

SIMULASI POLA OPERASI EMBUNG SERBAGUNA TAMBAKSARI KABUPATEN CILACAP DENGAN METODE *STANDARD OPERATING RULE (SOR)*

Ines Epti Noniasari¹, Puji Utomo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Teknologi Yogyakarta

¹inesepti1109@gmail.com, ²mr.pujiutomo@gmail.com

Abstract

Human survival depends on water availability as water is a basic needs. As population increases, water becomes more limited. One of the ways to prevent draught is collecting water in retention basin. Tambaksari Multipurpose Retention Basin serves to provide basic water demand and irrigation water for the local community. Water availability and water demand should be equal, so a simulation of the operating patter of the retention basin is necessary to distribute water equally and determining the failure level of the retention basin in performing its task.

In the present study, the retention basin operating pattern was simulated using Standard Operating Rule (SOR) method. The present study used secondary data, including population data, rainfall data, climatological data and technical data of the retention basin. The size of DAS Tambaksari is 0.41 km² while the size of the irrigated land is 12 Ha. The rainfall data was from 2008-2018 obtained from two rain stations, population data of Tambaksari Village was from 2008-2019, and the climatological data was from 2014-2019.

The simulation result of the retention basin operating pattern using SOR method showed that the final collection wasn't under minimum collection and failure happened in the operation of the retention basin for one year. . The optimal ability of the target release is 70.83% for the reliability of irrigation needs and the level of reliability for raw water needs of 58.33%. Population projection analysis to determine the population in 20 years showed that the future population of 4044 required 3.861 l/person/s of water. Irrigation demands for rice-rice-palawija planting pattern showed that irrigation intake was 11.89 l/s. Water balance determined the balance between inflow and outflow. The value for average water availability was 0.021 m³/s while total average water demand was 0.016 m³/s. therefore, the water availability in partial intake wasn't able to meet the irrigation and basic water demands.

Keywords: *discharge, retention basin operation simulation, SOR*

Pendahuluan

Penduduk Indonesia menempati peringkat keempat di dunia yang memiliki kepadatan penduduk sangat tinggi dengan perkembangan penduduk yang tergolong cepat. Semakin bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan air akan meningkat serta ketersediaan air menjadi terbatas. Salah satu permasalahan dalam penyediaan sumber daya air adalah ketersediaan air menurut ruang dan waktu. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, dilakukan upaya pembangunan sumber daya air dengan menciptakan wadah untuk menampung genangan air di atas permukaan tanah berupa embung.

Mengingat kondisi topografi Desa Tambaksari yang berbukit maka sangat cocok untuk dilakukan pembangunan embung dalam upaya konservasi sumber air. Embung sebagai sarana dalam menampung kelebihan air hujan, diharapkan dapat dimanfaatkan dengan baik. Agar sumber air dapat memenuhi kebutuhan baik untuk penyediaan air bersih maupun irigasi maka dalam pemanfaatan air embung perlu dilakukan berdasarkan pada perencanaan dan

pengoperasian air embung secara optimal dan berkelanjutan.

Perencanaan pola operasi embung dengan menggunakan metode simulasi dilakukan untuk mengetahui perubahan kapasitas tampungan embung, dengan tujuan untuk meninjau sejauh mana tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari perilaku sistem pengoperasian embung dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya. Pola operasi embung yang optimal dilakukan dengan meninjau antara kebutuhan air serta ketersediaan air. Model simulasi akan menganalisis probabilitas keandalan atau kegagalan rencana operasi yang telah ditetapkan

Tinjauan Pustaka

Pengetahuan Umum Tentang Sumber Daya Air

Menurut Limantara (2018) Dalam proyek pengembangan sumber daya air, perkiraan volume air adalah hal yang sangat penting mengingat hal tersebut merupakan dasar perencanaan dan pengoperasian sistem sumber daya air. Pengoptimalan fungsi pengelolaan embung merupakan salah satu cara

agar sumber daya air dapat dikelola secara optimal. Pola operasi yang diterapkan bertujuan untuk mendistribusi sumber daya air sehingga dapat terlaksana secara optimal serta bertujuan untuk membuat keseimbangan antara volume tampungan, debit masukan (*inflow*) dan debit keluaran (*outflow*). Rencana pola operasi embung diharapkan dapat memenuhi berbagai kebutuhan sesuai yang direncanakan.

Embung merupakan kolam penampungan air dari suatu sumber air yang berfungsi mengoptimalkan pemanfaatan sarana pengairan baik sebagai sarana dalam menampung kelebihan air pada saat debit tinggi atau musim penghujan maupun sebagai tempat cadangan air apabila musim kemarau tiba. Ketersediaan air pada tampungan embung digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari maupun sebagai sarana pengairan atau irigasi.

Pola Operasi

Suatu embung merupakan salah satu sarana pemanfaatan sumber daya air sebagai penyimpanan dan penyedia air. Berdasarkan kegunaan-kegunaan tersebut maka potensi embung dalam menampung air dirancang dalam pola operasi untuk memenuhi kebutuhan dibagi menjadi dua, sebagai berikut:

1. Kebutuhan Air Baku
2. Kebutuhan Air Irigasi

Metode Penelitian

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan antara proses penguapan air bebas (*evaporasi*) yang melakukan penguapan dari permukaan air dan proses penguapan melalui tanaman (*transpirasi*) yang melakukan penguapan lewat daun-daun tanaman. Pada penelitian ini digunakan Metode Penman Modifikasi yang dapat dihitung dengan **Persamaan 1.**

$$E_{to} = c \times (W \times R_n + (1 - W) \times f(U) \times (e_a - e_d)) \quad (1)$$

Dengan:

- E_{to} = Index Evapotranspirasi
- c = Faktor penyesuaian kondisi akibat cuaca siang dan malam
- W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
- $f(U)$ = Fungsi kecepatan angin
- e_a = Tekanan uap jenuh (mbar)
- $1 - W$ = Elevasi daerah (m)
- e_d = Tekanan uap nyata (mbar)
- R_n = Radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk irigasi. Debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi 80 %, yang diartikan

bahwa kemungkinan (*probabilitas*) terpenuhi debit sungai lebih rendah dari debit andalan 20 %. Dalam analisis debit sungai pada penelitian ini menggunakan Metode Mock dan mengacu pada rumus *Weibull* yang dapat dilihat pada **Persamaan 2.**

$$Q_{80} = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan:

- Q = Debit aliran yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80% (*probabilitas*)
- m = Nomor urut data debit
- n = Jumlah total data debit

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh di suatu daerah pada periode tertentu dan secara efektif digunakan guna memenuhi kebutuhan tanaman untuk pertumbuhan. Curah Hujan Efektif setengah bulan untuk padi diambil 70% dari nilai R80 dan untuk palawija diambil 70% dari nilai R50.

Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan analisis yang memperhitungkan laju pertumbuhan penduduk serta memperkirakan jumlah penduduk di suatu wilayah pada tahun yang akan datang. Pada penelitian ini digunakan metode Geometrik yang dapat dihitung dengan **Persamaan 3.**

$$P_t = P_o \times (1 + r)^t \quad (3)$$

Dimana:

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun t (jiwa)
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar (jiwa)
- r = Laju pertumbuhan penduduk (%)
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

Kebutuhan Air Baku

Menurut Ditjen Cipta Karya (2000) standar kebutuhan air ada dua macam yaitu standar kebutuhan air domestik dan standar kebutuhan air non domestik. Pada penelitian ini digunakan hanya kebutuhan air domestik yang dapat dihitung dengan **Persamaan 4.**

$$Q_t = Q_{md} \times \frac{100}{80} \text{ (faktor kehilangan air 20\%)} \quad (4)$$

Dimana:

- Q_{md} = Kebutuhan air bersih (m³/tahun)
- f_{md} = Faktor hari maksimum (1,05 – 1,15)
- Q_t = Kebutuhan air total (m³/tahun)

Kebutuhan Air Irigasi

Besarnya kebutuhan air pada pintu pengambilan berdasarkan pada nilai kebutuhan air bersih untuk tanaman yang nantinya dapat diketahui total besarnya nilai kebutuhan air pada intake yang dihitung menggunakan **Persamaan 5.**

$$\frac{DR \times A}{1000} \quad (5)$$

Dimana:

D = Kebutuhan air pada pintu pengambilan (l/s/ha)

A = Luas area irigasi (Ha)

Simulasi Pola Operasi Embung

Simulasi ini digunakan untuk mengevaluasi hasil pola pengoperasian pada embung dalam meninjau kegagalan atau keberhasilan pengoperasian. Pengoperasian tersebut dievaluasi dengan simulasi melalui kajian tentang unjuk kerja (*performance*) dari embung tersebut. Pada penelitian ini digunakan simulasi metode *Standard Operating Rule* (SOR). Pada penelitian ini juga, simulasi pola operasi berhubungan erat dengan analisis tampungan embung pada setiap setengah bulanan yang dapat dihitung menggunakan **Persamaan 6**.

$$S_{t+1} = St + Inflo - Et - AR \text{ Irigasi} - AR \text{ Air Baku} \quad (6)$$

Dimana:

S_t = Tampungan awal (MCM)

EL_t = Elevasi muka air (MCM)

Et = Evapotranspirasi (MCM)

AR = Actual Release (MCM)

Analisis dan Pembahasan

Perhitungan Evapotranspirasi

Pada perhitungan *evapotranspirasi* digunakan data klimatologi selama 5 tahun yaitu tahun 2014 sampai 2019 yang selanjutnya dianalisis menggunakan Metode Penman Modifikasi yang dipergunakan untuk perhitungan debit aliran sungai dan perhitungan kebutuhan irigasi. Berikut hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Evapotranspirasi

Bulan	Eto (mm)	Bulan	Eto (mm)
Jan	I 3,74	Jul	I 2,81
	II 3,74		II 2,81
Feb	I 3,62	Ags	I 3,46
	II 3,62		II 3,46
Mar	I 3,29	Sep	I 3,89
	II 3,29		II 3,89
Apr	I 2,72	Okt	I 3,93
	II 2,72		II 3,93
Mei	I 2,91	Nov	I 3,59
	II 2,91		II 3,59
Jun	I 2,65	Des	I 3,62
	II 2,65		II 3,62

Perhitungan Debit Andalan

Analisis dalam penelitian ini menggunakan metode Mock berdasarkan transformasi data curah hujan 15 harian dari dua stasiun curah hujan dengan data 10 tahun 2009–2018 dan data klimatologi.

Pada prinsipnya, metode Mock memperhitungkan volume air yang masuk, keluar dan yang disimpan dalam tanah. Nilai maksimum terdapat pada bulan Maret kedua dan debit minimum terdapat pada bulan

September kedua. Berikut ini hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Debit Andalan

Bulan/ Periode	m ³ /dt	Bulan/ Periode	m ³ /dt
Jan I	0,012	Jul I	0,008
Jan II	0,028	Jul II	0,007
Feb I	0,035	Agst I	0,004
Feb II	0,036	Agst II	0,003
Mar I	0,040	Sep I	0,003
Mar II	0,041	Sep II	0,002
Apr I	0,034	Okt I	0,002
Apr II	0,029	Okt II	0,007
Mei I	0,031	Nov I	0,031
Mei II	0,022	Nov II	0,033
Jun I	0,014	Des I	0,036
Jun II	0,015	Des II	0,037

Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah hujan yang akan digunakan merupakan curah hujan rata-rata daerah hujan. Menghitung curah hujan efektif dengan peluang terpenuhi dari adanya sistem probabilitas. Hasil analisis perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Curah Hujan Efektif

Bulan		R 80	R 50	Bulan		R 80	R 50
Jan	I	4,85	7,96	Jul	I	0,03	0,52
	II	6,32	8,00		II	0,14	2,15
Feb	I	5,90	8,44	Ags	I	0,02	0,10
	II	5,20	8,02		II	0,04	0,21
Mar	I	5,80	7,17	Sep	I	0,09	0,53
	II	6,11	6,99		II	0,13	0,23
Apr	I	3,41	6,94	Okt	I	0,03	1,29
	II	2,79	5,46		II	1,74	8,08
Mei	I	2,86	5,70	Nov	I	6,72	8,87
	II	1,40	4,03		II	5,93	10,41
Jun	I	0,37	3,93	Des	I	5,27	7,23
	II	0,17	2,27		II	5,81	9,41

Perhitungan Proyeksi Penduduk

Jumlah penduduk untuk 20 tahun yang akan datang dianalisis menggunakan metode Geometrik dengan mengacu pada jumlah penduduk tahun 2008–2019. Berikut hasil analisis proyeksi penduduk dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Metode Geometrik

Tahun	n	Jumlah Penduduk
2020	1	3466
2021	2	3494
2022	3	3523
2023	4	3551
2024	5	3580
2025	6	3609
2026	7	3639
2027	8	3669
2028	9	3698
2029	10	3729
2030	11	3759
2031	12	3790
2032	13	3820
2033	14	3852
2034	15	3883
2035	16	3915
2036	17	3946

2037	18	3979
2038	19	4011
2039	20	4044

Perhitungan Kebutuhan Air Baku

Besarnya nilai pada perhitungan kebutuhan air baku dilakukan berdasarkan data penduduk yang telah dianalisis menggunakan proyeksi penduduk metode geometrik. Jumlah kebutuhan air, untuk cakupan desa yaitu 60 l/org/hari. Berikut ini hasil perhitungan kebutuhan air baku dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Kebutuhan Air Baku

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Qt (m ³ /s)	No	Tahun	Jumlah Penduduk	Qt (m ³ /s)
1	2020	3466	0,00331	1	2030	3759	0,00359
2	2021	3494	0,00334	2	2031	3790	0,00362
3	2022	3523	0,00336	3	2032	3820	0,00365
4	2023	3551	0,00339	4	2033	3852	0,00368
5	2024	3580	0,00342	5	2034	3883	0,00371
6	2025	3609	0,00345	6	2035	3915	0,00374
7	2026	3639	0,00347	7	2036	3946	0,00377
8	2027	3669	0,00350	8	2037	3979	0,00380
9	2028	3698	0,00353	9	2038	4011	0,00383
10	2029	3729	0,00356	10	2039	4044	0,00386

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

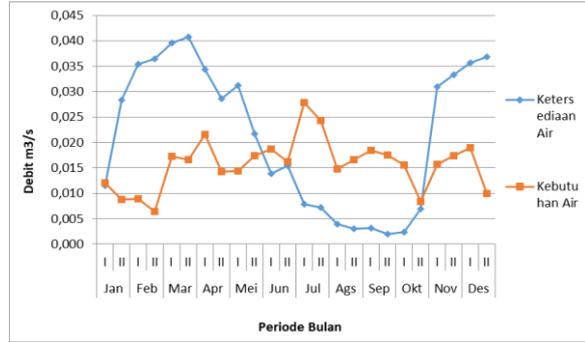
Besarnya kebutuhan air di sawah tergantung pada besarnya curah hujan, jenis tanah, pola tata tanam dan koefisien tanaman. Pada analisis ini digunakan pola tata tanam padi-padi palawija yang dimana musim tanam dimulai pada awal bulan November, dan diakhiri pada bulan Oktober. Berikut ini hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Total Keb.Air irigasi di intake	Bulan	Periode	Total Keb.Air irigasi di intake
		(m ³ /s)			(m ³ /s)
Nov	I	0,012	Mei	I	0,011
	II	0,014		II	0,013
Des	I	0,015	Jun	I	0,015
	II	0,006		II	0,012
Jan	I	0,008	Jul	I	0,024
	II	0,005		II	0,021
Feb	I	0,005	Ags	I	0,011
	II	0,003		II	0,013
Mar	I	0,013	Sep	I	0,015
	II	0,013		II	0,014
Apr	I	0,018	Okt	I	0,012
	II	0,010		II	0,005

Analisis Neraca Air

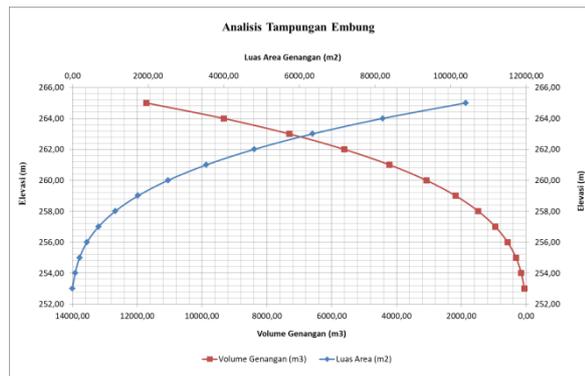
Analisis neraca air untuk mengetahui keseimbangan antara debit masukan (*inflow*) dan debit keluaran (*outflow*) agar dapat tercapai keseimbangan yang optimum. Grafik neraca air dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik Neraca Air

Analisis Tampung Embung

Data tampungan diperoleh dengan menghitung jumlah volume air yang bisa ditampung berdasarkan elevasi dan luas. Lengkung kapasitas waduk merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah engangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Berikut grafik tampungan embung yang telah dianalisis dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Hubungan Luas Area Genangan dengan Volume Tampungan

Simulasi Pola Operasi Embung

Simulasi *Standard Operating Rule (SOR)* akan menganalisis probabilitas keandalan atau kegagalan rencana operasi yang telah ditetapkan. Adapun hasil dari perhitungan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Nilai target *release* kebutuhan air irigasi pada bulan Januari hingga bulan Juni hasilnya sama.
2. Nilai target *release* kebutuhan air irigasi pada bulan Juli hingga bulan Oktober lebih kecil dari nilai *actual release*.
3. Nilai target *release* kebutuhan air baku pada bulan Januari hingga bulan Mei hasilnya sama.
4. Nilai target *release* kebutuhan air baku pada bulan Juni hingga bulan November lebih kecil dari nilai *actual release*.

Hasil Pembahasan Neraca Air

Neraca air digunakan untuk mengetahui keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air pada suatu embung. Diambil contoh kebutuhan total atau debit *outflow* pada bulan Juni memiliki nilai sebesar 0,019 m³/s, sedangkan ketersediaan air hanya sebesar 0,014 m³/s. Pada masa tanam pertama tepatnya pada bulan November hingga Mei berada pada kondisi surplus dimana kebutuhan air lebih kecil dari ketersediaan air. Sedangkan pada bulan Juni hingga Oktober terjadi kondisi benefit dimana kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air.

Tampungan Embung

Pola operasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan elevasi, volume genangan dan luas genangan pada suatu tampungan embung. Berdasarkan kurva lengkung kapasitas embung, titik perpotongan antara volume genangan dan luas genangan berada pada elevasi +263 m volume kapasitas tampungan maksimum embung sampai pada elevasi +265 m adalah 11715,30 m³ dengan luas genangan 12968,972 m².

Simulasi Pola Operasi Embung

Dalam analisis simulasi *Standard Operating Rule* (SOR) dianalisis berdasarkan data debit andalan metode Mock sebagai *inflow* data *evapotranspirasi*. Sedangkan data *outflow* yaitu kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Perubahan kapasitas tampungan akhir embung untuk proses simulasi tiap bulannya saling memiliki keterkaitan.

Keberhasilan dari simulasi pola operasi embung adalah dimana nilai *Actual Release* harus sama hasilnya dengan nilai *Target Release*. Dari hasil analisis, dikatakan bahwa kondisi keandalan embung ada yang mengalami kegagalan dimana keadaan embung belum mampu memenuhi kebutuhan yang ditargetkan selama pengoperasian di bulan tersebut.

Dengan meninjau tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari perilaku sistem pengoperasian embung dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya, didapatkan nilai reliabilitas keandalan rencana operasi pada kebutuhan irigasi yaitu sebesar 70,83% sedangkan keandalan rencana operasi pada kebutuhan air baku sebesar 58,33% dari target release 100%

Kesimpulan

Dari hasil penelitian simulasi terhadap pola operasi embung menggunakan metode *Standard Operating Rule* (SOR), dapat disimpulkan seperti di bawah ini:

1. Besarnya rata-rata kebutuhan air irigasi di intake sebesar 11,89 lt/s/ha dengan luas area irigasi 12 Ha, sedangkan untuk kebutuhan air bersih 20 tahun kedepan sebesar 3,861 lt/s.
2. Debit *inflow* yang dihasilkan rata-rata sebesar 0,021 m³/s sedangkan total kebutuhan air rata-rata sebesar 0,016 m³/s. Dapat diketahui bahwa

ketersediaan air di intake sebagian pada bulan Juni hingga Oktober belum mampu mencukupi kebutuhan air irigasi dan air bersih, hal tersebut terjadi dikarenakan musim kemarau. Ketersediaan air dengan cukup banyak kekurangan air untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku terdapat pada bulan Juli periode pertama sedangkan pada bulan November hingga Mei untuk ketersediaan air sangat mencukupi dalam memenuhi kebutuhan air irigasi dan air bersih.

3. Analisa keandalan tampungan dengan menggunakan simulasi *Standard Operating Rule* (SOR) untuk mengetahui antara *inflow* dan *outflow* tiap setengah bulanan. Besarnya *release* embung dihitung berdasarkan perhitungan kebutuhan air. Dengan periode ½ bulanan, jumlah periode yang gagal untuk kebutuhan air irigasi terjadi sebanyak 7x kegagalan sedangkan untuk kebutuhan air baku terjadi sebanyak 9x kegagalan.

Untuk keberhasilan dalam pengoperasian pada tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari perilaku sistem pengoperasian embung dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya, didapatkan nilai probabilitas keandalan rencana operasi pada kebutuhan irigasi yaitu sebesar 70,83% sedangkan keandalan rencana operasi pada kebutuhan air baku sebesar 58,33%.

Daftar Pustaka

- Ariyani, Dwi. 2015. Hidrologi. Jakarta: Universitas Pancasila.
- Departemen, P. U. (1986). Standar Perencanaan Irigasi (KP-01). *Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta*.
- Isqak, D., Juwono, P. T., & Suprijanto, H. (2011). Analisa Pola Operasi Embung Joho untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Desa Joho Kecamatan Pace Kabupaten Nganjuk Jawa Timur. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(2), 218-225.
- Limantara, L. M. (2018). *Rekayasa Hidrologi: Edisi Revisi*. Penerbit Andi.
- Limantara, L. M., & Putra, W. R. (2016). Analisa Keandalan Tampungan Waduk di Embung Tambak Pocok Bangka lan. *Journal of Civil Engineering*, 23(2), 127-134.
- Mock, F.J., 1973, Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal, Report Prepared for the Land Capability Appraisal Project, Bogor-Indonesia.
- Nasional, B. S. (2015). SNI 6728.1-2015: Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam-Bagian 1: Sumber Daya Air.
- Osly, P. J., Dwiyandi, F., Ihsani, I., & Ririhena, R. E. (2019). Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock. *Jurnal Infrastruktur*, 5(2), 59-67.