

Pengembangan Teknologi Panen Air Hujan Untuk Memenuhi Kebutuhan Domestik di Indonesia

Development of Rainwater Harvesting to Fullfill Domestic Purpose in Indonesia

Nani Heryani

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat),

Jalan Tentara Pelajar No. 1A, Cimanggu Bogor, Telp. 0251-8312760

E-mail: naniheryanids@gmail.com

Diterima 27 Agustus 2021, Direview 26 September 2021, Disetujui dimuat 12 Desember 2021, Direview oleh Anny Mulyani dan Nono Sutrisno

Abstrak. Kelangkaan air secara global terjadi antara lain karena pertumbuhan penduduk yang tinggi, persaingan penggunaan air, dan perubahan iklim global. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini antara lain pemanfaatan sumber air alami berupa air hujan. Teknologi yang sudah ada sejak masa lalu telah diaplikasikan secara luas di berbagai negara, namun di Indonesia belum diterapkan secara luas. Teknologi ini dapat dilakukan pada wilayah dengan curah hujan rendah sampai tinggi, baik di perkotaan maupun pedesaan. Panen air untuk kepentingan domestik bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan air bagi rumah tangga, perkantoran, rumah sakit, pendidikan dan berbagai bidang usaha. Pemerintah, dalam rangka menghadapi dampak perubahan iklim terhadap peningkatan wilayah defisit air serta persaingan penggunaan air untuk berbagai kepentingan, membuat program percepatan penyediaan air baku untuk pertanian dan lainnya untuk menekan risiko kekeringan dan mengurangi penggunaan air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) ataupun air tanah untuk kebutuhan domestik. Tulisan ini menyajikan tentang panen air hujan untuk kebutuhan domestik melalui atap rumah untuk memenuhi kebutuhan air domestik. Rancangan panen air untuk keperluan domestik harus memperhitungkan kebutuhan dan ketersediaan air serta kemampuan teknis dan keuangan. Peran aktif masyarakat dalam perancangan dan pemeliharaan sangat penting untuk keberlanjutan pengembangan teknologinya.

Kata Kunci: panen air hujan / rumah tangga / kelangkaan air

Abstract. *The global water scarcity occurs because of population growth, high competition for water use, and global climate change. One of the efforts that can be done to overcome this problem is the use of natural water sources is a rainwater. Technology that has existed since the past has been widely applied in various countries, while in Indonesia it has not been widely. Simple friendly technology can be applied in areas with low to high rainfall, both in urban and rural areas. Water harvesting for domestic purposes is useful in meeting water requirement for households, offices, hospitals, education and various business fields. The government in order to deal with the impact of climate change on the increase in water deficit areas and competition for water use for various purposes, has made a program to accelerate the provision of raw water for agriculture and others to reduce the risk of drought and reduce the use of water from regional drinking water companies or ground water for domestic requirement. This paper presents about rainwater harvesting for domestic use through roofs of houses. The design of water harvesting for domestic use must take into account the requirement and availability of water as well as technical and financial capabilities. The active role of the community in the design and maintenance of construction is very important for the sustainability of technology.*

Keywords: rainwater harvesting / domestics / water scarcity

PENDAHULUAN

Terjadinya krisis air secara global antara lain karena peningkatan penduduk yang sangat pesat. Diperkirakan penduduk dunia akan mencapai puncaknya sekitar 9,8 miliar pada tahun 2050 (Wang *et al.* 2018; CNN Indonesia 2017).

Industrialisasi, urbanisasi, irigasi untuk pertanian dan gaya hidup yang boros air juga menjadi pemicu krisis air secara global (Al-Saffar *et al.* 2016; Andrew Lo 2003). Dilain pihak persaingan penggunaan air untuk berbagai sektor yang semakin meningkat dan dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan sumber daya air seperti kekeringan semakin kerap terjadi. Untuk itu perlu dilakukan upaya pemanfaatan air dari berbagai

sumber air seperti panen air hujan. Panen air hujan di Indonesia sudah dilakukan sejak tahun 1990an, utamanya untuk keperluan irigasi seperti embung, lebung, pemanfaatan cekungan alami, dan pada tahun 2000an mulai diperkenalkan dam parit dengan cara membendung aliran air di sungai kecil sebagai irigasi suplemen. Hasil penelitian panen air hujan yang digunakan untuk irigasi suplemen dapat meningkatkan indeks pertanaman dan produktivitas lahan kering dan tadah hujan (Sutrisno dan Hamdani 2019; Heryani *et al.* 2013, 2014). Panen air hujan untuk keperluan domestik belum banyak dilakukan, tidak seperti di benua Afrika, Australia, dan China. Di negara-negara tersebut pemerintahnya sudah secara aktif mendukung kegiatan tersebut. Panen air hujan dapat dilakukan di wilayah dengan curah hujan rendah sampai tinggi. Indonesia memiliki curah hujan bervariasi yaitu dari curah hujan tahunan rendah di wilayah Indonesia bagian timur seperti di Nusa Tenggara Timur (NTT) dan Nusa Tenggara Barat (NTB), dan wilayah dengan curah hujan tinggi seperti di Jawa dan Sumatera, sangat berpotensi untuk melakukan panen hujan untuk kebutuhan domestik. Andrew Lo (2003) melaporkan bahwa Negev (wilayah padang pasir di Israel Selatan) telah memanen hujan dalam tangki untuk keperluan rumah tangga dan pertanian dengan curah hujan 100 mm per tahun. Wilayah di bagian utara Mesir dengan curah hujan 200-2000 mm per tahun telah mengaplikasikan panen air hujan selama 2000 tahun dan masih operasional sampai saat ini. Panen air hujan juga telah dilakukan di wilayah semi kering di daerah tropis sebelah tenggara Brazil yang memiliki curah hujan 200-1000 mm dengan pola curah hujan regional dan musiman yang tidak merata.

Hasil penelitian Mehrabadi *et al.* (2013) menunjukkan bahwa sistem panen air hujan di Iran dilakukan di 3 lokasi dengan kisaran curah hujan tahunan 150 mm, 288 mm, dan 1350 mm, dengan kehandalan (*reliability*) berturut-turut berkisar antara 0,9–31,6%, 1,6–58,3%, dan 11,9–98,9%. Kehandalan menggambarkan tingkat kecukupan air yang ditampung baik dari sisi volume maupun waktu pemakaian, seperti untuk berapa orang dan berapa lama air tersebut dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Panen air hujan melalui atap bangunan pada umumnya paling sesuai dalam upaya menyediakan air untuk individu dalam rumah tangga, karena pasokan air langsung tersedia, efisien dalam menampung air hujan karena memiliki koefisien limpasan yang cukup tinggi dan air yang

tersedia relatif bersih. Lebih lanjut Christopher (2008) menyatakan bahwa panen air hujan memiliki beberapa keuntungan yaitu: a) menyediakan pasokan air dengan murah; b) menambah pasokan air minum; c) mengurangi limpasan air hujan dan polusi; d) mengurangi erosi di lingkungan perkotaan; e) menyediakan air irigasi yang membutuhkan sedikit perawatan; f) membantu menekan kebutuhan air pada puncak musim kemarau; g) membantu memperkenalkan manajemen permintaan sistem air minum. Di China dan Taiwan panen air hujan secara tradisional banyak dilakukan di daerah yang memiliki sumber air permukaan atau air bawah tanah terbatas (Andrew Lo 2003; Liaw dan Tsai 2004). Negara di Asia Tenggara seperti Malaysia dan Thailand serta beberapa negara lain di Afrika (Uganda, Ghana, Kenya), Australia, Denmark, Jerman, India, Jepang, dan Amerika juga telah melakukan panen hujan untuk kebutuhan domestik (Uba dan Aghogho 2000; Evans *et al.* 2006; Despina *et al.* 2009; Lani *et al.* 2018). Lani *et al.* (2018) melaporkan bahwa pemerintah Malaysia telah mendukung upaya panen air hujan di negaranya sejak tahun 1998 karena penduduknya mengalami kekeringan, dan dapat mengurangi pengeluaran untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga. Secara ekonomi aplikasi panen air hujan di beberapa kota besar di Australia seperti Melbourne, Sydney, Adelaide, Perth, dan Canberra dapat menekan biaya sekitar \$240 atau sekitar 3,6 juta rupiah per rumah per tahun (Tam *et al.* 2010 dalam Lani *et al.* 2018). Panen air hujan untuk keperluan domestik menjadi salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dan mengurangi penggunaan air bersih dari PDAM (Rofil dan Maryono 2017, Zhang *et al.* 2009). Upaya penampungan air hujan oleh masyarakat di DAS Bekasi bagian hulu dapat menghemat biaya air sebesar 11% dari total biaya yang dikeluarkan untuk biaya air PDAM (Evantri *et al.* 2021).

Hasil penelitian di Provinsi Lampung menunjukkan bahwa panen air dapat mendukung kebutuhan air untuk domestik rata-rata 40 sampai 50%, dalam hal ini dapat mensuplai air selama 130 hari sampai 190 hari dalam satu tahun pada suatu rumah tangga (Susilo dan Prayogo 2019). Di Indonesia, teknologi panen hujan masih terbatas pada taraf penelitian (Haryoso 2010, Heryani *et al.* 2013, Iswandari dan Hadi 2014, Rofil dan Maryono 2017, Kartolo dan Kusumawati 2017; Prihadi *et al.* 2019; Triyono *et al.* 2019). Manfaat yang diperoleh dari pemanenan air hujan adalah sebagai pasokan air bersih

yang berkelanjutan dan dapat dipergunakan sebagai air minum (Shaheed 2017). Di India panen hujan sebagai sumber air tambahan untuk kebutuhan domestik nampaknya lebih diterima di daerah pedesaan daripada di daerah perkotaan (Kumar 2004). Pemanfaatan air hujan sebagai air minum belum diadopsi secara luas karena kekhawatiran terhadap risiko adanya polutan yang dapat berasal dari bahan kimia dan mikrobiologi serta kotoran binatang. Air yang ditampung akan menimbulkan risiko bagi kesehatan jika tidak dilakukan sterilisasi (Ahmed *et al.* 2008, 2011).

Rancangan sistem panen air hujan untuk memenuhi kebutuhan domestik harus dilakukan dengan baik terutama sistem penyimpanan dan penyaluran airnya. Tempat penyimpanan air dan talang air hujan harus dirancang dan dibangun dengan tepat untuk menghindari kehilangan air dalam sistem pemanenan air hujan. Atap rumah yang akan digunakan sebagai daerah tangkapan air diusahakan dalam kondisi bersih. Pengolahan dan sterilisasi air penting dilakukan jika akan dipergunakan untuk air minum. Tulisan ini menyajikan tentang pengembangan teknik panen air hujan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan peluang pengembangannya pada masa yang akan datang.

BEBERAPA JENIS TEKNOLOGI PANEN AIR

Selain teknologi panen air untuk kepentingan domestik yang dibahas pada makalah ini, teknologi panen air lain yang sudah berkembang adalah embung, dam parit, longstorage, penggunaan sistem pompanisasi untuk memanen atau memanfaatkan air permukaan (sungai) dan atau air tanah dangkal/dalam. Embung berfungsi sebagai tempat resapan yang dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah dan menyediakan air bagi tanaman dan ternak pada musim kemarau. Pada tahun 1990an telah dilakukan pembuatan embung secara masal di Desa Selopamiro, Kabupaten Bantul, DIY digunakan untuk irigasi pada tanaman hortikultura seperti cabe merah, cabe rawit, bawang merah, sayur-sayuran, dan tembakau. Hasil pengamatan Heryani *et al.* (2009, 2011) di NTT dan NTB menunjukkan bahwa pembangunan embung-embung kecil yang dilakukan oleh pemerintah daerah dapat dipergunakan untuk irigasi dan penyedia air domestik (keperluan rumah tangga, air minum, perikanan, dan ternak). Keberadaan embung ini sangat membantu keberlangsungan pasokan air bagi

masyarakat NTT dan NTB terutama pada saat musim kemarau. Air dari embung dialirkan melalui pipa dan ditampung dalam bak penampungan air dekat perkampungan. Penyaringan air dilakukan sebelum dimanfaatkan terutama untuk air minum sehingga kualitas air menjadi lebih baik. Di desa Oemasi, NTT telah dibangun 3 bak penampung yang dilengkapi dengan alat penyaring. Selain untuk air minum, air embung juga dipergunakan untuk mengairi tanaman sayuran, mencuci-mandi, dan minum-mandi ternak (Gambar 1).

Dam parit (*channel reservoir*) adalah teknik pemanenan air dalam upaya untuk mengumpulkan atau membendung aliran air pada suatu parit (*drainage network*) dengan tujuan untuk menampung volume aliran permukaan dan meningkatkan muka air. Dam parit mulai dikembangkan di kabupaten Gunungkidul, terbukti selain dapat meningkatkan keberlanjutan sistem usaha tani lahan kering juga dapat menekan laju erosi, sedimentasi, dan bahkan risiko banjir apabila aliran permukaan yang dipanen cukup signifikan (Irianto 2002a). Hasil panen hujan dan aliran permukaan dalam jumlah yang banyak dapat dimanfaatkan dalam antisipasi anomali iklim El-Nino atau untuk memperpanjang masa tanam di akhir musim hujan (Irianto 2002b).

Menurut Irianto *et al.* (2001) skenario rekayasa dan rancang bangun pertanian melalui pengembangan dam parit di lahan kering akan memberikan dampak seperti: 1) menekan defisit air dan meningkatkan produktivitas lahan, 2) mengubah orientasi dari padat tenaga kerja ke padat teknologi terapan, 3) mengubah pola dari tadah hujan ke irigasi suplemen yang memerlukan tenaga tambahan, 4) mengubah jenis tanaman yang diusahakan dari tanaman pangan lahan kering ke hortikultura dan tanaman industri. Dam parit telah dikembangkan baik di lahan kering maupun lahan tadah hujan, pada umumnya dipergunakan untuk meningkatkan ketersediaan air untuk pertanian serta meningkatkan produktivitas lahan dan pendapatan petani (Heryani *et al.* 2001, 2002, 2003; Sawijo *et al.* 2008). Dam parit yang dibuat secara bertingkat (membangun beberapa buah dam parit pada satu alur sungai) dapat digunakan untuk irigasi pada musim kemarau dan meningkatkan indeks pertanaman dan perubahan jenis komoditas yang diusahakan pada musim kedua dari kacang tanah menjadi melon (Heryani *et al.* 2014). Pemanfaatan dam parit sebagai sumber irigasi di lahan kering dan lahan tadah hujan

juga dilaporkan oleh Sutrisno dan Hamdani (2019) dan Kartiwa (2018).

Bangunan panen air lainnya seperti *long storage* sudah berkembang di Papua serta Pantai utara dan selatan Jawa Barat. Long storage merupakan bangunan penahan/penampung air berbentuk memanjang pada lahan yang relatif datar yang berfungsi menyimpan luapan aliran permukaan dan curah hujan sebagai sumber irigasi suplemen pada musim kemarau. Program pemanfaatan air sungai untuk irigasi pada musim kemarau telah dikembangkan terutama pada lahan pertanian dengan indeks pertanaman 100. Menurut Sulaiman *et al.* (2018), saat ini 0,82 juta hektar

lahan kering, semuanya berpotensi terlayani oleh infrastruktur penampung air berupa dam parit, embung, *long storage*, air permukaan (sungai), dan sumur dangkal. Wilayah lain yang berpotensi untuk pengembangan embung dan bangunan penampung air lainnya adalah desa prioritas yang menjadi sasaran pembangunan desa, pembangunan daerah tertinggal, dan transmigrasi sejumlah 17.000 desa. Dari 17.000 desa prioritas terdapat 7.440 desa yang membutuhkan pembangunan infrastruktur sumber air. Penetapan desa prioritas tertuang dalam Keputusan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 126 Tahun 2017.



Gambar 1. Pendistribusian air dari embung melalui pipa atau diambil manual (a), tempat penampungan air dan cara pengangkutan (b), dan pemanfaatan air embung (c)

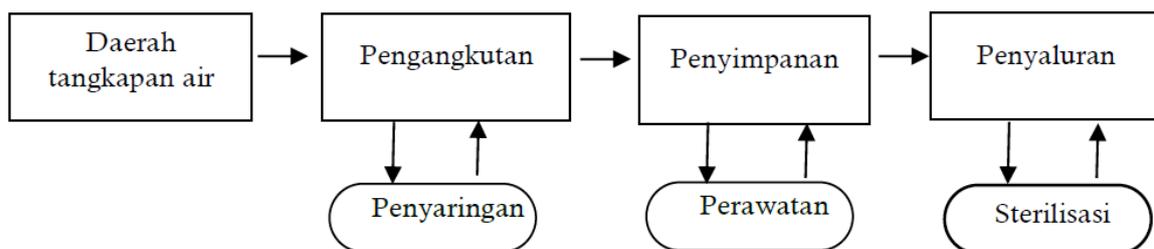
Figure 1. Distribution of water from reservoirs through pipes or manually (a), water storage and delivery methods (b), and water utilization of reservoir (c)

PENGEMBANGAN SISTEM PANEN AIR HUJAN UNTUK KEPERLUAN DOMESTIK

Sistem Panen Air Hujan untuk Kebutuhan Domestik.

Sistem panen air hujan untuk keperluan domestik secara garis besar terdiri dari 4 elemen dasar dan 3 proses lanjutan seperti disajikan pada Gambar 2. Daerah tangkapan air (*catchment area*), yaitu daerah tempat jatuhnya air hujan berupa permukaan atap bangunan, sedangkan pengangkutan (*Conveyance*) dapat berupa talang air atau pipa untuk mengalirkan air dari atap bangunan ke bak penampung. Tangki

tangki, 3) kran air dipasang langsung pada bagian bawah/dasar tangki agar pengeluaran air lebih efisien, tidak dipasang jauh dari dasar tangki, 4) memaksimalkan daerah tangkapan air sebagai sumber air yang akan dipanen, 5) memaksimalkan volume tangki air sebagai penampungan. Kompleksitas sistem panen air hujan untuk domestik sangat beragam, dari yang sederhana di mana tangkapannya bisa berupa pohon, pengangkutan dengan daun pisang dan yang pada umumnya dilakukan adalah dari atap bangunan di daerah pemukiman atau gedung lainnya. Ilustrasinya disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram sistem panen air untuk keperluan domestik (Sumber: DTU 2002)

Figure 2. Flowchart of water harvesting system for domestic purpose (Source: DTU 2002)

penampungan (*storage*) yaitu tempat menyimpan air hujan berupa tangki atau bak penampung air lainnya, sedangkan penyaluran (*delivery*) dapat menggunakan kran atau pompa untuk dipergunakan sesuai kebutuhan. Pada 3 komponen utama (pengangkutan, penyimpanan dan penyaluran) berturut-turut dilakukan proses penyaringan, perawatan rutin, dan sterilisasi/desinfeksi jika diperlukan. Sebelum air disimpan dalam tangki penyimpanan dan sebelum digunakan, dilakukan penyaringan untuk menghilangkan partikel dan kotoran. Tangki penyimpanan harus dibersihkan secara rutin, dan harus tetap tertutup untuk mencegah masuknya serangga dan hewan lainnya. Sterilisasi air hujan yang dipanen dapat dilakukan melalui pemanasan di bawah matahari jika air hujan akan digunakan sebagai sumber air minum.

Untuk menghasilkan air yang dipanen secara maksimal, perancangan konstruksi panen air harus dilakukan dengan optimal: 1) saluran/talang air dipasang dengan kuat di pinggir genteng bangunan agak miring langsung ke bagian atas tangki, 2) saluran pembuangan air (jika berlebih) dipasang di bagian atas tangki penampungan, sebaiknya tidak dibagian tengah

Secara sederhana, penentuan potensi jumlah air yang dapat dipanen dari atap bangunan ditentukan berdasarkan luas permukaan atap bangunan tersebut dan jumlah curah hujan yang dapat dipanen. Potensi rata-rata air yang dapat dipanen (Q) dihitung melalui persamaan $Q = A \times R \times Kr$ (A : Luas daerah tangkapan (m^2); R : Curah hujan ($mm/tahun$); Kr : koefisien run off (Maryono 2017, Worm dan Hattum 2006, Gould 2003a). Secara sederhana potensi curah hujan yang dapat dipanen adalah sebagai berikut: $Q = 200 m^2 \times 500 mm \times 0,8 = 80m^3/tahun = 80000l/tahun = 220 l/hari$. Perhitungan secara detil dapat dilakukan dengan menggunakan data curah hujan bulanan, kemudian menghitung jumlah air yang dapat dipanen secara kumulatif dari bulan Januari sampai Desember. pada saat turun hujan. Volume tangki penyimpanan air juga ditentukan berdasarkan jumlah anggota keluarga.

Ada 4 parameter utama yang mempengaruhi kapasitas tangki optimum yaitu pola curah hujan, jumlah pengguna dalam rumah tangga, luas daerah tangkapan, serta kebutuhan dan ketersediaan air. Penelitian di Bangladesh menunjukkan bahwa luas daerah tangkapan dan pola curah hujan berpengaruh



Gambar 3. Sistem panen air tradisional di Pulau Jeju Korea Selatan (atas, Sumber: Andrew Lo 2003), dan panen air di wilayah pemukiman di China (bawah, Sumber: Zhu 2003)

Figure 3. Traditional water harvesting systems on Jeju Island, South Korea (top, Source: Andrew Lo 2003), and water harvesting in residential areas in China (bottom, Source: Zhu 2003)

nyata terhadap ukuran tangki. Jumlah anggota keluarga atau pengguna yang meningkat akan berpengaruh terhadap kebutuhan air. Jika air yang dipanen jumlahnya konstan, maka air yang disimpan akan dapat digunakan dengan periode yang lebih singkat (Khan *et al.* 2017). Penetapan kapasitas tampung tangki dilakukan dengan menghitung kebutuhan dan ketersediaan air sebagai berikut: 1) menghitung jumlah curah hujan bulanan rata-rata selama setahun, 2) menghitung jumlah air yang dapat dipanen dan jumlah kumulatif yang dapat dipanen per bulan, 3) menghitung kebutuhan air kumulatif. Kapasitas tampungan yang diperlukan merupakan selisih antara curah hujan bulanan kumulatif yang dipanen dengan kebutuhan air kumulatif tertinggi (Worm dan Hattum 2006; Gould 2003a; Gould dan Nissen-Petersen 1999).

Beberapa penelitian tentang perhitungan kapasitas tampung tangki yang harus dibuat untuk menyimpan air hujan yang dipanen telah dilaporkan beberapa peneliti. Kebutuhan air menggunakan standar kebutuhan air per orang menurut SNI 19-6728.1-2002 yaitu berkisar antara 60-120 liter per orang per hari (Evantri 2021). Ketersediaan air berdasarkan potensi pemanenan air hujan ini secara tidak langsung juga dipengaruhi oleh pola perilaku masyarakat dalam memanfaatkan air dalam kebutuhan sehari-hari (Ramadhayanti dan Helda 2021). Selain itu kapasitas penampungan juga sangat ditentukan oleh koefisien aliran permukaan, tingkat kebutuhan air, ketersediaan dana, serta kemampuan dalam membuat bak penampung air (Aladenola dan Adeboye 2009; Eroksuz dan Rahman 2010).

Tabel 1. Beberapa contoh implementasi panen air untuk keperluan domestik

Table 1. The examples of the implementation of water harvesting for domestic use

Lokasi	Panen Air hujan untuk Domestik	Hasil Penelitian	Referensi
DAS Bekasi Hulu	Penduduk DAS Bekasi Hulu (data sekunder)	Masyarakat dapat menghemat biaya air sebesar 11% dari total biaya yang dikeluarkan untuk biaya air PDAM.	Evantri <i>et al.</i> 2021
Kecamatan Banjarbaru Utara	Rumah Penduduk (data sekunder)	Potensi pemanenan air hujan di Kecamatan Banjarbaru Utara tidak mampu memenuhi kebutuhan air bersih rumah tangga secara keseluruhan, hanya sebagai sumber air tambahan	Ramadhayanti dan Helda 2021
Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro, Provinsi Lampung	Rumah penduduk	Dapat mensuplai air untuk kebutuhan domestik selama 130-190 hari per tahun, dan menghemat penggunaan listrik untuk keperluan pompa sumur	Susilo dan Prayogo 2019
Desa Donomulyo, Kabupaten Malang	Rumah Penduduk	Air hujan yang dipanen memenuhi syarat sebagai air minum sesuai dengan standart baku mutu air minum pada PERMENKES & PER/ IV/ nomor 492/ MENKES/, 2010	Prihadi <i>et al.</i> 2019
Jakarta Barat	Rumah penduduk	Panen air hujan dapat memenuhi 76-90% kebutuhan air rumah tangga selama 295-296 hari	Kartolo dan Kusumawati 2017
Kecamatan Tepus Kab.Gunung-Kidul	Rumah Penduduk (data sekunder)	Volume air yang harus disediakan penduduk agar tidak mengalami kekurangan air adalah sebesar 27,13; 25,26; 22,91 dan 17,75 m ³ /orang/tahun untuk periode ulang 23, 15,10, dan 5 tahun	Iswandari dan Hadi 2014
Daerah istimewa Yogyakarta, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur	Rumah penduduk	Penampungan air hujan dari atap rumah dapat membantu memenuhi kebutuhan air domestik pada musim kemarau dan sebagai pemenuhan air suplemen pada musim hujan	Heryani <i>et al.</i> 2013

Sebuah rumah di NTT memiliki luas tangkapan air 35,7 m², koefisien *runoff* 0,8, dan curah hujan tahunan 1367 mm sehingga jumlah curah hujan tahunan yang dapat dipanen sebesar 41,56m³. Rumah tangga tersebut terdiri dari 2 orang, mengkonsumsi air 35 l/kapita/hari sehingga kebutuhannya 2,10 m³/bulan, maka kapasitas tangki maksimum yang harus dibuat berukuran 20,08 m³ (Heryani *et al.* 2013). Kebutuhan air untuk rumah tangga ini lebih rendah dari standar kelayakan kebutuhan air bersih yaitu 49,5 - 60 l/kapita/hari (Anonim 2020) karena rumah tangga tersebut juga memiliki akses terhadap air bersih dari sumur dangkal di sekitar rumah. Hasil kajian di Desa Tepus, kabupaten Gunungkidul, DIY dengan curah hujan 2549 mm/tahun terkonsentrasi pada November-Maret, volume air yang harus disediakan penduduk

agar tidak mengalami kekurangan air adalah sebesar 27,13 m³/orang/tahun. Kapasitas bak penampung maksimum yang harus dibuat sebesar 108,52 m³/orang/tahun dengan periode ulang 23 tahun dengan jumlah anggota keluarga 4 orang. Iswandari dan Hadi (2014). Periode ulang curah hujan didefinisikan sebagai waktu dimana debit atau curah hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tertentu. Dengan periode ulang lebih pendek volume air yang harus disediakan makin menurun, seperti untuk periode ulang 15, 10, dan 5 tahun air yang harus disediakan berturut-turut mencapai 25,26; 22,91 dan 17,75 m³/orang/tahun. Beberapa penelitian atau kajian pemanenan air hujan untuk kebutuhan domestik di dilakukan di beberapa wilayah di Indonesia melalui

implementasi dan kajian menggunakan data sekunder seperti analisis curah hujan dan debit, wawancara kebutuhan dan ketersediaan air, jumlah pengguna air, dan analisis ekonomi. Tabel 1 menyajikan beberapa hasil penelitian tentang panen air untuk kebutuhan domestik.

Pemanfaatan Air Hujan Untuk Kebutuhan Domestik

Hal penting yang perlu mendapat perhatian dalam pemanfaatan sebagai air minum yakni kontaminasi yang mungkin terjadi pada saat proses pemanenan, penyimpanan, dan penggunaannya. Kontaminasi pada air hujan yang dipanen dapat berasal dari atmosfer, tangkapan air, dan kontaminasi selama dan setelah penyimpanan (Gould 2003b, Spinks *et al.* 2003), sebagai berikut:

1. Kontaminasi dari atmosfer dapat berasal dari polusi kendaraan, abu pembakaran dan polusi dari industri, serta dari pertanian seperti penyemprotan herbisida dan pestisida.
2. Dari daerah tangkapan air, kontaminasi biasanya berasal dari kotoran binatang, debu, cat dari atap, dan sampah organik. Dengan demikian perlu untuk menjaga kebersihan atap, atau tidak menampung atau membuang 3-5 menit pertama curah hujan yang turun jika memungkinkan, atau mensterilkan air untuk membantu meningkatkan kualitas air. Pemanenan air hujan pada umumnya dilaksanakan pada siang hari untuk mengontrol kebersihan air yang dipanen dan meluapnya air dari tangki jika volume tangki tidak memadai. Otomatisasi sistem pemanenan air dapat dilakukan untuk mengatur waktu penampungan jika tangki sudah penuh, dan pada umumnya dilakukan di wilayah perkotaan.
3. Kontaminasi selama dan setelah penyimpanan pada umumnya disebabkan oleh pertumbuhan alga; kontaminasi dari reptil, katak, burung, dan serangga; lumpur, dan kontaminasi logam berat/karat yang dapat berasal dari kran. Tangki penampung air hujan harus memiliki tutup agar terhindar dari kotoran. Lumut dapat hidup di dalam tangki jika ada sinar matahari menembus tangki, oleh sebab itu tangki air sebaiknya menggunakan bahan yang tidak tembus pandang serta diletakkan di tempat teduh/terlindungi. Untuk menghindari kontaminasi yang sering terjadi karena penggunaan wadah/tangan yang tidak bersih selama pengumpulan dan pengangkutan air,

air dapat dipindahkan kedalam beberapa wadah penyimpanan yang lebih kecil.

Air hujan di sejumlah daerah di Indonesia rata-rata memiliki pH 7,2 sampai 7,4 sehingga secara kualitas air hujan tersebut masih layak diminum manusia (Maryono 2019). Namun demikian ada beberapa cara untuk mengupayakan agar air hujan yang dipanen menjadi siap untuk diminum yaitu: 1) mendidihkan air selama 1 menit untuk membebaskan bakteri, 2) menambahkan *chlorine* (35ml *sodium hypochlorite* per 1000 liter air) akan mendisinfeksi air, 3) penyaringan untuk menyaring partikel-partikel atau materi yang terbawa pada saat penampungan (Daschner *et al.* 1996 dalam Ahmed *et al.* 2011; Jordan *et al.* 2008), 4) Teknik SODIS (*Solar Water Disinfection*) yaitu memanaskan air hujan di dalam botol plastik bening atau yang sudah dicat hitam diisi air 2/3 kapasitas botol, dan dijemur dengan sinar matahari terik selama 6 jam atau 2 hari jika cuaca sangat berawan untuk mematikan bakteri dan mikroorganisme dalam air hujan (Worm & Hattum 2006; Kenya Water For Health Organization 2009). Air hujan yang ditampung sebaiknya disimpan dulu selama satu malam sebelum diminum (<http://id.wikipedia.org/wiki/Sodis>).

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PANEN AIR KEDEPAN

Sistem panen air hujan untuk keperluan irigasi di Indonesia sudah banyak dilakukan, dengan adanya Intruksi Presiden no 1 tahun 2018 tentang percepatan pengembangan panen air untuk memenuhi air baku untuk pertanian, pengembangan teknologi ini untuk pertanian semakin luas. Teknik panen hujan tersebut pada umumnya dapat meningkatkan indeks pertanaman dan luas tanam terutama di lahan kering. Dengan laju peningkatan penduduk yang makin meningkat yang akan diiringi peningkatan kebutuhan air, sangat logis jika pengembangan panen air untuk kebutuhan domestik dan komersial lainnya akan meningkat.

Peningkatan kebutuhan air juga akan makin dirasakan di wilayah dengan curah hujan rendah dan tercurah pada bulan-bulan tertentu dalam jangka pendek seperti di NTT dan NTB, apalagi pada saat terjadinya iklim ekstrim yang akan berdampak terhadap peningkatan maupun penurunan frekuensi dan jumlah curah hujan. Menurut Gunawan dan Ismail (2020), ke

depan sistem pasokan air harus berkelanjutan dan tangguh untuk menghadapi tantangan yang mungkin timbul akibat perubahan iklim, terutama dengan meningkatnya persaingan penggunaan air antar berbagai sektor seperti industri, pertanian, dan domestik, dalam hal ini sistem panen air merupakan salah satu alternatif untuk pasokan air. Menurut Rejekiingrum (2014) penurunan kondisi biofisik DAS, yang dalam hal ini menunjukkan ketidakpastian ketersediaan air wilayah di masa depan erat kaitannya dengan perubahan iklim global. Potensi bahaya perubahan iklim terhadap sumberdaya air terlihat dari penurunan ketersediaan air dengan intensitas bahaya naik dari periode 2010-2015 ke 2015- 2020, kemudian turun di periode 2020-2025 namun naik kembali pada periode 2025-2030. Wilayah Jawa-Bali dan Sumatera merupakan daerah paling terancam, sedangkan wilayah Papua dan Maluku terancam bahaya penurunan ketersediaan air paling rendah. Panen air merupakan salah satu bentuk teknologi adaptasi yang perlu dikembangkan terus sampai masa depan.

Pengembangan panen air untuk kebutuhan domestik perlu didukung oleh seluruh pengambil kebijakan terkait yang dapat bekerja dengan penuh tanggung jawab yang berorientasi kepada kepentingan masyarakat. Partisipasi masyarakat sangat diperlukan untuk tercapainya pengembangan yang lebih baik.

KEBIJAKAN DAN LANGKAH-LANGKAH OPERASIONAL

Kementerian Pertanian telah melaksanakan program pengembangan teknologi pengelolaan sumber daya air dan iklim melalui aplikasi teknologi panen air hujan (*rainwater harvesting*), Teknologi panen hujan merupakan salah satu alternatif teknologi pengelolaan air dengan cara menampung kelebihan air pada musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau untuk berbagai kepentingan. Dalam rangka menghadapi krisis air yang diproyeksikan akan meningkat secara nasional dari 6,0 persen di tahun 2000 menjadi 9,6 persen di tahun 2045 (Bappenas 2019), salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pemanenan air hujan. Pertumbuhan penduduk, urbanisasi, industrialisasi, dan perubahan iklim dapat meningkatkan tekanan kekurangan air, maka kebijakan manajemen yang komprehensif serta dukungan pemerintah sangat diperlukan untuk mengembangkan

teknologi panen air pada masa yang akan datang terutama untuk keperluan domestik.

Di Indonesia terdapat peraturan pemerintah yang dapat dijadikan referensi dalam melakukan pemanenan atau pemanfaatan air hujan yaitu “Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2009 tentang Pemanfaatan Air Hujan” dan “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11 tahun 2014 tentang Pengelolaan Air Hujan Pada Bangunan Gedung dan Persilnya”. Kedua aturan ini dapat digunakan sebagai rujukan bagi penyelenggara pemerintahan di Indonesia dalam upaya konservasi sumber daya air dan pengendalian kerusakan lingkungan. Rujukan lain yang dapat digunakan adalah *Municipal Handbook for Rainwater Harvesting Policy* yang dikeluarkan oleh *Environmental Protection Agency. United States* tahun 2008.

Kegiatan panen air hujan untuk keperluan domestik harus diprogramkan secara masal kepada masyarakat, setiap rumah tangga diwajibkan untuk memanen air hujan, membuat tangki penampungnya dengan volume tertentu dan memanfaatkan air nya untuk keperluan rumah tangga dan irigasi pada tanaman pekarangannya. Aplikasi teknologi panen hujan untuk keperluan domestik bermanfaat jika terjadi anomali iklim (El-Nino) dan pada saat defisit air (Thomas dan Martison 2007). Upaya panen air dapat dilakukan oleh siapapun dalam rumah tangga. Untuk mendukung keberlanjutannya diperlukan komitmen dari semua pihak yang terlibat untuk tetap memelihara sumber daya alam yang berlimpah di negara tropis sebagai pendukung kehidupan generasi yang akan datang. Pembelajaran yang sangat berharga adalah program pemanenan air hujan yang dilaksanakan di Cina. Pada tahun 1995-1996 masyarakat di daerah Gansu, China mendapat bantuan dari Pemerintah Provinsi Gansu dan hibah sosial, melalui proyek penampungan air hujan '121' yaitu setiap rumah tangga di daerah tersebut memperoleh hibah sekitar US\$50. Dana tersebut digunakan untuk: 1) membuat satu bak penampung air di bawah permukaan tanah, 2) membuat dua tangki penampung air dari atap rumah untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga dan irigasi pada budidaya sayuran atau buah-buahan, 3) menyediakan lahan untuk budi daya sayuran atau tanaman buah. Proyek ini dapat memecahkan masalah air minum bagi 1,2 juta penduduk (Zhu 2003). Dengan berpijak kepada peraturan pemerintah yang telah disebutkan di atas, beberapa langkah operasional

pemanenan air untuk domestik yang dapat dilakukan antara lain: 1) perbaikan manajemen pengelolaan sistem panen air, 2) meningkatkan efisiensi penggunaan air skala rumah tangga melalui aplikasi irigasi hemat air untuk tanaman pekarangan, 3) pengembangan jenis dan varietas tanaman yang dibudidayakan yang toleran terhadap cekaman seperti kekeringan dan genangan (banjir), 4) penyebaran informasi dan edukasi kepada masyarakat agar memahami pentingnya melakukan panen air untuk menekan risiko kekeringan saat ini dan pada masa yang akan datang, serta menekan pengeluaran untuk pembayaran air.

KESIMPULAN

Panen air hujan bermanfaat untuk berbagai keperluan seperti irigasi untuk pertanian, budidaya perikanan, sarana minum untuk ternak, menekan risiko banjir-kekeringan, dan memenuhi kebutuhan domestik. Sistem panen air hujan dari atap bangunan untuk keperluan domestik secara garis besar terdiri dari 4 elemen dasar yaitu daerah tangkapan air (*catchment area*), pengangkutan (*conveyance*), penyimpanan (*storage*) dan penyaluran (*delivery*), dan 3 proses lanjutan yaitu penyaringan, perawatan rutin, dan sterilisasi atau disinfeksi. Kapasitas tangki penampungan air optimum ditentukan berdasarkan luas daerah tangkapan, pola curah hujan, jumlah pengguna dalam rumah tangga, serta kebutuhan dan ketersediaan air. Dalam pengembangannya, panen air hujan melalui embung selain untuk kebutuhan domestik, saat ini telah memiliki nilai tambah dari sisi estetika dan pengaturan lansekap sehingga dapat berfungsi sebagai objek wisata.

Kebijakan manajemen yang komprehensif serta dukungan pemerintah sangat diperlukan untuk mengembangkan teknologi panen air terutama untuk keperluan domestik pada masa yang akan datang, didukung oleh penyebaran informasi dan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya teknologi panen air. Penelitian panen hujan untuk keperluan domestik masih banyak yang dilakukan dengan menggunakan informasi dan data sekunder. Pada masa yang akan datang diperlukan aplikasi langsung secara teknis di lapangan melalui pembangunan sarana panen air, sehingga masyarakat dapat merasakan langsung manfaatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed W, Gardner T, Toze S. 2011. Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: A Review. *J. Environ. Qual.* 40:13–21. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2010.0345>.
- Ahmed W, Huygens F, Goonetilleke A, Gardner T. 2008. Real-time PCR detection of pathogenic microorganisms in roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia. *Appl. Environ. Microbiol.* 74(17): 5490-5496. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00331-08>.
- Aladenola O, Adeboye OB. 2009. Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Res. Management.* 24:2129–2137.
- Andrew Lo KF. 2003. Rainwater Harvesting – An Introduction. Dept. of Natural Resources, Chinese Culture University, Taipei, Taiwan. Paper presented at International Training Course on Rainwater Harvesting and Utilization. Water Resources Bureau of Ganzu Province - International Rainwater Catchments System Association - Ganzu Research Institute for Water Conservancy. Collaboration with China Agriculture University and Agriculture Academy of Ganzu Province. Sept 8-Oct 22, 2003.
- Anonim. 2020. Standar Kebutuhan Air Bersih Dilihat dari Wilayah. <https://www.sanspower.com/standar-kebutuhan-air>. Diakses tanggal 20 Agustus 2021.
- Al-Saffar FN, Abood MM, Haron NA. 2016. Harvested rainwater volume estimation using TANGKI NAHRIM software: calculation of the optimum tank size in terms of water security. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.* 10(6): 40-48.
- Bappenas. 2019. Rancangan Teknokratik. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024 Indonesia Berpenghasilan Menengah-Tinggi yang Sejahtera, Adil, dan Berkesinambungan. 311p.
- Christopher K. 2008. Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Municipal Handbook. Rainwater Harvesting Policies. Environmental Protection Agency. United States. EPA-833-F-08-010. 14 p.
- CNN Indonesia 2017. PBB: Populasi Dunia Dekati 10 Miliar di 2050. <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20170622104956-134-223474/pbb-populasi-dunia-dekati-10-miliar-di-2050>. Diakses 5 Agustus 2021.
- Despins C, Farahbakhsh K, Leidl C. 2009. Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. *J. Water Supply Res. Technol. AQUA*, 58: 117–134.

- DTU [Development Technology Unit]. 2002. Very Low Cost Domestic Roofwater Harvesting in the Humid Tropics: Existing Practice. Report R1, DFID KAR Contract R7833. School of Engineering, University of Warwick, UK.
- Eroksuz E, Rahman A. 2010. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. *Resources, Conservation and Recycling*, 54: 1449– 1452.
- Evans CA, Coombes PJ, Dunstan RH. 2006. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. *Water Res.* 40:37.
- Evantri D, Purwanto MYJ, Santoso R, Waspodo B, Pandjaitan NH. 2021. Panen Air Hujan Sebagai Sumber Air Bersih Alternatif di Wilayah DAS Bekasi Hulu. *JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian*.9(2):73-78. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>. Doi: 10.19028/ jtep.09.2.73-78.
- Gould J. 2003a. Designing water storage for rainwater harvesting system. Paper presented at International Training Course on Rainwater Harvesting and Utilization. Water Resources Bureau of Ganzu Province - International Rainwater Catchments System Association - Ganzu Research Institute for Water Conservancy. Collaboration with China Agriculture University and Agriculture Academy of Ganzu Province. Sept 8-Oct 22, 2003.
- Gould J. 2003b. Rainwater Quality Management. Paper presented at International Training Course on Rainwater Harvesting and Utilization. Water Resources Bureau of Ganzu Province - International Rainwater Catchments System Association - Ganzu Research Institute for Water Conservancy. Collaboration with China Agriculture University and Agriculture Academy of Ganzu Province. Sept 8-Oct 22, 2003.
- Gould J, Nissen-Petersen E. 1999. *Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation*. IT Publications, London.
- Gunawan MN, Ismail Y. 2020. Study of rainwater harvesting implementation. *Journal of Industrial Engineering, Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*. 5(1): 37-47.
- Haryoso B. 2010. Teknik pemanenan air hujan (rainwater harvesting) sebagai alternatif upaya penyelamatan sumberdaya air di wilayah DKI Jakarta. 2010. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(2): 29-39.
- Heryani N, Sosiawan H, Adi SH. 2014. Penilaian kesesuaian pembangunan dam parit bertingkat untukantisipasi kekeringan: studi kasus di Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sumberdaya Air*, 10(2): 113-124.
- Heryani N, Sudarman K, Talaohu SH, Sawiyo. 2013. Disain teknologi panen hujan untuk kebutuhan rumah tangga: studi kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 16(3): 170-182.
- Heryani N, Talaohu SH, Sudarman K, Nasrullah. 2011. Pengembangan metode penentuan kriteria rancang bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan untuk mengurangi risiko banjir dan kekeringan. Laporan Akhir Penelitian Kemenristek. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Heryani N, Talaohu SH, Sudarman K, Nasrullah. 2009. Pengembangan metode penentuan kriteria rancang bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan untuk mengurangi resiko banjir dan kekeringan >30%. Laporan Akhir Penelitian Kemenristek. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Heryani N, Irianto G, Sutrisno N, Surmaini E. 2003. Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Sumberdaya Air untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering di Kabupaten Cianjur Jawa Barat. Laporan Akhir Penelitian Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dan Direktorat Pemanfaatan Air Irigasi. Laporan Akhir Penelitian.
- Heryani N, Irianto G, Pujilestari N. 2002. Pemanenan air untuk menciptakan sistem usahatani yang berkelanjutan (Pengalaman di Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Buletin Agronomi*, XXX(2): 45-52 Irianto G. 2002a. Orang Jakarta tenggelamkan Jakarta. *Harian Kompas* tanggal 31 Januari 2002. Hlm 4.
- Heryani N, Kartiwa B, Irianto G, dan Bruno L. 2001. Pemanfaatan sumber daya air untuk mendukung sistem usaha tani lahan kering: Studi kasus di Sub DAS Bunder, DAS Oyo, Gunungkidul, DIY. *Dalam Sofyan A. et al. (Eds.)*. Prosiding Seminar Sehari Peranan Agroklimat dalam Mendukung Pengembangan Usaha tani Lahan Kering. Puslibangtanak. Badan Litbang Pertanian.
- Irianto G. 2002a. Orang Jakarta tenggelamkan Jakarta. *Harian Kompas* tanggal 31 Januari 2002. Hlm 4.
- Irianto G. 2002b. Benarkah tahun 2002 akan terjadi E-nino dengan intensitas lemah? *Kompas* 2002.

- Irianto G, Duchesne J, Forest F, Perez P, Cudennec C, Prasetyo T, Karama S. 2001. Rainfall and runoff harvesting for controlling erosion and sustaining upland agriculture development. *Proceeding of the 10th International Soil Conservation Organization Conference*, 23-28 May 1999, West Lafayette, Indiana USA.
- Iswandari MDA, Hadi. 2014. Studi estimasi kapasitas penampung air hujan di Desa Tepus Kecamatan Tepus, Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Bumi Indonesia*, 3(2): 1-10.
- Jordan FL, Seaman R, Riley JJ, Yoklic MR. 2008. Effective removal of microbial contamination from harvested rainwater using a simple pointof use filtration and UV-disinfection device. *Urban Water J*, 5: 209–218.
- Kartiwa B. 2018. Teknologi Panen Air dan Irigasi Hemat Air. *Sosialisasi dan Bimbingan Teknis Pengelolaan Air*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kartolo J, Kusumawati E. 2017. Feasibility study of rainwater harvesting for domestic use (Case study: West Jakarta rainfall data). *AIP Conference Proceedings* 1903, 100008 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.5011618>.
- Kenya Water For Health Organization. 2009. SODIS (Solar Water Disinfection) www.kwaho.org or www.sodis.ch. Diakses 25 Agustus 2021.
- Khan ST, Baksh AA, Papon MTI, Ali MA. 2017. Rainwater harvesting system: an approach for optimum tank size design and assessment of efficiency. *International Journal of Environmental Science and Development*, 8(1):37-43.
- Lani NHM, Yusop Z, Syafiuddin A. 2018. A Review of rainwater harvesting in Malaysia: Prospects and challenges. *Water*, 10 (506): 1-21. Doi:10.3390/w10040506.
- Liaw CH, Tsai YL. 2004. Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use. *Journal of the American Water Resources Association*, 40(4): 901 – 912.
- Maryono A. 2019. "Cara Memanfaatkan Air Hujan, Memanen dan Mengolah Jadi Air Minum", <https://tirto.id/elXg>
- Maryono A. 2017. *Memanen Air Hujan (Rainwater Harvesting)*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press. 130 Hlm.
- Mehrabadi MHR, Saghafian B, Fashi FH. 2013. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions. *Resour. Conserv. Recycl*, 73: 86–93.
- Prihadi LR, Yulistiyorini A, Mujiyono. 2019. Sistem pemanenan air hujan pada rumah hunian di daerah karst Kabupaten Malang. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(1): 59-74.
- Ramadhayanti NR, Helda N. 2021. Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal RIVET (Riset dan Inovasi Teknologi)*. 01 (01): 48-56.
- Rejekiningrum P. 2014. Dampak perubahan iklim terhadap sumberdaya air: identifikasi, simulasi, dan rencana aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(1): 1-15. Doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jsdl.v8n1.2014.%25p>.
- Rofil, Maryono. 2017. Potensi dan multifungsi rainwater harvesting (pemanenan air hujan) di sekolah bagi infrastruktur perkotaan, *Proceeding Biology Education Conference* 14(1): 247- 251.
- Sawiyo, Kartiwa B, Sosiawan H, Sudarman K. 2008. Panen air dengan dam parit dan aplikasi irigasi suplementer untuk peningkatan produktivitas lahan. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian (tidak dipublikasikan).
- Shaheed R, Mohtar WHMW, El-Shafie A. 2017. Ensuring water security by utilizing roof-harvested rainwater and lake water treated with a low-cost integrated adsorption-filtration system. *Water Science and Engineering*, 10(2): 115-124. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wse.2017.05.002>.
- Spinks AT, Coombes P, Dunstan RH, Kuszera G. 2003. Water quality treatment processes in domestic rainwater harvesting systems. *Proceedings of the 28th International Hydrology and Water Resources Symposium*. Wollongong, Australia.
- Susilo GE, Prayogo TB. 2019. Rainwater harvesting as an alternative source of domestic water in Lampung Province - Indonesia. *Tata Loka*, 21(2): 305-313.
- Sulaiman AA, Subagyono K, Las I, Zaini Z, Suryani E, Susilowati SH, Heryani N, Mulyani A, Hamdani A. 2018. Sumarno, Hermanto (Eds.) *Membangkitkan Empat Juta Hektar Lahan Sawah Tadah Hujan Mendukung Swasembada Pangan Berkelanjutan*. IAARD Press. 176 Hlm.
- Sutrisno N, Hamdani A. 2019. Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air untuk meningkatkan produksi pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2): 73-88. Doi:

<http://dx.doi.org/10.21082/jsdl.v13n2.2019.73-88>.

- Thomas TH, Martinson DB. 2007. Roof Water Harvesting: A Handbook for Practitioners.
- Triyono, Maryono A, Fandeli C, Setyono P. 2019 . Suitability of water supply systems based on rainwater harvesting. AIP Conference Proceedings 2194, 020130 (2019). <https://doi.org/10.1063/1.5139862>.
- Uba BN, Aghogho O. 2000. Rainwater quality from different roof catchments in the Port Harcourt District, Rivers State, Nigeria. J. Water Supply Res. Technol. AQUA, 49: 281–288.
- Wang X, Zhang J, Gao J, Shahid S, Xia X, Geng Z, Tang L. 2018. The new concept of water resources management in China: ensuring water security in changing environment. Environment, Development and Sustainability. 20: 897–909.
- Worm J, Hattum TV. 2006. Rainwater harvesting for domestic use. Agrodok series No. 43. First edition. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen.
- Zhang YD, Chen L, Chen, dan Ashbolt S. 2009. Potential for rainwater use in highrise buildings in Australia cities. Journal of Environmental Management, 91(1): 222-226.
- Zhu Q. 2003. Rainwater harvesting and poverty alleviation: a case study in Gansu, China. Water Resources Development, 19(4): 569–578.