

2022



Rekomendasi Tinjauan Peran Sumur Resapan dan Lubang Biopori untuk Mitigasi Genangan

DEWAN SUMBER DAYA AIR NASIONAL



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	0
DAFTAR GAMBAR	1
DAFTAR TABEL	2
I. LATAR BELAKANG	3
II. PERMASALAHAN	7
3.1. Konsep Resapan Buatan (<i>Artificial Recharge</i>)	8
3.1.1. Lubang Resapan Biopori.....	9
3.1.2. Sumur Resapan.....	10
3.2. Mitigasi Genangan Melalui Pembuatan Biopori Dan Sumur Resapan	11
3.2.1. Mitigasi Genangan dengan Lubang Resapan Biopori.....	11
3.2.2. Mitigasi Genangan dengan Sumur Resapan Dangkal	12
3.2.3. Sumur Resapan Dalam	16
3.2.4. Tinjauan beberapa Peraturan Daerah (PERDA) di Indonesia	26
IV. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	29
V. DAFTAR PUSTAKA	33
VI. LAMPIRAN.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Kejadian Bencana Alam di Indonesia tahun 2021 (Sumber: BNPB 2021)	3
Gambar 1. 2 Peta potensi banjir pada bulan Februari 2022 (Sumber: BMKG 2022)	3
Gambar 1. 3 Genangan Banjir yang Terjadi di Indonesia (Sumber: Foto dari berbagai sumber).....	4
Gambar 1. 4 Resapan Alamiah (Sumber: Poerwo, 2010)	4
Gambar 1. 5 Pengendalian Genangan Banjir dengan Metode Struktur dan non-Struktur	5
Gambar 1. 6 Resapan Buatan (Sumber: Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 115 Tahun 2001)	6
Gambar 3. 1 Konsep Resapan Buatan (Sumber: British Geological Survey, 2002)	9
Gambar 3. 2 Contoh Lubang Resapan Biopori (Sumber: Cara membuat biopori untuk resapan air dan mengatasi banjir, BWS Sulawesi II)	10
Gambar 3. 3 Sumur Resapan Dangkal dan Dalam	10
Gambar 3. 4 Ilustrasi pembuatan biopori sederhana (Sumber: UPK Badan Air dan Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2021).....	11
Gambar 3. 5 Lubang Resapan Biopori	12
Gambar 3. 6 Konstruksi Sumur Resapan Dangkal (Sumber: SNI 8456:2017)	13
Gambar 3. 7 Tipe Sumur Resapan Dangkal (Sumber: SNI 8456:2017).....	14
Gambar 3. 8 Diagram alir langkah-langkah perencanaan sumur resapan air hujan (Sumber: SNI 8456:2017).....	15
Gambar 3. 9 Sebaran Sumur Resapan (Wijaya, 2015).....	15
Gambar 3. 10 Tipe Sumur Resapan (Wijaya, 2015)	15
Gambar 3. 11 Manajemen pengelolaan air tanah dalam (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)	16
Gambar 3. 12 Komponen sistem teknologi imbuhan air tanah dalam (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)	22
Gambar 3. 13 Denah bangunan pengolah air imbuhan di lokasi prototipe (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)	23
Gambar 3. 14 Hasil monitoring volume imbuhan kumulatif Tahun 2010 prototipe 2 di Kawasan PT. Sunson, Rancaekek (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)	23
Gambar 3. 15 Profil kedalaman MAT selama imbuhan periode Tahun 2010 (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)	24
Gambar 3. 16 Desain sumur imbuhan dalam (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014).....	24
Gambar 3. 17 Skema berbagai desain sumur injeksi (Sumber: Jafari, 2019).....	25
Gambar 3. 18 Desain lokasi sumur resapan dalam (Sumber: Jafari, 2019)	25
Gambar 3. 19 rencana lokasi injeksi tipikal (a) dan bagian situs injeksi tipikal (b).....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rekomendasi Tinjauan Peran Lubang Resapan Biopori dan Sumur Resapan untuk Mitigasi Bencana Banjir.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Resume rekomendasi peran sumur resapan dan biopori sebagai upaya pengendalian genangan serta kaitannya dengan pengelolaan air tanah.....	26
Tabel 4.2 Resume Rekomendasi dan Tindak Lanjut Optimalisasi Pemanfaatan Air Tanah.....	27



Gambar 1.3 Genangan Banjir yang Terjadi di Indonesia (Sumber: Foto dari berbagai sumber)

Banjir dapat muncul secara alami maupun diakibatkan oleh aktivitas manusia. Beberapa parameter alami terkait kejadian banjir adalah curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, dan pengaruh air pasang. Banjir karena aktivitas manusia dapat diakibatkan oleh perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran, kerusakan drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, kerusakan hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat (Sebastian, 2008).

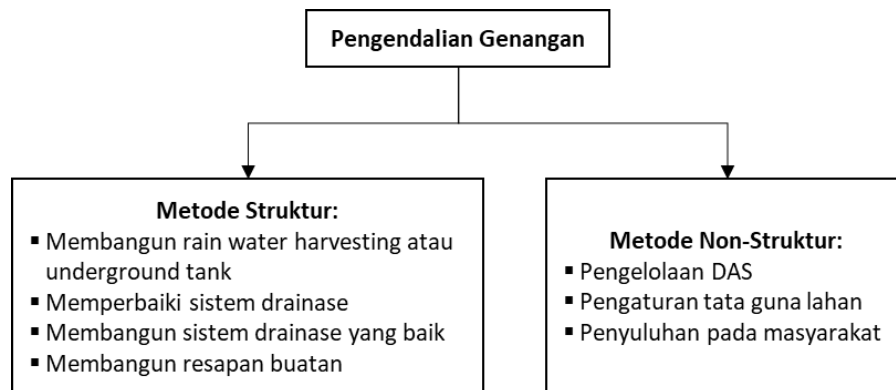
Daerah resapan alamiah adalah daerah yang memiliki kemampuan meresapkan air ke bawah permukaan menjadikannya sebagai air tanah dan tersimpan sebagai cadangan air tanah (Gambar 1.4). Daerah resapan alamiah dapat ditinjau dari kondisi tanah, kemiringan lereng, dan kondisi batuan.



Gambar 1.4 Resapan Alamiah (Sumber: Poerwo, 2010)

Terjadinya perubahan tata guna lahan berupa ruang terbuka hijau atau daerah resapan alamiah menjadi lahan terbangun dapat mengakibatkan berkurangnya resapan air permukaan ke dalam tanah. Hal tersebut dapat menimbulkan peningkatan nilai limpasan atau *run-off*. Salah satu konsep dalam menanggulangi *run-off* yang terbentuk akibat perubahan tata guna lahan adalah menggunakan *zero delta Q*.

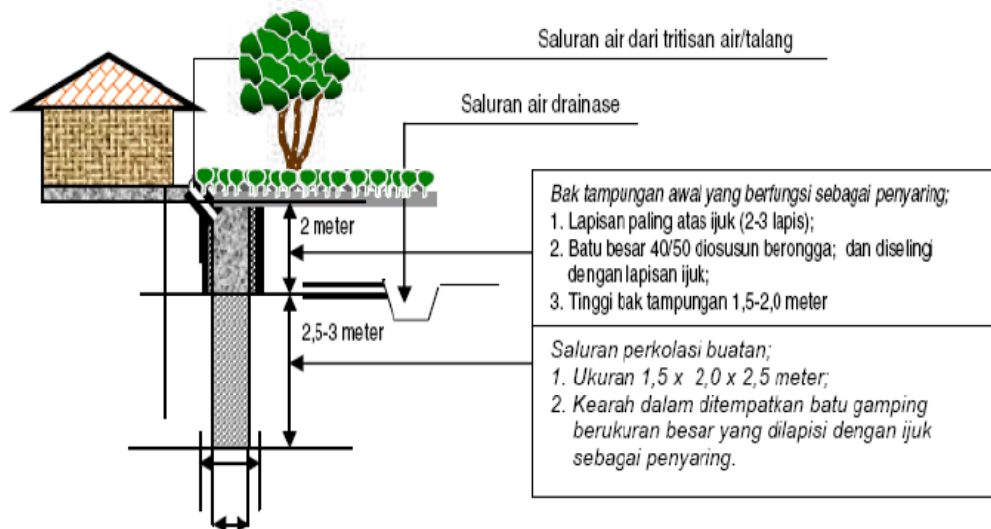
Mengadaptasi dari Modul Metode Pengendalian Banjir, Pusat Pendidikan dan Penelitian Sumber Daya Air dan Konstruksi yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2017), metode penanggulangan genangan banjir dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu melalui metode struktur dan non-struktur (Gambar 1.5).



Gambar 1. 5 Pengendalian Genangan dengan Metode Struktur dan non-Struktur

Berdasarkan pembagian di atas, *rain water harvesting* dan resapan buatan dapat dikategorikan ke dalam pengendalian banjir dengan metode struktur. Resapan buatan dapat menjadi alternatif dalam mengatasi tingkat *run-off* yang tinggi terutama di kota besar dengan jumlah ruang terbuka hijau yang relatif rendah. Dalam perencanaan dan pembangunan resapan buatan perlu diperhatikan bahwa resapan buatan bukan cara utama dalam pengendalian banjir, melainkan merupakan sistem yang membantu sistem utama berupa penataan drainase agar dapat mengendalikan banjir.

Resapan buatan merupakan metode atau teknologi yang dibuat oleh manusia untuk mengimbuhkan air ke dalam sistem air tanah. Resapan buatan berfungsi untuk mengimbuhkan atau meresapkan air hujan dan atau air permukaan yang melimpas, dimana air tidak dapat diresapkan secara alami karena penutupan tanah oleh bangunan, ke dalam tanah dan mengisi tampungan air tanah. Meresapkan air hujan melalui teknologi resapan buatan merupakan cara yang efektif dalam upaya untuk menekan besaran debit limpasan akibat air hujan. Salah satu contoh resapan buatan adalah sumur resapan dangkal (Gambar 1.6).



Gambar 1. 6 Resapan Buatan (Sumber: Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 115 Tahun 2001)

II. PERMASALAHAN

Permasalahan yang muncul dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya ketentuan teknis yang detail, eksplisit dan imperatif mengenai penerapan prinsip *zero delta Q* khususnya pada gedung-gedung perkantoran dan apartemen dalam peraturan yang ada. Pada Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2017 Tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 11/PRT/M/2014 Tentang Pengelolaan Air Hujan pada Bangunan Gedung dan Persilnya, telah disebutkan ketentuan mengenai kawasan resapan air, namun pada peraturan tersebut belum dijelaskan aspek teknis secara mendetail yang bersifat imperatif dan implementatif terhadap pelaksanaan ketentuan *zero delta Q*. Penyempurnaan regulasi dan penerapannya di gedung perkantoran dan apartemen menjadi penting mengingat pembangunan gedung atau apartemen telah memperluas kawasan yang bersifat impermeabel dan mengakibatkan berkurangnya kawasan yang dapat meresapkan air. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan salah satunya adalah munculnya genangan pada saat intensitas hujan tinggi dan lapisan tanah sudah bersifat jenuh (air tidak dapat meresap ke dalam tanah). Dengan alasan ini, penerapan konsep *zero delta Q* perlu diimplementasikan ke dalam IMB. Namun, masih banyak gedung perkantoran yang tidak memiliki sumur resapan, seperti yang terjadi di Jakarta. Hal ini berlaku baik untuk bangunan gedung baru maupun bangunan gedung eksisting. Seperti audit yang dilakukan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta berdasarkan pada Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 279 Tahun 2018 Tentang Tim Pengawasan Terpadu Penyediaan Sumur Resapan dan Instalasi Pengolahan Air Limbah serta Pemanfaatan Air Tanah di Bangunan Gedung dan Perumahan. Berdasarkan audit yang dilakukan di sepanjang Jalan Sudirman-MH Thamrin tersebut, dari 77 gedung perkantoran hanya ada 40 gedung yang memiliki sumur resapan. Dari 40 gedung yang memiliki sumur resapan hanya ada 10 gedung yang dilengkapi kolam resapan.
2. Penerapan lubang biopori yang tepat lokasi belum dilakukan sebagai gerakan masyarakat yang masif. Selain pembangunan sumur resapan yang diterapkan di gedung perkantoran dan/atau apartemen, upaya untuk meresapkan air ke dalam tanah juga diharapkan dapat diterapkan oleh masyarakat luas. Sehingga, diperlukan juga penyusunan SNI untuk biopori pada skala rumah dan skala kawasan. Salah satu ketentuan agar lubang biopori dapat berfungsi dengan baik adalah dengan menempatkan lubang biopori di lokasi yang tepat, yaitu di daerah genangan dan memperhatikan jenis tanah pada lokasi rencana pembangunan lubang biopori. Jenis material tanah yang ditetapkan untuk lubang biopori adalah lanau lempungan. Kurangnya sosialisasi terkait dengan penempatan lokasi lubang biopori di kalangan masyarakat dapat membuat lubang biopori tidak berfungsi dengan optimal.
3. Pembangunan sumur resapan dangkal pada umumnya belum direncanakan dan dilaksanakan secara optimal sesuai dengan SNI. Pembangunan sumur resapan dangkal harus memperhatikan jenis tanah, karena berkaitan dengan data serap air ke dalam tanah. Seperti contoh kasus di Jakarta, daya serap tanah di kota Jakarta umumnya sangat rendah karena jenis tanahnya alluvial, lempung bercampur dengan pasir. Sehingga saat air masuk ke dalam tanah maka akan susah untuk meresap karena kondisi tanahnya jenuh. Jika dipasang sumur resapan dangkal di lokasi yang demikian maka air yang masuk akan tergenang hingga memenuhi sumur yang ada dan susah untuk

meresap. Dalam pelaksanaan pemasangan sumur resapan dangkal di Jakarta, kondisi jenis tanah sering kali tidak diperhatikan sehingga kinerja sumur resapan dangkal yang terbangunpun menjadi kurang optimal. Jumlah sumur resapan dangkal kurang dari kebutuhan. Seperti yang terjadi di Kampung Glintung Kultur - Kota Malang, ada 9 sumur resapan dangkal yang dipasang namun hanya 5 yang berfungsi. Empat di antaranya tidak mampu bekerja secara optimal akibat adanya sedimentasi dan penumpukan sampah di dalam sumur yang telah terbangun. Selain itu, diperlukan sinergitas mengenai penerapan antara *artificial recharge* (sumur dangkal, biopori, dan sumur dalam) dan *natural recharge* (penghijauan). Imbuhan alamiah diterapkan pada wilayah *upstream*, sedangkan *artificial recharge* pada wilayah *downstream*.

4. Sejumlah Pemda sudah menerbitkan Perda terkait pembangunan sumur resapan dangkal namun belum mengacu pada SNI. Pada dasarnya, peraturan terkait dengan sumur resapan pada tiap daerah diatur dalam peraturan yang berbeda-beda, ada yang diatur dalam Peraturan Provinsi dan Daerah. Sumber air yang dimasukkan ke dalam sumur resapan yang diatur pada peraturan adalah air hujan, sehingga belum diatur terkait dengan studi teknis seperti peletakkan sumur resapan pada daerah genangan. Selain itu, peraturan mengenai kualitas air yang diimbuhkan ada yang sudah diatur di dalam peraturan daerah maupun provinsi, namun ada juga yang belum. Peraturan Sumur Resapan pada umumnya dibuat pada bangunan yang akan dibangun, tidak mengatur bangunan yang sudah terbangun. Masih ada beberapa aspek yang secara general belum dikaji pada beberapa peraturan daerah atau provinsi adalah: aspek sanksi, pengawasan oleh dinas terkait, sosialisasi kepada masyarakat, operasi pemeliharaan, dan pendanaan (kompensasi).
5. Belum adanya peraturan mengenai standar pembangunan sumur resapan dalam. Pemanfaatan resapan air kedalam tanah dapat dilakukan pada sumur resapan dangkal dan dalam. Sumur resapan dalam merupakan sumur yang memiliki *screen* di kedalaman antara 50 hingga 100 m lebih. Semakin dalamnya sumur, makanya kondisi geologi bawah permukaan bisa menjadi semakin kompleks dibandingkan dengan sumur dangkal yang kedalamannya di bawah 50 m. Oleh sebab itu, perlu adanya peraturan mengenai standar pembangunan sumur resapan dalam. Dalam studi mengenai resapan pada akuifer dalam (akuifer tertekan), permasalahan teknis yang kerap diantisipasi antara lain adalah mengenai *clogging*, dan kualitas air permukaan yang masuk ke dalam air tanah yaitu unsur organik dan kimiawi yang dapat ikut terinfiltrasi ke akuifer dalam. Sedangkan, secara kualitatif yaitu kajian efektifitas mengenai kuantitas dan kualitas, apakah sumur resapan dalam berhasil menaikkan muka air tanah di sekitar wilayah bangunan serta apakah kualitas air yang meresap ke dalam sumur tidak mengalami perubahan karena berasosiasi dengan jenis batuan sekitar (kondisi geologi). Secara kuantitas, efektifitas sumur resapan dalam pada musim kemarau juga belum dikaji, yaitu terkait dengan bagaimana volume air hujan sebagai sumber air resapan dapat memenuhi kebutuhan air bersih dalam suatu bangunan. Untuk menunjang kajian efektifitas sumur resapan dalam, dapat dilakukan studi lebih lanjut meliputi pembangunan sumur pantau; jarak dan kedalaman saringan untuk memantau tinggi muka air tanah serta kualitasnya. Selain itu, pedoman sumur resapan dalam sebaiknya tidak hanya dikaji dalam skala bangunan melainkan pada skala regional. Integrasi antara penerapan Rainwater Harvesting (RWH) dan sumur resapan dalam skala regional dapat saling berintegrasi dalam pengurangan volume air limpasan yang berpotensi mengakibatkan genangan.

III. ANALISIS

Zero delta Q merupakan sebuah konsep yang dikaitkan dengan upaya pengendalian banjir (Indriatmoko, 2010). Berdasarkan PP No. 26 tahun 2008 *zero delta Q policy* adalah kebijakan mengenai keharusan agar setiap bangunan tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit air ke sistem saluran drainase atau sistem aliran sungai. Meskipun konsep *zero delta Q* sudah dijelaskan dalam peraturan pemerintah namun, karena kurangnya pemahaman akan konsep tersebut maka masih banyak terdapat bangunan yang tidak menerapkan konsep *zero delta Q*. Jika dalam penerapan *zero delta Q* tidak tercapai dimana keandalan ruang terbuka lebih sedikit dibandingkan dengan luas bangunan, maka dapat dibuat sumur resapan/biopori.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menerapkan teknologi resapan buatan, khususnya sumur resapan dan lubang biopori adalah melalui perencanaan yang baik, sosialisasi mengenai pentingnya resapan buatan, pelaksanaan resapan buatan, dan pemeliharaan resapan buatan. Tanpa perencanaan yang baik maka peletakan resapan buatan menjadi kurang optimal dalam menanggulangi genangan. Selain perencanaan, sosialisasi teknologi resapan buatan juga menjadi hal yang penting sehingga meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya resapan buatan. Hal lainnya adalah mengenai pemeliharaan bangunan resapan buatan yang sudah ada. Kurangnya perawatan menjadi salah satu hal yang mengakibatkan teknologi resapan buatan menjadi kurang optimal dalam mengatasi genangan yang terjadi. Berikut adalah uraian mengenai resapan buatan beserta contoh penerapannya.

3.1. Konsep Resapan Buatan (*Artificial Recharge*)

Resapan Buatan merupakan metode mengimbuhkan atau meresapkan air hujan dan atau air permukaan yang melimpas (*run-off*) kedalam tanah dan mengisi tampungan air tanah (*groundwater storage*) untuk meningkatkan jumlah dan level muka air tanah (Gambar 3.1). Bila secara alami air hujan yang jatuh mencapai permukaan air tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi, maka dengan konsep resapan buatan, air hujan direkayasa untuk meresap ke dalam sistem air tanah dengan melalui sumur resapan. Tujuan dari peresapan buatan yaitu:

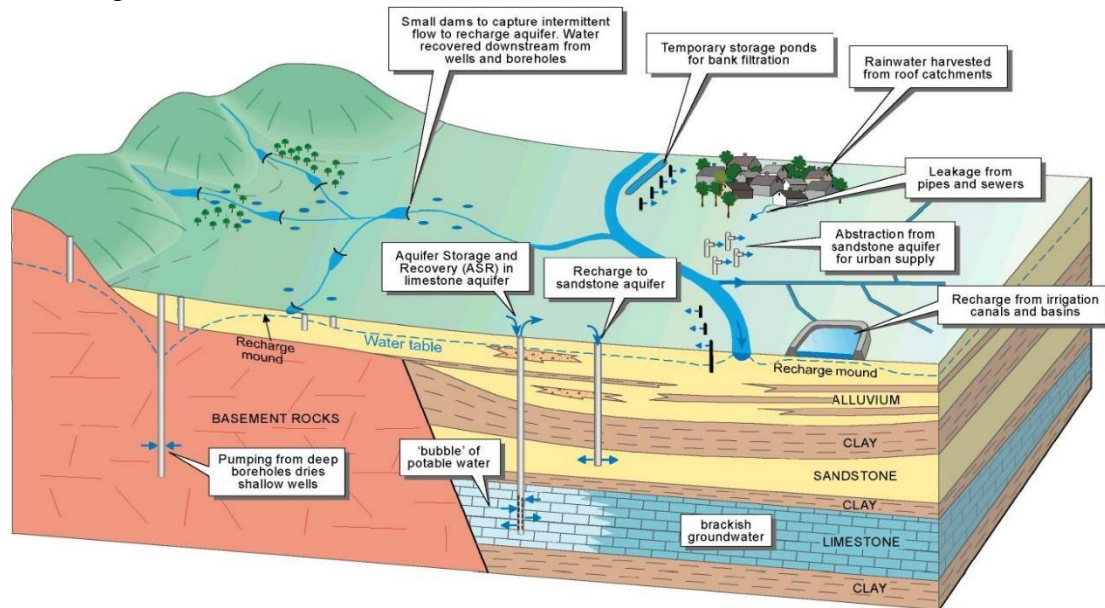
- Mengurangi limpasan permukaan (*run off*) dan curah hujan langsung ke dalam lapisan penyerapan optimal
- Mengurangi erosi tanah
- Pelestarian sumber daya air tanah
- Menjaga kesetimbangan air di dalam tanah
- Membantu menanggulangi kekurangan air bersih
- Simpanan air tanah (*recovery water*) yang dapat digunakan di musim kemarau dengan kualitas air yang terjaga
- Mengisi pori-pori tanah untuk mencegah menurunnya muka tanah lebih lanjut
- Mereduksi dimensi jaringan drainase.

Resapan buatan memiliki keunggulan diantaranya yaitu:

- Efisien tempat karena pembuatan resapan buatan tidak membutuhkan lahan yang luas
- Biaya konstruksi yang lebih murah dibandingkan dengan kolam penampung.

Beberapa contoh resapan buatan, yaitu:

- Lubang Biopori
- Sumur Resapan: sumur resapan dangkal dan sumur resapan dalam
- Embung Konservasi

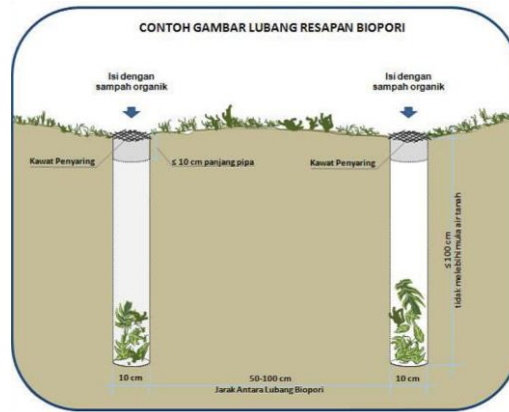


Gambar 3. 1 Konsep Resapan Buatan (Sumber: *British Geological Survey*, 2002)

3.1.1. Lubang Resapan Biopori

Lubang Resapan Biopori merupakan lubang yang dibuat tegak lurus kedalam tanah dengan diameter antara 10 hingga 30 cm, dengan kedalaman kurang lebih 1-meter dan tidak memiliki muka air tanah dangkal. Lubang tersebut kemudian diisi dengan sampah organik yang berfungsi sebagai makanan makhluk hidup yang ada di dalam tanah seperti cacing dan akar tumbuhan (Gambar 3.2). Lubang resapan biopori memiliki beberapa manfaat yaitu:

- Mengurangi Sampah Organik
Dalam proses pembuatan lubang resapan biopori, salah satu proses yang dilakukan yaitu memasukkan sampah organik, maka dengan membuat lubang biopori ini dapat membantu mengurangi sampah organik
- Menyuburkan Tanah
Sampah organik yang dimasukkan kedalam lubang resapan biopori ini akan memicu terjadinya proses biologis yang akan menjadikan sampah tersebut menjadi pupuk kompos yang akan membuat tanah lebih subur
- Membantu Mencegah Terjadinya Banjir
Lubang resapan biopori dapat membantu air untuk masuk kedalam tanah. Sampah organik yang berada di dalam lubang biopori merupakan makanan untuk cacing tanah, kemudian cacing akan membuat terowongan-terowongan kecil didalam tanah dan membantu air lebih cepat meresap ke dalam tanah
- Mempengaruhi Jumlah Air Tanah
Terowongan kecil yang dibuat cacing tanah akan meningkatkan luas permukaan tanah dan membuat kapasitas tanah untuk menampung air menjadi meningkat.



Gambar 3. 2 Contoh Lubang Resapan Biopori (Sumber: BWS Sulawesi II)

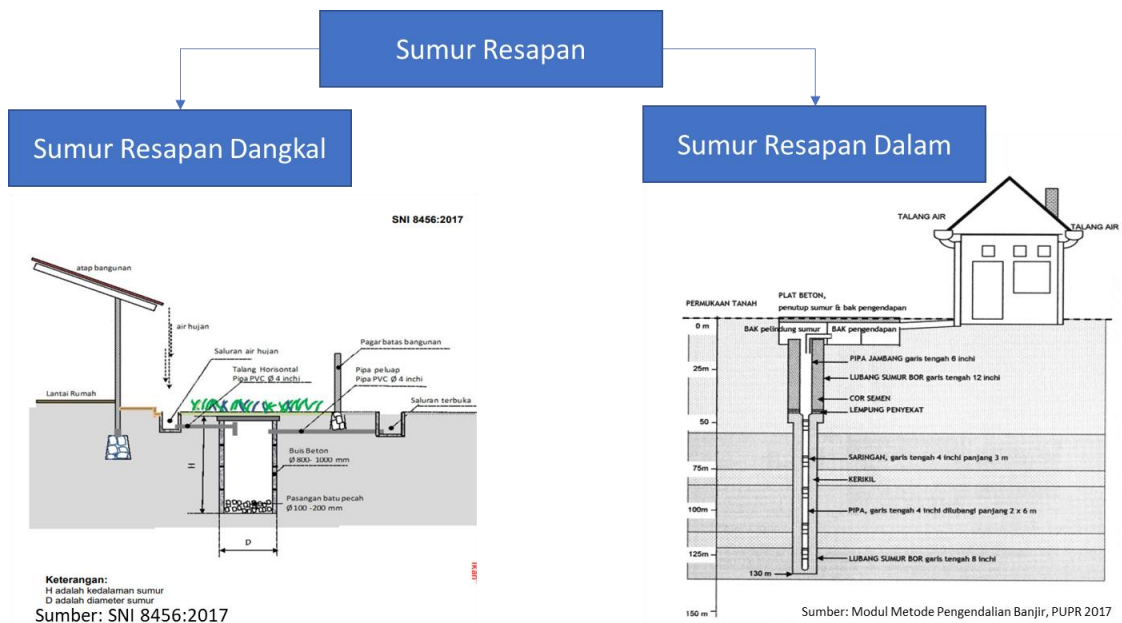
3.1.2. Sumur Resapan

Sumur Resapan merupakan kegiatan konservasi sumber daya air berupa sumuran yang berfungsi untuk menampung, menahan dan meresapkan air permukaan (*run-off*) ke dalam tanah (aquifer) untuk meningkatkan jumlah dan posisi muka air tanah. Beberapa manfaat dari sumur resapan, yaitu:

- Mengurangi debit limpasan dan curah hujan langsung ke lapisan penyerapan optimal, diharapkan mengurangi genangan banjir
- Simpanan air tanah (*recovery water*) dapat digunakan pada musim kemarau dengan kualitas air terjaga
- Mencegah terjadinya amblesan tanah lebih lanjut.

Berdasarkan tingkat kedalamannya sumur resapan dapat dibagi menjadi dua yaitu (Gambar 3.3):

- Sumur Resapan Dangkal dengan target akuifer dangkal
- Sumur Resapan Dalam dengan target akuifer dalam



Gambar 3. 3 Sumur Resapan Dangkal dan Dalam

3.2. Mitigasi Genangan Melalui Pembuatan Biopori Dan Sumur Resapan

3.2.1. Mitigasi Genangan dengan Lubang Resapan Biopori

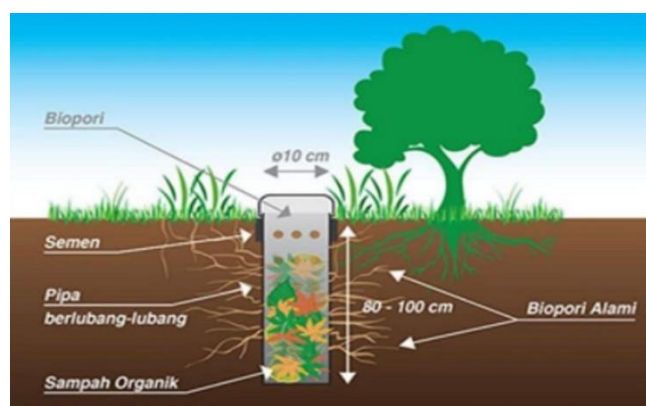
Lubang resapan biopori merupakan salah satu rekayasa teknik konservasi air, berupa lubang-lubang yang dibuat pada permukaan bumi yang berperan sebagai pintu masuk air hujan yang jatuh kepermukaan bumi. Teknologi biopori ini akan dapat mengurangi limpasan air hujan dengan meresapkan lebih banyak volume air hujan kedalam tanah sehingga dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya banjir. Lubang resapan biopori diisi dengan sampah organik untuk memancing mikroorganisme dalam tanah, pergerakan mikroorganisme dalam tanah membuat alur-alur pori dalam tanah guna mempercepat penyerapan air oleh tanah (Gambar 3.4). Lubang resapan biopori merupakan lubang yang dibuat tegak lurus kedalam tanah dengan diameter 10 hingga 30 cm dan kedalaman kurang lebih 1 m (Gambar 3.5).

Tata cara dalam membuat biopori, yaitu

- Sebelum membuat lubang resapan biopori, tentukan lokasi yang akan dijadikan tempat pembuatan
- Setelah tempat ditentukan, siram tanah yang akan diijadikan sebagai tempat pembuatan biopori agar tanah menjadi lunak dan mudah untuk dilubangi
- Lubangi tanah dengan menggunakan bor tanah dan diusahakan tegak lurus
- Buat lubang dengan kedalaman kurang lebih 1-meter dengan diameter 10 – 30 cm
- Kemudian lapisi lubang dengan pipa pvc berlubang dan berdiameter sama dengan lubang.
- Isi lubang dengan sampah organik seperti daun, rumput, kulit buah dan sampah yang berasal dari tanaman lainnya
- Tutup lubang dengan kawat besi atau tutup pipa pvc yang sudah dilubangi.

Lubang resapan biopori membutuhkan perawatan supaya terjaga kualitasnya dan dapat berfungsi dengan baik. Langkah-langkah dalam perawatan lubang resapan biopori yaitu:

- Isi lubang biopori dengan sampah organik secara bertahap setiap lima hari sekali sampai lubang terisi penuh dengan sampah
- Lubang resapan biopori yang sudah penuh dengan sampah dapat dibiarkan selama 3 bulan dan sampah tersebut akan menjadi kompos
- Setelah 3 bulan, angkat kompos yang sudah jadi kemudian lubang siap diisi kembali dengan sampah yang baru dan kompos dapat digunakan.

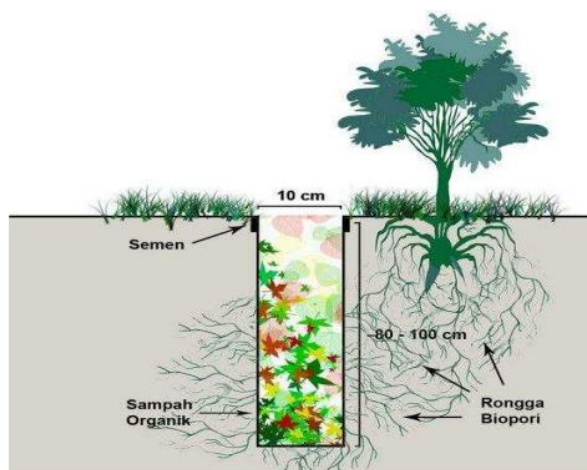


Gambar 3. 4 Ilustrasi pembuatan biopori sederhana (Sumber: UPK Badan Air dan Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2021)

Studi kasus yang dilakukan oleh Muhammad Hafizh dan Terunajaya yang berasal dari Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara dengan judul yaitu Kajian Efektivitas Lubang Resapan Biopori dalam Mereduksi Debit Banjir Akibat Air Limpasan Hujan (*Run-off*) Pada Kawasan Perumahan (Studi Kasus: Perumahan Classic 3, Medan). Hasil dari penelitian tersebut yaitu:

- Total debit banjir kawasan perumahan sebelum direncanakan lubang resapan biopori adalah $52,365 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$.
- Jika pada setiap rumah membuat 1 unit lubang resapan biopori maka debit banjir berkurang sebesar $9,154 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $43,211 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$.
- Lubang resapan biopori terbukti efektif mereduksi debit banjir sebesar 17,46 % dari total debit banjir di kawasan perumahan, sehingga berdasarkan perhitungan jumlah lubang resapan biopori yang ideal adalah sebanyak 1096 unit lubang atau 10 unit lubang resapan biopori per rumah.

Berdasarkan penelitian tersebut, lubang resapan biopori dapat mereduksi debit banjir sebesar 17.46% dengan total lubang resapan biopori sebanyak 1096 unit lubang atau sekitar 10 unit lubang resapan setiap rumah yang terdiri dari 109 unit rumah.



Gambar 3. 5 Lubang Resapan Biopori

3.2.2. Mitigasi Genangan dengan Sumur Resapan Dangkal

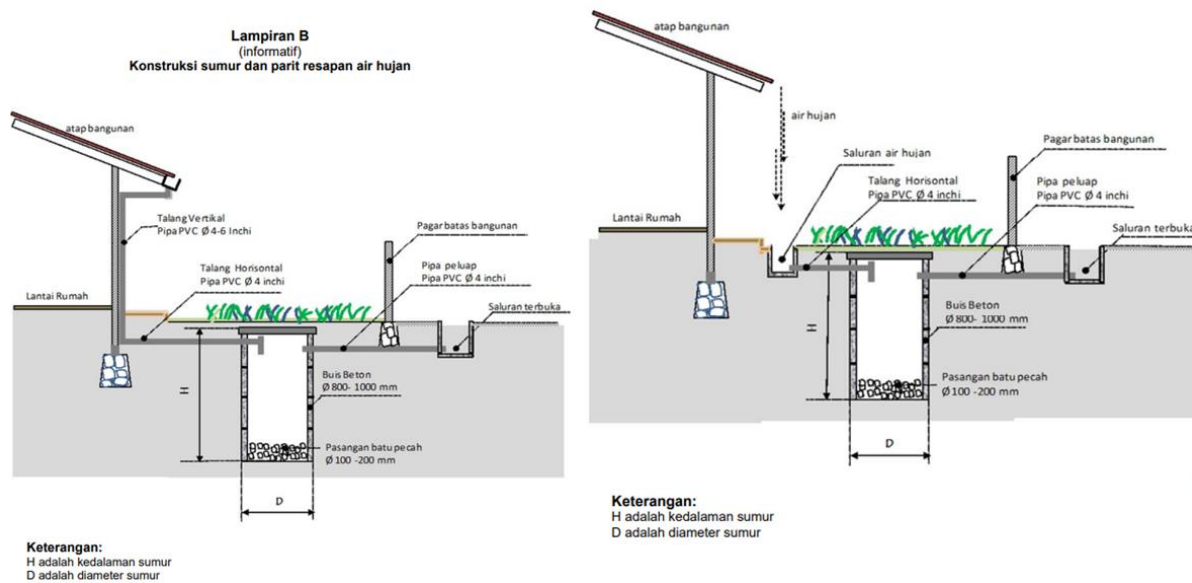
Sumur resapan dangkal merupakan kegiatan konservasi air tanah berupa sumuran yang berfungsi untuk menampung, menahan dan meresapkan air permukaan ke dalam tanah untuk meningkatkan jumlah dan posisi muka air tanah serta menyimpan air tanah yang dapat digunakan pada musim kemarau. Sumur resapan dangkal telah memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu berdasarkan SNI 8456:2017 dengan Judul Sumur dan Parit Resapan Air Hujan. Gambar konstruksi sumur resapan dangkal dapat dilihat pada Gambar 3.6. Dalam SNI tersebut, persyaratan umum yang harus dipenuhi dalam pembuatan sumur resapan dangkal, yaitu:

- Sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relatif datar dengan kemiringan maksimum kurang dari 2%
- Air yang masuk kedalam sumur resapan adalah air limpasan air hujan
- Penempatan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya
- Sumur resapan air hujan bisa dibuat secara individual atau komunal
- Harus memperhatikan peraturan daerah setempat

- f. Hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui oleh instansi yang berwenang

SNI 8456:2017

SNI 8456:2017

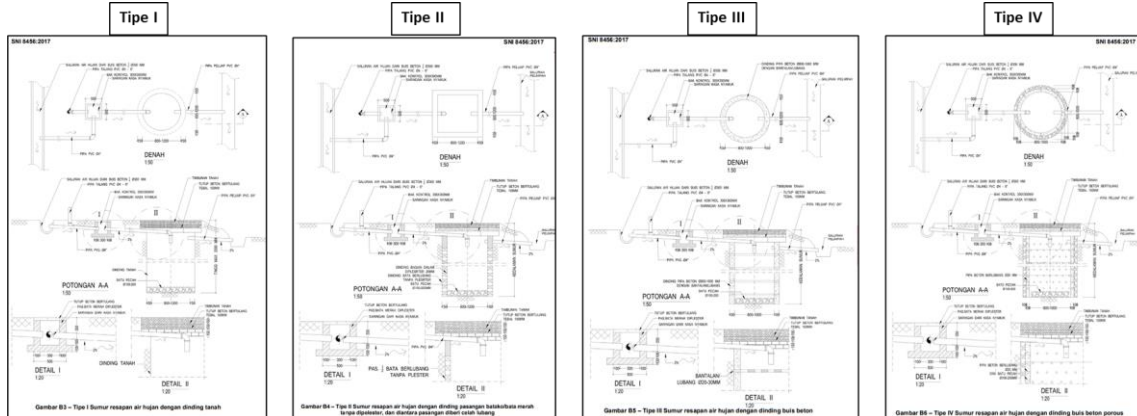


Gambar 3. 6 Konstruksi Sumur Resapan Dangkal (Sumber: SNI 8456:2017)

Persyaratan teknis sumur resapan dangkal berdasarkan SNI 8456:2017 yaitu:

- Sumur resapan air hujan digunakan untuk kedalaman air tanah lebih dari 2 meter
- Penampang sumur resapan air hujan berbentuk segi empat atau lingkaran
- Ukuran sisi penampang sumur resapan air hujan 80 cm sampai dengan 100 cm
- Permeabilitas tanah
Struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai koefisien permeabilitas tanah lebih dari 2.0 cm/jam, dengan klasifikasi sebagai berikut:
 - Nilai permeabilitas tanah sedang (tanah lanau, 2.0 – 3.6 cm/jam atau 0.48 – 0.864 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$)
 - Nilai permeabilitas tanah agak cepat (Tanah pasir halus, 3.6 – 36 cm/jam atau 0.864 – 8.64 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$)
 - Nilai permeabilitas tanah cepat (Tanah pasir kasar, lebih besar dari 36 cm/jam atau lebih dari 8.64 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$)
- Periode ulang hujan yang digunakan untuk perencanaan 2 tahun sekali terlampaui
- Intensitas hujan ditentukan dengan analisis *Intensity Duration Frequency* (IDF) dari daerah lokasi pembangunan dengan durasi hujan 2 jam dan periode ulang 2 tahunan.
- Koefisien limpasan ditetapkan sebesar 0.95
- Luas bidang tadah yang mempunyai kemiringan seperti atap rumah ditetapkan sebagai luas bidang proyeksi
- Debit limpasan dihitung dengan metode rasional dengan parameter koefisien limpasan, intensitas hujan dan luas bidang tadah
- Jarak penempatan sumur resapan air hujan terhadap bangunan yaitu:
 - Pondasi bangunan / tangka septik berjarak minimal 1 meter
 - Bidang resapan / sumur resapan tangka septik berjarak minimal 5 meter
 - Sumur resapan air hujan / sumur air bersih berjarak minimal 3 meter
- Tipe konstruksi sumur resapan air hujan (Gambar 3.7):

- Tipe I: sumur resapan air hujan dengan dinding tanah
- Tipe II: sumur resapan air hujan dengan dinding pasangan batako/bata merah tanpa plester dan diantara pasangan diberi celah lubang
- Tipe III: sumur resapan air hujan dengan buis beton
- Tipe IV: sumur resapan air hujan dengan buis beton porous



Gambar 3. 7 Tipe Sumur Resapan Dangkal (Sumber: SNI 8456:2017)

Langkah-langkah perencanaan sumur resapan air hujan (Gambar 3.8) adalah sebagai berikut:

- **Tentukan lahan** untuk penempatan sumur
- **Jarak minimum sumur** resapan air hujan terhadap **bangunan**
 - Pondasi bangunan/tangka septik 1 m
 - Bidang resapan/sumur resapan tangki septik 5 m
 - Sumur resapan air hujan/sumur air bersih 3 m
- Pengukuran **muka air tanah** (MAT > 2 m)
- Penentuan **angka permeabilitas tanah** (Koefisien permeabilitas tanah > 2,0 cm/jam)
- Perhitungan **dimensi sumur**
 - Data curah hujan 5 tahunan untuk intensitas hujan
 - Data luas bidang tadah yang digunakan sebagai pengumpul air hujan
 - Data jenis tanah (nilai permeabilitas tanah)
 - Data limpasan air hujan (c) di lokasi rencana sumur resapan

Studi kasus yang dilakukan oleh Hendra Tri Wijaya, dkk yang berasal dari Universitas Brawijaya dengan judul yaitu Manfaat Sumur Resapan Dangkal dalam Upaya Penanggulangan Banjir di Wilayah Kelurahan Penanggungan Bagian Selatan Kota Malang. Sebaran sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 3.9. dengan desain sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 3.10. Hasil dari penelitian tersebut yaitu:

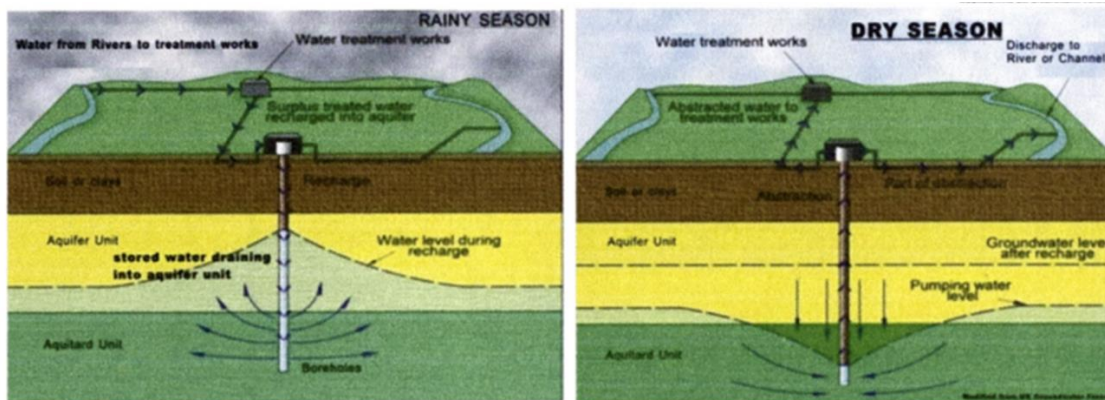
- Total Luas Saluran Drainase sebesar 6.883 m²
- Saluran drainase sebelum adanya sumur resapan berkapasitas 20,672 m³/detik
- Direncanakan sumur resapan sebanyak 37 buah
- Kapasitas Debit saluran berkurang menjadi 13, 892 m³/detik (reduksi sebesar 6,780 m³/detik) berdasarkan hasil simulasi
- Digunakan 3 skenario tipe sumur resapan (Tipe Lingkaran, Tipe Persegi, Tipe Persegi Panjang)

Berdasarkan penelitian tersebut dengan rencana sumur resapan sebanyak 37 sumur, hasil simulasi menunjukkan reduksi sebesar 6.780 m³/detik dengan 3 tipe skenario sumur resapan yaitu tipe lingkaran, tipe persegi dan tipe persegi panjang.

3.2.3. Sumur Resapan Dalam

Sumur resapan dalam pada dasarnya adalah imbuhan buatan dengan berbasis sumur, dimana air tanah yang diambil di isi kembali dengan air hujan atau air permukaan. Sumur resapan dalam merupakan optimalisasi potensi *underground reservoir* sebagai tempat menyimpan air dan tempat pengambilan atau cadangan air. Komponen utama sumur resapan dalam yaitu sumur bor yang diketahui kedalaman, posisi akuifer dan posisi *screen* dengan baik. Bangunan penampung air hujan dan air permukaan dapat berupa kolam tau waduk kecil yang disertai bangunan pengolah air yang pada umumnya berupa saringan pasir lambat atau dapat mengadopsi saringan pada ABSAH. Sumur resapan dalam memiliki beberapa teknologi yang dapat digunakan, antara lain *single well* yaitu satu sumur berfungsi sebagai sumur resapan dan sumur produksi, *double well* yaitu dua sumur yang saling berdekatan, satu sumur berfungsi sebagai sumur resapan dan sumur yang lain sebagai sumur produksi.

Sumur resapan dalam adalah metode teknik manajemen sumber daya air, dimana air hujan tau air permukaan dimasukkan ke dalam batuan yang permeable melalui sumur bor, disimpan untuk kemudian di ambil kembali (Gambar 3.11). Air yang disimpan dapat berupa air hujan yang memiliki kualitas air yang baik dan air permukaan yang dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi kontaminan.



Gambar 3. 11 Manajemen pengelolaan air tanah dalam (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)

Dalam perencanaan dan pelaksanaan sumur resapan dalam, hal yang harus diperhatikan dapat dilihat pada Gambar 3.12 dengan uraian sebagai berikut:

- a. Ketersediaan air permukaan dan pasokan curah hujan yang cukup.
Ketersediaan sumber air bisa diperoleh jika ada kelebihan *run-off*. Hal ini bisa dihitung dengan menganalisa curah hujan yang meliputi:
 - Pola curah hujan
 - Intensitas curah hujan
 - Jumlah hari hujan
 - Debit maksimum hari hujan
 - Periode ulang curah hujan
- b. Kondisi geologi dan hidrogeologi yang cocok diperlukan untuk membuat reservoir bawah permukaan melalui teknik resapan buatan yang efektif.
Pemetaan geologi dan hidrogeologi detail digunakan untuk menentukan lokasi dan tipe sumur resapan. Data yang diperlukan meliputi:

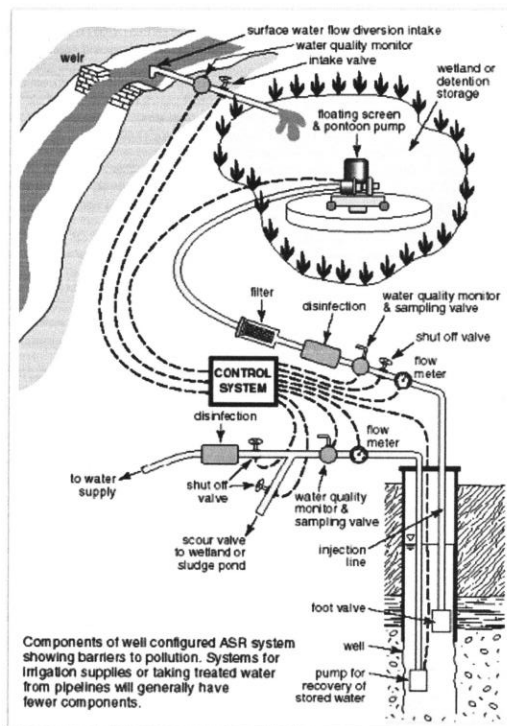
- Kondisi Batas Geologi
- Kondisi batas hidrolik
- Aliran masuk dan aliran keluar air tanah
- Storativitas
- Porositas
- Konduktivitas hidrolik
- Transmisivitas
- Debit mata air
- Resapan/imbuhan alami
- Water Balance
- Litologi
- Kedalaman
- Kondisi batas tektonik

c. Konstruksi Sumur Bor

Dalam pembuatan sumur resapan dalam, konstruksi sumur bor harus di desain secara khusus sehingga dapat dilakukan proses resapan pada saat musim hujan dan pengambilan pada musim kemarau. Faktor konstruksi sumur yang harus diperhatikan yaitu:

- Konstruksi untuk resapan
- Konstruksi untuk pengambilan
- Sumur pantau
- Konstruksi pengambilan air dari sumber air
- Sistem pipa untuk resapan dan pengambilan

Evaluasi potensi daya tampung reservoir bawah permukaan berdasarkan pada data dimensi batuan yang bertindak sebagai reservoir yaitu ketebalan dan penyebaran lateral. Ketersediaan ruang penyimpanan bawah permukaan dan kemampuan pengisian akan berbanding lurus dengan kemampuan resapan buatan. Perlunya tinjauan hidrogeologi untuk menilai kemampuan daya resap dari formasi batuan yang ada. Ketebalan zona tidak jenuh yang lebih dari 3 meter dibawah permukaan tanah perlu dipertimbangkan sebagai tempat penyimpanan air bawah permukaan.



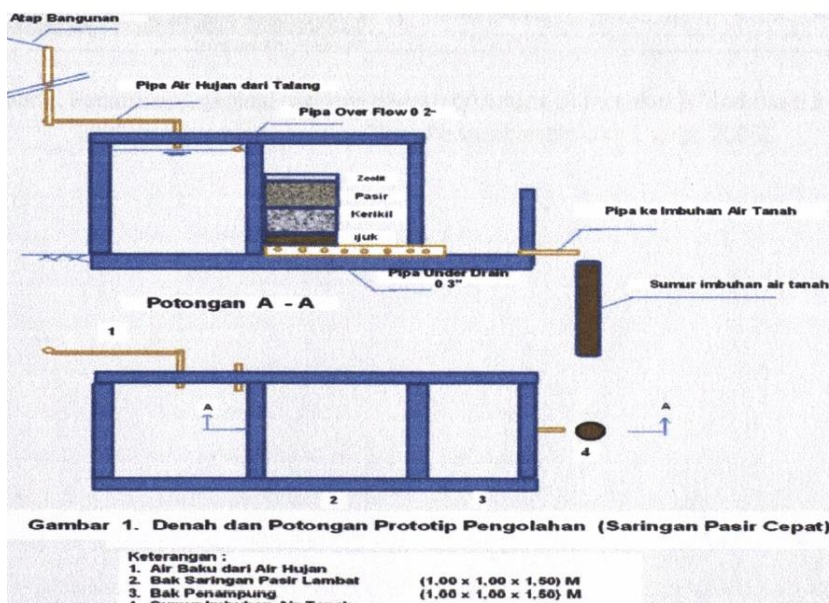
Gambar 3. 12 Komponen sistem teknologi imbuhan air tanah dalam (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)

1. Studi Kasus di Indonesia

Penelitian tentang sumur resapan dalam yang dilakukan oleh Taufiq (2014), dilakukan di Kawasan Industri yang termasuk zona kritis atau rawan pada bagian dari Formasi Cibeureum. Sumur resapan dalam dibuat di sumur yang sudah ada dengan cara alih fungsi (*redevelopment*) sumur kering. Prototipe sumur resapan dalam ini berada pada:

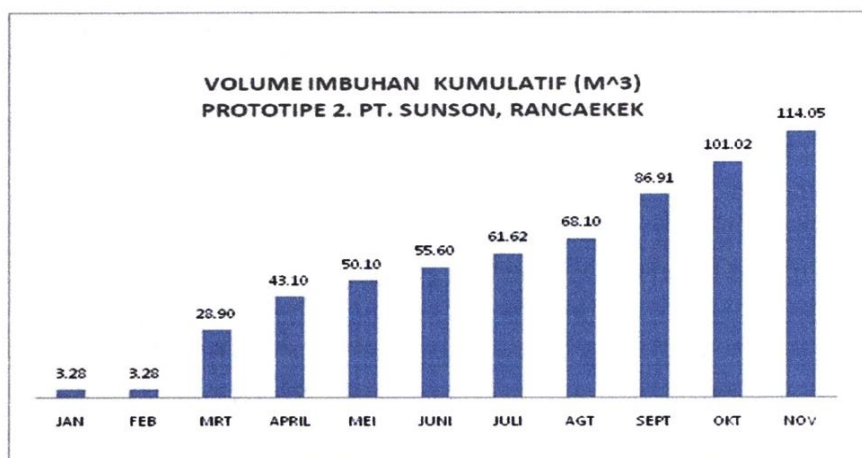
1. Lokasi 1 PT. Sunson, Rancaekek, Kab. Sumedang. Kapasitas pengolahan 1-2 L/det,
2. Lokasi 2 PT. Mulia Lestari, Kota Cimahi. Kapasitas pengolahan 1-2 L/det.

Sebelum di resapkan kedalam sumur, air hujan yang berasal dari atap pabrik melalui proses pengolahan dengan cara saringan pasir cepat (Gambar 3.13) agar air yang di resapkan kedalam sumur terjaga kualitasnya.

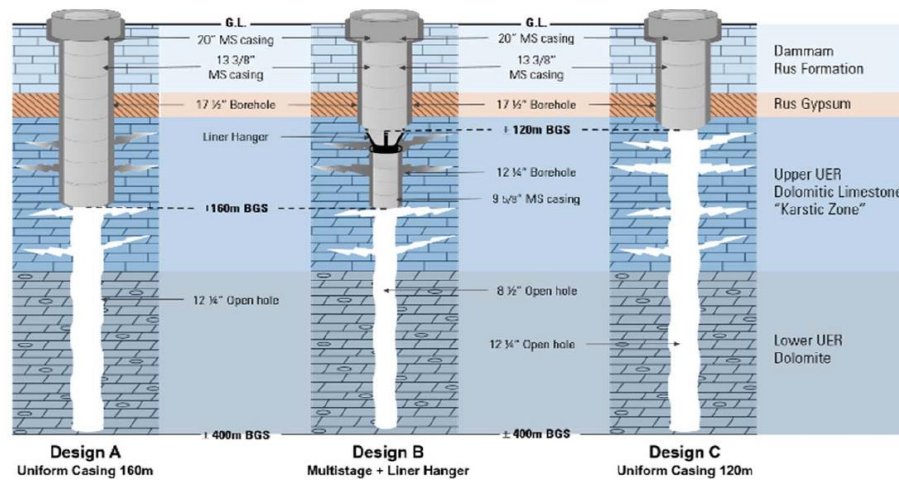


Gambar 3. 13 Denah bangunan pengolah air imbuhan di lokasi prototipe (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)

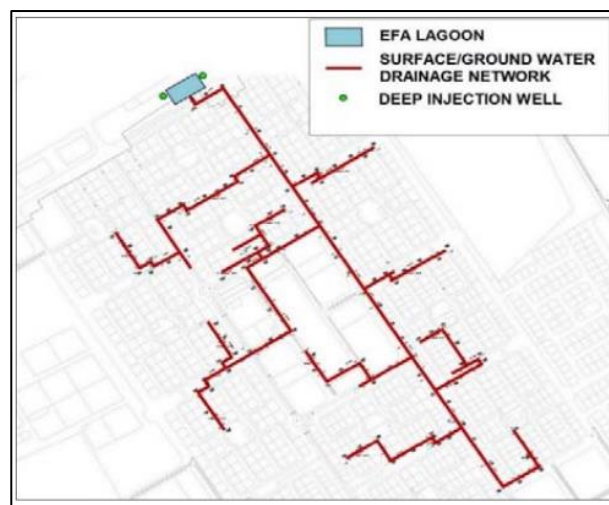
Hasil pemantauan volume imbuhan dan curah hujan bulanan di Kawasan PT. Sunson dapat dilihat pada Gambar 3.14.



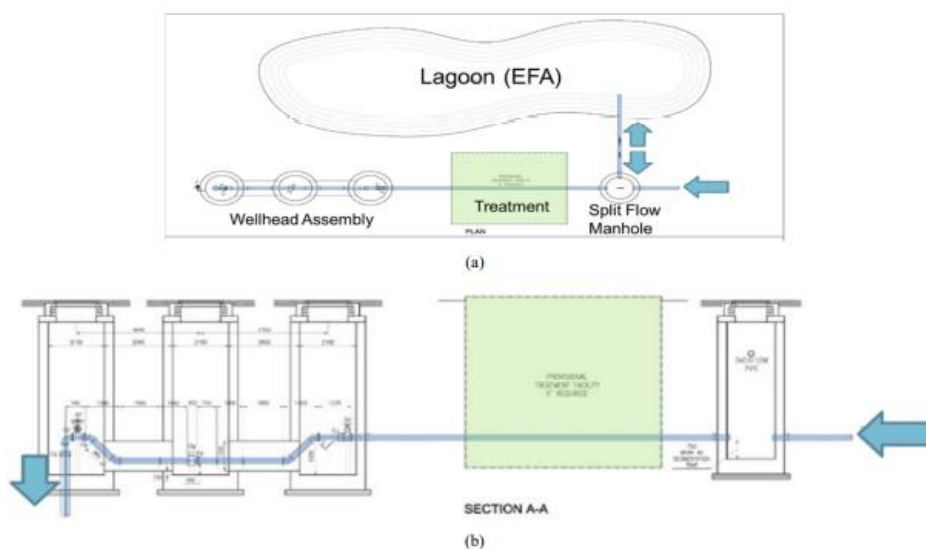
Gambar 3. 14 Hasil monitoring volume imbuhan kumulatif Tahun 2010 prototipe 2 di Kawasan PT. Sunson, Rancaekek (Sumber: Ahmad Taufiq, PUSLITBANG SDA, PUPR, 2014)



Gambar 3. 17 Skema berbagai desain sumur injeksi (Sumber: Jafari, 2019)



Gambar 3. 18 Desain lokasi sumur resapan dalam (Sumber: Jafari, 2019)



Gambar 3. 19 rencana lokasi injeksi tipikal (a) dan bagian situs injeksi tipikal (b)

3.2.4. Tinjauan beberapa Peraturan Daerah (PERDA) di Indonesia

Tinjauan beberapa peraturan daerah di Indonesia terkait dengan sumur resapan menghasilkan rumusan yang berisi beberapa poin penting yaitu:

1. Sumber air yang dimasukkan ke dalam sumur resapan yang diatur pada PERDA adalah air hujan, sehingga belum diatur terkait dengan studi teknis seperti peletakkan sumur resapan pada daerah genangan.
2. Peraturan terkait dengan sumur resapan dalam belum menjelaskan secara teknis pemasangan sumur resapan pada akuifer tertekan
3. Peraturan mengenai kualitas air yang diimbuhkan ada yang sudah diatur di dalam PERDA, dan ada yang belum
4. Pada dasarnya, peraturan terkait dengan sumur resapan pada tiap daerah diatur dalam peraturan yang berbeda-beda. Ada yang diatur dalam Peraturan Provinsi dan Daerah
5. Peraturan pembangunan sumur resapan pada wilayah bangunan dan individu belum mempertimbangkan ketersediaan luas lahan pada bangunan lama
6. Peraturan Sumur Resapan pada umumnya dibuat pada bangunan yang akan dibangun, tidak mengatur bangunan yang sudah terbangun
7. Aspek yang secara general belum dikaji pada beberapa PERDA adalah: aspek sanksi, pengawasan oleh dinas terkait, sosialisasi kepada masyarakat, operasi pemeliharaan, dan pendanaan (kompensasi)

Sehingga, dari rumusan di atas dapat disimpulkan bahwa perlu adanya pedoman untuk penyusunan peraturan daerah ataupun provinsi mengenai Sumur Resapan di Indonesia. Melihat, saat ini peraturan sumur resapan yang ada di masing-masing daerah (Tabel 3.1) belum semuanya menjelaskan aspek, baik secara teknis maupun nonteknis, misalnya terkait dengan acuan kualitas air yang diimbuhkan dan pengawasan oleh dinas terkait.

Tabel II.1 Tabulasi Peraturan Sumur Resapan di Beberapa Daerah di Indonesia

NO.	PERATURAN	DAERAH	KAJIAN
1	Peraturan Daerah Kabupaten Sumbawa Nomor 18 Tahun 2018 Tentang Sumur Resapan	Kab. Sumbawa	1. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 2. Belum ada kajian teknis terkait dengan Bak Kontrol 3. Belum ada peruntukkan pada setiap Tipe Sumur Resapan 4. Belum ada peraturan terkait dengan sumur resapan dalam 5. Belum ada peraturan yang mengatur dimensi bak penyimpanan sesuai dengan Tujuan pada Bab 1 Pasal 2 poin 2 6. Pembangunan sumur resapan belum menjadi persyaratan pengajuan IMB 7. Belum dijelaskan secara spesifik dinas apa saja yang terlibat dalam pengawasan 8. Apek pengawasan oleh dinas terkait belum dijabarkan secara lebih detail 9. Belum ada peraturan terkait dengan pemeliharaan sumur resapan

2	Peraturan Daerah Kota Cimahi Nomor 18 Tahun 2003 Kewajiban Pembuatan Sumur Resapan Bagi Perusahaan, Rumah, Perumahan, Rumah Sakit, dan Perkantoran	Kota Cimahi	1. Belum ada peraturan terkait dengan pemeliharaan sumur resapan 2. Belum ada peruntukkan pada setiap Tipe Sumur Resapan 3. Belum ada penjelasan terkait aspek hidrogeologi, geologi, dan hidrologi yang dimaksudkan pada Bab VI Pasal 7 4. Tidak ada Lampiran yang dimaksudkan pada Bab VI Pasal 12 poin 2 5. Belum ada peraturan terkait dengan sumur resapan dalam 6. Belum ada acuan terkait dengan kualitas air yang akan diimbuhkan 7. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 8. Belum dijelaskan secara spesifik Dinas yang bertanggung jawab dalam tugas pengawasan sumur resapan 9. Aspek pengawasasan belum menjelaskan secara detail mengenai fungsi yang dimaksudkan pada Bab IX Pasal 20 poin 3 10. Belum ada penjelasan mengenai sosialisasi pembangunan sumur resapan
3	Peraturan Wali Kota Cirebon Nomor 38 Tahun 2019 Tentang Pelaksanaan Konservasi Air Tanah Melalui Sumur Resapan dan Lubang Resapan Biopori	Kota Cirebon	1. Belum ada peraturan yang meninjau volume tampungan air hujan beserta dengan volume bak kontrol 2. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan)
4	Peraturan Walikota Batu Nomor 21 Tahun 2015 Tentang Pembangunan Sumur Resapan dan Biopori	Kota Batu	1. Belum ada peraturan yang meninjau volume tampungan air hujan beserta dengan volume bak kontrol 2. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 3. Peran dari masing-masing dinas terkait dalam pengawasan belum dijelaskan secara lebih spesifik
5	Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 109 Tahun 2021 Tentang Sumur Resapan	Kota Jakarta	1. Belum ada peraturan yang meninjau volume tampungan air hujan beserta dengan volume bak kontrol 2. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 3. Belum dijelaskan acuan parameter kualitas

			air yang layak untuk diresapkan ke dalam tanah
6	Peraturan Daerah Kabupaten Bandung Barat Nomor 3 Tahun 2017 Tentang Sumur Resapan	Kabupaten Bandung	1. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 2. Belum ada kajian teknis terkait dengan Bak Kontrol 3. Belum ada peraturan tentang Tipe Sumur Resapan yang sebaiknya digunakan, seperti kedalaman sumur resapan dan diameternya 4. Belum ada peraturan terkait dengan sumur resapan dalam 5. Belum dijelaskan secara spesifik dinas apa saja yang terlibat dalam pengawasan 6. Belum ada peraturan terkait dengan pemeliharaan sumur resapan 7. Belum dijelaskan acuan parameter kualitas air yang layak untuk diresapkan ke dalam tanah 8. Belum dijelaskan sosialisasi yang perlu dilakukan kepada masyarakat
7	Peraturan Daerah Kota Pekanbaru Nomor 10 Tahun 2006 Tentang Sumber Daya Air dan Sumur Resapan	Kota Pekanbaru	1. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 2. Belum ada kajian teknis terkait dengan Bak Kontrol 3. Belum ada peraturan tentang Tipe Sumur Resapan yang sebaiknya digunakan, seperti kedalaman sumur resapan dan diameternya 4. Belum ada peraturan terkait dengan sumur resapan dalam 5. Belum dijelaskan pengawasan sumur resapan, serta dinas apa saja yang terlibat dalam pengawasan 6. Belum ada peraturan terkait dengan pemeliharaan sumur resapan 7. Belum dijelaskan acuan parameter kualitas air yang layak untuk diresapkan ke dalam tanah
8	Peraturan Walikota Denpasar Nomor 18 Tahun 2010 Tentang Pemanfaatan Air Hujan Walikota Denpasar	Kota Denpasar	1. Belum ada peraturan yang meninjau volume tampungan air hujan beserta dengan volume bak kontrol 2. Belum diatur regulasi pembangunan sumur resapan pada wilayah perumahan lama (sebelum peraturan pembangunan sumur resapan ditetapkan) 3. Belum dijelaskan secara spesifik dinas apa saja yang terlibat dalam pengawasan serta peran dari masing-masing dinas terkait

IV. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

1. Perubahan tata guna lahan mengakibatkan resapan alamiah berkurang (*artificial recharge* sebagai pengganti resapan alamiah dalam menanggulangi *run off*)
2. Dalam mitigasi banjir yang harus dilakukan pertama kali yaitu penataan sistem drainase
3. Sumur resapan dan biopori merupakan sistem pendukung yang dapat dilakukan dalam pengendalian banjir
4. Sumur resapan dan biopori direkomendasikan menjadi salah satu metode pengendalian banjir secara struktural terutama jika dikombinasikan dengan penataan drainase, dengan tujuan:
 - a. Membantu mengurangi genangan banjir
 - b. Membantu mereduksi puncak banjir

4.2 Rekomendasi

Berikut merupakan resume dari rekomendasi terkait peran sumur resapan dan biopori sebagai upaya pengendalian genangan serta kaitannya dengan pengelolaan air tanah.

Tabel 4.1 Resume rekomendasi peran sumur resapan dan biopori sebagai upaya pengendalian genangan serta kaitannya dengan pengelolaan air tanah

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
1. Belum diterapkan prinsip-prinsip zero delta Q (tidak ada penambahan debit) yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2017 Tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional khususnya pada bangunan gedung seperti gedung-gedung perkantoran dan apartemen	Perlu melengkapi dan menyempurnakan pengaturan pelaksanaan tentang prinsip-prinsip zero delta Q diantaranya pada pengelolaan air hujan pada bangunan gedung dengan ketentuan teknis yang detail, eksplisit dan imperative berupa peraturan perundangan, serta sanksi bagi pihak yang tidak melaksanakan peraturan yang berlaku	1. Melakukan penyempurnaan dengan menambahkan ketentuan teknis penerapan zero delta Q pada regulasi terkait. 2. Membuat prototipe penerapan zero delta Q untuk kawasan perkantoran dan apartemen. 3. Melakukan sosialisasi dan pembinaan teknis sesuai dengan regulasi yang direvisi, terutama penerapan zero delta Q. 4. Menerapkan prinsip zero delta Q secara konsisten, konsekuen, sistemik, dan sanksi	1. Kementerian PUPR 2. Kementerian Dalam Negeri 3. Kementarian ATR/BPN 4. Kementerian KOMINFO 5. Pemerintah Daerah

		bagi yang tidak melaksanakan dalam pembangunan kota termasuk ibu kota negara serta pengembangan kota.	
2. Penerapan lubang biopori yang tepat lokasi belum dilakukan sebagai gerakan masyarakat yang masif.	1. Perlu dilakukan sosialisasi terkait penerapan pembangunan biopori pada skala rumahan, misalnya di bawah carport untuk mengurangi air limpasan dari talang, 2. Perlu dibentuk pusat informasi biopori sebagai sarana bagi masyarakat untuk berkonsultasi dalam membuat biopori. 3. <i>Perlu disusun SNI mengenai penerapan biopori untuk skala rumah maupun skala kawasan.</i>	1. Melaksanakan sosialisasi atau kampanye pentingnya pembangunan biopori pada skala rumahan untuk mengurangi air limpasan dari talang, 2. Membentuk pusat informasi, konsultasi, pemberdayaan dan pendampingan dalam pembuatan biopori sebagai sarana bagi masyarakat untuk berkonsultasi dalam membuat biopori pada lokasi yang tepat. 3. Menyusun SNI biopori dan sosialisasinya penerapannya.	1. Kementerian PUPR 2. Kementerian Dalam Negeri 3. BRIN 4. Universitas 5. Kementerian KOMINFO 6. BSN 7. Pemerintah Daerah
3. Pembangunan sumur resapan dangkal pada umumnya belum direncanakan dan dilaksanakan secara optimal sesuai dengan SNI.	Perlu adanya sosialisasi panduan dan pengawasan secara teknis dalam pembangunan sumur resapan dangkal yang dapat disinergikan dengan penerapan <i>rainwater harvesting</i> atau penerapan <i>green building</i> .	1. Menyusun panduan dan melakukan sosialisasi pengawasan secara teknis dalam pembangunan sumur resapan dangkal yang dapat disinergikan dengan penerapan <i>rainwater harvesting</i> atau	1. Kementerian PUPR, 2. Kementerian ESDM, 3. Kementerian Dalam Negeri 4. Kementerian KOMINFO 5. Pemerintah Daerah

		penerapan <i>green building</i>. 2. Membentuk pusat informasi, konsultasi, pemberdayaan dan pendampingan dalam pembuatan sumur resapan dangkal sebagai sarana bagi pemerintah daerah dan masyarakat untuk berkonsultasi dalam membuat sumur resapan dangkal pada lokasi yang tepat.	
4. Sejumlah Pemda sudah menerbitkan Perda terkait pembangunan sumur resapan dangkal namun belum mengacu pada SNI yang ada	1. Perlu melakukan sosialisasi SNI dan supervisi untuk merevisi substansi peraturan daerah terkait dengan sumur resapan agar mengacu pada SNI. 2. Perlu adanya sinergi penerapan antara <i>artificial recharge</i> (sumur dangkal, biopori, dan sumur dalam) dan <i>natural recharge</i> (penghijauan)	1. Melakukan sosialisasi SNI untuk mendorong agar pembangunan sumur resapan dangkal dilaksanakan lebih masif. 2. Melakukan supervisi untuk merevisi substansi peraturan daerah terkait dengan sumur resapan dangkal agar mengacu pada SNI. 3. Mendorong pemerintah daerah menerbitkan peraturan daerah terkait sumur resapan dangkal dengan mengacu pada SNI. Menyusun dan melaksanakan strategi sinergitas mengenai penerapan antara <i>artificial recharge</i> (sumur dangkal, biopori, dan sumur dalam) dan <i>natural recharge</i> (penghijauan).	1. Kementerian PUPR 2. Kementerian ESDM 3. Kementerian Dalam Negeri 4. BSN 5. Pemerintah Daerah

5. Belum adanya peraturan mengenai standar pembangunan sumur resapan dalam.	1. Perlu menetapkan kebijakan dan peraturan serta standar pembangunan sumur resapan dalam. 2. Perlu menyiapkan prototipe penerapan mengenai pembangunan sumur resapan dalam yang dapat dikombinasikan dengan <i>underground storage</i> pada akuifer dalam.	1. Menyiapkan kebijakan dan peraturan serta standar pembangunan sumur resapan dalam yang sinergis dengan upaya mengurangi banjir dan/atau penataan drainase. 2. Membangun prototipe penerapan mengenai pembangunan sumur resapan dalam atau memanfaatkan sumur bor dalam yang sudah ada yang dapat dikombinasikan dengan <i>underground storage</i> pada akuifer dalam.	1. Kementerian PUPR, 2. Kementerian ESDM 3. BRIN 4. BSN
--	---	---	--

V. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (2022) Prakiraan Potensi Banjir Bulan Februari, Maret dan April 2022. <https://www.bmkg.go.id/iklim/potensi-banjir.bmkg?p=prakiraan-daerah-potensi-banjir-bulan-februari-maret-dan-april-2022&tag=&lang=ID>. Diakses pada Tanggal 16 Maret 2022
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2021) Kejadian Bencana Alam Indonesia Capai 3.058 Sepanjang 2021. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/29/bnpb-kejadian-bencana-alam-indonesia-capai-3058-sepanjang-2021>. Diakses Pada Tanggal 16 Maret 2022.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi II, Provinsi Gorontalo (2018) Cara Membuat Biopori untuk Resapan Air dan Mengatasi Banjir. <https://sda.pu.go.id/balai/bwssulawesi2/cara-membuat-biopori/>. Diakses pada Tanggal 16 Maret 2022.
- Gale, I.N., Neumann, I., Calow, R., & Moench, M. (2002) *The effectiveness of Artificial Recharge of groundwater: a review*. British Geological Survey.
- Hafizh, M. Kajian Efektivitas Lubang Resapan Biopori dalam Mereduksi Debit Banjir Akibat Air Limpasan Hujan (*Run-Off*) pada Kawasan Perumahan (Studi Kasus: Perumahan Classic 3, Medan). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*.
- Indriatmoko, R.H. (2010) Penerapan Kebijakan Zero Delta Q dalam Pembangunan Wilayah. *JAI Vol.6 No.1*.
- Jafari, M.R., Bernardeau, F.G. (2019) Deep Injection Well for Flood Prevention and Groundwater Management. *International Journal of Geotechnical and Geological Engineering*.
- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 68 Tahun 2008. (2008) Perubahan Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 115 Tahun 2001 Tentang Pembuatan Sumur Resapan. <https://pelayanan.jakarta.go.id/download/regulasi/peraturan-gubernur-nomor-68-tahun-2005-tentang-perubahan-keputusan-gubernur-nomor-115-tahun-2001-tentang-pembuatan-sumur-resapan.pdf>. Diakses pada Tanggal 16 Maret 2022.
- Poerwo,P (2010) Hidup Damai Harmoni antara Ruang dan Air. Workshop Pelestarian Fungsi DAS Barito untuk Mendukung Pembangunan Kota Berkelanjutan. Banjarmasin,.25 September 2010.
- Pemerintah Indonesia (2008) *Peraturan Pemerintah No.26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*. Lembar Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 48.
- Sebastian, L. (2008) Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir. *Dinamika Teknik Sipil, Vol. 8 No.2 hal:162-169*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 8456:2017. (2017) *Sumur dan Parit Resapan Air Hujan*.
- Taufiq, A. (2014) Naskah Kebijakan Penerapan *Aquifer Storage and Recovery*, Output Kegiatan Reservoir Bawah Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Wijaya, H.T., dkk. (2015) Manfaat Sumur Resapan dalam Penanggulangan Banjir di Wilayah Kelurahan Penaggungan Bagian Selatan, Kota Malang. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya.

VI. LAMPIRAN

Selain rekomendasi terkait an sumur resapan dan biopori sebagai upaya pengendalian genangan, terdapat 2 poin penting terkait optimalisasi pemanfaatan air tanah yang menjadi tantangan ke depan yang membutuhkan tindak lanjut segera, seperti disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Resume Rekomendasi dan Tindak Lanjut Optimalisasi Pemanfaatan Air Tanah

No.	Permasalahan	Rekomendasi	Tindak Lanjut	Penanggung Jawab
1	Pemanfaatan debit optimum (<i>safe yield</i>) mempertimbangkan kemampuan akuifer <i>maksimum mining yield</i> yang merupakan nilai dari <i>volume aquifer</i>	<i>Pumping test</i> dan pengaturan jarak sumur produksi	- melakukan <i>pumping test</i> pada lapisan akuifer yang akan dimanfaatkan untuk mendapatkan debit optimum sumur dan - mengukur penurunan muka air tanah untuk mendapatkan area <i>cone of depression</i> akibat pemompaan sehingga jarak aman antar sumur produksi dapat ditentukan	ESDM
		Analisa Neraca air (regional)	melakukan perhitungan neraca air secara regional untuk mendapatkan nilai <i>safe yield</i> dimana volume airtanah yang diambil sama dengan besaran imbuhan natural dan <i>artificial recharge</i> (jika dilakukan)	PUPR
2	Menyusun <i>blueprint roadmap</i> eksplorasi air tanah pada wilayah potensi	Eksplorasi di wilayah urban dan area industri (<i>Deep Groundwater Exploration</i>)	mengkaji dan menyusun rekomendasi untuk mitigasi wilayah urban dan industri yang terancam <i>land subsidence</i> , penurunan muka air tanah, dan intrusi air laut	PUPR
			melakukan analisis <i>feasibility study</i> terkait dengan eksplorasi akuifer dengan kedalaman di bawah 300m serta kajian keekonomisannya	BRIN
		Eksplorasi di Pulau Kecil	mengoptimalkan pemanfaatan potensi curah hujan (<i>Rainwater Harvesting</i>)	PUPR
			mengoptimalkan airtanah dangkal dengan mempertimbangkan potensi intrusi air laut	PUPR
			mengembangkan teknologi desalinasi yang ekonomis untuk memanfaatkan air payau dan (jika memungkinkan) air laut	BRIN

No.	Permasalahan	Rekomendasi	Tindak Lanjut	Penanggung Jawab
		Eksplorasi di wilayah lepas pantai atau laut (<i>Submarine Groundwater Discharge (SGD)</i>)	melakukan pemetaan dan eksplorasi potensi SGD	ESDM
			melakukan kajian terkait dengan teknologi pemanfaatan SGD	BRIN