

Analisa Probality Pemanfaatan Pompa Irigasi Untuk Areal Persawahan Desa Waimital Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat

Hamdani Kubangun^{1*}, Nis Wahyuni Pattimura²,

¹ Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Muhammadiyah Maluku, Indonesia

² Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Muhammadiyah Maluku, Indonesia

*email: d4n1koe@gmail.com

DOI: 10.31603/benr.v5i2.13516

Abstract

Areal persawahan Desa Waimital seluas 4 ha menghadapi masalah efisiensi irigasi rendah (45-50%) pada sistem gravitasi existing, menyebabkan distribusi air tidak merata dan kekurangan air pada musim kemarau. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan teknis penerapan sistem pompa irigasi untuk meningkatkan produktivitas padi yang saat ini hanya mencapai 4,2 ton/ha/musim. Penelitian dilakukan melalui survei lapangan untuk mengidentifikasi karakteristik lahan dan sumber air. Perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode Penman-Monteith untuk evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o), dengan data klimatologi 5 tahun terakhir. Analisis meliputi perhitungan curah hujan efektif metode USDA-SCS, kebutuhan air tanaman berdasarkan koefisien tanaman (K_c) pada berbagai fase pertumbuhan padi, dan desain sistem pompa dengan perhitungan head total menggunakan persamaan Hazen-Williams. Kebutuhan air irigasi dihitung 10,54 mm/hari atau 4,88 l/s untuk areal 4 ha. Sistem pompa sentrifugal dengan kapasitas 25 l/s, head 15 m, dan daya motor 7,5 HP dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Head total sistem sebesar 13,5 m terdiri dari head statis 11 m, head loss gesekan 2,1 m, dan head loss fitting 0,21 m. Efisiensi distribusi sistem pompa mencapai 75%, jauh lebih baik dibanding sistem gravitasi existing. Sistem ini layak secara teknis dan berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan dengan distribusi air yang optimal.

Keywords: Analisis; Pompa Irigasi; Persawahan; Porbability

Abstrak

Waimital Village's rice field area of 4 ha is facing low irrigation efficiency (45-50%) problems in the existing gravity system, causing uneven water distribution and water shortages in the dry season. This study aims to analyze the technical feasibility of implementing an irrigation pump system to increase rice productivity, which currently only reaches 4.2 tons/ha/season. Research was conducted through field surveys to identify the characteristics of land and water sources. Calculation of irrigation water requirements using the Penman-Monteith method for reference plant evapotranspiration (ET_o), with climatological data for the past 5 years. Analysis includes the calculation of effective rainfall of the USDA-SCS method, plant water requirements based on plant coefficients (K_c) at various



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

phases of rice growth, and the design of pump systems with total head calculations using the Hazen-Williams equation. Irrigation water needs are calculated as 10.54 mm/day or 4.88 l/s for 4 ha area. Centrifugal pump systems with a capacity of 25 l/s, 15 m head, and 7.5 HP motor power can meet these needs. The 13.5 m total system head consists of 11 m static head, 2.1 m friction head loss, and 0.21 m head loss fitting. The distribution efficiency of the pump system is 75%, much better than that of the existing gravity system. This system is technically viable and potentially significantly increases agricultural productivity with optimal water distribution.

Kata Kunci: Analysis; Irrigation Pump; Rice Field; Porability

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara agraris memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap sektor pertanian, khususnya subsektor tanaman pangan. Sektor pertanian berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional dengan menyumbang 12,72% dari Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyerap tenaga kerja sebesar 28,92% dari total angkatan kerja nasional ([Badan Pusat Statistik, 2024](#)). Namun demikian, produktivitas sektor pertanian Indonesia masih relatif rendah dibandingkan dengan negara-negara maju, yang salah satunya disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur pertanian, terutama sistem irigasi yang memadai ([Yogatama, 2023](#)). Ketersediaan air merupakan faktor krusial dalam menentukan keberhasilan produksi pertanian, terutama untuk tanaman padi yang membutuhkan pasokan air secara kontinyu. Menurut data [Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat \(2023\)](#), dari total 7,75 juta hektar lahan sawah di Indonesia, sekitar 4,2 juta hektar (54%) telah dilayani oleh jaringan irigasi teknis, sedangkan sisanya masih mengandalkan irigasi sederhana atau tadah hujan. Kondisi ini mengakibatkan produktivitas padi nasional masih berada pada level 5,2 ton per hektar, jauh di bawah potensi genetik varietas unggul yang dapat mencapai 8-10 ton per hektar ([Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2022](#)).

Perubahan iklim global telah memperparah kondisi ketahanan air untuk pertanian. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mencatat bahwa Indonesia mengalami pergeseran pola curah hujan yang signifikan, dengan periode kemarau yang semakin panjang dan intensitas hujan yang semakin tidak menentu ([Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2023](#)). Fenomena El Nino dan La Nina yang terjadi secara periodik juga berkontribusi terhadap ketidakpastian ketersediaan air untuk irigasi ([Aldrian & Susanto, 2003](#)). Kondisi ini menuntut pengembangan sistem irigasi yang lebih adaptif dan tidak sepenuhnya bergantung pada kondisi alam.

Penggunaan pompa irigasi merupakan salah satu solusi teknologi yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi penggunaan air untuk pertanian. Pompa irigasi memungkinkan petani untuk mengakses sumber air yang tidak dapat dijangkau oleh sistem irigasi gravitasi, seperti air tanah, sungai dengan elevasi rendah, atau waduk yang letaknya jauh dari lahan pertanian ([Kay, 2008](#)). Teknologi ini juga memberikan kontrol yang lebih baik terhadap waktu dan volume pengairan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman ([Molden et al., 2010](#)).

Berbagai penelitian menunjukkan dampak positif penggunaan pompa irigasi terhadap produktivitas pertanian. Penelitian yang dilakukan oleh [Hussain et al. \(2007\)](#) di Pakistan menunjukkan bahwa penggunaan pompa irigasi dapat meningkatkan produktivitas padi hingga 35% dibandingkan

dengan sistem irigasi gravitasi. Sementara itu, studi yang dilakukan oleh [Giordano et al. \(2012\)](#) di India menemukan bahwa adopsi pompa irigasi berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan petani sebesar 25-40%.

Namun demikian, adopsi teknologi pompa irigasi di tingkat petani masih menghadapi berbagai kendala. Kendala utama meliputi keterbatasan modal untuk investasi awal, biaya operasional yang tinggi, kurangnya pengetahuan teknis, dan infrastruktur pendukung yang belum memadai ([Birthal et al., 2006](#)). Selain itu, faktor-faktor sosial ekonomi petani seperti umur, pendidikan, pengalaman bertani, dan akses terhadap informasi juga mempengaruhi keputusan adopsi teknologi ([Maddison, 2007](#)).

Desa Waimital sebagai salah satu sentra produksi padi di wilayah ini memiliki potensi besar untuk mengembangkan sistem irigasi pompa. Berdasarkan data monografi desa, Desa Waimital memiliki luas areal persawahan sekitar 4 hektar dengan sistem irigasi yang masih mengandalkan aliran gravitasi dari sungai utama. Kondisi topografi yang relatif datar dan ketersediaan sumber air yang memadai menjadi faktor pendukung untuk implementasi teknologi pompa irigasi. Namun demikian, belum ada kajian komprehensif yang menganalisis kemungkinan pemanfaatan pompa irigasi di desa ini.

Analisis kemungkinan pemanfaatan pompa irigasi sangat penting untuk dilakukan sebagai dasar perencanaan pengembangan infrastruktur pertanian. Pendekatan analisis kemungkinan memungkinkan identifikasi faktor-faktor pendukung dan penghambat adopsi teknologi, sehingga dapat dirancang strategi implementasi yang tepat ([Pannell et al., 2006](#)). Analisis ini juga dapat memberikan gambaran tentang potensi dampak ekonomi dan sosial dari implementasi teknologi pompa irigasi terhadap kesejahteraan petani di Desa Waimital.

Penelitian tentang kemungkinan pemanfaatan pompa irigasi ini menjadi semakin relevan dalam konteks pencapaian target swasembada pangan nasional dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Pemerintah Indonesia melalui Program Strategis Kementerian Pertanian 2020-2024 menargetkan peningkatan produktivitas padi nasional melalui berbagai intervensi teknologi, termasuk modernisasi sistem irigasi ([Kementerian Pertanian, 2020](#)). Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pencapaian target tersebut melalui implementasi teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal.

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian campuran (mixed methods research) dengan desain eksplanatori sekuensial (explanatory sequential design). Pendekatan ini dipilih karena kompleksitas masalah yang diteliti memerlukan analisis yang komprehensif dari berbagai aspek, baik kuantitatif maupun kualitatif ([Creswell & Plano Clark, 2017](#)). Tahap pertama menggunakan metode kuantitatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data numerik terkait aspek teknis, kemudian dilanjutkan dengan metode kualitatif untuk mendalami faktor-faktor sosial dan kontekstual yang mempengaruhi kemungkinan pemanfaatan pompa irigasi.

Komponen kuantitatif menggunakan desain survei deskriptif untuk menggambarkan kondisi eksisting dan potensi implementasi pompa irigasi, serta analisis kelayakan ekonomi untuk menilai aspek finansial. Sementara itu, komponen kualitatif menggunakan pendekatan studi kasus untuk mengeksplorasi faktor-faktor sosial budaya dan kelembagaan yang mempengaruhi kemungkinan adopsi teknologi (Yin, 2018).

2.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Waimital, Kabupaten Seram Bagian Barat dan pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan:

- a. Representativitas: Desa Waimital merupakan satu-satu desa yang representatif untuk wilayah dengan karakteristik pertanian padi Kabupaten Seram Bagian Barat
- b. Potensi Pengembangan: Memiliki potensi sumber daya air yang memadai untuk implementasi pompa irigasi
- c. Aksesibilitas: Lokasi mudah diakses untuk pelaksanaan penelitian
- d. Ketersediaan Data: Tersedia data sekunder yang memadai untuk mendukung penelitian
- e. Dukungan Stakeholder: Adanya dukungan dari pemerintah desa dan kelompok tani setempat.

2.3. Populasi dan Sampel

a. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah petani padi sawah di Desa Waimital yang memiliki lahan dengan luas minimal 4 hektar, petak-petak sawah di Desa Waimital yang berpotensi untuk implementasi pompa irigasi, sumber air potensial untuk pompa irigasi (sungai, waduk) dan infrastruktur pendukung (jaringan listrik, jalan, saluran irigasi)

b. Teknik Sampling

Penelitian ini menggunakan kombinasi beberapa teknik sampling untuk Data Kuantitatif Menggunakan probability sampling dengan teknik stratified random sampling. Populasi petani dibagi menjadi 3 strata berdasarkan:

1. Luas kepemilikan lahan: 4 ha
2. Lokasi lahan: jauh dari sumber air
3. Status kepemilikan: kelompok, penyewa, penggarap.

2.4. Metode dan Pengumpulan data

a. Data Primer

Data primer yang digunakan menggunakan survei lapangan untuk mengumpulkan data tentang Kondisi fisik lahan dan infrastruktur irigasi, karakteristik sosial ekonomi petani, kondisi eksisting sistem irigasi dan potensi sumber daya air. Instrumen yang digunakan meliputi : Kuesioner terstruktur untuk petani, Lembar observasi untuk kondisi fisik, GPS untuk penentuan koordinat dan alat ukur untuk pengukuran debit air

Wawancara mendalam wawancara mendalam dilakukan dengan informan kunci untuk memperoleh informasi tentang kendala-kendala yang dihadapi petani, persepsi terhadap teknologi pompa irigasi dan potensi dukungan dari berbagai pihak.

b. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan dalam penelitian meliputi data demografi, ekonomi, dan pertanian dari BPS. Data produksi, produktivitas, dan program pembangunan dari dinas pertanian. Data infrastruktur irigasi dan sumber daya air dari Dinas Pekerjaan Umum. Data iklim dan curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika. Data monografi desa dan potensi wilayah dari pemerintah desa.

2.5. Metode Analisa Data

a. Analisa Data

1. Perhitungan Evapotranspirasi: Menggunakan metode Penman-Monteith ([Allen et al., 1998](#)):

$$(ET_o = (0.408\Delta(R_n - G) + \gamma(900/(T + 273))u_2(es - ea)) / (\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)))$$

2. Kebutuhan Air Tanaman :

$$(ET_c = ET_o \times K_c)$$

Dengan koefisien tanaman (K_c) padi berdasarkan Doorenbos dan Kassam (1979)

3. Curah Hujan Efektif: Menggunakan metode USDA-SCS :

$$P_e = 0.8 \times P - 25 \text{ (untuk } P > 75 \text{ mm/bulan)}$$

$$P_e = 0.6 \times P \text{ (untuk } P \leq 75 \text{ mm/bulan)}$$

4. Kebutuhan Air Irigasi :

$$IR = ET_c - P_e + \text{Perkolasi} + \text{Penyiapan lahan}$$

b. Analisis Desain Pompa

1. Kapasitas Pompa :

$$Q = (A \times IR \times f) / (t \times \eta)$$

Dimana:

Q = kapasitas pompa (l/s)

A = luas areal (ha)

IR = kebutuhan air irigasi (mm/hari)

f = faktor keamanan (1.1-1.2)

t = jam operasi (jam/hari)

η = efisiensi distribusi

- 1) Head Total

$$H_t = H_s + H_d + H_f + H_v$$

H_s = head statis

H_d = head dinamis

H_f = head loss gesekan (Hazen-Williams equation)

H_v = head loss fitting

- 2) Daya Pompa

$$P = (\gamma \times Q \times H_t) / (75 \times \eta)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Existing Areal Persawahan Desa Waimital

a. Karakteristik Lahan

Berdasarkan hasil survei lapangan, areal persawahan Desa X memiliki karakteristik sebagai berikut:

Luas total areal persawahan : 4 ha (40.000 m²)

Topografi : relatif datar dengan kemiringan rata-rata 1-2%

Jenis tanah : alluvial dengan tekstur liat berlempung

Sistem tanam : monokultur padi dengan 2-3 kali tanam per tahun

Varietas padi : IR64 dan Ciherang (umur tanaman 110-115 hari)

b. Kondisi Sumber Air

Sumber air irigasi berasal dari bendungan yang terletak pada jarak ± 800 meter dari areal persawahan dengan karakteristik :

Kapasitas bendungan : 15.000 m³

Elevasi muka air bendungan : +125 m dpl

Elevasi rata-rata sawah : +135 m dpl

Beda tinggi (head statis) : 10 m

Ketersediaan air : cukup sepanjang tahun

c. Kondisi Irigasi Existing

Sistem irigasi existing masih mengandalkan saluran gravitasi sederhana dengan kendala sebagai berikut : Efisiensi distribusi rendah ($\pm 45-50\%$), sering terjadi kekurangan air pada musim kemarau, distribusi air tidak merata ke seluruh petakan sawah dan produktivitas padi rata-rata: 4,2 ton/ha/musim

3.2. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

a. Data Klimatologi

Data klimatologi rata-rata 5 tahun terakhir di lokasi penelitian :

Suhu rata-rata : 27,5°C

Kelembaban relative : 78%

Kecepatan angin : 2,1 m/s

Penyinaran matahari : 6,8 jam/hari

Curah hujan rata-rata : 1.850 mm/tahun

b. Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan (ET_o)

Menggunakan metode Penman-Monteith dengan data klimatologi di atas:

Parameter perhitungan :

Δ = 1,96 kPa/°C.

γ = 0,665 kPa/°C.

R_n = 15,2 MJ/m²/hari.

G = 0 (diasumsikan).

e_s = 3,67 kPa.

$$e_a = 2,86 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil perhitungan } ETo: ETo &= (0,408 \times 1,96 \times 15,2 + 0,665 \times (900/300,5) \times 2,1 \times 0,81) / (1,96 + \\ &0,665 \times 1,714) \\ &= (12,16 + 3,38) / (1,96 + 1,14) = 15,54 / 3,10 = 5,01 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Tanaman (ETc)

Koefisien tanaman (Kc) untuk padi berdasarkan fase pertumbuhan :

$$\text{Fase awal (0-30 hari)} : Kc = 1,05$$

$$\text{Fase pengembangan (30-60 hari)} : Kc = 1,20$$

$$\text{Fase pertengahan (60-90 hari)} : Kc = 1,30$$

$$\text{Fase akhir (90-115 hari)} : Kc = 0,95$$

$$\begin{aligned} ETc \text{ rata-rata} &= ETo \times Kc \text{ rata-rata} \\ Kc \text{ rata-rata} &= (1,05 + 1,20 + 1,30 + 0,95) / 4 = 1,125 \\ ETc &= 5,01 \times 1,125 = 5,64 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

d. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif dihitung menggunakan metode USDA-SCS: $Pe = 0,8 \times P - 25$ (untuk $P > 75$ mm/bulan) $Pe = 0,6 \times P$ (untuk $P \leq 75$ mm/bulan). Curah hujan efektif rata-rata = 2,1 mm/hari

Kebutuhan Air Irigasi

$$IR = ETc - Pe + \text{Perkolasi} + \text{Penyiapan lahan}$$

Komponen kebutuhan air :

$$ETc = 5,64 \text{ mm/hari}$$

$$Pe = 2,1 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Perkolasi} = 2,0 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Penyiapan lahan} = 5,0 \text{ mm/hari (rata-rata selama musim tanam)}$$

$$IR = 5,64 - 2,1 + 2,0 + 5,0 = 10,54 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Untuk areal 4 ha : Kebutuhan air total} = 10,54 \text{ mm/hari} \times 40.000 \text{ m}^2 = 421.600 \text{ liter/hari} = 4,88 \text{ l/s}$$

3.3. Desain Sistem Pompa Irigasi

a. Perhitungan Kapasitas Pompa

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan efisiensi distribusi :

$$Q = (A \times IR \times f) / (t \times \eta)$$

Dimana:

$$A = 4 \text{ ha} = 40.000 \text{ m}^2$$

$$IR = 10,54 \text{ mm/hari}$$

$$f = 1,2 \text{ (faktor keamanan)}$$

$$t = 8 \text{ jam operasi/hari}$$

$$\eta = 0,75 \text{ (efisiensi distribusi)}$$

$$\begin{aligned} Q &= (40.000 \times 0,01054 \times 1,2) / (8 \times 3600 \times 0,75) \\ Q &= 505,92 / 21.600 = 0,0234 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 23,4 \text{ l/s} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Head Total

$$H_t = H_s + H_d + H_f + H_v$$

Head Statis (Hs) :

$$\text{Beda elevasi} = 10 \text{ m}$$

Tinggi jagaan = 1,0 m

$H_s = 11,0$ m

Head Dinamis (H_d): Menggunakan pipa PVC diameter 200 mm, panjang 800 m:

Kecepatan aliran (v) = $Q/A = 0,0234/(\pi \times 0,1^2) = 0,74$ m/s

$H_d = v^2/2g = 0,74^2/(2 \times 9,81) = 0,028$ m

Head Loss Gesekan (H_f): Menggunakan persamaan Hazen-Williams: $H_f = 10,67 \times L \times Q^{1,85} / (C^{1,85} \times D^{4,87})$

$L = 800$ m

$Q = 0,0234$ m³/s

$C = 130$ (PVC)

$D = 0,2$ m

$H_f = 10,67 \times 800 \times (0,0234)^{1,85} / (130^{1,85} \times 0,2^{4,87}) = 2,1$ m

Head Loss Fitting (H_v): Estimasi 10% dari $H_f = 0,21$ m

Head Total: $H_t = 11,0 + 0,028 + 2,1 + 0,21 = 13,34$ m $\approx 13,5$ m

c. Perhitungan Pompa

$P = (\gamma \times Q \times H_t) / (75 \times \eta)$

Dimana :

$\gamma = 1000$ kg/m³

$Q = 0,0234$ m³/s

$H_t = 13,5$ m

$\eta = 0,70$ (efisiensi pompa)

$P = (1000 \times 0,0234 \times 13,5) / (75 \times 0,70)$ $P = 315,9 / 52,5 = 6,02$ HP $\approx 6,5$ HP

Daya motor yang direkomendasikan: 7,5 HP (dengan margin keamanan)

d. Spesifikasi Pompa yang Direkomendasikan

Jenis pompa : Centrifugal horizontal

Kapasitas : 25 l/s

Head : 15 m

Daya motor : 7,5 HP (5,6 kW)

Jenis motor : Diesel atau listrik

Efisiensi pompa : 70-75%

3.4. Kelayakan Teknis

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem pompa irigasi secara teknis layak untuk diterapkan di Desa X dengan pertimbangan:

- Ketersediaan Sumber Air: Bendungan memiliki kapasitas yang cukup (15.000 m³) untuk memenuhi kebutuhan irigasi 4 ha sawah yang memerlukan ± 421 m³/hari.
- Kondisi Topografi: Beda tinggi 10 m antara bendungan dan sawah masih dalam batas wajar untuk sistem pompa sentrifugal dengan head total 13,5 m.
- Kapasitas Pompa: Pompa dengan kapasitas 25 l/s dapat memenuhi kebutuhan air irigasi 4,88 l/s dengan margin keamanan yang cukup.

- d. Efisiensi Sistem: Dengan efisiensi distribusi 75%, sistem ini lebih baik dibandingkan sistem gravitasi existing yang hanya mencapai 45-50%.

4. Kesimpulan

Sistem pompa irigasi secara teknis layak diterapkan di Desa Waimital dengan ketersediaan sumber air dari bendungan 15.000 m³ yang mampu memenuhi kebutuhan 421 m³/hari. Pompa sentrifugal 7,5 HP dengan kapasitas 25 l/s dapat mengatasi beda tinggi 10 m antara bendungan dan sawah. Peningkatan efisiensi distribusi dari 45-50% menjadi 75% akan mengoptimalkan penggunaan air irigasi dan berpotensi meningkatkan produktivitas padi di atas 4,2 ton/ha/musim saat ini.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada RisetMU PP Muhammadiyah yang telah mensupport pendanaan sesuai nomor kontrak dan juga kami ucapkan terima kasih kepada tim reviewer yang banyak memberi masukan dalam penulisan ini dan juga untuk para pembaca agar serta tim yang membantu dalam teknis lapangan.

Referensi

- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435-1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2023). *Analisis Hujan dan Sifat Hujan Dasarian III Februari 2023*. BMKG.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Indonesia 2024*. BPS-Statistics Indonesia.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2022). *Laporan Kinerja Balitbangtan 2022*. Kementerian Pertanian.
- Birthal, P. S., Joshi, P. K., & Gulati, A. (2007). *Vertical coordination in high-value food commodities: Implications for smallholders*. *Markets, Trade and Institutions Division Discussion Paper*, 85.

- International Food Policy Research Institute.
https://oar.icrisat.org/5955/1/BC_Vertical_405_2007.pdf
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.)*. SAGE Publications.
- Giordano, M., Namara, R. E., & Bassini, E. (2012). The impacts of irrigation: A review of published evidence. *International Water Management Institute Research Report* 157.
https://www.researchgate.net/publication/371864884_The_Impacts_of_Irrigation_A_Review_of_Published_Evidence
- Hussain, I., Wijerathna, D., Arif, S. S., Mundra, I., Murtaza, G., Dar, M. A., & Ahmad, A. (2007). Irrigation, productivity and poverty linkages in irrigated agriculture of Pakistan: A district level analysis. *International Water Management Institute Working Paper* 115.
- Kay, M. (2007). *Practical hydraulics (2nd ed.)*. CRC Press. Edition 2nd Edition. eBook Imprint CRC Press, London. <https://doi.org/10.1201/9781315272429>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). *Statistik Infrastruktur Sumber Daya Air 2023*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kementerian Pertanian. (2020). *Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2020-2024*. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Maddison, D. (2007). The perception of and adaptation to climate change in Africa. *World Bank Policy Research Working Paper*, 4308. World Bank.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023>
- Pannell, D. J., Marshall, G. R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F., & Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407-1424. <https://doi.org/10.1071/EA05037>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods (6th ed.)*. SAGE Publications.
-