

Analisa Hidrolis Sistem Irigasi Pertanian

Jonri Lomi Ga,^{1*)}, Alexius L. Johanis,^{2*)}, Jody A.Zacharias³⁾, Sulche I. Nafi⁴⁾, Ferdinand N. Liem⁵⁾
Almido H. Ginting⁶⁾

^{1,2,4,5)} Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Kupang

^{3,6)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: Jonrilomiga24@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem irigasi pertanian berdasarkan parameter hidrolis seperti debit, tekanan, kecepatan aliran, dan kehilangan energi (head loss) pada jaringan distribusi air. Analisis dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi distribusi air dan keseragaman tekanan antar node dalam sistem irigasi. Metode penelitian menggunakan pendekatan simulasi hidrolis dengan perangkat lunak **EPANET 2.2** yang memodelkan jaringan pipa irigasi tetes dan sprinkler di lahan pertanian seluas 800 m². Parameter utama yang dianalisis meliputi tekanan rata-rata, debit minimum–maksimum, dan jumlah node tanpa aliran untuk setiap area simulasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi tekanan dan debit sangat dipengaruhi oleh konfigurasi jaringan pipa, panjang saluran, serta diameter pipa cabang. Area dengan tekanan homogen (8–10 mH₂O) memiliki kinerja distribusi air paling stabil dan efisien, sedangkan area dengan panjang pipa lebih besar mengalami penurunan tekanan hingga 5–7 mH₂O di bagian hilir. Kehilangan energi akibat rugi gesek dan rugi minor menjadi faktor dominan yang menurunkan efisiensi sistem. Penyesuaian diameter pipa, penerapan sistem zonasi, dan penggunaan *pressure regulator valve* (PRV) dapat meningkatkan keseragaman tekanan, efisiensi energi pompa, dan efektivitas distribusi air secara keseluruhan.

ABSTRACT

The objective of research is to assess the uniformity of pressure and the effectiveness of water distribution among the irrigation nodes. The study models drip and sprinkler irrigation networks in an 11,500 m² agricultural field using a hydraulic modeling technique using EPANET 2.2 software. The number of non-flow nodes in each simulated area, the minimum-maximum discharge, and the average pressure are the primary parameters that are examined. The findings demonstrate that branch diameter, pipe length, and pipe network layout all have a substantial impact on flow rate and pressure distribution. While locations with longer pipe segments encounter pressure drops of up to 5–7 mH₂O at the downstream portion, areas with homogeneous pressure (8–10 mH₂O) demonstrate more steady and effective water distribution performance. It was discovered that the main causes of system efficiency reduction were frictional energy losses and small losses. To increase pressure uniformity, pump energy efficiency, and overall irrigation system reliability, technical suggestions are made to install pressure regulator valves (PRV), optimize pipe diameter, and conduct zoning operations.

Keywords: Head Loss, Water Distribution Efficiency, EPANET, Irrigation System, Hydraulic Analysis

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor utama dalam menjaga ketahanan pangan masyarakat dan dapat menjadi salah satu sumber pendapatan ekonomi bagi masyarakat [1]. Dalam pertanian, ketersediaan air yang memadai dan terdistribusi secara efektif dan efisien ke lahan pertanian

merupakan salah satu komponen yang sangat penting untuk keberhasilan pertanian [2]. Air berfungsi sebagai media utama untuk berbagai proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, transpirasi, dan transportasi hara. Namun, sistem irigasi pertanian yang terencana dengan baik dan efektif berbasis analisis ilmiah sangat penting untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya

air karena distribusi air yang tidak teratur seringkali menjadi masalah besar [3].

Pada dasarnya, sistem irigasi berfungsi untuk mengalirkan air ke lahan pertanian dari sumber dengan mempertimbangkan hidrolis, topografi, dan kebutuhan tanaman [4]. Kenyataannya, terdapat berbagai masalah pada jaringan irigasi di lapangan seperti kehilangan air akibat kebocoran, rembesan, evaporasi, serta distribusi debit yang tidak merata antar area tanaman. Kondisi ini akan berdampak pada efisiensi dari sistem irigasi yang tidak optimal dan akan mempengaruhi hasil pertanian secara keseluruhan [5]. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi kondisi tersebut diatas yaitu dengan melakukan analisis hidrolis pada sistem irigasi dengan mengevaluasi beberapa parameter seperti debit, kecepatan aliran, tekanan, serta kehilangan energi di sepanjang saluran atau pipa distribusi untuk mengetahui kinerja dari sistem irigasi dapat bekerja secara efektif [6], [7], [8].

Meningkatnya permintaan air karena intensifikasi pertanian dan pertumbuhan penduduk menjadi tantangan saat ini. Di sisi lain, perubahan iklim, kerusakan lingkungan, dan alih fungsi lahan meningkatkan kemungkinan ketersediaan air. Dalam situasi seperti ini, pengelolaan air yang lebih efisien harus dilakukan dengan menggunakan teknologi dan metode analisis yang tepat. Dalam sistem irigasi, analisis hidrolis sangat berguna untuk memecahkan masalah ini karena dapat menemukan lokasi penting kehilangan air, menentukan kapasitas optimal saluran atau pipa, dan memberikan dasar untuk keputusan tentang perbaikan atau pembangunan infrastruktur irigasi baru [9], [10].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi sistem irigasi dapat dilakukan dengan analisis hidrolis untuk langkah perencanaan maupun evaluasi. Wahyudi *et al*, 2025 melakukan perencanaan jaringan irigasi untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan air dalam menjawab tantangan perubahan iklim. Simulasi jaringan irigasi menggunakan software EPANET. Kebutuhan

air total dapat diprediksi menggunakan hasil simulasi sebesar 2.063,2 m³ per musim dengan 53 unit sprinkler yang akan digunakan [11]. Udiana *et al*, 2014 melakukan penelitian tentang perencanaan irigasi tetes di Kabupaten Kupang. Perencanaan sistem irigasi tetes di Desa Besmarak menunjukkan bahwa metode ini lebih efisien daripada metode penyiraman tradisional untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tomat. Hasil analisis yang dilakukan menggunakan software Cropwat 8.0 menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman bervariasi sesuai fase pertumbuhan, dengan curah hujan efektif relatif rendah pada musim kemarau. Dengan desain teknis ini, sistem irigasi tetes dapat mengurangi pemborosan air, meningkatkan distribusi penyiraman, dan berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian di wilayah penelitian. Desain ini melibatkan penggunaan emitter berdebit 4 l/jam, jaringan perpipaan PVC, dan pompa berdaya 0,5 kW yang dapat menghasilkan head total 15,16 m [12]. Tampubolon dan Suprayogi, 2017 menganalisis kebutuhan air yang akan digunakan pada lahan pertanian berdasarkan waktu dan musim. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata 700-1090 l/detik pada periode musim kemarau di bulan November, Maret dan Juli [13].

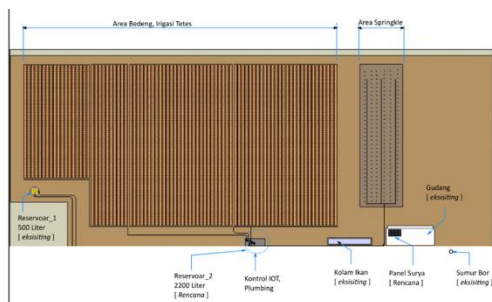
Berdasarkan uraian di atas, jelas bahwa analisis hidrolis adalah langkah penting untuk melakukan evaluasi, perbaikan, dan optimalisasi sistem irigasi pertanian. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang kondisi saat ini dari jaringan irigasi, menemukan masalah teknis yang ada, dan memberikan saran untuk perbaikan yang dapat diterapkan. Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk menganalisis karakteristik sistem irigasi pertanian dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti : debit aliran, tekanan, kecepatan aliran, serta kehilangan energi (*head loss*) pada jaringan distribusi air dan juga untuk menghitung kebutuhan air untuk tanaman sehingga dapat diketahui tingkat ketersediaan air.

METODE PENELITIAN

Lokasi pertanian berupa lahan seluas 800 m², kontur lahan relatif datar dengan kemiringan tanah kurang dari 1%. Pada kondisi eksisting lahan terdapat satu sumber air berupa sumur bor dengan instalasi pompa celup yang beroperasi dengan baik dan selama ini sudah digunakan. Dari total luas lahan yang ada sebagian digunakan untuk lokasi bangunan-bangunan penunjang antara lain ; gudang, rumah kebun, dapur dan sarana MCK seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Citra Satelit Lokasi Eksisting



Gambar 2. Pembagian jalur pipa irigasi

Sistem irigasi pertanian terdiri dari beberapa jalur pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air ke area pertanian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Air produksi dialirkan ke unit kontrol mekanisasi irigasi otomatis melalui jalur pipa produksi air utama. Dari unit kontrol ini, air didistribusikan ke beberapa jalur pipa irigasi, termasuk jalur pipa irigasi tetes Area 1, Area 2, dan Area 3, yang secara efektif memberikan air langsung ke area akar tanaman. Selain itu, jalur pipa irigasi

sprinkle Area 4 menyiram tanaman dengan sistem *sprinkler*.

EPANET software digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis aliran air dalam jaringan pipa irigasi, tekanan dan debit aliran air dari sistem pada lahan pertanian berukuran 800 m². Adapun persamaan dasar yang digunakan dalam simulasi ini yaitu persamaan Hazen Williams.

$$H_L = \frac{4.727 \times L \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times d^{4.871}}$$

Dimana :

H_L : head loss pada pipa

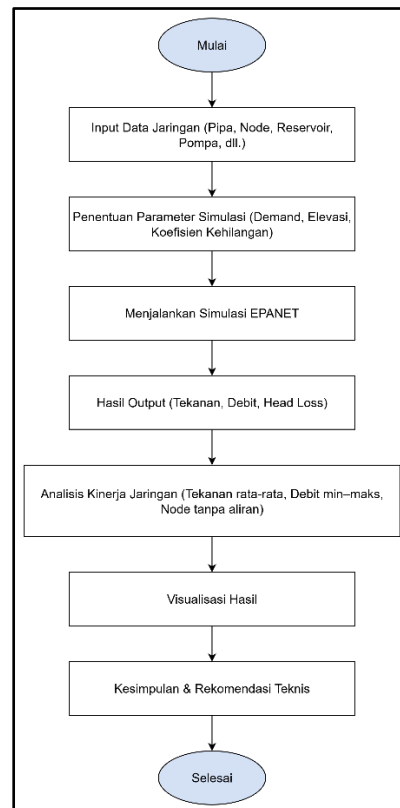
Q : flow in cfs

L : panjang pipa (m)

D : diameter pipa (mm)

C : koefisien Hazen-Williams

Diameter pipa irigasi tetes = 50 mm, head pompa = 8 m, debit aliran pompa = 10 kg/m³



Gambar 3. Diagram alir simulasi EPANET

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Epanet dilakukan dengan memasukkan nilai debit irigasi per bedeng dari tabel skenario kebutuhan debit irigasi kedalam *node* yang mewakili bedeng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 5 menunjukkan aliran mengalir dari pipa utama menuju beberapa jalur percabangan bagian atas. Pipa utama yang berwarna biru tua menunjukkan tekanan relatif tinggi, sekitar 11–14 mH₂O. Ini menunjukkan *head pompa* dalam kondisi stabil. Namun, distribusi tekanan mulai menurun secara bertahap setelah percabangan pertama, yang ditandai dengan perubahan warna dari hijau ke oranye. Selain itu, terjadi penurunan debit aliran rata-rata 0,08–0,10 l/s. Persamaan Darcy–Weisbach menjelaskan fenomena ini, di mana rugi gesek (h_f) meningkat seiring bertambahnya panjang pipa dan kecepatan aliran, dan ada rugi minor (h_m) yang disebabkan oleh sambungan pipa *tee* dan *elbow*. Karena kombinasi hilangnya energi ini, tekanan di ujung lateral lebih rendah daripada di bagian ujung.

Kondisi ini juga menunjukkan bahwa titik operasi pompa berada pada kurva sistem dengan kenaikan gradien yang tinggi. Akibatnya, terjadi kehilangan energi yang signifikan sepanjang jaringan. Ini merupakan konsekuensi dari prinsip kerja pompa. Beberapa *node* di aliran masuk pompa mendekati batas tekanan yang diperlukan untuk operasi sprinkler atau emitter, meskipun pompa masih dapat mempertahankan tekanan di bagian ujung. Ini dapat menyebabkan aliran air yang tidak seragam, terutama di ujung jalur tekanan rendah. Untuk mengatasi hal ini, perbaikan teknis seperti meningkatkan diameter pipa, mengurangi jumlah sambungan tajam, atau menambah katup pengatur tekanan di titik percabangan diperlukan. Dengan melakukan tindakan ini, *headloss* dapat dikurangi, keseragaman debit dapat ditingkatkan, dan sistem irigasi dapat bekerja lebih efisien.

Gambar 6 menunjukkan distribusi tekanan yang lebih seragam pada jaringan

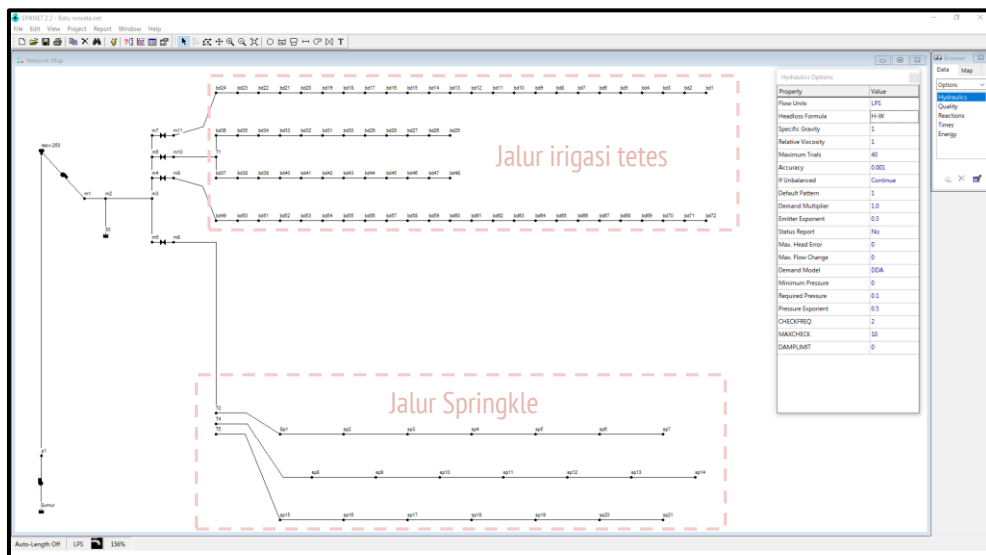
irigasi dibandingkan Gambar 5, dengan tekanan sebesar 8–10 mH₂O yang ditunjukkan oleh dominasi warna hijau. Selain itu rugi gesek (h_f) dan rugi minor (h_m) dalam jaringan distribusi ini lebih terkendali, karena debit pada *node* lateral relatif stabil diantara 0.20 dan 0.30 l/s. Kondisi ini menjelaskan bahwa perbandingan panjang terhadap diameter pipa (L/D) relatif lebih kecil, yang berarti gradien kehilangan *head* per satuan panjang lebih rendah. Selain itu, material pipa (PVC) dengan kekasaran kecil memiliki faktor gesekan yang lebih rendah. Akibatnya, aliran dalam kondisi turbulen ringan masih mendapat tekanan yang cukup merata disepanjang jalur irigasi.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa debit lebih tinggi dengan *head* yang cukup yang menunjukkan bahwa pompa sedang bekerja pada tingkat efisiensi terbaiknya. Ini menunjukkan bahwa kurva sistem terlihat lebih rata dibandingkan dengan Gambar 5, yang menunjukkan bahwa rugi energi total lebih kecil. Sistem dapat menjamin keseragaman aliran ke setiap emitter atau sprinkler dengan tekanan yang relatif homogen antar *node*. Perbedaan ini sangat penting untuk efisiensi irigasi karena air dapat didistribusikan secara merata sesuai kebutuhan tanaman, tanpa ada area yang kekurangan atau terlalu banyak air. Gambar 7 menunjukkan distribusi tekanan yang cukup baik, dimana jalur irigasi menunjukkan tekanan 8,5–9,5 mH₂O, dan jalur perpipaan bawah menunjukkan tekanan yang lebih besar, mencapai 10–11 mH₂O. Variasinya terlihat kecil dalam debit pada *node* lateral menunjukkan adanya kesetimbangan hidrolis antar percabangan. Kondisi ini dapat dijelaskan oleh rugi gesek yang lebih rendah pada percabangan bawah yang disebabkan oleh panjang pipa yang lebih pendek atau diameter yang lebih besar. *Minor losses* dari sambungan juga lebih sedikit, sehingga energi yang hilang dalam aliran lebih kecil dibandingkan percabangan atas.

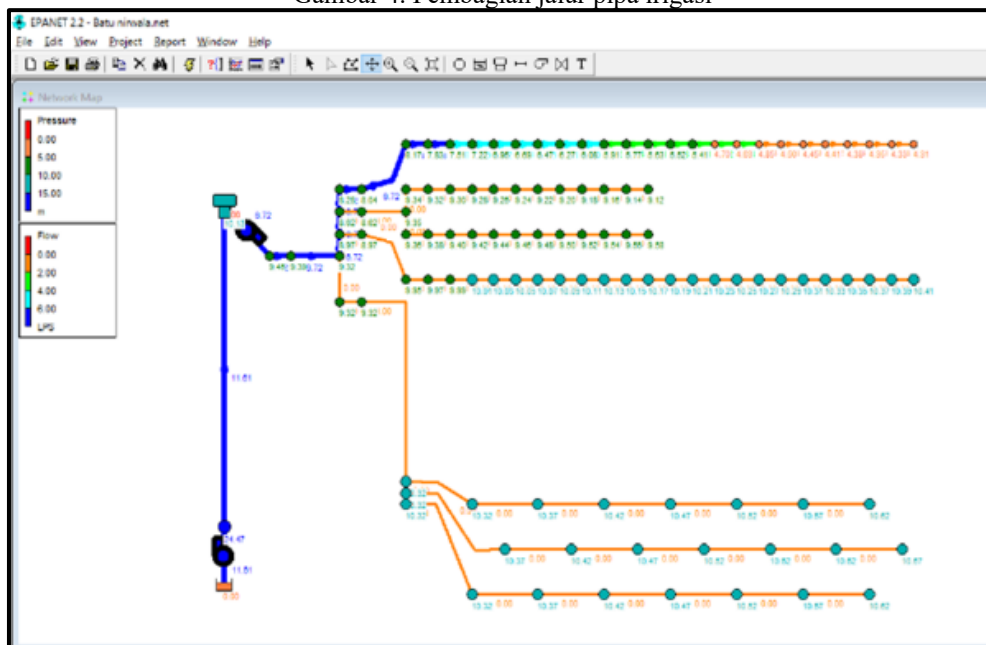
Hasil simulasi pada Gambar 7 juga menunjukkan bahwa area perpipaan irigasi ini yang paling mendekati optimum dibandingkan Area lain. Hal ini karena *head* yang tersedia

masih mencukupi hingga ke ujung dari sistem perpipaan dengan variasi tekanan relatif kecil. Dengan kurva sistem yang lebih landai, pompa dapat menghasilkan debit lebih besar tanpa kehilangan *head* yang signifikan. Kondisi ini

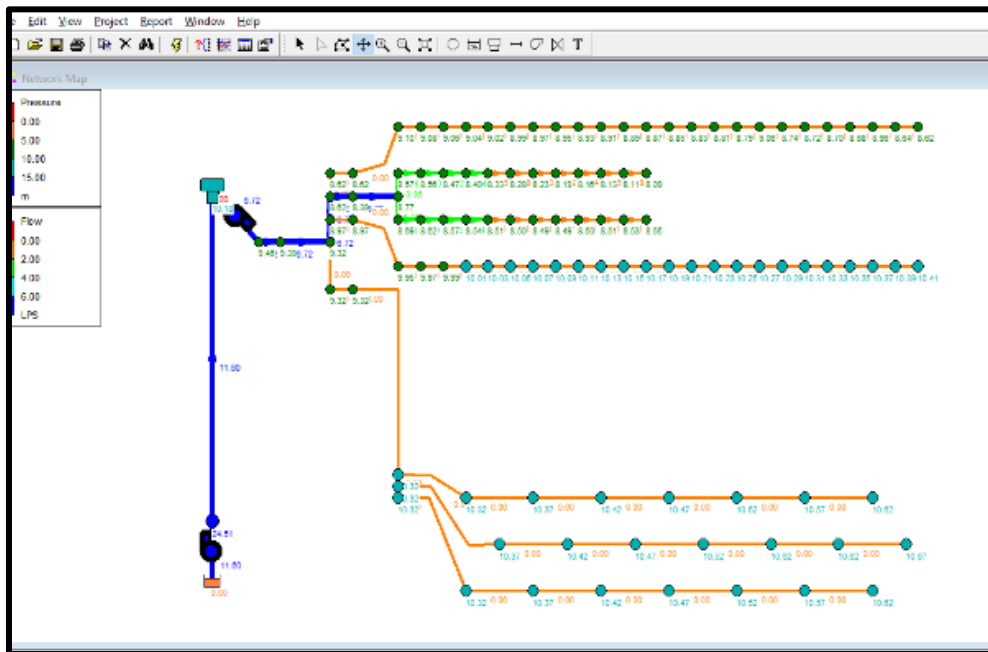
sangat ideal untuk sistem irigasi, karena distribusi air lebih merata, efisiensi energi meningkat, dan kinerja pompa tetap stabil tanpa beban kerja berlebih.



Gambar 4. Pembagian jalur pipa irigasi



Gambar 5. Hasil simulasi pengaliran Area 1 dengan sistem irigasi tetes



Gambar 6. Hasil simulasi pengaliran Area 2 dengan sistem irigasi tetes

Pada Gambar 8, terlihat adanya variasi distribusi tekanan yang cukup signifikan antara percabangan atas dan bawah. Jalur atas masih mampu mempertahankan tekanan 8–9 mH₂O dengan debit aliran relatif stabil, sedangkan jalur bawah menunjukkan penurunan tekanan lebih besar dengan *node-node* berwarna hijau muda hingga oranye, dengan tekanan 5–7 mH₂O. Debit pada perpipaan bagian bawah juga lebih kecil, khususnya di ujung jaringan yang hanya sekitar 0,07–0,09 l/s. Kondisi ini mengindikasikan ketidakseimbangan hidrolis antar percabangan yang dapat mengurangi keseragaman distribusi air. Fenomena ini disebabkan oleh kombinasi rugi gesek tinggi akibat panjang pipa, diameter relatif kecil, serta rugi minor besar di percabangan yang menambah kehilangan energi pada jalur bawah.

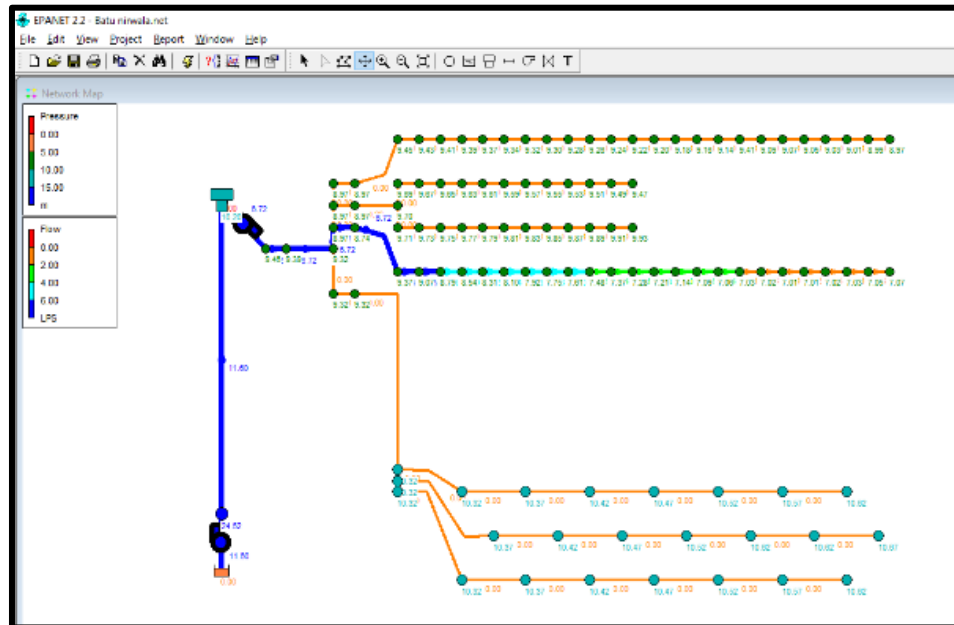
Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa sistem bekerja pada kurva dengan kerugian energi tinggi, sehingga debit total yang dihasilkan lebih rendah dan distribusi tidak seimbang. Jika kondisi ini dipertahankan, beberapa *node* di jalur bawah bisa berada di bawah tekanan minimum yang diperlukan

untuk pengoperasian emitter, sehingga berpotensi menyebabkan defisit air pada tanaman. Untuk mengatasinya, diperlukan strategi teknis seperti pembagian zona irigasi (operasi bergilir antara zona atas dan bawah), penambahan katup pengatur tekanan di percabangan, atau peningkatan diameter pipa bagian bawah untuk menurunkan rugi gesek. Dengan metode tersebut, distribusi air dapat diseragamkan kembali sehingga sistem irigasi berfungsi lebih optimal.

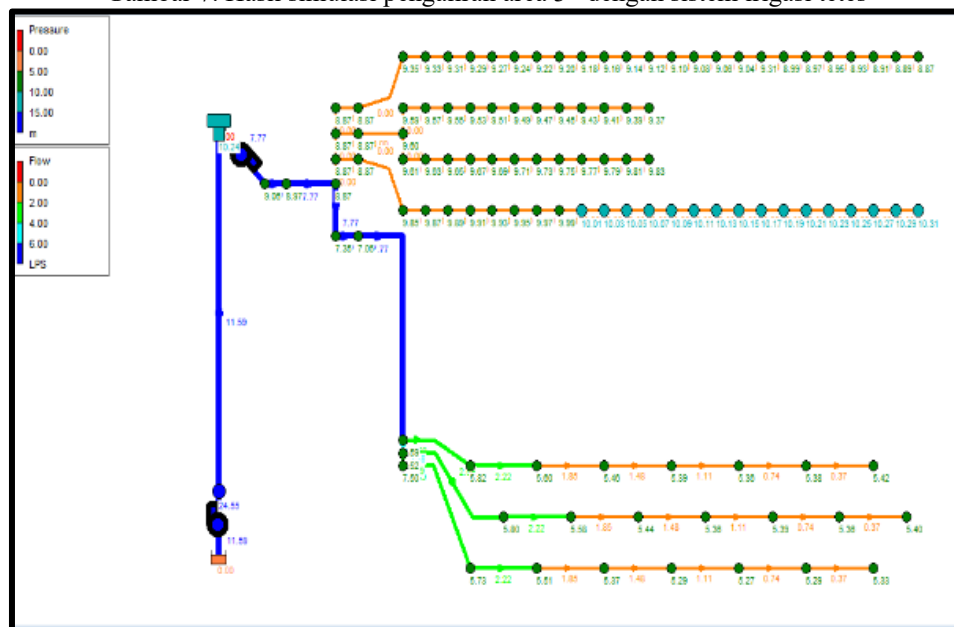
Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan debit aliran berdasarkan waktu operasi (jam). Pada awal simulasi hingga sekitar jam ke-4, tekanan masih berada di titik nol, yang menandakan pompa belum aktif atau sistem belum beroperasi. Setelah melewati jam ke-4, terjadi kenaikan secara tajam hingga mencapai sekitar 7,5 m, kemudian tekanan stabil pada nilai tersebut selama beberapa jam berikutnya, menunjukkan kondisi operasi pompa yang konstan dan seimbang. Menjelang jam ke-11, tekanan kembali meningkat hingga sekitar 8,5 m, lalu bertahan pada kondisi stabil baru, yang dapat diinterpretasikan sebagai adanya

penyesuaian beban sistem, perubahan debit, atau pengaturan otomatis pompa. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan kinerja pompa yang cukup

baik dengan fase awal *start-up*, fase operasi stabil, serta fase peningkatan tekanan pada periode akhir.



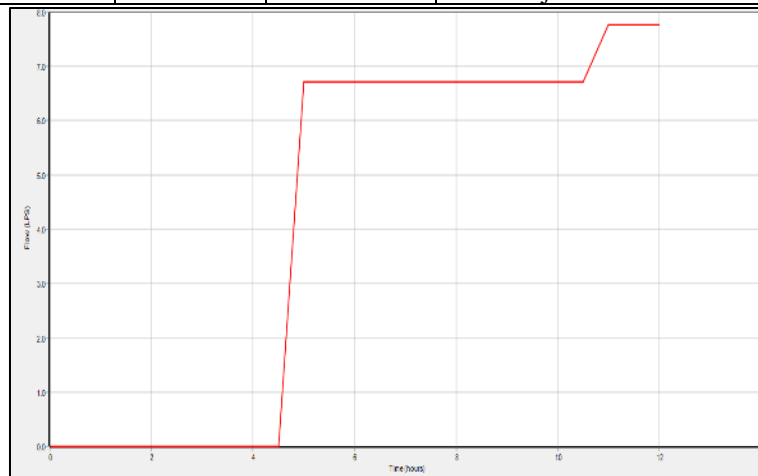
Gambar 7. Hasil simulasi pengaliran area 3 dengan sistem irigasi tetes



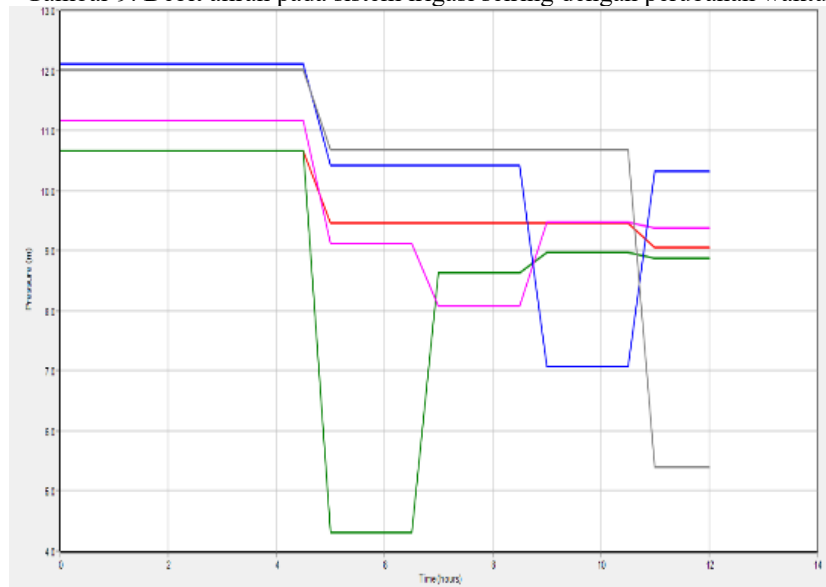
Gambar 8. Hasil simulasi pengaliran area 4 dengan sistem irigasi springkle

Tabel 1. Hasil analisis tekanan dan debit sistem irigasi per area

Area	Tekanan rata-rata (m)	Debit aliran (L/s)	Jumlah node tanpa aliran	Keterangan
1	4.5-8.7	0-6	4	Tekanan tidak merata, debit tinggi di jalur utama namun rendah di hilir.
2	8.5-10.5	0-4	6	Tekanan relatif homogen, tetapi masih ada cabang dengan aliran nol.
3	7-10	0-4.2	5	Distribusi tekanan lebih konsisten, masih terdapat jalur mati.
4	2-9	0.3-5.9	2	Tekanan hilir turun drastis, debit tidak stabil di jalur bawah.



Gambar 9. Debit aliran pada sistem irigasi seiring dengan perubahan waktu



Gambar 10. Tekanan berdasarkan perubahan waktu operasi.

Gambar 10 menunjukkan variasi tekanan pada beberapa *node* jaringan irigasi terhadap waktu operasi. Pada awalnya, semua *node* memiliki tekanan relatif stabil di atas 90 m, kemudian pada jam ke-4 hingga jam ke-6 terjadi penurunan drastis pada beberapa *node*, bahkan salah satu *node* turun hingga mendekati nol, yang menandakan adanya ketidakseimbangan distribusi air atau rugi energi signifikan di jalur tertentu. Setelah itu, sebagian *node* tekanan kembali stabil di kisaran 80–90 m, sementara *node* lain masih menunjukkan fluktuasi hingga jam ke-12. Kondisi ini mengindikasikan adanya perbedaan kehilangan energi antar jalur, kemungkinan akibat panjang pipa, diameter yang berbeda, atau jumlah *fitting* yang memicu *minor losses*. Secara umum, fluktuasi tekanan ini perlu dikendalikan karena dapat menurunkan keseragaman distribusi air, sehingga penerapan katup pengatur tekanan atau sistem zonasi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pada sistem irigasi.

KESIMPULAN

Alat penggorengan abon ikan yang dibuat, berdasarkan simulasi memiliki kemampuan yang baik secara mekanik. Hal itu ditunjukkan oleh :

- *Maximum stress* terjadi pada rangka dudukan wajan akibat beban 30 N adalah 1.021×10^{-2} MPa.
- *Maximum displacement* pada rangka dudukan wajan adalah 1.479×10^{-4} mm.
- *Maximum strain* pada rangka dudukan wajan adalah 2.997×10^{-7} .
- *Maximum stress* rangka dudukan *gearbox* dan motor penggerak (80 N) adalah 2.533×10^{-2} MPa.
- *Maximum displacement* pada rangka dudukan wajan akibat *gearbox* dan motor penggerak (80 N) adalah 1.303×10^{-4} mm.
- *Maximum strain* pada rangka dudukan *gearbox* dan motor penggerak adalah 7.402×10^{-7} .

- Pengaduk alat penggorengan abon ikan tidak menunjukkan nilai *stress* dan *strain* yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ajie Pangestu Sukirno. 2019. “Perancangan Alat Pengaduk Dodol.” *Skripsi*.
- [2]. Aliyah, Rizkia, Iwang Gumular, and Ine Maulina. 2015. “Strategi Pengembangan Usaha Pengolahan Abon Ikan (Studi Kasus Rumah Abon Di Kota Bandung) Business Development Strategies Of Processing Fish Floss (Case Study Of Rumah Abon In Bandung).” *Jurnal Perikanan Kelautan* 2(1): 78–84.
- [3]. Anwar, Chairil -. 2018. “Pengaruh Jenis Ikan Dan Metode Pemasakan Terhadap Mutu Abon Ikan.” *Jurnal Fishtech* 7(2): 138–47.
- [4]. Ii, B A B. 2008. “Bab-Ii-Buku-Aboni-Abon-Ikan-Tanjung-Medang.” : 7–20.
- [5]. Ismail, Andi Muhammad, and Dhanang Eka Putra. 2017. “Inovasi Pembuatan Abon Ikan Cakalang Dengan Penambahan Jantung Pisang.” *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto* 19(1): 45–54.
- [6]. Kusnandar, M F K. 2017. “Rancang Bangun Dan Analisa Mesin Pengaduk Dodol Semi Otomatis Dengan Kapasitas 30 Kilogram.” <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/27867>.
- [7]. LIU. 2020. “ARTIKEL ABON IKAN.” : 151–56.
- [8]. Parsa, I Nyoman Bagia & I Made. 2018. Motor-motor listrik MOTOR-MOTOR LISTRIK.
- [9]. Poros, Pengertian. “MACAM-MACAM POROS Hal-Hal Penting Dalam Perencanaan Poros.” : 1–13.
- [10]. Qurohman, M Taufik, Syaefani Arif Romadhon, and M. Mawan Junaidi Usman. 2020. “Analisis Putaran Pulley

- Pada Mesin Penggiling Jagung.”
Nozzle : Journal Mechanical
Engineering 9(2): 41–44.
- [11]. Sifa, Agus, Tito Endramawan, Indrawan
Nurahman, and Ikbal Dwi Pangga. 2020.
“Rancang Bangun Mesin Pengaduk
Dodol Karangampel.” Universitas
Negeri Surabaya: 26–27.
- [12]. Sularso Suga, Kiyokatsu. 2004. “Dasar
Perancangan Dan Pemilihan Elemen
Mesin.” Paper Knowledge . Toward a
Media History of Documents: 1–350.