16
		Rumah Sewa	13

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam tabel 4.3 Dapat disimpulkan responden lebih banyak Laki-laki, rata umur responden 31 – 60 tahun dengan pendidikan SMA dan Perguruan Tinggi, pekerjaan wiraswasta dan swasta.

4.2.2.2. Kondisi Masyarakat Lokasi Studi Kedua Hasil Survei Lapangan.

Kuesioner yang dilakukan di lokasi studi kedua dengan 95 responden, dan gambaran secara umum responden tersebut terdapat pada tabel 4.4 Yaitu sebagai berikut:

Tabel. 4.4 Gambaran Umum responden lokasi studi kedua

No.	Uraian		Jumlah
1	Jenis Kelamin	Laki-laki	70
		Perempuan	25
2	Usia	17 – 23	12
		24 – 30	8
		32 – 60	74
		>60	0
3	Pendidikan	SD	0
		SMP	4
		SMA	74
		Perguruan Tinggi	17
		Lain-lain	0
4	Pekerjaan	Pelajar / Mahasiswa	8
		PNS	17
		Wiraswasta	66
		Petani	0
		Swasta	4
		Lain-lain	0
5	Status rumah	Rumah Pribadi	58
		Rumah Orang Tua	12
		Rumah Sewa	25

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam tabel 4.4 Dapat disimpulkan responden lebih banyak Laki-laki, rata-rata umur responden 31 – 60 tahun dengan pendidikan SMA dan Perguruan Tinggi, pekerjaan wiraswasta.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Potensi Air Hujan

5.1.1. Analisis Intensitas Hujan

Dalam menganalisis potensi air hujan di lokasi studi. Dalam awal analisis dilakukan analisis intensitas Hujan. Tahap dalam analisis tersebut sebagai berikut:

1. Distribusi Curah Hujan Kedua Lokasi Studi.

Dalam pemilihan metode distribusi curah hujan untuk kedua perumahan mempunyai lokasi pos penakarun hujan sendiri dan dalam satu pos penakarun. Sehingga metode distribusi yang digunakan metode titik. Curah hujan Harian Maksimal untuk lokasi studi pertama berada pada pos Ngaban/Putut dengan koordinat $07^{\circ}30'22,4''$ LS dan $112^{\circ}43'29,8''$ BT dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Curah Hujan Harian Maksimal Stasiun Putut

Tahun	Hujan maksimum (mm)
2009	70
2010	80
2011	83
2012	63
2013	115
2014	80
2015	82
2016	97
2017	95
2018	99

Sumber : BMKG Stasiun Klimatologi Malang, 2009– 2018

Sedangkan curah hujan harian Maksimal untuk lokasi studi kedua berada pada pos Kludan dengan Koordinat 07°29'52,9" LS dan 112°41'47,0" BT. Data curah hujan di perumahan ini dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Curah Hujan Harian Maksimal Stasiun kludan

Tahun	Hujan maksimum (mm)
2009	110
2010	80
2011	91
2012	75
2013	121
2014	78
2015	87
2016	101
2017	74
2018	87

Sumber : BMKG Stasiun Klimatologi Malang, 2009– 2018

2. Uji Konsistensi dan inlier-outlier Data Curah Hujan

Dalam data curah hujan diperlukan sebuah uji konsistensi dan inlier-outlier data sehingga data tersebut dapat dinyatakan layak digunakan dalam melakukan analisis Hidrologi. dalam uji konsistensi melihat layak dan tidaknya data sedangkan uji Inlier-Outlier untuk melihat layak dan tidaknya data maksimal dan minimal dari data tersebut.

Dalam uji RAPS dilakukan pengujian kumulatif penyimpangan rata-rata di bagi akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap rerata, hasil perhitungan didapat $Q/n^{0.5}$ dan $R/ n^{0.5}$. Dan hasil $Q/n^{0.5}$ dan $R/ n^{0.5}$ perhitungan lebih kecil dari $Q/n^{0.5}$ dan $R/ n^{0.5}$ Tabel 5.3 maka data dapat diterima.

Tabel 5.3 Tabel Nilai $Q/n^{0,5}$ dan $R/n^{0,5}$

N	$Q/n^{0,5}$			$R/n^{0,5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,1	1,22	1,42	1,34	1,43	1,6
30	1,12	1,24	1,48	1,4	1,5	1,7
40	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,5	1,62	1,85
500	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

Uji RAPS data curah hujan Lokasi studi pertama sesuai tabel 5.4

Tabel 5.4 Uji Konsistensi RAPS curah hujan stasiun Putat

No.	Tahun	Curah Hujan a	Sk^* $b=a-\sum a$	(Sk^*) $c=+(b)$	Dy^2 $d=(c^2/10)$	Dy $e=\sqrt{(\sum d)}$	SK^{**} $f=b/e$	(SK^{**}) $g=+(f)$
1	2013	115,00	28,60	28,60	81,796	14,465	1,9772	1,9772
2	2018	99,00	12,60	12,60	15,876		0,8711	0,8711
3	2016	97,00	10,60	10,60	11,236		0,7328	0,7328
4	2017	95,00	8,60	8,60	7,396		0,5945	0,5945
5	2011	83,00	-3,40	3,40	1,156		-0,2350	0,2350
6	2015	82,00	-4,40	4,40	1,936		-0,3042	0,3042
7	2014	80,00	-6,40	6,40	4,096		-0,4424	0,4424
8	2010	80,00	-6,40	6,40	4,096		-0,4424	0,4424
9	2009	70,00	-16,40	16,40	26,896		-1,1338	1,1338
10	2012	63,00	-23,40	23,40	54,756		-1,6177	1,6177
Jumlah Rata-rata		86,40			209,24			

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari tabel 5.4 didapat $Q : 1,9772$ dan $R : 2,2122$ dan sehingga $Q/n^{0,5} :$

$0,6252$ dan $R/n^{0,5} : 0,700$. Data curah hujan dengan probabilitas 90% dari tabel

5.3 hasil perhitungan lebih kecil dan data curah hujan tersebut, sehingga data

curah hujan dapat diterima.

Uji konsistensi curah hujan untuk lokasi studi kedua sesuai tabel 5.5.

Tabel 5.5 Uji Konsistensi RAPS curah hujan stasiun Kludan

No.	Tahun	Curah Hujan a	Sk* b=a/∑a	(Sk*) c= +(b)	Dy ² d=(c ² /10)	Dy e=√(∑d)	SK** f=b/e	(Sk**) g=+(f)
1	2013	121,00	30,60	30,60	93,636	14,914	2,0517	2,0517
2	2009	110,00	19,60	19,60	38,416		1,3142	1,3142
3	2016	101,00	10,60	10,60	11,236		0,7107	0,7107
4	2011	91,00	0,60	0,60	0,036		0,0402	0,0402
5	2015	87,00	-3,40	3,40	1,156		-0,2280	0,2280
6	2018	87,00	-3,40	3,40	1,156		-0,2280	0,2280
7	2010	80,00	-10,40	10,40	10,816		-0,6973	0,6973
8	2014	78,00	-12,40	12,40	15,376		-0,8314	0,8314
9	2012	75,00	-15,40	15,40	23,716		-1,0326	1,0326
10	2017	74,00	-16,40	16,40	26,896		-1,0996	1,0996
Jumlah Rata-rata		90,40			222,44			

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari tabel 5.5 didapat Q : 2,0517 dan R: 2,2797 dan sehingga $Q/n^{0,5}$: 0,6488 dan $R/ n^{0,5}$: 0,721. Data curah hujan dengan probabilitas 90% dari tabel 5.3 hasil perhitungan lebih kecil dan data curah hujan tersebut, sehingga data curah hujan dapat diterima.

Sedangkan data curah hujan dilakukan dengan uji inlier-outlier data untuk lokasi studi pertama pada tabel 5.6 dan lokasi studi kedua pada tabel 5.7

Tabel 5.6 Uji Inlier-Outlier Data Curah Hujan Stasiun Putat

No	Tahun	Curah hujan Harian Max	Rangking Data		Log x
		(mm)	Tahun	CH max	
1	2009	70	2013	115	2,0607
2	2010	80	2018	99	1,9956
3	2011	83	2016	97	1,9868
4	2012	63	2017	95	1,9777

5	2013	115	2011	83	1,9191
6	2014	80	2015	82	1,9138
7	2015	82	2014	80	1,9031
8	2016	97	2010	80	1,9031
9	2017	95	2009	70	1,8451
10	2018	99	2012	63	1,7993
Standart deviasi				:	0,0767
Rata - rata log x				:	1,9304
Kn				:	2,036
Keterangan					
Nilai ambang atas (X_H)			:	122,0878198	
Nilai ambang bawah (X_L)			:	59,4559658	
tidak ada data yang harus dihilangkan					

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.7 Uji Inlier-Outlier Data Curah Hujan Stasiun Kludan

No	Tahun	Curah hujan Harian Max (mm)	Rangking Data		Log x
			Tahun	CH max	
1	2009	110	2013	121	2,0828
2	2010	80	2009	110	2,0414
3	2011	91	2016	101	2,0043
4	2012	75	2011	91	1,9590
5	2013	121	2015	87	1,9395
6	2014	78	2018	87	1,9395
7	2015	87	2010	80	1,9031
8	2016	101	2014	78	1,8921
9	2017	74	2012	75	1,8751
10	2018	87	2017	74	1,8692
Standart deviasi				:	0,0722
Rata - rata log x				:	1,9506
Kn				:	2,036
Keterangan					
Nilai ambang atas (X_H)			:	125,2049097	
Nilai ambang bawah (X_L)			:	63,61946617	
tidak ada data yang harus dihilangkan					

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari kedua uji konsistensi tersebut dapat disimpulkan kedua data Curah hujan di 2 stasiun yaitu stasiun putat dan kludan layak di gunakan.

3. Frekuensi Curah Hujan

Setelah melakukan uji konsistensi dan uji inlier-outlier data maka dilakukan analisis frekuensi curah hujan untuk mengetahui besaran kemungkinan dalam kala berulang secara teratur. Sehingga dalam melakukan analisis distribusi frekuensi akan dilakukan dengan 3 metode yaitu Metode Distribusi Normal, Metode Distribusi Log Pearson III, dan Metode Distribusi Gumbel.

Kala ulang yang digunakan dalam penelitian yaitu 25 tahun hal ini dikarenakan perencanaan sebuah perumahan yaitu 25 tahun. Lokasi studi pertama hasil dari distribusi Normal ditunjukkan pada tabel 5.8, distribusi Log Pearson III pada tabel 5.9 dan distribusi Gumbel pada tabel 5.10.

Tabel 5.8 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Normal (Stasiun Putat)

No	Kala Ulang	Rata -Rata \bar{X}	Deviasi standart	K	Curah hujan rancangan (mm)
1	R2	86,4	15,248	0	86,40
2	R5	86,4	15,248	0,84	99,21
3	R10	86,4	15,248	1,28	105,92
4	R25	86,4	15,248	1,67	111,86
5	R50	86,4	15,248	2,05	117,66
6	R100	86,4	15,248	2,33	121,93

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.9 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Log-Person III (Stasiun Putat)

No	Kala Ulang	Rata -Rata \bar{X}	Deviasi standart	K	Curah hujan rancangan (mm)
1	R2	1,93043389	0,077	0,033	85,70
2	R5	1,93043389	0,077	0,85	99,01
3	R10	1,93043389	0,077	1,258	106,41
4	R25	1,93043389	0,077	1,69	114,79
5	R50	1,93043389	0,077	1,945	120,14
6	R100	1,93043389	0,077	2,178	125,19

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.10 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Gumbel (Stasiun Putat)

No	Kala Ulang	b	a	Y_{Tr}	Curah hujan rancangan (mm)
	R2	78,4486471	0,062	0,3668	84,34
	R5	78,4486471	0,062	1,5004	102,54
	R10	78,4486471	0,062	2,251	114,59
	R25	78,4486471	0,062	3,1993	129,82
	R50	78,4486471	0,062	3,9028	141,12
	R100	78,4486471	0,062	4,6012	152,33

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari hasil penelitian tersebut didapat curah hujan rancangan Kala Ulang 25 tahun untuk lokasi studi pertama yaitu dengan Metode Normal ; 111,86 mm, Metode Log-Person III : 114,79 mm, Metode Gumbel : 129,82 mm.

Kala ulang 25 tahun untuk wilayah lokasi studi kedua hasil dari distribusi Normal ditunjukkan pada tabel 5.11, distribusi Log Pearson III pada tabel 5.12 dan distribusi Gumbel pada tabel 5.13.

Tabel 5.11 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Normal (Stasiun Kludan)

No	Kala Ulang	Rata -Rata \bar{X}	Deviasi standart	K	Curah hujan rancangan (mm)
1	R2	90,4	15,721	0	90,40

2	R5	90,4	15,721	0,84	103,61
3	R10	90,4	15,721	1,28	110,52
4	R25	90,4	15,721	1,67	116,65
5	R50	90,4	15,721	2,05	122,63
6	R100	90,4	15,721	2,33	127,03

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.12 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Log-Person III (Stasiun Kludan)

No	Kala Ulang	Rata -Rata X	Deviasi standart	K	Curah hujan rancangan
	R2	1,95060569	0,072	-0,1155	87,55
	R5	1,95060569	0,072	0,79	101,78
	R10	1,95060569	0,072	1,332	111,37
	R25	1,95060569	0,072	1,97	123,76
	R50	1,95060569	0,072	2,406	133,15
	R100	1,95060569	0,072	2,823	142,71

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.13 Analisis Frekuensi Curah Hujan Metode Distribusi Gumbel (Stasiun Kludan)

No	Kala Ulang	b	a	Y_{Tr}	Curah hujan rancangan (mm)
	R2	82,2016752	0,060	0,3668	88,27
	R5	82,2016752	0,060	1,5004	107,04
	R10	82,2016752	0,060	2,251	119,47
	R25	82,2016752	0,060	3,1993	135,17
	R50	82,2016752	0,060	3,9028	146,81
	R100	82,2016752	0,060	4,6012	158,38

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari hasil tabel tersebut didapat curah hujan rancangan Kala Ulang 25 tahun untuk lokasi studi ini yaitu dengan Metode Normal ; 116,65 mm, Metode Log-Person III : 118,15 mm, Metode Gumbel : 135,17 mm

4. Uji Kecocokan

Dari hasil analisis frekuensi curah hujan di dua perumahan tersebut untuk memilih distribusi frekuensi yang akan dipakai, diperlukan uji kecocokan dengan

menggunakan uji Chi-kuadrat dan uji Smirnov-kolmogorov. Hasil uji kecocokan lokasi studi pertamadapat dilihat pada tabel 5.14 dan 5.15.

Tabel 5.14 Uji Chi-Kuadrat Curah Hujan Lokasi studi pertama

Derajat kebebasan dk	χ^2	Parameter Chi-kuadrat terhitung			Distribusi Yang dipilih
		Normal	Log-Person III	Gumbel	
1 %	3,635	4,4	1,2	3,6	Gumbel
Keterangan		diterima	diterima	diterima	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.15 Uji Smirnov-Kolmogorov Curah Hujan Lokasi studi pertama

Uraian	Distribusi Probabilitas			Distribusi Yang dipilih
	Normal	Log-Person III	Gumbel	
Kala Ulang 25 tahun	111,86	114,79	129,82	Gumbel
Dmak	0,132	0,103	0,133	
Nilai Kritis D0	0,41	0,41	0,41	
Keterangan		diterima	diterima	diterima

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Hasil uji kecocokan lokasi studi kedua dapat dilihat pada tabel 5.16 dan 5.17.

Tabel 5.16 Uji Chi-Kuadrat Curah Hujan Lokasi studi kedua

Derajat kebebasan dk	χ^2	Parameter Chi-kuadrat terhitung			Distribusi Yang dipilih
		Normal	Log-Person III	Gumbel	
1 %	3,635	4,4	8,4	4,4	Gumbel
Keterangan		diterima	ditolak	diterima	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 5.17 Uji Smirnov-Kolmogorov Curah Hujan Lokasi studi kedua

Uraian	Distribusi Probabilitas			Distribusi Yang dipilih
	Normal	Log-Person III	Gumbel	
Kala Ulang 25 tahun	116,65	118,15	135,17	Gumbel
Dmak	0,129	0,106	0,129	
Nilai Kritis	0,41	0,41	0,41	

DO				
Keterangan		diterima	diterima	diterima

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dengan demikian dari ke tiga metode distribusi frekuensi dipilih, untuk lokasi studi pertama menggunakan metode Gumbel dengan curah hujan rancangan kala ulang 25 Tahun adalah 129,82 mm. sedangkan untuk lokasi studi kedua menggunakan metode Distribusi Gumbel dengan Curah hujan rancangan kala ulang 25 tahun adalah 135,17 mm.

5. Intensitas Curah Hujan

Dari hasil analisis frekuensi didapat Curah hujan kala ulang 25 tahun maka curah hujan (R_{24}) dapat diketahui untuk setiap perumahan. Durasi hujan (t) selama 2 jam yang di gunakan maka diketahui :

Lokasi studi pertama (R_{24}) : 129,82 mm

Lokasi studi kedua (R_{24}) : 135,17 mm

t (durasi hujan) : 2 jam

$$I = \frac{(R_{24})}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \text{ pers (3.2)}$$

Hasil intensitas curah hujan untuk kedua perumahan sebagai berikut :

Intensitas curah hujan lokasi studi pertama : **28,35** mm/jam.

Intensitas curah hujan lokasi studi kedua : **29,52** mm/jam

5.1.2. Limpasan Air Hujan

Limpasan air hujan merupakan aliran air hujan yang tidak meresap kedalam tanah. Jadi analisis limpasan air dibutuhkan guna seberapa potensi air hujan di lokasi studi pertama yang merupakan daerah hilir dan lokasi studi kedua yang merupakan daerah hulu. Analisis limpasan dilakukan 3 tahap yaitu sebelum

pembangunan Perumahan, setelah pembangunan awal perumahan, dan pengembangan pembangunan perumahan oleh warga perumahan.

5.1.2.1. Limpasan Air Hujan di Lokasi studi pertama

Dalam analisis limpasan air hujan diperumahan stusi pertama dilakukan dengan 3 tahap yaitu sebelum Pembangunan perumahan, setelah pembangunan perumahan dan pengembangan perumahan oleh warga perumahan. Lokasi studi pertama awal Pembangunan adalah lahan persawahan dan sebagian pertambakan. Wilayah Perumahan ini terdapat bagunan rumah tinggal type 21, type 27, type 36, type 45 dan type 54, terdapat sarana peribadatan, jalan dan lahan terbuka, hal tersebut terdapat dalam master plan dan Lampiran. Berikut analisis limpasan air hujan dalam tiga tahap. Pertama tahap limpasan air hujan sebelum dibangun perumahan pada tabel 5.18

Tabel 5.18 Debit Limpasan Air Hujan Sebelum Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan	Debit Limpasan Air Hujan	Keterangan
		(ha)				
1	tanah asli	7,3644	0,30	28,35	0,17	tanah asli

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Debit limpasan air hujan pada saat selesai pembangunan Lokasi studi pertama sesuai table 5.19.

Tabel 5.19 Debit Limpasan Air Hujan Setelah Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan	Debit Limpasan Air Hujan	Ket
		(ha)				
1	Rumah	1,4925	0,7	28,35	0,082	
2	Jalan paving	2,96065	0,6	28,35	0,140	

3	RTH	2,6085	0,3	28,35	0,062
4	Sarana peribadatan	0,05575	0,7	28,35	0,003
5	lahan terbuka	0,247	0,3	28,35	0,006
Total		7,3644			0,293

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam perkembangan perumahan setiap warga melakukan pengembangan terhadap rumah masing-masing sehingga debit limpasan saat ini diperumahan studi pertama sesuai tabel 5.20.

Tabel 5.20 Debit Limpasan Air Hujan Setelah Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah (ha)	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Debit Limpasan Air Hujan (m ³ /s)	Ket
1	Rumah	4,101	0,7	28,35	0,226	
2	Jalan paving	2,96065	0,6	28,35	0,140	
3	RTH					
4	Sarana peribadatan	0,05575	0,7	28,35	0,003	
5	lahan terbuka	0,247	0,3	28,35	0,006	
Total		7,3644			0,375	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari tabel 5.18, 5.19 dan 5.20 bahwasanya limpasan air hujan diperumahan ini terjadi peningkatan dalam setiap tahapnya.

5.1.2.2. Limpasan Air Hujan Di Lokasi studi kedua

Dalam analisis limpasan air hujan dilokasi studi kedua dilakukan dengan 3 tahap yaitu sebelum Pembangunan perumahan, setelah pembangunan

perumahan dan pengembangan perumahan oleh warga perumahan. Lokasi studi kedua merupakan lahan Persawahan pada awalnya. Dan Lokasi studi kedua mempunyai bangunan ruko, rumah tinggal type 21, type 27, type 36, type 45 dan type 54, terdapat sarana peribadatan, jalan dan lahan terbuka, hal tersebut terdapat dalam master plan dan Lampiran. Berikut analisis limpasan air hujan dalam tiga tahap. Pertama tahap tabel 5.21 limpasan air hujan sebelum dibangun perumahan.

Tabel 5.21 Debit Limpasan Air Hujan Sebelum Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan	Debit Limpasan Air Hujan	Keterangan
		(ha)		(mm/jam)	(m ³ /s)	
1	tanah asli	7,2	0,30	29,52	0,18	tanah asli

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Debit limpasan air hujan pada saat selesai pembangunan Lokasi studi kedua sesuai table 5.22.

Tabel 5.22 Debit Limpasan Air Hujan Setelah Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan	Debit Limpasan Air Hujan	Ket
		(ha)		(mm/jam)	(m ³ /s)	
1	Rumah	2,0887	0,7	29,52	0,12	
2	Jalan paving	2,7943	0,6	29,52	0,137	
3	RTH	1,4524	0,3	29,52	0,036	
4	Sarana peribadatan	0,0225	0,7	29,52	0,001	
5	lahan terbuka	0,8381	0,3	29,52	0,021	
	Total	7,196			0,315	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam perkembangan perumahan setiap warga melakukan pengembangan terhadap rumah masing-masing sehingga debit limpasan saat ini di lokasi studi kedua sesuai tabel 5.23

Tabel 5.23 Debit Limpasan Air Hujan Setelah Pembangunan Perumahan

No	Guna Lahan	Luasan Wilayah (ha)	Koefisien Pengairan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Debit Limpasan Air Hujan (m ³ /s)	Ket.
1	Rumah	3,5411	0,7	29,52	0,203	
2	Jalan paving	2,7943	0,6	29,52	0,137	
3	RTH					
4	Sarana peribadatan	0,0225	0,7	29,52	0,001	
5	lahan terbuka	0,8381	0,3	29,52	0,021	
Total		7,196			0,363	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari hasil penelitian terlihat adanya peningkatan limpasan air hujan dari sebelum pembangunan perumahan, setelah pembangunan dan kondisi saat ini perumahan

5.1.3. Permeabilitas Tanah diperumahan

Permeabilitas pada penelitian ini menggunakan Uji Lapangan. Dalam setiap Perumahan dilakukan pada 3 titik lokasi jadi Uji lapangan keseluruhan 6 titik pada 2 Perumahan yaitu Lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua. Dari hasil analisis permeabilitas dengan metode Horton didapat Koefisien Permeabilitas di Lokasi studi pertama sebesar 4,2 cm/jam (lampiran 8),

sedangkan koefisien Permeabilitas di Lokasi studi kedua sebesar 0,5 cm/jam (lampiran 19).

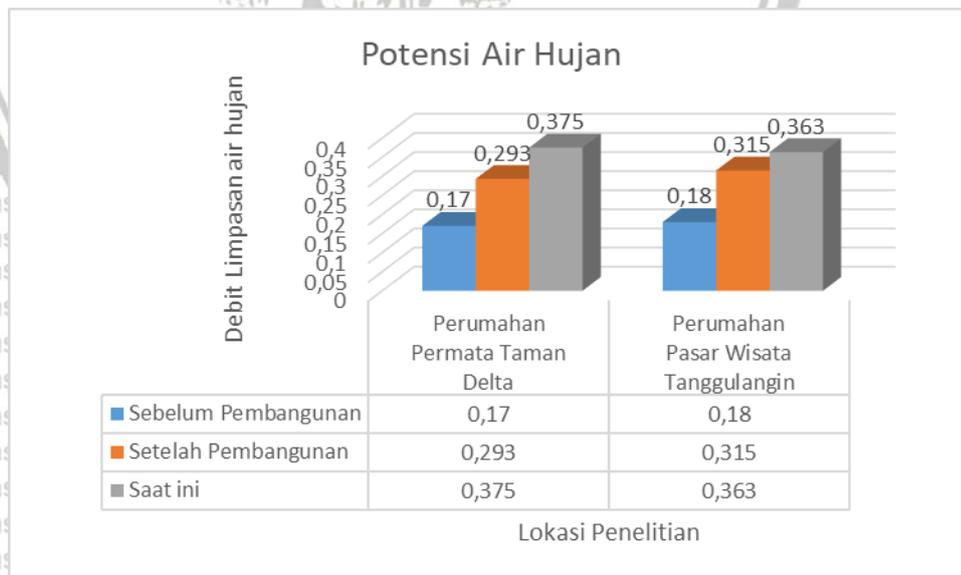
5.1.4. Analisis Neraca air terhadap Potensi air hujan

Analisis neraca air dilokasi studi pertama sebelum pembangunan perumahan (tanah asli), setelah pembangunan perumahan dan kondisi saat ini dilokasi studi pertama dan lokasi studi kedua pada tabel 5.24.

Tabel 5.24 Analisis Neraca Air Sebelum, Setelah dan Saat ini Perumahan.

No.	Uraian	Debit Limpasan Air Hujan (m ³ /s)						Analisis neraca air	Ket
		Sebelum Perumahan dibangun		Setelah Perumahan dibangun		Setelah Perumahan dibangun			
		m ³ /s	m ³ /m ²	m ³ /s	m ³ /m ²	m ³ /s	m ³ /m ²		
1	Lokasi studi pertama	0,17	2,45	0,293	4,12	5,28		68%	
				0,293		0,375		28%	
		0,17				0,375		115%	
2	Lokasi studi kedua	0,18	2,55	0,315	4,539	5,22		78%	
				0,315		0,363		15%	
		0,18				0,363		105%	

Sumber: Hasil Penelitian, 2019



Grafik 5.1 Potensi Air Hujan

Dari hasil penelitian table 5.24 bawah dilokasi studi pertama sebelum pembangunan perumahan (tanah asli) dan setelah pembangunan perumahan terjadi peningkatan debit limpasan air hujan sebesar 68%. Dan peningkatan bertambah meningkat dari setelah pembangunan perumahan selesai dengan kondisi sekarang dengan adanya pembangunan rumah masing-masing menjadikan bangunan lahan tanah rumah penuh bangunan, menjadikan peningkatan limpasan air hujan meningkat 28%.

Dan dilokasi studi kedua sebelum pembangunan perumahan (tanah asli) dan setelah pembangunan perumahan terjadi peningkatan debit limpasan air hujan sebesar 78%. Dan terjadi peningkatan kembali setelah pembangunan perumahan selesai dengan kondisi saat ini dengan adanya renovasi rumah masing-masing yang menjadikan bangunan lahan tanah rumah penuh bangunan, sehingga peningkatan limpasan air hujan meningkat 15%.

5.1.5. Kebutuhan Air Bersih Perumahan.

Berdasarkan Hasil Survei lokasi penelitian dan kuesioner bahwa dilokasi studi pertama warganya untuk kebutuhan air bersih menggunakan Air PDAM dan Sumur. Sedangkan dilokasi studi kedua secara keseluruhan untuk air bersih menggunakan sumur (bukan untuk minum dan memasak). Dengan rata-rata per Kepala Keluarga dihuni 4 orang maka kebutuhan air bersih berdasarkan kuesioner pada tabel 5.25

Tabel 5.25 Kebutuhan Air Bersih Di Lokasi Penelitian

No	Lokasi	Jumlah Warga	Kebutuhan air bersih per liter/org/hari	Total kebutuhan air bersih m ³ per hari
1	Lokasi studi pertama	1256	142,5	178,92

2	Lokasi studi kedua	968	142,5	137,9
---	--------------------	-----	-------	-------

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dari tabel diatas bawah kebutuhan akan air bersih dilokasi studi pertama lebih besar dibandingkan di Lokasi studi kedua.

5.2. Analisis Pengelolaan Air Hujan

Dalam pengelolaan air hujan terdapat beberapa alternatif pengelolaan air hujan berdasarkan table 2.4 (Maryono A,2015). Hasil survei dan kuesioner lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua merupakan masyarakat suburban dan merupakan perumahan. Sehingga pengelolaan yang akan dilakukan analisis sumur resapan dan kolam peresapan.

5.2.1. Analisis Sumur resapan

Dalam analisis sumur resapan adapun yang mempengaruhinya adalah Luas permukaan penutup, karakteristik hujan, koefisien permeabilitas, dan tinggi muka air tanah.

5.2.1.1. Pengelolaan air hujan dengan Sumur Resapan Lokasi studi pertama

Dalam pengelolaan air hujan dilokasi studi pertama dengan kondisi bangunan saat ini dengan menggunakan sumur resapan. Dari hasil penelitian ujilapangan permeabilitas dan di analisis dengan metode Horton didapat Koefisien Permeabilitas lokasi studi pertama sebesar 0,042 m/jam. Analisis sumur resapan lokasi studi pertama terdapat pada table 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Analisis Sumur Resapan Kondisi Saat Ini Lokasi studi pertama.

No.	Uraian	Q atap (m ³ /jam)	t (jam)	Koefisien Permeabilitas (m/jam)	Faktor Geometri k	R (m)	H (tinggi sumur) (poros) (m)
1	Setiap atap	0,297719	2	0,042	6,4	0,3	0,942

	rumah						
2	Seluruh Wilayah	0,67486	2	0,042	9,09	0,5	1,099

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam tabel 5.26 menunjukkan bawah dengan tinggi air tanah 0,5 m maka sumur resapan dengan dia 0,6 meter kedalam 0,87 limpasan yang meresap 0,297719 m³/jam dan penggunaan sumur resapan di area luar rumah jalan dan fasilitas umum dengan dia 1 meter kedalam 1,1 meter dapat meresapkan 0,67 m³/jam. Jadi penyerapan air kedalam cukup kecil.

Dalam analisis neraca air pada sumur resapan secara keseluruhan lokasi studi pertama pada table 5.27.

Tabel 5.27 Analisis Neraca air Sumur Resapan Dilokasi studi pertama

No	Uraian	A (m ²)	Debit Limpasan Air hujan (m ³ /s)	Volume air dari atap bangunan (setahun)		Total Volume air masuk Sumur resapan (setahun)		Volume sisa (setahun)		Neraca air	Ket.
				(m ³)	m ³ /m ²	(m ³)	m ³ /m ²	(m ³)	m ³ /m ²		
1	Bangunan atap Perumahan	41.568	0,226	234.421	3,18	40.814	0,55	413.213	5,61	Surplus	9
2	Lahan Kosong (awal)	73.644	0,174	180.413	2,45						
3	Sumur resapan Atap & seluruh wilayah	73.644	0,374	454.027	6,17	60.250	0,82	393.777	5,35	Surplus	13,3

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam analisis table 5.27 bawah pengelolaan air hujan dilokasi studi pertama dengan sumur resapan diameter 0,6 meter kedalam 0,87 meter dan sumur resapan di area umum diameter 1 meter dan kedalam 1,1 meter

dengan dinding porous dapat meresapkan air hujan 13,3%, jadi masih kurang efektif.

5.2.1.2. Pengelolaan Air Hujan dengan Sumur Resapan Lokasi Studi Kedua

Dalam pengelolaan air hujan dilokasi studi kedua dengan kondisi bangunan saat ini dengan menggunakan sumur resapan. Dari hasil penelitian uji lapangan permeabilitas dan di analisis dengan metode Horton didapat Koefisien Permeabilitas Lokasi studi kedua sebesar 0,005 m/jam. Analisis Sumur Resapan dilokasi studi kedua terdapat pada table 5.28 sebagai berikut.

Tabel 5.28 Analisis Sumur Resapan Kondisi Saat Ini Lokasi studi kedua.

No.	Uraian	Q atap (m ³ /jam)	t (jam)	Koefisien Permeabilitas (m/jam)	Faktor Geometrik	R (m)	H (tinggi sumur) Kedap (m)
1	Setiap atap rumah	0,62	2	0,005	9,09	0,5	1,49
2	Seluruh Wilayah	0,85	2	0,005	9,09	0,5	2,04

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam analisis neraca air pada sumur resapan seluruh lokasi Lokasi studi kedua pada table 5.29.

Tabel 5.29 Analisis Neraca air Sumur Resapan Dilokasi studi kedua

No	Uraian	A (m ²)	Debit Limpasan Air hujan (m ³ /s)	Volume air dari atap bangunan (setahun)		Total Volume air masuk Sumur resapan (setahun)		Volume sisa (setahun)		Neraca air	Ket.
				(m ³)	m ³ /m ²	(m ³)	m ³ /m ²	(m ³)	m ³ /m ²		
1	Bangunan atap Perumahan	35.636	0,2032	210.756	2,93	82.491	1,15	343.865	0,81	Surplus	19%
2	Lahan Kosong (awal)	71.960	0,177	183.551	2,55						

3	Sumur resapan Atap& seluruh wilayah	71.960	0,362	426.356	5,92	106.964	1,49	319.392	4,44	Surplus	25%
---	-------------------------------------	--------	-------	---------	------	---------	------	---------	------	---------	-----

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam analisis table 5.29 bawah pengelolaan air hujan dengan sumur resapan diameter 0,5 meter kedalamannya 1,49 meter lebih efektif penyerapan air hujan sekitar 25%.di lokasi studi kedua.

5.2.2. Analisis Kolam Peresapan Air Hujan

Dalam pengelolaan air hujan dapat menggunakan kolam peresapan air hujan, hal ini untuk melakukan tampungan dan peresapan menjadi satu kesatuan yang lebih besar. Analisis kolam peresapan air hujan dilokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua terdapat pada analisis berikut.

5.2.2.1. Analisis Kolam Resapan Lokasi Studi Pertama

Analisis kolam resapan dilokasi studi pertama dilakukan secara keseluruhan wilayah perumahan. Dan air hujan dari atap rumah disalurkan menggunakan drainase yang ada begitu juga air buangan rumah tangga diperhitungkan. Analisis ini terlihat dalam table 5.30

Tabel 5.30 Analisis Neraca Air Kolam Resapan Lokasi studi pertama

No.	uraian	Volume limpasan air V_t (setahun)		Kolam T (m)	Luas Kolam m^2	Volume Tampung & resapan V_r (setahun)		Neraca Air		Ket	
		m^3	m^3/m^2			m^3	m^3/m^2	m^3	m^3/m^2		
1	Perumahan awal terbangunan	263.373	5,01	1	707	128.300	1,74	240.523	3,27	Surplus	34,79

2	Lahan Awal	180.413	2,45								
2	Kondisi saat ini	454.027	6,17	1	707	128.300	1,74	325.727	4,42	Surplus	28,26

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam pengelolaan air hujan, Kolam Resapan Pada daerah Lokasi studi pertama sangat dimungkinkan karena lebih efektif dapat menampung dan meresapkan 28,26% dengan luasan kolam resapan 707 m² dengan kedalaman 1 meter dari pada sumur resapan. Dan meresapkan air kedalam tanah dalam setahun 0,05861 % dari limpasan keseluruhan atau 26.564 m³ atau 0,361 m³/m². Hal ini disebabkan air tanah yang tinggi dan permeabilitas yang kecil.

5.2.2.2. Analisis Kolam Resapan Lokasi Studi Kedua

Analisis kolam resapan dilokasi studi pertama dilakukan secara keseluruhan wilayah perumahan. Dan air hujan dari atap rumah disalurkan menggunakan drainase yang ada begitu juga air buangan rumah tangga diperhitungkan. Analisis ini terlihat dalam table 5.31.

Tabel 5.31 Analisis Neraca Air Kolam Resapan Lokasi studi pertama

No.	uraian	Volume limpasan air V _t (setahun)		Tinggi Kolam, T (m)	Luas Kola m	Volume Tampung & resapan V _r (setahun)		Neraca Air		Ket	
		m ³	m ³ /m ²			m ³	m ³ /m ²	m ³	m ³ /m ²		
1	Perumahan awal terbangunan	376.960	5,24	1,2	707	124.403	1,74	252.557	3,51	Surplus	33

2	Lahan Awal	183.551	2,55								
2	Kondisi saat ini	426.356	5,92	1,2	707	301.953	1,74	301.953	4,20	Surplus	29,1

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam pengelolaan air hujan di lokasi studi kedua Kolam Resapan dengan dimensi kolam kedalam 1,2 meter dan luasan kolam diameter 30 meter sebesar 29,18% dapat di jadikan alternative atau kombinasi dalam peresapan.

Sedangkan peresapan kedalam tanah 0,00544% dari keseluruhan limpasan atau 2.320 m³ atau 0,032 m³/m².

5.2.3. Analisis Neraca Air terhadap sumur resapan dan Kolam Peresapan

Analisis neraca sumur resapan dan kolam resapan dalam kombinasi persamaan 5.32 di lokasi studi pertama sebagai berikut:

Tabel 5.32 Analisis Neraca Sumur Resapan dan Kolam Resapan

No	Uraian	Volume air		rencana resapan sumur resapan		rencana kolam tampung & resapan		Neraca air tanah (dari lahan awal)		Ket
		m ³	m ³ /m ²	m ³	m ³ /m ²	m ³	m ³ /m ²	m ³	m ³ /m ²	
1	Perumahan Awal	180.413	2,45	0	-	0	-	0	-	
2	Perumahan Awal Terbangun (tanpa daya tampung)	368.823	5,01	60.250	0,82	26.564	0,36	282.009	3,83	surplus

3	Perumahan Kondisi saat ini	454.027	6,17	60.250	0,82	128.300	1,74	265.477	3,60	surplus
---	----------------------------------	---------	------	--------	------	---------	------	---------	------	---------

Sumber : Hasil penelitian, 2019

5.3. Analisis Neraca Air Hujan

5.3.1. Neraca Air Hujan terhadap Kebutuhan air bersih domestik

Dalam penelitian air hujan yang langsung tanpa melalui media/atap rumah (langsung dari air hujan) mempunyai PH 6,9 sedangkan partikel nya 12 ppm (hasil penelitian, 2019). Dan untuk air hujan yang melalui atap rumah mempunyai PH 6,6 – 7,8 dan untuk partikel 25 – 45 ppm. Sehingga untuk diperuntukan air bersih layak, dan untuk air minum perlu melakukan pembuangan saat hujan pertama dan beberapa kali sehingga partikel/debu di atap rumah sudah berkurang banyak.

Dalam pemenuhan kebutuhan air domestik perlu adanya analisis dari kebutuhan air bersih per orang. Menurut kajian Direktorat Pengembangan Air minum, Ditjen Cipta Karya tahun 2006 konsumsi air bersih rata-rata penduduk Indonesia per orang sebesar 144 liter/hari dan minimal 121 liter/hari. Dan dari hasil kuesioner di lokasi studi penelitian 2009, kebutuhan air bersih per orang sebesar 142,5 liter/hari.

Analisis neraca air pemenuhan kebutuhan air bersih dengan menggunakan air hujan sebagai berikut

- 1) Analisis Kebutuhan air dengan menggunakan air hujan di lokasi studi pertama

Analisis Neraca air kebutuhan air bersih dengan Volume air hujan dapat ditunjukkan pada table 5.33.

Tabel. 5.33 Analisis neraca air volume air hujan dengan volume air bersih lokasi studi pertama

No.	Kebutuhan Air seluruh Perumahan dalam 1 tahun m ³	Limpasan Air hujan atap (m ³ /s)	Volume air Hujan dlm 1 Tahun m ³	selisih m ³	Neraca Air
1	64.413	0,229	237.608	173.195	Surplus

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam pemenuhan air bersih bersumber dari air hujan setiap rumah memerlukan tendon dari beton atau PVC dengan kapasitas 4 m³.

2) Analisis Kebutuhan air dengan menggunakan air hujan dilokasi studi kedua

Analisis neraca air kebutuhan air bersih dengan Volume air hujan dapat ditunjukkan pada table 5.34.

Tabel. 5.34 Analisis neraca air volume air hujan dengan volume air bersih lokasi studi kedua

No.	Kebutuhan Air seluruh Perumahan dalam 1 tahun m ³	Limpasan Air hujan atap (m ³ /s)	Volume air Hujan dlm 1 Tahun m ³	selisih m ³	Neraca Air
1	49.643	0,205	212.095	162.452	Surplus

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Dalam pemenuhan air bersih bersumber dari air hujan setiap rumah memerlukan tendon dari beton atau PVC dengan kapasitas 4 m³.

5.3.2. Neraca Air Hujan Terhadap Kebutuhan Air Minum

Dari data hasil penelitian 2019 dapat terlihat air hujan layak untuk dikonsumsi sebagai air minum dengan melakukan pembuangan pada hujan awal sekitar 3-4 kali air hujan awal datang. standart PH air minum di Indonesia antara 6,5 – 8,5 (Batas Maks. Permenkes RI No.32 tahun 2017).

Kebutuhan air minum dan memasak per orang membutuhkan 5 liter/hari (Sunjaya dalam Karsidi, 1999: 18).

1. Analisis Neraca Air Kebutuhan air minum dan memasak Lokasi studi pertama

Kebutuhan air minum dan memasak menggunakan limpasan air hujan kemudian di tampung dengan Tandon penyimpanan. Tandon penyimpan menggunakan kapasitas 2 m³, maka dapat memenuhi kebutuhan 100 hari sehingga dalam satu tahun memerlukan 3 kali pengisian. Sedangkan Volume air hujan untuk atap luas 90 m² sebesar 9,92 m³ (Hasil Penelitian, 2019). maka neraca air dalam waktu satu tahun sesuai table 5.35

Tabel 5.35 Neraca Air Kebutuhan air minum dan memasak Lokasi studi pertama

No.	Kebutuhan Air minum dan masak per KK liter/hari	Volume kebutuhan air minum per tahun m ³	Volume air Hujan per Tahun m ³	selisih m ³	Neraca Air	Ket
1	20	9.169	237.608	228.439	Surplus	3,86%

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

2. Analisis Neraca Air Kebutuhan air Minum dan Memasak Lokasi studi kedua

Kebutuhan air minum dan memasak menggunakan limpasan air hujan kemudian di tampung dengan Tandon penyimpanan. Tandon penyimpanan menggunakan kapasitas 2 m³, maka dapat memenuhi kebutuhan 100 hari sehingga dalam satu tahun memerlukan 3 kali pengisian. Sedangkan Volume air hujan untuk atap luas 90 m² sebesar 10,33 m³ (Hasil Penelitian, 2019). maka neraca air dalam waktu satu tahun sesuai table 5.36.

Tabel 5.36 Neraca Air Kebutuhan air minum dan memasak Lokasi studi kedua

No.	Kebutuhan Air minum dan masak per KK liter/hari	Volume kebutuhan air minum per tahun m ³	Volume air Hujan per Tahun m ³	selisih m ³	Neraca Air	Ket
1	20	9.169	212.095	205.029	Surplus	3,33%

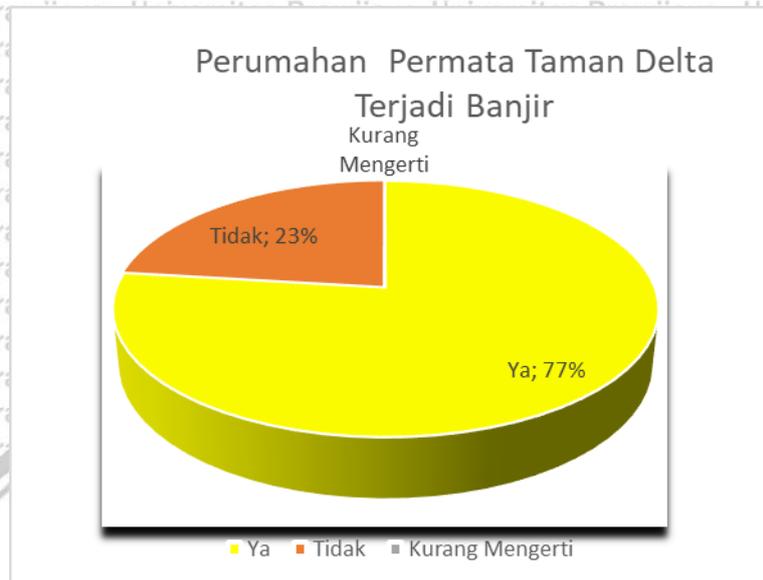
Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Penampungan air bersih dapat di lakukan dengan membuat Tandon bawah dengan kapasitas 2-4 m³ yang dapat diletakkan dibawah teras depan rumah. Dan untuk air minum membuat tendon PVC atau stenlis di atas untuk air minum dengan kapasitas 2 m³. Presepsi masyarakat terhadap sistem Pengelolaan air hujan untuk air bersih sangat positif dengan setuju antara 59%-61%.

5.3.3. Presepsi Masyarakat Perumahan Hasil Survei lapangan

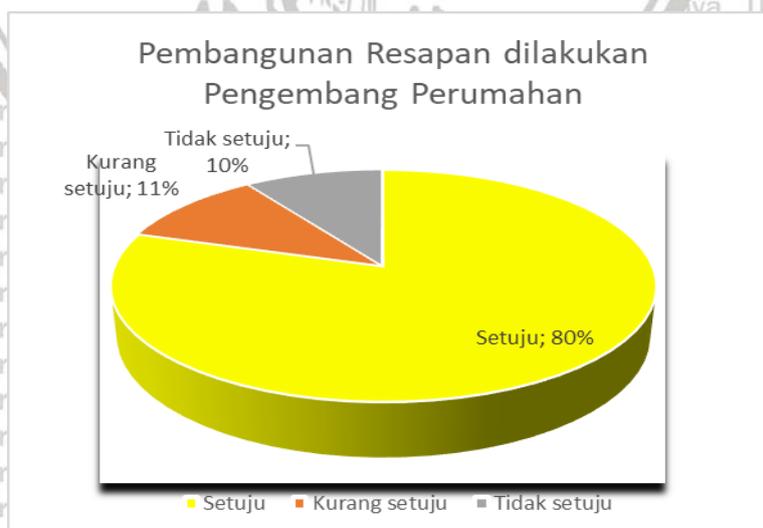
5.3.3.1. Kondisi Masyarakat Lokasi studi pertama Hasil Survei Lapangan

Berdasarkan hasil survey lapangan lokasi studi terhadap 104 responden maka didapat presepsi masyarakat terhadap neraca air untuk pembangunan perumahan berkelanjutan.



Gambar 5.1 Presepsi masyarakat Terhadap terjadinya banjir di perumahan

Berdasarkan gambar 5.1 diketahui status tempat tinggal responden yaitu 77% pernah terjadi banjir. 23% tidak terjadi banjir, 0% kurang mengerti. Maka lokasi studi pernah terjadi banjir tetapi tidak sering. Sehingga potensi air hujan di lokasi studi ini cukup tinggi.



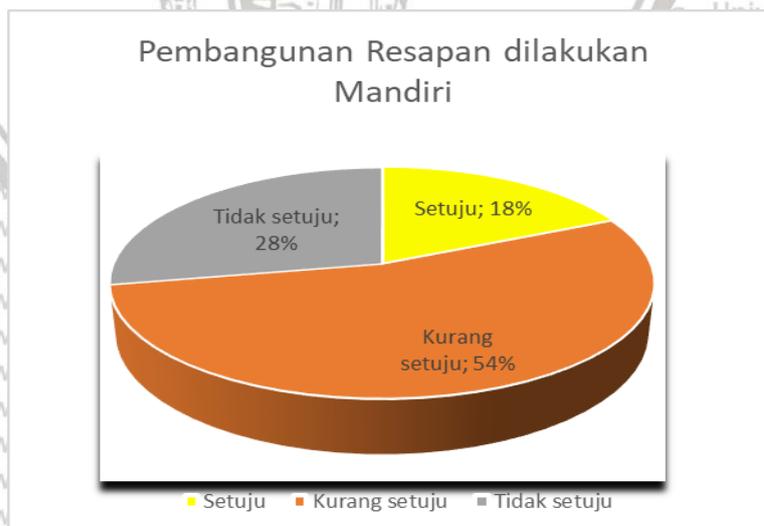
Gambar 5.2 Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan air hujan oleh Pengembang Perumahan

Dalam Gambar 5.2 masyarakat setuju atas pengelolaan air hujan melalui system peresapan dilakukan oleh pengembang perumahan.



Gambar 5.3 Presepsi masyarakat terhadap Pengelolaan resapan dilakukan oleh Pemerintah

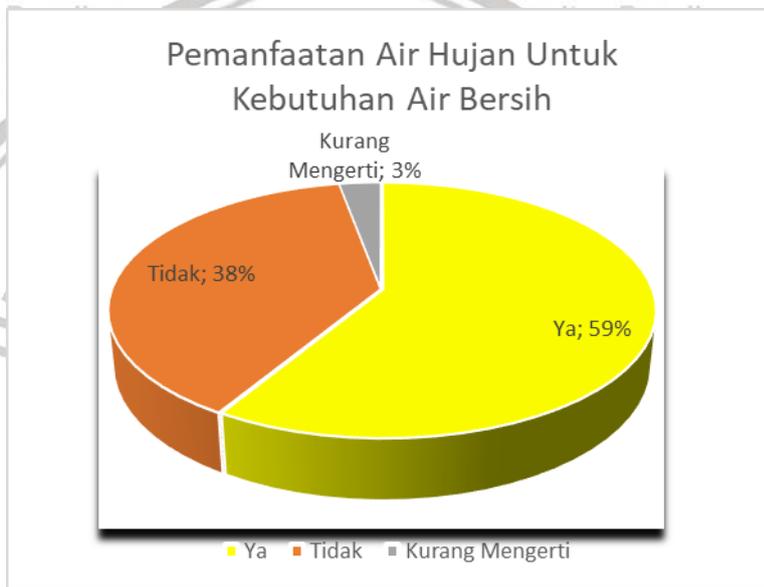
Pada Gambar 5.3 sekitar 85% masyarakat setuju untuk pengelolaan resapan terhadap air hujan dilakukan oleh pemerintah.



Gambar 5.4 Presepsi masyarakat pengelolaan resapan air hujan dilakukan mandiri

Berdasarkan gambar 5.4 masyarakat kurang setuju bila pengelolaan resapan dilakukan oleh mandiri.

Dari gambar 5.2, 5.3 dan 5.4 masyarakat setuju bila pengelolaan dilakukan oleh pengembang perumahan dan pemerintah. Sedangkan pengelolaan resapan air hujan dilakukan mandiri kurang setuju di karenakan biaya pembuatannya.



Gambar 5.5 Presepsi masyarakat terhadap pemanfaatan air hujan

Berdasarkan gambar 4.8 terlihat 59% masyarakat setuju melakukan pemanfaatan air hujan untuk air bersih. Sedangkan 38% tidak setuju maka perlu adanya sosialisasi lebih mendalam terhadap bahaya atau tidaknya dan manfaat yang dapat diperoleh dari pemanfaatan air hujan sebagai air bersih.

5.3.3.2. Kondisi Masyarakat Lokasi Studi Kedua Hasil Survei Lapangan.

Berdasarkan hasil survey lapangan lokasi studi ini 95 responden maka didapat presepsi masyarakat terhadap Pengelolaan air hujan untuk pembangunan perumahan berkelanjutan sebagai berikut:



Gambar 5.6 Presepsi masyarakat Terhadap terjadinya banjir di perumahan

Berdasarkan gambar 5.6 diketahui status tempat tinggal responden yaitu 74% pernah terjadi banjir. 26% tidak terjadi banjir, 0% kurang mengerti. Maka perumahan lokasi studi pernah terjadi banjir tetapi tidak sering. Sehingga potensi air hujan dilokasi studi cukup tinggi.



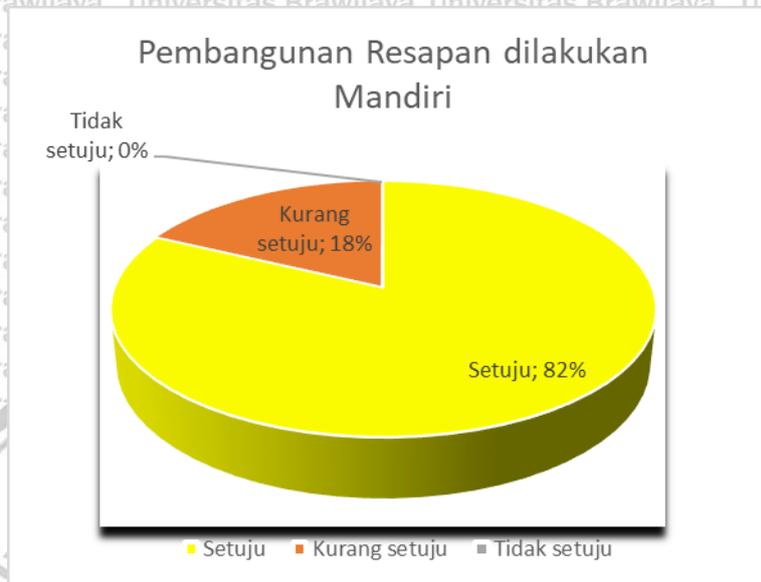
Gambar 5.7 Presepsi masyarakat terhadap pengelolaan air hujan oleh Pengembang Perumahan

Dalam Gambar 5.7 sekitar 92% masyarakat setuju atas pengelolaan air hujan melalui system peresapan dilakukan oleh pengembang perumahan.



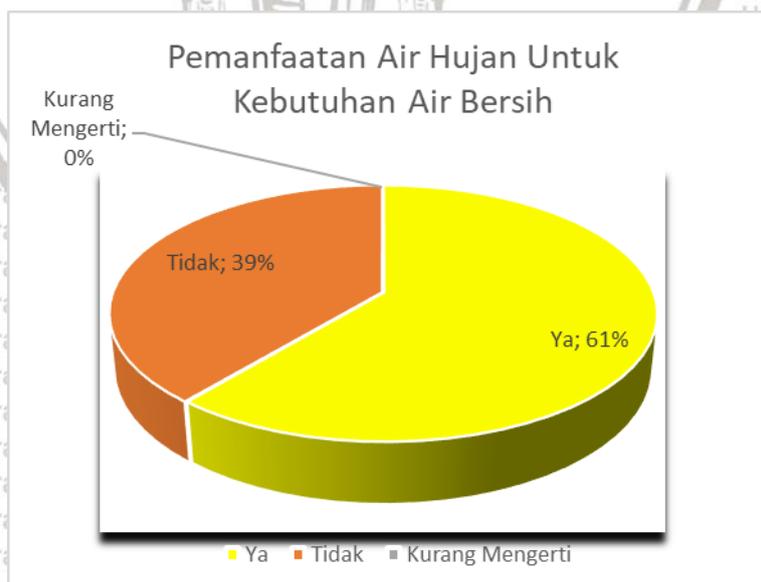
Gambar 5.8 Presepsi masyarakat terhadap Pengelolaan resapan dilakukan oleh Pemerintah

Pada Gambar 5.8 sekitar 92% masyarakat setuju untuk pengelolaan resapan terhadap air hujan dilakukan oleh pemerintah.



Gambar 5.9 Presepsi masyarakat pengelolaan resapan air hujan dilakukan mandiri

Berdasarkan gambar 5.9 masyarakat setuju bila pengelolaan resapan dilakukan oleh mandiri.



Gambar 5.10 Presepsi masyarakat terhadap pemanfaatan air hujan

Berdasarkan gambar 5.10 terlihat 61% masyarakat setuju melakukan pemanfaatan air hujan untuk air bersih. Sedangkan 39% tidak setuju maka perlu adanya sosialisasi lebih mendalam terhadap bahaya atau tidaknya dan manfaat yang dapat diperoleh dari pemanfaatan air hujan sebagai air bersih.

5.3.4. Konsep Perencanaan Pemanfaatan Air Hujan Dalam Pembangunan Kawasan Permukiman

Hasil dari analisis pemanfaatan air hujan dapat dilakukan guna untuk pemenuhan kebutuhan hidup dan kesetimbangan air tanah sebagai dasar perencanaan pembangunan kawasan permukiman yang berkelanjutan. Yang tetap memperhatikan sektor ekonomi, social dan lingkungan.

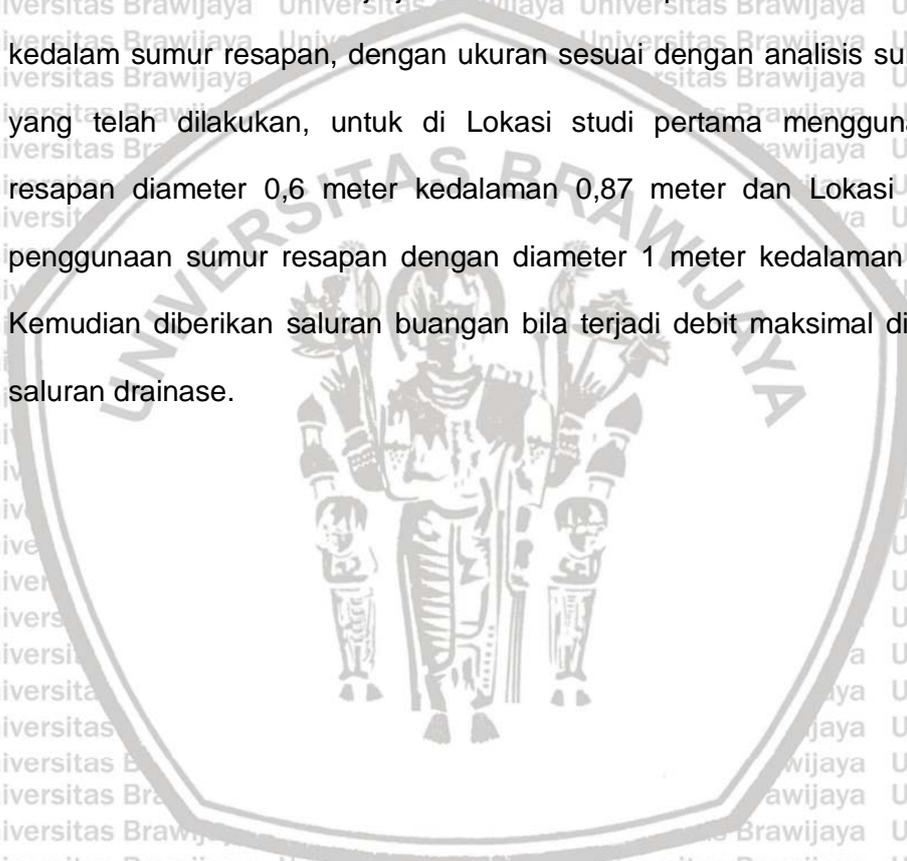
Gambaran desain pemanfaatan air hujan dilakukan dalam lingkup perumahan jadi dapat memberikan efektifitas yang lebih dari awal perencanaan.

Desain tersebut digambarkan pada gambar 5.11 sebagai berikut :



Gambar 5.11 Konsep Pemanfaatan Air Hujan

Dalam gambar 5.1 memberikan sebuah konsep pemanfaatan air hujan guna untuk kebutuhan sehari-hari dan kesetimbangan air tanah. Air hujan yang jatuh di atas atap di salurkan dengan sebuah talang kemudian dialirkan melalui paralon PVC menuju tandon atas dan tandon bawah. Tandon atas difungsikan untuk pemenuhan air minum/masak dengan kapasitas 2 m³ dan tandon bawah sebesar 4 m³ digunakan untuk pemenuhan air bersih. Kemudian diberi sebuah saluran maksimal atau banjir jika tandon tersebut penuh maka air akan di alirkan kedalam sumur resapan, dengan ukuran sesuai dengan analisis sumur resapan yang telah dilakukan, untuk di Lokasi studi pertama menggunakan sumur resapan diameter 0,6 meter kedalaman 0,87 meter dan Lokasi studi kedua penggunaan sumur resapan dengan diameter 1 meter kedalaman 1,43 meter. Kemudian diberikan saluran buangan bila terjadi debit maksimal di arahkan ke saluran drainase.



BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis dan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Potensi air hujan di Lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua :

- ❖ Potensi air limpasan di Lokasi studi pertama daerah hilir terlihat terjadi perubahan yang cukup besar dari lahan kosong menjadi pemukiman awal dengan peningkatan 68% dan pengembangan dikondisi pemukiman setelah dihuni (saat ini) menjadi semakin meningkat 115% dari lahan kosong.

- ❖ Potensi air limpasan di Lokasi studi kedua daerah hulu, juga terjadi peningkatan cukup besar dari lahan kosong menjadi pemukiman awal meningkat 78% dan selanjutnya berkembang kondisi setelah dihuni (saat ini) meningkat menjadi 105% dari lahan kosong.

- ❖ Pengembangan permukiman dapat menjadikan peningkatan limpasan air hujan cukup besar, dan peningkatan tidak hanya setelah pembangunan tetapi saat dihuni terjadi peningkatan limpasan air hujan kembali, dikarenakan adanya perluasan area atap tempat tinggal secara maksimal. Analisis neraca air dari lahan kosong sampai dihuni surplus sampai sebesar lebih dari 100%

2. Pengelolaan air hujan di Lokasi studi pertama dan Lokasi studi kedua :



- ❖ Pengelolaan air hujan di lokasi studi pertama menggunakan sumur resapan di area rumah diameter 0,6 meter kedalaman 0,9 meter dan area sarana umum diameter 1 meter kedalaman 1,1 meter keduanya dapat meresapkan air kedalam tanah $0,82 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dan neraca air 13,3% yang meresap kedalam tanah (masih surplus cukup besar) sehingga kurang efektif meresapkan air hujan. Sedangkan menggunakan kolam resapan luasan 707 m^2 kedalaman 1 meter dapat menampung dan meresapkan air kedalam tanah 28,26% sebesar $128.300 \text{ m}^3/\text{tahun}$ atau $1,74 \text{ m}^3/\text{m}^2$, cukup efektif hal ini disebabkan tinggi air tanah di lokasi tersebut 0,5 meter. Dan di lokasi pertama dapat dilakukan kombinasi sumur resapan dan kolam resapan sehingga keseimbangan air tanah semakin efektif.
- ❖ Sedangkan untuk lokasi studi kedua penggunaan sumur resapan dalam rumah dia 1 meter kedalaman 1,49 meter dan area sarana umum dia 1 meter kedalaman 2,04 meter lebih efektif penyerapan air kedalam tanah sebesar sekitar 25% yaitu $106.964 \text{ m}^3/\text{tahun}$ atau $1,49 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Kolam resapan dengan luasan 707 m^2 kedalaman 1,2 meter dapat meresapkan dan menampung $1,73 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dengan neraca air 29,18%, tetapi untuk peresapannya saja hanya $0,032 \text{ m}^3/\text{m}^2$ atau 0,0054% jadi peresapan air kedalam tanah masih kurang efektif kurang efisien dikarenakan permeabilitas yang rendah.
- ❖ Pengelolaan air Hujan di perumahan dengan air tanah yang dangkal atau daerah hilir lebih efektif menggunakan kolam resapan. Sedangkan perumahan dengan permeabilitas yang rendah, relatif sama menggunakan sumur resapan dengan kolam resapan. Analisis neraca air

hujan dengan sumur resapan dan kolam resapan tetap surplus.

Pengelolaan peresapan air di permukiman daerah Hulu dengan air tanah lebih dalam cukup efektif menggunakan sumur resapan.

3. Sistem pengelolaan air hujan yang tepat di Lokasi studi pertama dan Pasar Wisata dalam pemenuhan air bersih :

❖ Sistem pengelolaan air hujan di Lokasi studi pertama untuk air bersih pemakaian sebesar 27% limpasan air hujan berasal dari atap rumah, dengan kebutuhan air bersih 142,5 liter/org/hari dapat menggunakan tandon kapasitas 4 m³. Sedangkan untuk air minum sebesar 3,86% limpasan air hujan dari atap dengan menggunakan tandon kapasitas 2m³, sehingga neraca air kebutuhan air bersih dan air minum surplus dari limpasan air hujan atap rumah.

❖ Sistem pengelolaan air hujan di Lokasi studi kedua dengan kebutuhan air bersih sebesar 23% dari debit limpasan air hujan atap, sedangkan kebutuhan air minum sebesar 3,33% sehingga neraca air surplus dari limpasan air hujan atap rumah.

❖ Penampungan air bersih dapat dilakukan dengan membuat Tandon bawah dengan kapasitas 2-4 m³ yang diletakkan dibawah teras depan rumah. Dan untuk air minum membuat tandon PVC atau stenlis di atas untuk air minum dengan kapasitas 2 m³.

4. Presepsi masyarakat terhadap sistem pengelolaan air hujan untuk air bersih sangat positif dengan masyarakat setuju antara 59%-61%, sehingga sistem pengelolaan air hujan untuk kesetimbangan air tanah, air bersih dan air minum perlu dilakukan sosialisasi secara masif baik oleh

pemerintah maupun masyarakat. Pengelolaan peresapan dan pemanfaatan air hujan sangat efektif dilakukan oleh pengembang perumahan saat awal pembangunan dalam rangka kesetimbangan air tanah.

6.2. Saran

- 1) Pembangunan Perumahan memiliki pengaruh dalam potensi air limpasan yang semakin meningkat dari sebelumnya, sehingga sebuah pengelolaan sangat dibutuhkan, baik oleh masyarakat, pengembang maupun pemerintah.
- 2) Setiap pembangunan permukiman baik di daerah hilir maupun hulu diperlukan pengelolaan air hujan dengan sumur resapan maupun kolam resapan dan pengelolaan lainnya, untuk mengurangi debit air limpasan sehingga dapat memberikan kesetimbangan air tanah yang sangat bermanfaat untuk kehidupan dan ekosistem.
- 3) Pemerintah dan pengembang permukiman dalam setiap aktifitas pembangunan wajib memperhatikan kesetimbangan air tanah dengan cara pengelolaan air hujan, yang mempunyai manfaat kepada masyarakat dan ekosistem yang baik.
- 4) Saat ini masyarakat daerah sekitar penelitian sangat membutuhkan perhatian pemerintah dalam sosialisasi dan peran aktif untuk melakukan pengelolaan air hujan untuk kesetimbangan air tanah, pemenuhan kebutuhan air bersih domestik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Zaini. 2005. "Evaluasi Kebijakan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Dangkal Di Kabupaten Sleman" Tesis, Magister Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Kota, Pascasarjana, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Arsyad, Sitanala. 2014. Konservasi Tanah dan Air. Bogor : IPB Press.
- Asdak, Chay. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ayub, R, K. 2010. Water Balance: Case Study Of a Constructed Wetland as Part Of The Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS). Water Science & Technology-WST, 62.B, 2010.
- Bisri, M, dan Prastya. 2009. "Imbuhan Air Tanah Buatan Untuk Mereduksi Genangan (studi Kasus di kecamatan Batu Kota Batu)". Jurnal Teknik Sipil. Vol.3 No.1
- Bunganaen, W, dan Sir, W, M, dan Penna, C. 2016. Pemanfaatan Sumur Resapan untuk Meminimalisir Genangan di Sekitar Jalan Cak Doko. Jurnal Teknik Sipil, Vol. V, N0.1, April 2016.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991. SNI 06-2405-1991 – Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Perkarangan. Bandung : Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. SNI 03-2453-2002 – Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Perkarangan. Jakarta : Standarisasi Nasional.
- Goldman, S.J. K. Jacson, dan T.A Burszytynsky. 1986. Erosion and Sediment Control.
- Hartono. 2017. Filosofi dan Metodologi Penelitian. BPFE, Yogyakarta.
- Hadisusanto, N. 2010. Aplikasi Hidrologi. Joga Mediautama, Yogyakarta.
- Indramaya, A, E, dan Purnama, S. 2013. Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Konservasi Air Tanah di Perumahan Dayu Baru kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. UGM.
- Kim, Jinyoung. 2012. Assessment of Rainwater Availability by Building Type and Water Use Through GIS-based Scenario Analysis. Water Resour Manage (2012) 26:1499–1511 DOI 10.1007/s11269-011-9969-9.

Klute, A. 1952. A Numerical Method For Solving The Flow Equation For Water In Unsaturated materials. Soil Sci. 73 : 105 – 116.

Kodoatie, R. 2002. Banjir : Beberapa Penyebab, Metode dan Pengendaliannya. Yogyakarta, Penerbit Pelajar.

Kohnke, H, and A.R. Betrand. 1959. Soil Conservation. McGraw-Hill Book co., Inc. Y. Y. 298 p.

Kurnianto, Hermawan. 2018. Kerentanan Masyarakat Kawasan Pesisir Kabupaten Sidoarjo Terhadap Potensi Dampak Bencana Banjir Rob Akibat Perubahan Iklim. J-PAL, Vol 9. No.2(2018). ISSN: 2087-3522. DOI: 10.21776/ub.jp.al.2018.009.02.05 E-ISSN: 2338-1671.

Kusnaedi. 2011. Sumur Resapan Untuk Permukiman Perkotaan dan Pedesaan. Penebar Swadaya, Jakarta.

Lane, J.L, dan J.J Stone. 1983. Water Balance Calculation, Water Use Efficiency and Above Ground Net Production. Hydrology and Water Resource in Arizona and Southwest. (13):27-34.

Maryono, A. 2015. Memanen Air Hujan (Rainwater Harvesting). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Menico, Anna. 2010. Analyzing Hydrological Sustainability Through Water Balance. Environmental Management (2010) 45:1175–1190 DOI 10.1007/s00267-010-9461-y

Muliawati, N,D. 2015. "Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eco-Drainase) menggunakan Sumur Resapan di Kawasan Rungkut". Jurnal Teknik ITS. Vol. 4. No. 1.

Parmawati, Rita. 2018. Ecologi, Economy, Equity (Sebuah Upaya Penyeimbangan Ekologi dan Ekonomi). UB Press, Malang.

Putra, P,A, 2012. Rancangan Sumur Resapan si sub DAS Garang Hilir Kota Semarang, Jawa Tengah.

Romanti, S, dan Rachmansyah, A, dan Afandhi, A. 2018. Water Balance in Low-Income Community Housing Case Study in Bumi Mondoroko Raya Housing Singosari District Malang Regency. Jurnal (J-PAL) Vol 10 No 1 2019.

Salim, E. 2018. Membangun Ilmu Pembangunan Berkelanjutan. Dies Natalis Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia. 13/9/2018. Jakarta.

Soemarto. 1986. Hidrologi Teknik. Usaha nasional, Surabaya.

- Soewarno. 1995. Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid 1. Nova, Bandung.
- Soewarno. 1995. Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid 2. Nova, Bandung.
- Solikin, Mochamad. 2016. Perencanaan Sumur Resapan Untuk Mengatasi Masalah Kekeringan.
- Suhandini, P. 2012. Banjir Bandang Di DAS Garang, Semarang, Jawa Tengah. Seminar Nasional Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis 2012. Solo, Fakultas Geografi Univesitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sujonto. 2011. Teknik Drainase Pro Air. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Yogyakarta.
- U.S. Forest Service. 1980. An Approach to Water Resource Evaluation of Non-point Silvicultural Source: An Procedural Handbooks U.S. Enviromental protection Agency, Athens, G.A. 861 hal.
- U.S Soil Conservation Service. 1972. National Engineering Handbooks, Section 4, Hydrology. GPO, Washington, D.C.
- Wahyudi, Hendra. 2009. Kondisi Dampak Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Bangkalan. ISSN. 1907-753X.
- Zhang, Xingqi. 2012. Urban Rainwater Utilization and Its Role in Mitigating Urban Waterlogging Problem-A Case Study in Nanjing, China. Water Resour Manage (2012 26:3757-3766, DOI 10.1007/s11269-012-012-0101-6.