

PERENCANAAN SISTEM *RAINWATER HARVESTING* YANG BERBASIS *VALUE ENGINEERING*

Kwek Hartono Kurniawan¹, Wilbert Kosasih², Herry Pintardi Chandra³, Cilcia Kusumastuti⁴

ABSTRAK : Beberapa tahun terakhir, air hujan mulai dipertimbangkan untuk memenuhi sebagian kebutuhan air domestik di perkotaan. Salah satu cara pemanfaatan air hujan untuk daerah perkotaan adalah dengan menggunakan sistem *Rainwater Harvesting* (RWHS). Pada penelitian ini, RWHS dicoba diterapkan pada sebuah perumahan X yang terletak di Surabaya Barat. Terdapat beberapa komponen RWHS yang direncanakan yaitu: talang air, pipa penyaluran, dan bak tampungan. Teknik *value engineering* digunakan dalam proses perencanaan sistem ini untuk merencanakan sebuah sistem yang efektif dan efisien. Selain itu, metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) juga digunakan pada perencanaan sistem ini untuk mencari aspek desain prioritas menurut warga perumahan X dan hasil analisisnya akan dijadikan acuan perencanaan. Aspek desain yang dianalisis dalam penelitian ini adalah biaya, kualitas, perawatan, estetika, dan dampak lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspek desain yang paling diprioritaskan adalah dampak lingkungan, diikuti oleh biaya dan kualitas, perawatan, dan terakhir estetika. Talang air yang dipakai adalah talang kotak 120 mm x 110 mm dengan panjang talang 13,9 m. Pipa mendatar dan pipa tegak memakai pipa tipe AW dengan diameter 3/4” dan panjang masing-masing 1,44 m dan 9,55 m. Pada perencanaan bak tampungan dipilih menggunakan bak tampungan dengan kapasitas minimal 2000 liter. Kombinasi perencanaan RWHS terbaik yang disarankan adalah talang air menggunakan talang PVC, pipa penyaluran menggunakan pipa PVC, dan bak tampungan menggunakan bak tampungan plastik dengan kapasitas 2200 liter.

KATA KUNCI : *rainwater harvesting*, *value engineering*, aspek desain

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Oleh karena itu, keberadaan sumber daya air harus tetap dijaga dan dilestarikan agar tidak terjadi kelangkaan air bersih. Salah satu sumber air yang saat ini yang mulai dipertimbangkan untuk digunakan adalah air hujan. Akan tetapi, menurut Susanto, dkk. (2014), di Surabaya, air hujan sering dibuang langsung ke saluran drainase atau tanpa dimanfaatkan kembali. Berdasarkan fakta tersebut, penelitian ini mencoba untuk menerapkan sistem *Rainwater Harvesting* (RWHS) di sebuah perumahan X di daerah Surabaya Barat. Komponen-komponen dari RWHS yang akan didesain meliputi talang air, pipa penyaluran, dan bak tampungan. Penggunaan teknik *value engineering* dalam proses desain diharapkan dapat menghasilkan sebuah desain RWHS yang efektif dan efisien. Selain itu, sebuah metode pemilihan kriteria yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk membandingkan beberapa aspek desain yang sudah ditentukan yaitu: biaya, kualitas, estetika, dampak lingkungan, dan perawatan yang ditanyakan kepada warga perumahan x tersebut dengan kuesioner. Hal ini dilakukan untuk mengetahui aspek desain prioritas yang diinginkan warga di perumahan X tersebut sehingga perencanaan RWHS sesuai dengan keinginan pemilik dan tujuan adanya sistem tersebut.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hartono_loyola@hotmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, wkblast9@gmail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, herry-pin@peter.petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, cilciak@peter.petra.ac.id

2. STUDI LITERATUR

2.1 *Rainwater Harvesting*

Olarutunde dan Oguntunde (2009) menemukan fakta bahwa *Rainwater Harvesting* (RWHS) memberikan alternatif suplai air pada saat terjadi kekeringan. Sistem rainwater harvesting memanfaatkan sumber daya air *on-site*, mengurangi limpasan perkotaan, dan menghemat pengeluaran uang untuk penggunaan air (Chiu, 2012). Menurut UNEP (2009), RWHS telah terbukti memberikan beberapa manfaat di daerah pedesaan seperti kesehatan, pemasukan, dan ketahanan pangan dan sumber daya air, sedangkan pada daerah perkotaan, RWHS dapat mengurangi potensi terjadinya banjir.

2.2 *Value Engineering*

Aplikasi *value engineering* sering dilakukan pada saat tahap desain untuk memberikan hasil yang maksimal. Menurut Tom dan Gowrishankar (2015a), keberhasilan suatu studi *value engineering* terletak pada langkah kerja dari studi *value engineering* tersebut. Menurut Tom dan Gowrishankar (2015b), *value engineering* memiliki beberapa keuntungan seperti: pengurangan biaya, pencegahan terhadap desain yang monoton, dan peningkatan kualitas. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh Chougule dan Panditrao (2014) teknik *value engineering* terbukti dapat meminimalisir biaya total yang dibutuhkan dari sebuah proyek konstruksi sebesar 19,60%.

2.3 Aspek Desain

Dalam proses desain suatu konstruksi ada beberapa aspek yang dapat dijadikan patokan untuk melakukan proses perencanaan. Berdasarkan Marsh (2003) serta Bownass & Bownass (2001), terdapat beberapa kriteria yang biasanya diperhitungkan dalam sebuah desain yaitu: biaya, kualitas, perawatan, estetika, dan dampak lingkungan.

2.4 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik, dan dinamik menjadi bagian-bagiannya, serta menata dalam suatu hirarki. Menurut Suryadi dan Ramdhani (2000), berikut ini adalah langkah-langkah dasar dalam metode AHP:

1. Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi
2. Penilaian kriteria
3. Penentuan prioritas
4. Pengecekan konsistensi logis

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi studi literatur, pengumpulan data hasil kuesioner, data primer dan data sekunder. Data hasil kuesioner didapatkan dari warga di perumahan X di Surabaya Barat. Bentuk kuesioner pada warga ini adalah berupa kuesioner berbasis *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Data primer meliputi pengumpulan sampel air hujan yang mewakili daerah Surabaya Barat untuk kemudian dites secara mikrobiologi dan kimia-fisika. Sementara itu, data sekunder pada penelitian ini adalah data dari pengamatan curah hujan harian selama 10 tahun yang didapatkan dari UPT Buntung Paketingan dari 3 stasiun pencatat hujan yaitu: Simo, Kandangan, dan Gunung Sari. Data yang didapatkan merupakan data curah hujan harian dari tahun 2006-2015.

3.2 Analisis Data Kuesioner

Analisis data kuesioner dilakukan dengan cara melakukan analisis deskriptif yang kemudian dilanjutkan dengan analisis AHP untuk mendapatkan urutan prioritas dari jawaban responden. Analisis deskriptif meliputi analisis responden dan analisis jawaban responden. Pada analisis AHP terdapat sebuah metode pengecekan reabilitas dari pertanyaan kuesioner yaitu konsistensi logis. Analisis AHP bertujuan untuk

mencari urutan prioritas dari 5 aspek desain yang sudah ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai acuan pada proses desain

3.3 Proses Desain Sistem *Rainwater Harvesting* yang Berbasis *Value Engineering*

Proses desain sistem *Rainwater Harvesting* (RWHS) dimulai dengan melakukan analisis hidrologi dan dilanjutkan proses perencanaan beberapa komponen seperti: talang, pipa penyaluran, dan bak tampungan. Hasil desain RWHS yang berbasis *value engineering* disajikan pada Sub Bab 4.3

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil Kuesioner

Pada tahap analisis kuesioner, dilakukan analisis responden, analisis jawaban kuesioner dan analisis *analytical hierarchy process*. Pada kuesioner ditanyakan 10 pertanyaan tentang pendapat warga perumahan X tentang tingkat prioritas antara kriteria 1 dan kriteria 2. Pada **Tabel 1**, akan diberikan pendefinisian kriteria 1 dan kriteria 2 pada masing-masing pertanyaan.

Tabel 1. Pendefinisian Kriteria 1 dan Kriteria 2 pada Masing-Masing Pertanyaan Kuesioner

Pertanyaan	Kriteria 1	Kriteria 2
1	Biaya	Kualitas
2	Biaya	Perawatan
3	Biaya	Estetika
4	Biaya	Dampak Lingkungan
5	Kualitas	Perawatan
6	Kualitas	Estetika
7	Kualitas	Dampak Lingkungan
8	Perawatan	Estetika
9	Perawatan	Dampak Lingkungan
10	Estetika	Dampak Lingkungan

Analisis jawaban kuesioner dilakukan untuk mengetahui rata-rata jawaban untuk masing-masing pertanyaan dari responden. Rata-rata jawaban dicari menggunakan rata-rata geometri. Hasil analisis jawaban responden dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisis Rata-Rata Jawaban Responden

Pertanyaan	Rata-Rata Geometri	Pembulatan
1	1,59	2
2	1,32	1
3	2,98	3
4	0,98	1
5	2,65	3
6	4,84	5
7	0,76	1
8	3,46	3
9	0,34	0.3
10	0,18	0.2

Setelah rata-rata jawaban untuk masing-masing pertanyaan diketahui maka, hasil tersebut dilanjutkan untuk dianalisis dengan metode AHP. Berdasarkan hasil analisis didapatkan urutan prioritas dari 5 aspek desain yang sudah dianalisis dengan metode AHP berdasarkan hasil kuesioner yang disebarakan kepada warga. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Urutan Prioritas Aspek Desain

Aspek Desain	Bobot Total (%)	Ranking
Dampak Lingkungan	28	1
Biaya	26	2,5
Kualitas	26	2,5
Perawatan	15	4
Estetika	6	5

4.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi mencakup analisis data curah hujan harian, mencari distribusi curah hujan, pengujian kelayakan distribusi curah hujan, perhitungan curah hujan harian rencana maksimum dan perhitungan curah hujan harian rata-rata:

1. Analisis Data Curah Hujan Harian

Analisis data curah hujan harian meliputi melengkapi data curah hujan yang didapatkan dan mencari nilai curah hujan harian maksimum Berdasarkan hasil analisis, didapatkan curah hujan harian maksimum dari tahun 2006-2015 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4**.

2. Distribusi Curah Hujan

Dengan data yang sudah diperoleh pada **Tabel 4**, dicari nilai parameter statistik dan dicocokkan dengan prasyarat dari masing-masing distribusi curah hujan. Setelah dilakukan evaluasi, didapatkan nilai C_s sebesar 0,088 dan nilai C_k sebesar 4,44 hasil ini menunjukkan bahwa distribusi curah hujan yang mewakili data curah hujan harian yang sudah didapatkan adalah Distribusi Normal.

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2006-2015

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2006	124
2007	100
2008	96
2009	88
2010	110
2011	88
2012	84
2013	78
2014	81.5
2015	74

3. Pengujian Kelayakan Distribusi Curah Hujan

Uji kelayakan distribusi curah hujan dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi data yang dipilih sudah sesuai. Pengujian ini menggunakan uji chi-kuadrat. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa hasil χ^2 hitung adalah 2 dan hasil χ^2 tabel berdasarkan tabel chi-kuadrat adalah 7,815. Hal tersebut membuktikan bahwa χ^2 hitung < χ^2 tabel dengan tingkat signifikansi lebih dari 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi Normal layak untuk digunakan.

4. Perhitungan Curah Hujan Rencana Maksimum

Perhitungan curah hujan rencana maksimum berdasarkan persamaan pada Distribusi Normal. Tujuan melakukan perhitungan ini untuk mendapatkan debit air hujan yang nantinya akan dipakai untuk melakukan perencanaan talang air dan pipa penyaluran. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai curah hujan harian rencana maksimum sebesar 105,33 mm.

5. Perhitungan Curah Hujan Harian Rata-Rata Bulanan 10 Tahun

Perhitungan curah hujan harian rata-rata bulanan 10 tahun dilakukan dengan cara mencari rata-rata curah hujan per hari dan dilanjutkan dengan rata-rata tiap bulan selama 10 tahun. Tujuan melakukan perhitungan ini untuk mencari nilai aliran masuk sehingga kapasitas bak tampungan dapat direncanakan. Dalam mencari nilai rata-rata ini, nilai curah hujan harian pada Tahun 2010 di bulan Juli – September tidak dipakai karena merupakan kejadian ekstrim dimana hujan tersebut jarang terjadi. Nilai curah hujan harian rata-rata bulanan 10 tahun disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Curah Hujan Rata-Rata Harian per Bulan selama 10 Tahun

Bulan	Curah Hujan Rata-Rata Harian Per Bulan selama 10 Tahun (mm)
Januari	11,97
Februari	13,90
Maret	12,64
April	8,73
Mei	5,38
Juni	2,13
Juli	0,48
Agustus	0,03
September	0,06
Oktober	0,98
November	4,10
Desember	12,31

4.3 Perencanaan Sistem *Rainwater Harvesting*

Perencanaan sistem *rainwater harvesting* terdiri dari perencanaan talang air dan pipa penyaluran serta perencanaan bak tampungan. Perencanaan ini didasarkan pada hasil analisis prioritas aspek desain dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang telah dilakukan.

4.3.1 Perencanaan Talang Air dan Pipa Penyaluran

Perencanaan talang air dan pipa penyaluran menggunakan data curah hujan maksimum yang sudah didapatkan dari analisis hidrologi. Dengan data tersebut, didapatkan nilai intensitas hujan dengan menggunakan Rumus Mononobe yaitu sebesar 12,49 mm/jam. Nilai debit air hujan dapat dicari dengan menggunakan nilai intensitas hujan yang telah didapatkan dan didapatkan hasil sebesar 0,058 liter/detik. Dengan nilai debit ini, maka dilakukan perencanaan talang air dan pipa penyaluran.

Talang air yang dipakai adalah talang air PVC kotak dengan dimensi 120 mm x 110 mm dengan panjang 13,9 m sedangkan untuk pipa mendatar dan pipa tegak dipakai pipa PVC tipe AW dengan diameter 3/4” dengan panjang masing-masing 16,44 dan 9,55 m

4.3.2 Perencanaan Bak Tampungan

Pada perencanaan bak tampungan terdapat 4 hal yang perlu dicari yaitu: aliran masuk, aliran keluar, volume tertinggal, serta volume lebih. Aliran masuk dihitung dengan mengalikan luas atap yang digunakan sebagai daerah tangkapan dan nilai curah hujan rata-rata bulanan 10 tahun yang sudah didapatkan pada analisis hidrologi. Aliran keluar tiap bulan ditentukan sesuai dengan aliran masuk pada bulan tersebut. Aliran keluar ditetapkan berdasarkan referensi yang sudah didapatkan yaitu: pengairan taman sebesar 90 liter dan sanitasi sebesar 70 liter/orang (WHO, 2012) . Volume tertinggal didapatkan dari selisih aliran masuk dan aliran keluar tiap bulannya dari hasil simulasi Sedangkan volume lebih didapatkan bila volume air yang didapatkan sudah melebihi kapasitas.

4.3.3 Kombinasi Perencanaan Sistem *Rainwater Harvesting*

Pada penelitian ini terdapat 2 Kombinasi perencanaan sistem *rainwater harvesting* (RWHS) yaitu:

- Kombinasi 1: talang air PVC + pipa penyaluran PVC + bak tampungan plastik
- Kombinasi 2: talang air PVC + pipa penyaluran PVC + bak tampungan *stainless steel*
- Kombinasi 3: talang air galvanis + pipa penyaluran galvanis + bak tampungan plastik.
- Kombinasi 4: talang air galvanis + pipa penyaluran galvanis + bak tampungan *stainless steel*.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, aspek dampak lingkungan dari 4 kombinasi perencanaan ini memiliki nilai yang sama jika dilihat dari umur pakainya dan semuanya melebihi umur rencana. Oleh karena itu proses evaluasi dialihkan pada aspek biaya dan kualitas. Aspek biaya dilihat dari analisis biaya manfaat sedangkan kualitas dilihat dari material yang digunakan. Hasil analisis biaya manfaat masing-masing kombinasi dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Analisis Manfaat/Biaya Tiap-Tiap Kombinasi Perencanaan Sistem *Rainwater Harvesting*

Kombinasi Perencanaan	Penghematan air	Biaya Perencanaan	Perbandingan Manfaat/Biaya
Kombinasi 1	Rp. 138.039.990,00	Rp. 4.311.410,00	32,02
Kombinasi 2	Rp. 138.039.990,00	Rp. 4.826.410,00	28,60
Kombinasi 3	Rp. 138.039.990,00	Rp. 6.875.210,00	20,08
Kombinasi 4	Rp. 138.039.990,00	Rp. 7.390.210,00	18,68

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan semua kombinasi layak untuk dipakai karena memiliki nilai perbandingan manfaat/biaya lebih dari satu. Namun, pada penelitian ini dicari kombinasi yang paling optimal. Oleh karena itu, dipilih kombinasi 1 sebagai kombinasi yang paling optimal untuk digunakan dari aspek biaya karena memiliki nilai perbandingan terbesar.

Berdasarkan aspek kualitas, kombinasi 1 dan kombinasi 3 memakai kombinasi material PVC dan plastik sedangkan kombinasi 2 dan 4 memakai kombinasi material galvanis dan besi. Kombinasi 2 dan 4 memiliki kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya karat pada komponen yang berbahan dasar besi dan dapat mengurangi kualitas air. Oleh karena itu, dipilih kombinasi 1 atau kombinasi 3 sebagai kombinasi yang cocok pada aspek kualitas. Berdasarkan hasil tersebut, maka ditetapkan memakai kombinasi 1 sebagai kombinasi yang paling optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data-data yang sudah didapatkan maka, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil analisis data kuesioner yang didapatkan dari penduduk warga perumahan X di Surabaya Barat diketahui bahwa aspek desain yang paling diprioritaskan adalah dampak lingkungan diikuti oleh biaya dan kualitas, perawatan, serta estetika pada urutan terakhir.
- Berdasarkan hasil analisis data hidrologi dan desain didapatkan material yang dipakai dalam perencanaan sistem *rainwater harvesting* dengan berbasis *value engineering* adalah sebagai berikut:
 1. Talang air kotak 120 mm x 110 mm dengan material PVC dan panjang 13,9 m.
 2. Pipa tipe AW mendatar dengan material PVC dan panjang 16,44 m.
 3. Pipa tipe AW tegak dengan material PVC dan panjang 9,55 m.
 4. Bak tampungan dengan material plastik 2200 liter.
- Berdasarkan hasil analisis dari hasil perencanaan sistem *rainwater harvesting* yang sudah dilakukan maka dipakai kombinasi 1 sebagai kombinasi yang paling optimal

Terdapat beberapa saran yang diberikan pada penelitian lain kedepannya yaitu:

- Pada suatu perencanaan sangat banyak terdapat aspek desain yang bisa di analisis. Namun, penelitian ini hanya bisa memberikan 5 aspek saja. Untuk penelitian kedepannya semakin banyak aspek yang dilihat maka semakin akurat perencanaan yang dilakukan
- Pada penelitian ini, data curah hujan harian yang didapatkan mempunyai rentang 10 tahun saja. Akan lebih baik bila didapatkan data curah hujan harian 20 tahun

6. REFERENSI

- Bownass, D. A., & Bownass, D. (2001). *Building Services Design Methodology: a Practical Guide*: Spon Press
- Chiu, Yie-Ru. 2011. *Simulation-based Spatial System for Rainwater harvesting Systems in the Sustainable Campus Project*. Tzu-Chi University. Taiwan
- Chougule, M.A. & Panditrao, K.S. (2014). Application of Value Engineering for Cost Reduction of Household Furniture Product – A Case Study. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering dan Technology*. 3.10
- Marsh, C. (2003). *Building Services Procurement*. Spon Press. London
- Olaruntande, A.J. & Oguntunde, P.G. (2009). Effective Water Resources Management as a Panacea for Climate Problem in Nigeria. *Journal of Engineering and Earth Science*. 3(2). 18-25
- Suryadi, K. & Ramdhani, A. 2000. *Sistem Pendukung Keputusan: Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Konsep Pengembangan Keputusan*. PT. Rosdakarya Offset. Bandung.
- Susanto, D., Kahana, R.E., Chandra, H.P., (2014). *Studi Kasus Penerapan Konservasi Air pada Perumahan PT. X*. Unpublished Thesis Petra Christian University. Surabaya
- Tom, N., & Gowrisankar, V. (2015a) Optimal Housing Construction through Value Engineering. *International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology*. 2:10.
- Tom, N., & Gowrisankar, V. (2015b) Value Engineering in Residential House Construction. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 6:6, 46-52
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2009). *Rainwater Harvesting: A Lifeline For Human Well Being*. A report by Stockholm Environment Institute
- World Health Organization (WHO). (2012) *WHO Technical Notes on Drinking Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies*.