

**Perancangan sistem pompanisasi pengairan persawahan blok 2
seluas 10,6 hektar Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon**

*Design of irrigation pumping system for rice fields in Block 2
covering 10,6 hectares in Jagapura Kulon Village Cirebon Regency*

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Alessandro Immanuel

NPM: 213030066



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Alessandro Immanuel

Nomor Pokok Mahasiswa : 213030066

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi.
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apa pun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Alessandro Immanuel

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Alexsandro Immanuel
NPM : 213030066
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Perancangan sistem pompanisasi pengairan persawahan blok 2 seluas 10,6 hektar Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan serta pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Alexsandro Immanuel

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Perancangan sistem pompanisasi pengairan persawahan blok 2
seluas 10,6 hektar Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon**



Nama: Alexandro Immanuel
NPM: 213030066

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Pembimbing Pendamping



Mohammad Reza Hermawan, S.T, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Perancangan sistem pompanisasi pengairan persawahan blok 2 seluas 10,6 hektar Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon



Nama: Alessandro Immanuel
NPM: 213030066

Tanggal sidang skripsi: 30 Juni 2025

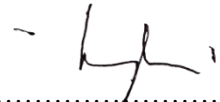
Ketua : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.



Sekretaris : Mohammad Reza Hermawan, S.T M.T.



Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.



Anggota : Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.



KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya sehingga memungkinkan penulis untuk membuat, menyusun serta menyelesaikan laporan skripsi ini.

Laporan skripsi ini mungkin tidak terselesaikan tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari orang-orang di sekitar penulis. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan kakak saya yang telah memberikan do'a serta dorongan, secara moral dan materi yang kuat sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T., selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Mohammad Reza Hermawan S.T, M.T., selaku dosen pembimbing pendamping.
5. Bapak dan ibu Teknik Mesin Universitas Pasundan yang telah mengajar dan membekali ilmu selama melakukan studi.
6. Semua rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin Universitas Pasundan yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Sebagai penutup, diharapkan laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan pengetahuan, baik bagi penulis maupun pembaca.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Alexsandro Immanuel

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah	2
3. Tujuan	2
4. Manfaat	3
5. Lingkup masalah	3
6. Sistematika penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR	5
1. Kajian pustaka.....	5
2. Definisi pengairan	7
3. Sumber air	8
4. Kebutuhan air	9
5. Sistem perpipaan	9
6. Genset.....	10

7.	Pompa.....	11
8.	Pipa.....	11
9.	Perangkat lunak EPANET 2.2.....	12
10.	Perangkat lunak Google Earth	12
11.	Perangkat lunak Garmin Basecamp	13
12.	Garmin GPS MAP 65s	13
BAB III METODOLOGI		14
1.	Tahapan penelitian	14
	A. Identifikasi Masalah.....	14
	B. Pengumpulan dan pengolahan data primer	16
2.	Lokasi penelitian	25
3.	Peralatan yang digunakan	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
1.	Kalibrasi	27
2.	Membuat jalur dan membuat data elevasi dari perangkat lunak Basecamp.....	28
3.	Mengukur luas per petak sawah	31
4.	Menghitung kebutuhan air pada setiap petak sawah	31
5.	Syarat dan kriteria perancangan	34
6.	Membuat desain alternatif pada perangkat lunak EPANET 2.2	34
	A. Desain alternatif pertama	34
	B. Desain alternatif kedua	38
	C. Perhitungan pompa, genset, dan biaya operasional	41
	D. Membandingkan dengan penelitian terdahulu	52
7.	Menyusun rencana anggaran biaya	52
8.	Hasil penelitian	54
	A. Membandingkan kedua hasil perancangan	62
	B. Perbandingan EPANET 2.2 dan analitik	62
	C. Pembahasan	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		86
1.	Kesimpulan	86

2. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN.....	90
1. Foto-foto kegiatan.....	90
2. Lembar kerja	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengairan persawahan [3]	8
Gambar 2. Sistem perpipaan menggunakan EPANET 2.2 [7]	10
Gambar 3. Generator set [18]	10
Gambar 4. Pompa air [20]	11
Gambar 5. Diagram alir penelitian	14
Gambar 6. Jalur hasil tracking	17
Gambar 7. Cara mengumpulkan data elevasi	17
Gambar 8. Pengukuran lebar sungai	17
Gambar 9. Grafik pengukuran lebar sungai	18
Gambar 10. Sketsa pengukuran lebar sungai	19
Gambar 11. Pengukuran waktu tempuh bola pingpong penampang 1 ke penampang 2 ...	19
Gambar 12. Grafik pengukuran waktu bola pingpong penampang 1 ke penampang 2	20
Gambar 13. Sketsa pengukuran waktu bola pingpong penampang 1 ke penampang 2	21
Gambar 14. Pengukuran kedalaman Sungai	21
Gambar 15. Grafik pengukuran kedalaman sungai penampang 1 selama 10 hari	22
Gambar 16. Sketsa pengukuran kedalaman sungai penampang 1	23
Gambar 17. Current meter flowatch	24
Gambar 18. Sketsa lokasi kedalaman pengukuran debit air	25
Gambar 19. Lokasi penelitian 1	25
Gambar 20. Lokasi penelitian 2	25
Gambar 21. Pengukuran jarak pada perangkat lunak Google Earth	27
Gambar 22. Pengukuran menggunakan perangkat lunak EPANET	27
Gambar 23. Memasukkan hasil kalibrasi pada map dimensions EPANET 2.2	28
Gambar 24. Dasar area penelitian	28
Gambar 25. Luas area penelitian	29
Gambar 26. Mencari data elevasi	29
Gambar 27. Mencari data panjang pipa	30
Gambar 28. Membuat jalur pada Google Earth	30
Gambar 29. Mengukur luas area petak sawah	31
Gambar 30. Jumlah petak sawah	31
Gambar 31. Perhitungan base demand	32
Gambar 32. Jalur perpipaan pada perangkat lunak EPANET 2.2 alternatif pertama	35

Gambar 33. Data elevasi alternatif pertama	35
Gambar 34. Data panjang pipa alternatif pertama	36
Gambar 35. Data base demand alternatif pertama	36
Gambar 36. Data diameter pipa alternatif pertama	36
Gambar 37. Tekanan yang dihasilkan alternatif pertama.....	37
Gambar 38. Kecepatan aliran yang dihasilkan alternatif pertama	37
Gambar 39. Desain alternatif kedua pada perangkat lunak EPANET 2.2	38
Gambar 40. Data elevasi alternatif kedua	38
Gambar 41. Data panjang pipa alternatif kedua.....	39
Gambar 42. Data diameter alternatif kedua	39
Gambar 43. Tekanan yang dihasilkan alternatif kedua	39
Gambar 44. Data kecepatan aliran alternatif kedua	40
Gambar 45. Spesifikasi tandon	40
Gambar 46. Pompa yang digunakan pada alternatif pertama [28]	41
Gambar 47. Genset yang digunakan pada alternatif pertama [28]	42
Gambar 48. Pompa yang digunakan pada alternatif kedua [28]	42
Gambar 49. Genset yang digunakan pada alternatif kedua [28]	43
Gambar 50. Hasil perhitungan pompa alternatif pertama	44
Gambar 51. Kurva karakteristik pompa alternatif pertama [28]	44
Gambar 52. Kurva karakteristik pompa alternatif pertama.....	45
Gambar 53. Kurva tekanan vs debit alternatif pertama.....	46
Gambar 54. Hasil pengukuran pompa alternatif kedua.....	48
Gambar 55. Kurva Karakteristik pompa alternatif kedua [28]	48
Gambar 56. Kurva sistem perpipaan alternatif kedua	49
Gambar 57. Karakteristik pompa alternatif kedua	49
Gambar 58. Kurva tekanan vs debit alternatif kedua.....	50
Gambar 59. Data perbandingan dengan peneliti terdahulu	52
Gambar 60. Data hasil node ID J1-J21 alternatif pertama	65
Gambar 61. Data hasil node ID J22-J42 alternatif pertama	65
Gambar 62. Data hasil node ID J43-J63 alternatif pertama	66
Gambar 63. Data hasil node ID J64-J84 alternatif pertama	66
Gambar 64. Data hasil node ID J85-R1 alternatif pertama.....	67
Gambar 65. Analitik kecepatan dan faktor gesekan pada alternatif pertama.....	67
Gambar 66. Data hasil link ID P1-P35 alternatif pertama	67
Gambar 67. Data hasil link ID P36-P60 alternatif pertama	68

Gambar 68. Data hasil link ID P61-P81 alternatif pertama	68
Gambar 69. Data hasil link ID P82-P102 alternatif pertama	68
Gambar 70. Data hasil link ID P103-P3 alternatif pertama	69
Gambar 71. Grafik perbandingan faktor gesekan P1-P48 alternatif pertama	71
Gambar 72. Grafik perbandingan faktor gesekan P50-P80 alternatif pertama	71
Gambar 73. Grafik perbandingan faktor gesekan P81-P3 alternatif pertama	71
Gambar 74. Grafik perbandingan kecepatan P1-P48 alternatif pertama	72
Gambar 75. Grafik perbandingan kecepatan P50-P80 alternatif pertama	72
Gambar 76. Grafik perbandingan kecepatan P81-P3 alternatif pertama	72
Gambar 77. Grafik perbandingan tekanan J1-J31 alternatif pertama	73
Gambar 78. Grafik perbandingan tekanan J32-J62 alternatif pertama	73
Gambar 79. Grafik perbandingan tekanan J63-J91 alternatif pertama	73
Gambar 80. Grafik selisih pressure J1-J31 alternatif pertama	74
Gambar 81. Grafik selisih pressure J32-J62 alternatif pertama	74
Gambar 82. Grafik selisih pressure J63-J92 alternatif pertama	74
Gambar 83. Data hasil node ID J1-J21 alternatif kedua	75
Gambar 84. Data hasil node ID J22-J42 alternatif kedua	75
Gambar 85. Data hasil node ID J43-J63 alternatif kedua	76
Gambar 86. Data hasil node ID J64-J84 alternatif kedua	76
Gambar 87. Data hasil node ID J85-T1 alternatif kedua	77
Gambar 88. Perhitungan kecepatan dan faktor gesekan pada analitik alternatif kedua	77
Gambar 89. Data hasil link ID P1-P35 alternatif kedua	77
Gambar 90. Data hasil link ID P36-P60 alternatif kedua	78
Gambar 91. Data hasil link ID P61-P81 alternatif kedua	78
Gambar 92. Data hasil link ID P82-P104 alternatif kedua	78
Gambar 93. Data link ID P105-P12 alternatif kedua	79
Gambar 94. Grafik perbandingan faktor gesekan P1-P48 alternatif kedua	81
Gambar 95. Grafik perbandingan faktor gesekan P50-P80 alternatif kedua	81
Gambar 96. Grafik perbandingan faktor gesekan P81-P3 alternatif kedua	81
Gambar 97. Grafik perbandingan kecepatan P1-P48 alternatif kedua	82
Gambar 98. Grafik perbandingan kecepatan P50-P80 alternatif kedua	82
Gambar 99. Grafik perbandingan kecepatan P81-P3 alternatif kedua	82
Gambar 100. Grafik perbandingan tekanan J1-J31 alternatif kedua	83
Gambar 101. Grafik perbandingan tekanan J32-J62 alternatif kedua	83
Gambar 102. Grafik perbandingan tekanan J63-J92 alternatif kedua	83

Gambar 103. Grafik selisih pressure J1-J31 alternatif kedua	84
Gambar 104. Grafik selisih pressure J32-J62 alternatif kedua	84
Gambar 105. Grafik selisih pressure J63-J90 alternatif kedua	84
Gambar 106. Dokumentasi tracking area persawahan.....	90
Gambar 107. Dokumentasi pengukuran waktu tempuh bola pingpong.....	90
Gambar 108. Dokumentasi pengukuran kedalaman air sungai.....	91
Gambar 109. Dokumentasi pengukuran lebar sungai	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data pengukuran lebar sungai pagi hari selama 10 hari.....	18
Tabel 2. Data hasil pengukuran waktu tempuh bola pingpong	20
Tabel 3. Tabel hasil pengukuran kedalaman sungai selama 10 hari	22
Tabel 4. Peralatan yang digunakan	26
Tabel 5. Kebutuhan air per petak sawah	33
Tabel 6. Spesifikasi pompa alternatif pertama	41
Tabel 7. Spesifikasi genset alternatif pertama.....	42
Tabel 8. Spesifikasi pompa alternatif kedua	43
Tabel 9. Spesifikasi genset alternatif kedua	43
Tabel 10. Sistem perpipaan alternatif pertama	44
Tabel 11. Karakteristik pompa alternatif pertama	45
Tabel 12. Titik desain alternatif pertama.....	46
Tabel 13. Titik operasi alternatif pertama	46
Tabel 14. Total biaya untuk perawatan alat alternatif pertama	47
Tabel 15. Biaya untuk mengalir sawah perjam alternatif pertama.....	47
Tabel 16. Harga pompa dan genset alternatif pertama	47
Tabel 17. Perhitungan biaya operasional alternatif pertama	47
Tabel 18. Sistem perpipaan alternatif kedua	48
Tabel 19. Karakteristik pompa alternatif kedua	49
Tabel 20. Titik desain alternatif kedua.....	50
Tabel 21. Titik operasi alternatif kedua.....	50
Tabel 22. Total biaya untuk perawatan alat alternatif kedua.....	50
Tabel 23. Biaya untuk mengalir sawah perjam alternatif kedua	51
Tabel 24. Harga pompa dan genset alternatif kedua	51
Tabel 25. Perhitungan biaya operasional alternatif kedua.....	51
Tabel 26. rencana anggaran biaya alternatif pertama	53
Tabel 27. Rencana anggaran biaya alternatif kedua	54
Tabel 28. Data hasil elevasi, base demand, head, dan pressure alternatif pertama	54
Tabel 29. Data hasil link ID alternatif pertama	56
Tabel 30. Data hasil node ID alternatif kedua.....	58
Tabel 31. Data hasil link ID alternatif kedua	60
Tabel 32. Perbandingan faktor gesekan dan kecepatan serta tekanan alternatif pertama.....	69
Tabel 33. Perbandingan faktor gesekan dan kecepatan serta tekanan alternatif kedua	79

ABSTRAK

Ketersediaan air irigasi pada musim kemarau di wilayah persawahan Blok 10,6, Desa Jagapura Kulon, Kabupaten Cirebon, merupakan permasalahan yang cukup krusial bagi petani. Kendala utama disebabkan oleh adanya perbedaan elevasi antara muka air sungai dan permukaan lahan pertanian, di mana muka air sungai berada 22,06 m lebih rendah daripada lahan sawah. Kondisi tersebut mengakibatkan distribusi air secara gravitasi tidak memungkinkan untuk dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pompanisasi agar air dapat dialirkan secara efektif dan efisien ke area pertanian. Tahapan awal dalam perancangan sistem ini dimulai melalui kegiatan survei serta pengumpulan data lapangan. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, kebutuhan air irigasi ditetapkan sebesar 0,012 m³/s. Parameter fisik sungai yang diamati meliputi kedalaman air 58,05 cm, lebar penampang 6,75 m, serta waktu tempuh bola pingpong dari penampang 1 ke penampang 2 selama 14,35 s. Dari data tersebut, diperoleh kecepatan aliran sungai sebesar 1,11 m/s dan debit sungai sebesar 4,80 m³/s. Hasil ini mengindikasikan bahwa ketersediaan sumber daya air pada lokasi penelitian relatif memadai untuk memenuhi kebutuhan irigasi. Perangkat lunak EPANET digunakan untuk memodelkan jaringan pipa untuk memodelkan tekanan dan kecepatan aliran sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan sistem yang dihasilkan pada alternatif pertama berkisar antara 3,48 hingga 29,18 m dengan kecepatan aliran yang dihasilkan berkisar antara 1,7 sampai 2,8 m/s dan tekanan yang dihasilkan alternatif kedua berkisar antara 3,48 hingga 33,74 m dengan kecepatan aliran yang dihasilkan berkisar antara 1,7 sampai 2,8 m/s. Kedua skenario menunjukkan bahwa sistem pompa dapat memanfaatkan air sungai dengan baik. Oleh karena itu, sistem pompanisasi dianggap sebagai solusi teknis yang layak dan efisien untuk mengatasi kekurangan air irigasi selama musim kemarau. Dengan menerapkan sistem ini, para petani dapat memperoleh lebih banyak air, memajukan keberlanjutan pertanian, dan meningkatkan ketahanan pangan lokal di Desa Jagapura Kulon.

Kata kunci: debit sungai, elevasi, EPANET 2.2, kebutuhan air, kecepatan aliran air, sistem pompanisasi, tekanan air.

ABSTRACT

The availability of irrigation water during the dry season in the rice field area of Block 10.6, Jagapura Kulon Village, Cirebon Regency, constitutes a critical issue for farmers. The main obstacle is the elevation difference between the river water level and the agricultural land surface, where the river water level is 22,06 m lower than the paddy field. This condition makes gravity-based water distribution impossible. Therefore, a pumping system is required to deliver water effectively and efficiently to the agricultural area. The initial stage in designing this system began with field surveys and data collection. Based on field measurements, the irrigation water requirement was determined to be 0,012 m³/s. The observed physical parameters of the river included a water depth of 58,05 cm, a channel width of 6,75 m, and a travel time of a ping pong ball from cross-section 1 to cross-section 2 of 14,35 s. From these data, the river flow velocity was calculated to be 1.11 m/s, while the river discharge was 4,80 m³/s. These results indicate that the availability of water resources at the study site is relatively sufficient to meet irrigation demands. The EPANET perangkat lunak was employed to model the pipe network in order to analyze system pressure and flow velocity. The simulation results showed that in the first alternative, the system pressure ranged from 3,48 to 29,18 m with flow velocities between 1,7 and 2,8 m/s. In the second alternative, the system pressure ranged from 3,48 to 33,74 m with flow velocities also between 1,7 and 2,8 m/s. Both scenarios demonstrated that the pumping system can utilize river water effectively. Therefore, the pumping system is considered a technically feasible and efficient solution to address irrigation water shortages during the dry season. By implementing this system, farmers are expected to gain greater access to water, promote agricultural sustainability, and enhance local food security in Jagapura Kulon Village.

Keywords: elevation, EPANET 2.2, flow velocity, pumping system, river discharge, water demand, water pressure.

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Kabupaten Cirebon merupakan bagian dari Provinsi Jawa Barat dan terletak di jalur strategis pantura, yakni jalan utama yang membentang di pesisir sepanjang utara Pulau Jawa. Dari segi topografi, wilayah ini terbagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama adalah dataran rendah yang menghampar di sepanjang pantai utara, meliputi Kecamatan Gegesik, Kaliwedi, dan Kapetakan. Sementara itu, bagian lainnya adalah dataran tinggi yang menawarkan pemandangan yang berbeda. Selain itu, Kabupaten Cirebon juga dilintasi oleh 18 aliran sungai yang bermula di bagian selatan, termasuk beberapa sungai besar seperti Cisanggarung, Ciwaringin, Cimanis, Cipager, Pekik, dan Kalijaga.

Sektor pertanian tetap memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan masyarakat Kabupaten Cirebon. Sebagai salah satu lumbung padi untuk kawasan sekitarnya, sektor ini mendominasi struktur perekonomian daerah, sehingga Kabupaten Cirebon dapat dikategorikan sebagai kabupaten yang berbasiskan pertanian. Kawasan unggulan untuk budidaya padi terletak di Kecamatan Kapetakan, Gegesik, Susukan, dan Sedong.

Di Kecamatan Gegesik, tepatnya di Desa Jagapura Kulon, letak geografisnya berada di dataran rendah. Desa ini memiliki luas sekitar 514.045 hektar dan dihuni oleh sekitar 8.950 penduduk. Dari luas itu, sekitar 430 hektar merupakan lahan pertanian. Mayoritas penduduk, sebanyak 70%, bekerja sebagai petani, memanfaatkan kekayaan sumber daya alam yang meliputi lahan pertanian yang luas dan sumber daya air permukaan yang mengalir melewati area pertanian mereka.

Desa Jagapura Kulon dilalui oleh tiga sungai, yaitu Sungai Rama, Sungai Jonggol, dan Sungai Sikusta. Meskipun desa ini dikelilingi oleh ketiga sungai tersebut, area persawahan di Jagapura Kulon masih belum dapat teraliri dengan baik. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan yang dihadapi para petani dalam mengalirkan air dari sumber ke lahan pertanian, terutama pada musim kemarau.

Area persawahan di Desa Jagapura Kulon, dengan luas sekitar 430 hektar, mengalami dampak signifikan akibat musim kemarau yang berkepanjangan serta fenomena El Niño. Hal ini menyebabkan banyak petani merasakan keresahan, terutama ketika tanaman padi yang sudah tumbuh di tengah musim kemarau terpaksa dibiarkan mengering akibat kurangnya pasokan air. Meskipun di sekitar area persawahan terdapat sungai yang

bisa dimanfaatkan sebagai sumber air permukaan, tantangan dalam mengalirkan air saat musim kemarau dan El Niño membuat harapan petani untuk melakukan panen dua kali dalam setahun sulit tercapai.

Para petani di daerah tersebut menghadapi kendala dalam mengalirkan air dari sungai karena jarak dan elevasi yang cukup tinggi antara sungai dan lahan pertanian mereka. Oleh karena itu, warga desa pun perlu membangun sistem pompanisasi untuk mengairi sawah di Desa Jagapura Kulon.

Sistem pompanisasi adalah proses pengolahan air irigasi yang memanfaatkan pompa untuk mendistribusikan air dari sumber-sumber seperti sungai, waduk, atau sumur ke lahan pertanian. Sistem ini terdiri dari pompa dan jaringan pipa yang mengalirkan air dari sungai langsung ke petak-petak sawah. Beberapa manfaat yang ditawarkan oleh sistem ini meliputi pengelolaan air yang lebih efisien dan efektif, peningkatan produktivitas tanaman berkat pasokan air yang stabil, serta sebagai langkah adaptasi terhadap perubahan iklim untuk mengurangi risiko gagal panen dan mendukung pertanian secara berkelanjutan.

Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pompanisasi irigasi. Tujuan utamanya adalah untuk mendukung distribusi air secara efisien ke lahan pertanian, sehingga pasokan air dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman berdasarkan standar irigasi yang berlaku.

2. Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini didasarkan pada uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya:

- a. Bagaimana mencukupi kebutuhan air di area persawahan agar waktu panen optimal.
- b. Bagaimana mengalirkan air yang berasal dari sungai yang terletak lebih rendah dari area persawahan.

3. Tujuan

Tujuan dari laporan ini untuk menemukan solusi agar dapat memenuhi kebutuhan air pada area persawahan di Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon seluas 8,94 hektar melalui penerapan sistem pompanisasi. Berikut ini adalah tujuan penelitian:

- a. Merancang sistem pompanisasi untuk mengairi sawah sesuai dengan kebutuhan untuk mengoptimalkan waktu panen.

- b. Menyusun rencana anggaran biaya (RAB) pompanisasi pengairan persawahan Desa Jagapura Kulon.

4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini:

- a. Diharapkan tanaman padi dapat terpenuhi kebutuhan air selama musim kemarau.
- b. Mempermudah dalam mengalirkan air dengan dibangunnya jaringan perpipaan.

5. Lingkup masalah

Pentingnya membatasi cakupan topik dalam penelitian adalah untuk mencegah pembahasan yang terlalu luas, dalam penelitian ini:

- a. Penelitian ini membuat perancangan sistem pompanisasi dan jaringan perpipaan persawahan Desa Jagapura Kulon seluas 10,6 hektar.
- b. Penelitian ini di rancang menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 dan dilakukan simulasi untuk hasil yang akurat.
- c. Penelitian ini mencakup perancangan dan analisis serta rancangan anggaran biaya.

6. Sistematika penulisan

Sistematika terdiri dari empat bab dalam tulisan ini, yang disusun secara sistematis agar memberikan pemahaman yang jelas. Berikut adalah ringkasan dari masing-masing bab:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab permata memaparkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, lingkup penelitian, serta metodologi penelitian.

BAB II: STUDI LITERATUR

Bab kedua, terdapat uraian mengenai dasar teori yang relevan, meliputi topik seperti definisi pengairan, sumber air, kebutuhan air, definisi sistem perpipaan dan genset.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ketiga melingkupi tahapan penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan, metode pengujian, Lokasi penelitian serta anggaran yang telah digunakan.

BAB IV: RENCANA KEGIATAN DAN ANGGARAN

Bab keempat membahas perihal hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, meliputi membuat jalur, menghitung kebutuhan air per petak sawah, syarat dan kriteria perancangan, membuat beberapa desain alternatif, menyusun rencana anggaran biaya dan menampilkan hasil penelitian.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir membahas kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II STUDI LITERATUR

1. Kajian pustaka

Penelitian sebelumnya menjadi fondasi penting bagi penelitian ini. Beberapa studi terdahulu yang menjadi dasar bagi penelitian ini meliputi:

Penelitian 1, Nasruddin A. Abdullah, Muhammad Amin, Fazri Amir, Syamsul Bahri Widodo (2023)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nasruddin A. Abdullah, Muhammad Amin, Fazri Amir, Syamsul Bahri Widodo pada tahun 2023 berjudul “Pemanfaatan energi surya untuk menggerakkan pompa submersible pada sistem pengairan sawah tadah hujan”. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan sistem pengairan yang memanfaatkan pompa submersible berbasis energi matahari. Pompa ini memiliki kapasitas debit hingga 30 liter per menit. Sistem ini dirancang untuk mengaliri air ke sawah seluas ± 200 hektar [1].

Penelitian 2, Izzul Fazlul Alam, Abdul Aziz, Perawati (2023)

Penelitian yang dilakukan oleh Izzul Fazlul Alam, Abdul Aziz, Perawati pada tahun 2023 dengan judul “Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTA) untuk pompa irigasi sawah di Desa Tulak Aurstanding Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Ilir”. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan pengelolaan air, dengan demikian, petani hanya mampu melaksanakan satu musim tanam dalam satu tahun. Sistem irigasi yang diterapkan dirancang untuk mencukupi kebutuhan air pada lahan sawah seluas 20 hektar dengan perbedaan elevasi sebesar 3-4 m [2].

Penelitian 3, M. Budi N. Rahman, Fitroh Anugerah K. Yudha, Rahmad K. Adi, Tri Wahyono (2021)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh M Budi N. Rahman, Fitroh Anugerah K. Yudha, Rahmad K. Adi, dan Tri Wahyono pada tahun 2021 dengan judul “Instalasi sistem pengairan area persawahan untuk meningkatkan produktivitas jagung”. Dalam penelitian ini, sistem pengairan diterapkan karena adanya perbedaan elevasi sebesar 8 m. Sumber air yang berada lebih rendah dibandingkan dengan area seluas 10 hektar yang akan dialiri [3].

Penelitian 4, Najla Anwar Fuadi, M Yanuar J. Purwanto, Suria Darma Tarigan (2016)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Najla Anwar Fuadi, M Yanuar J. Purwanto, dan Suria Darma Tarigan pada tahun 2016 dengan judul “Kajian kebutuhan air dan produktivitas air padi sawah dengan sistem pemberian air secara SRI dan konvensional

menggunakan irigasi pipa”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas air pada sawah konvensional mencapai 0,82 kg/m³, sedangkan pada sistem SRI sebesar 1,12 kg/m³. Penerapan sistem irigasi perpipaan yang dikombinasikan dengan metode pengolahan air SRI terbukti meningkatkan efisien pemanfaatan air dan menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi [4].

Penelitian 5, Fardin Hasibuan, Idham Nabil Barisqy (2023)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fardin Hasibuan dan Idham Nabil Barisqy pada tahun 2023 dengan judul “Perancangan pemasangan pompa air bersumber listrik tenaga matahari di persawahan desa siraisan”. Dalam penelitian ini, penulis merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengoperasikan pompa yang akan memindahkan air dari sungai ke sistem irigasi area persawahan. Pompa ini akan mengatasi jarak sejauh 300 m dan perbedaan elevasi sebesar 3 m di atas permukaan air sungai [5].

Penelitian 6, Ketut Soriarta, I Putu Dwikarna Putra (2025)

Penelitian yang dilakukan oleh Ketut Soriarta dan I Putu Dwikarna Putra pada tahun 2025 dengan judul “Analisis sistem penyediaan air minum malet Kecamatan Susut Kabupaten Bangli berbasis aplikasi EPANET 2.2”. Penelitian ini mengevaluasi sistem penyediaan air bersih dengan perbedaan elevasi sebesar 154 m antara sumber mata air dan *reservoir*. Sistem memanfaatkan pipa GIP dengan diameter 6 inci, dengan kecepatan aliran air sebesar 0,5 m/s dan tekanan maksimum mencapai 15,806 bar. Berdasarkan parameter tersebut, sistem ini diproyeksikan dapat memenuhi kebutuhan air hingga tahun 2042 [6].

Penelitian 7, Khairuddin Syah (2022)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Khairuddin Syah pada tahun 2022 dengan judul “Perancangan sistem irigasi perpipaan pada perkebunan kurma Barbate Aceh besar menggunakan perangkat lunak EPANET dan data digital elevation model”. Penelitian ini merancang sistem irigasi menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 dengan besar pipa utama sebesar 50 mm dan pipa sub sebesar 12 mm dan perbedaan elevasi sebesar 17 m [7].

Penelitian 8, Valencia Julia, Charles Johandersson Tiwery, Agustinus Saklaressy (2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Valencia Julia, Johandersson Tiwery, dan Agustinus Saklaressy pada tahun 2021 dengan judul “Perencanaan sistem pemberian air dengan sistem sprinkler untuk lahan pertanian Desa Waiheru, Kecamatan Baguala Kota Ambon”. Penelitian ini melakukan perencanaan sistem pemberian air sederhana dengan luas area tanaman sekitar 4,5 hektar [8].

Penelitian 9, Amrullah, Vandi Prasetyo, Muh. Syahrir, Rustam Efendi (2024)

Penelitian yang dilakukan oleh Amrullah, Vandi Prasetyo, Muh. Syahrir, dan Rustam Efendi pada tahun 2024 dengan judul “Kajian pemilihan pompa berdasarkan karakteristik topografi untuk sawah padi di Desa Bululondong”. Penelitian ini membahas pemilihan pompa yang tepat, mengingat adanya perbedaan ketinggian sebesar 1 m antara sumber air dan area persawahan, serta luas lahan persawahan yang membutuhkan pasokan air seluas 12 hektar [9].

Penelitian 10, Muh. Yunan Krg. Tompobul, Hanafi Ashad (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Muh. Yunan Krg. Tompobul dan Hanafi Ashad pada tahun 2020 dengan judul “Studi kebutuhan air untuk pembangunan jaringan irigasi Mare-mare Kabupaten Kepulauan Selayar”. Penelitian ini membahas tentang pemilihan pompa yang diperlukan akibat adanya perbedaan ketinggian antara sumber air dan area persawahan yang mencapai 3 m, serta luas persawahan yang akan dialiri air seluas 30,6 hektar[10].

2. Definisi pengairan

Irigasi atau pengairan adalah upaya untuk mendatangkan air ke lahan pertanian melalui pembuatan bangunan atau saluran-saluran yang teratur. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa air dapat digunakan secara optimal, dan kelebihan air yang tidak diperlukan lagi dapat dikelola dengan baik setelah pemanfaatannya [11].

Irigasi merupakan metode yang digunakan untuk mengairi lahan pertanian, khususnya di daerah yang memiliki pasokan air melimpah, seperti yang terletak dekat sungai atau sumber air lainnya. Menurut Mattews, air merupakan komponen vital bagi seluruh bentuk kehidupan yang dikenal di bumi. Sementara itu, hingga saat ini, belum ditemukan adanya bentuk kehidupan di planet lain dalam tata surya. Sementara itu, Parker menambahkan bahwa air dapat muncul dalam berbagai bentuk, yaitu cairan, es (padat), uap, atau gas. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan air menjadikan bumi satu-satunya planet di tata surya yang mampu mendukung kehidupan.

Sumber daya alam air memiliki peranan yang sangat vital dalam kehidupan. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatur aliran air ke pintu-pintu percabangan irigasi. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pekerjaan manusia dengan memanfaatkan kemajuan teknologi melalui penerapan sistem kontrol [11].

Menurut Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006, irigasi diartikan sebagai kegiatan penyediaan, penyaluran, dan pembuangan air yang dibutuhkan dalam sektor pertanian.

Jenis-jenis irigasi meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, air tanah, pompa, serta tambak [12].



Gambar 1. Pengairan persawahan [3]

3. Sumber air

Mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006, sumber air didefinisikan sebagai semua lokasi, baik yang berasal dari proses alami maupun hasil rekayasa manusia, yang menyimpan air dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi.

Air adalah kebutuhan pokok yang memiliki peran vital dalam kehidupan semua makhluk hidup, termasuk manusia. Sekitar 85% penggunaan air tersebut dialokasikan untuk kegiatan MCK (Mandi, Cuci, Kakus) [13].

Secara umum, sumber air merupakan segala bentuk tempat atau asal air yang dapat digunakan oleh manusia, makhluk hidup, dan ekosistem. Berdasarkan berbagai literatur mengenai teknik pengairan dan hidrologi, sumber air dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a) Air permukaan

Air permukaan adalah air yang mengalir di atas permukaan tanah dan mudah terlihat [14]. Sumber utama air permukaan biasanya berasal dari hujan, limpasan air hujan, serta pencairan es atau salju. Volume dan kualitas air permukaan dapat bervariasi sesuai dengan musim, dan umumnya, air ini rentan terhadap pencemaran. Contoh, sungai, danau, rawa, dan waduk.

b) Air tanah

Air tanah merupakan sumber air yang terperangkap di dalam lapisan tanah atau berada di bawah permukaan tanah [14]. Biasanya air ini memenuhi celah-celah kecil di antara butiran tanah, pasir, atau batuan. Ketersediaan air tanah cenderung lebih stabil serta lebih bersih karena telah di saring oleh lapisan tanah. Meskipun demikian, air tanah tetap berpotensi tercemar. Contoh, sumur gali, sumur bor, dan mata air alami.

c) Air hujan

Air hujan merupakan sumber air utama, khususnya di daerah yang tidak memiliki sistem penyediaan air bersih, yang bergantung pada kualitas air permukaan yang terbatas dan ketersediaan air yang terbatas [15]. Air hujan juga merupakan air yang terbentuk dari proses kondensasi uap air yang terjadi di atmosfer. Ketika uap tersebut mengembun, ia jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk tetesan.

4. Kebutuhan air

Kebutuhan air tanaman mengacu pada jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk mendukung proses pertumbuhannya dan meningkatkan berat kering yang dihasilkan. Anda dapat menentukan berapa banyak air yang diperlukan setiap tanaman dengan membandingkan bobot air yang digunakan. Dari sudut pandang irigasi, terdapat dua mekanisme utama yang menyebabkan hilangnya air selama fase pertumbuhan tanaman, yaitu evaporasi dan transpirasi, yang secara langsung memengaruhi kebutuhan air tanaman. Evaporasi merupakan proses penguapan air dari permukaan tanah, genangan air, atau bagian luar tanaman tanpa melalui penyerapan kembali oleh tanaman di sekitarnya .

Dibandingkan dengan jenis tanaman atau komoditas pertanian lainnya, padi sawah merupakan satu-satunya yang membutuhkan pasokan air yang relatif tinggi dan harus dipenuhi secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang [16].

5. Sistem perpipaan

Sistem perpipaan merupakan suatu jaringan yang dirancang untuk memindahkan fluida antar peralatan dari satu lokasi ke lokasi lainnya, sehingga memungkinkan proses produksi dapat berjalan dengan lancar [17]. Sistem perpipaan adalah komponen yang dianggap krusial dalam suatu sistem, berfungsi untuk menghubungkan titik penampungan fluida dengan titik pengeluaran fluida. Umumnya sistem perpipaan terdiri dari berbagai komponen, antar lain instrumen, pengukur tekanan, pipa, katup *flens*, nosel, serta *fitting*

seperti *tee*, *elbow*, *end stup*, *cros*, dan lainnya. Sistem perpipaan yang terdapat di area persawahan merupakan bagian integral dari sistem perpipaan yang digunakan secara rutin.



Gambar 2. Sistem perpipaan menggunakan EPANET 2.2 [7]

6. Genset

Generator set (genset) merupakan perangkat pembangkit listrik yang tersusun atas dua komponen utama, yaitu mesin penggerak (*engine*) dan generator (altenator) yang dirangkai dalam satu kesatuan sistem. Umumnya, mesin diesel digunakan sebagai penggerak utama untuk memutar generator, yang kemudian mengonversi energi kinetik menjadi energi listrik [18].



Gambar 3. Generator set [18]

Secara umum, genset merupakan perangkat yang mengombinasikan mesin penggerak dan generator listrik dalam satu kesatuan. Mesin penggerak ini berfungsi untuk mengonversi berbagai jenis bahan bakar, seperti bensin, solar, atau gas alam, yang kemudian berubah menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian di konversi oleh generator menjadi energi listrik.

7. Pompa

Pompa merupakan perangkat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu titik ke titik lainnya dengan cara menghasilkan aliran. Untuk memungkinkan perpindahan ini, tekanan fluida perlu ditingkatkan guna mengatasi resistansi atau hambatan yang ada selama proses pengaliran. Salah satu referensi standar yang diakui secara luas terkait terminologi, definisi, prinsip kerja, dan spesifikasi teknis pompa adalah *Hydraulic Institute Standards*, yang telah memperoleh pengesahan dari *American National Standards Institute* (ANSI) sebagai standar internasional [19].



Gambar 4. Pompa air [20]

a. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang paling sering digunakan di berbagai sektor industri, baik untuk pengelolaan air limbah maupun distribusi air bersih [21].

b. Pompa submersible

Pompa submersible merupakan pompa sentrifugal bertingkat yang bekerja di bawah permukaan air dan digerakkan oleh energi listrik [21].

8. Pipa

a) Pengertian pipa

Pipa merupakan sebuah selongsong berbentuk tabung atau silinder berongga yang berfungsi untuk mengalirkan berbagai jenis fluida, seperti cairan, gas, uap, dan bahkan zat padat dalam bentuk serbuk atau tepung, dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Sistem perpipaan berfungsi untuk mendistribusikan air bersih dengan tekanan yang tepat ke berbagai lokasi yang diinginkan. Selain itu sistem ini juga mampu mengalirkan air kotor dari tempat tertentu tanpa mengganggu komponen penting lainnya [22]. Pipa dapat dikategorikan berdasarkan materi yang digunakan, fungsi, dan kegunaannya [23].

Material pipa yang sering digunakan :

- a. Pipa PVC (*Polyvinly Choloride*)
 - b. Pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)
 - c. Pipa PPR (*Polypropylene Random Copolymer*)
 - d. Pipa Besi atau Baja
 - e. Pipa Tembaga
 - f. Pipa Beton Bertulang
- b) Pipa fitting

Pipa *fitting* merupakan komponen pipa yang dirancang secara khusus untuk menjalankan fungsi tertentu. Misalnya, lubang berfungsi untuk mengubah arah aliran, tee digunakan untuk membuat cabang baru, dan *reducer* berfungsi untuk mengecilkan diameter pipa. Komponen-komponen tersebut memiliki fungsi yang krusial dan merupakan elemen vital dalam mendukung operasional di industri minyak dan gas [24].

9. Perangkat lunak EPANET 2.2

EPANET 2.2 merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk mensimulasikan aliran hidrolis dan kualitas air dalam sistem jaringan perpipaan. Sistem ini meliputi elemen-elemen seperti pipa, *node* (titik percabangan), pompa, katup, serta tangki atau *reservoir*. Fungsi utama EPANET 2.2 adalah untuk menganalisis dinamika aliran air dalam setiap pipa, mengamati tekanan pada berbagai titik dalam jaringan, dan menilai potensi kontaminasi bahan kimia selama proses distribusi air [25].

Perangkat lunak EPANET 2.2 sangat bermanfaat untuk studi dan desain sistem distribusi air bertekanan, termasuk sistem pompanisasi untuk irigasi persawahan. Perangkat ini sangat relevan untuk digunakan di daerah dengan tantangan topografi seperti Desa Jagapura Kulon karena dapat memodelkan karakteristik aliran, *head*, dan tekanan. Perancang dapat mengevaluasi berbagai pilihan konfigurasi teknis untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi operasional sistem irigasi dengan menggunakan simulasi EPANET 2.2.

10. Perangkat lunak Google Earth

Google Earth merupakan perangkat lunak berbasis komputer yang menyediakan fasilitas bagi pengguna untuk menampilkan jalur serta instalasi perpipaan dalam bentuk tiga

dimensi, lengkap dengan informasi koordinat garis lintah bujur di seluruh dunia. Pemanfaatan Google Earth dalam pengukuran arah kiblat untuk sistem perpipaan bertujuan untuk menganalisis kesesuaian jalur dengan arah yang kita inginkan serta memastikan ketepatan arah dalam perencanaan dan pemasangan perpipaan. Prosedur penggunaan Google Earth meliputi penentuan titik koordinat lokasi, perancangan jalur perpipaan, dan pengukuran sudut arah terhadap kiblat secara akurat [26].

Google Earth adalah alat penting untuk mendukung penelitian akademik dan teknis di bidang teknik, sumber daya air, dan perencanaan wilayah. Ini adalah pilihan utama untuk pemetaan awal dan analisis elevasi karena dapat menyajikan data spesial secara visual dan interaktif. Ini terutama berlaku untuk studi irigasi di daerah dengan keterbatasan data topografi atau sulit dijangkau.

11. Perangkat lunak Garmin Basecamp

Garmin Basecamp adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk terintegrasi dengan perangkat navigasi Garmin. Aplikasi ini membantu penggunaan dalam merencanakan perjalanan di alam terbuka, mengelola *waypoint*, rute, dan *file track*, serta memanfaatkan peta topografi yang lebih detail yang tersedia di perangkat garmin mereka. Dengan garmin basecamp, pengguna dapat dengan mudah menciptakan, merencanakan, dan mengedit perjalanan, baik untuk kegiatan *hiking*, bersepeda, berkendara, maupun aktivitas di luar ruangan lainnya.

Garmin basecamp adalah aplikasi multifungsi dari garmin yang akan mendukung berbagai alat seperti GPS handheld, navigasi kendaraan, hingga perangkat kebugaran. Aplikasi ini memudahkan pengguna untuk mengunduh peta, merancang jalur perjalanan, mengatur titik tujuan (*waypoint*), dan mengolah data navigasi secara sistematis. Dengan antarmuka yang intuitif, basecamp membantu merencanakan rute dengan presisi, menyesuaikan perjalanan sesuai kebutuhan medan, serta mengevaluasi jalur alternatif.

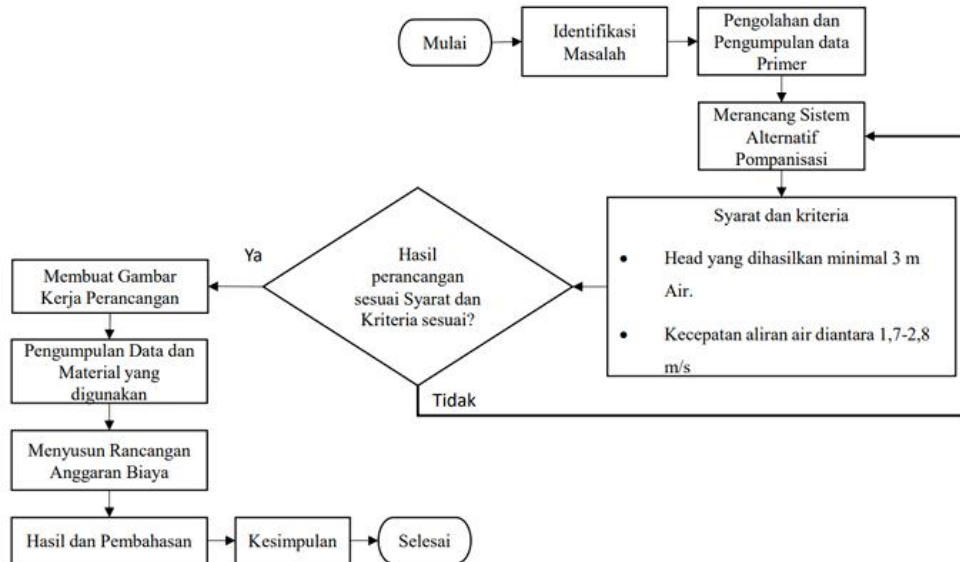
12. Garmin GPS MAP 65s

Garmin GPSMAP 65s merupakan perangkat GPS portabel yang dibuat untuk mendukung berbagai aktivitas luar ruangan seperti pendakian, *geocaching*, berkemah, dan ekspedisi. GPSMAP 65s, salah satu produk unggulan garmin, dilengkapi dengan fitur-fitur canggih yang dirancang untuk mempermudah navigasi di medan-medan yang sulit. Berkat kelengkapan dan keandalannya, GPSMAP 65s ini menjadi solusi tepat bagi para petualang yang membutuhkan perangkat navigasi yang tangguh dan terpercaya[27].

BAB III METODOLOGI

1. Tahapan penelitian

Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:



Gambar 5. Diagram alir penelitian

A. Identifikasi Masalah

Dalam tahap identifikasi masalah, dilakukan kegiatan diskusi struktur dengan aparat desa serta masyarakat setempat, khususnya para petani, guna menghimpun informasi empiris mengenai kendala yang dihadapi selama masa tanam padi musim kemarau dan terjadi fenomena El Niño. Berdasarkan hasil interaksi tersebut, diperoleh sejumlah isu krusial yang menjadi hambatan utama dalam kegiatan budidaya pertanian di wilayah Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon. Berikut ini adalah beberapa permasalahan yang didapat:

- a) Kurangnya pasokan air ke area persawahan pada musim kemarau dan El Niño

Kekurangan air untuk setiap petak sawah selama musim kemarau dan fenomena El Niño menyebabkan kekeringan yang berkelanjutan, yang mengurangi ketersediaan air untuk irigasi dan berdampak langsung pada produksi pertanian. Ada beberapa penjelasan masalah berikut:

- Kurangnya ketersediaan sumber air yang ada

Sumber air yang digunakan untuk irigasi, seperti sungai dan waduk, dapat mengalami penurunan debit yang signifikan selama musim kemarau atau selama fenomena El Niño, yang dapat menyebabkan masalah dalam menyediakan air ke seluruh petak sawah.

- Keterbatasan pada infrastruktur irigasi

Masalah ini dapat berasal dari infrastruktur irigasi yang sudah tua atau tidak efisien. Pipa yang bocor atau saluran yang terhambat mengurangi kemampuan sistem yang mengatur distribusi air. Masalah pasokan air dapat menjadi lebih buruk di beberapa daerah tanpa sistem pengolahan irigasi yang baik.

b) Tingginya elevasi dari sungai ke area persawahan

Akan menjadi lebih sulit jika elevasi sungai lebih rendah daripada permukaan sawah. Ini karena elevasi sungai ke sawah mempengaruhi distribusi dan efisiensi penggunaan air. Berikut adalah beberapa penjelasan masalah:

- Keterbatasan gravitasi untuk mengalirkan air

Air mengalami kesulitan untuk mengalir ke area persawahan disebabkan oleh kurangnya gaya gravitasi yang dapat mengalirkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Sistem irigasi yang menggunakan gravitasi, seperti saluran terbuka.

- Biaya operasional pompa

Untuk mengalirkan air dari sungai ke lahan pertanian, dibutuhkan sebuah pompa jika perbedaan tinggi antara keduanya cukup. Penggunaan pompa yang kuat serta biaya operasionalnya, seperti bahan bakar atau listrik, dapat memberikan beban yang cukup berat bagi petani dan sistem irigasi secara keseluruhan.

- Potensi kehilangan air

Risiko kehilangan air akibat kebocoran atau penguapan dalam sistem pengairan meningkat seiring dengan elevasi, yang dapat menurunkan efisiensi sistem irigasi.

- Kesulitan pengaturan tekanan air

Saluran perpipaan dengan mengalami masalah pengaturan karena perbedaan yang besar.

c) Petani mempunyai keinginan panen satu tahun dua kali

- Petani biasanya mengharapkan peningkatan hasil produksi pertanian

Akan tetapi, untuk mewujudkan hal ini, sejumlah syarat dan ketentuan harus dipenuhi agar sistem pertanian dapat berfungsi dengan baik. Hal ini berhubungan dengan keberadaan air dan pengelolaan irigasi.

- Pentingnya ketersediaan air yang cukup untuk panen dua kali dalam setahun

Penanaman yang dilakukan dua kali dalam setahun memerlukan pasokan air yang konsisten dan mencukupi, terutama di musim kemarau atau fenomena El Niño. Ini memerlukan sistem pengairan yang efektif dan dapat diandalkan sepanjang tahun. Apabila penyediaan air hanya tergantung pada curah hujan atau sistem irigasi yang kurang memadai, hal ini dapat menjadi kendala yang penting.

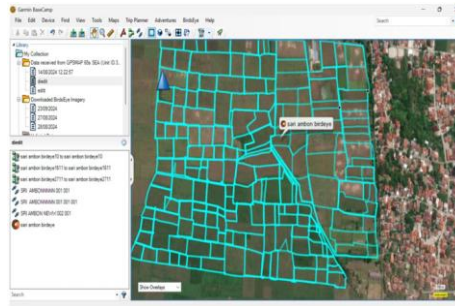
- Manajemen irigasi

Untuk menjamin distribusi air yang efisien dan tepat waktu ke lahan pertanian, manajemen irigasi merupakan proses perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber daya air. Tujuan dari manajemen irigasi yang efektif juga meliputi pengelolaan saluran, pengaturan air, pemilihan teknologi irigasi yang tepat, dan pemanfaatan sumber daya air secara maksimal.

B. Pengumpulan dan pengolahan data primer

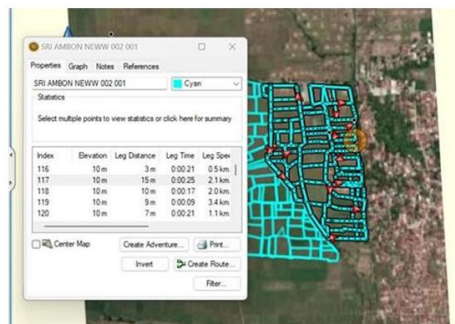
a) Tracking

Tracking persawahan merupakan kegiatan untuk mengawasi situasi di lahan pertanian dengan memanfaatkan teknologi terkini. Tujuannya adalah untuk meningkatkan hasil kerja, efisiensi, serta mengelola sumber daya dengan cara yang berkelanjutan. Setelah menetapkan dan menelaah lokasi persawahan, kami mengambil keputusan untuk memulai *tracking* area menggunakan Garmin GPSMAP 65s. Dengan menggunakan perangkat ini, kami dapat mengetahui rute yang telah kami lewati sehingga tidak melewati jalur yang sama. Alat ini dilengkapi dengan fitur *waypoint*, yang memungkinkan untuk menandai titik-titik yang telah dilalui, serta fitur *marking* yang memungkinkan untuk memberi nama pada titik yang telah ditandai. Dengan perangkat ini, kami dapat mengukur elevasi jalur yang kami lewati, sehingga mendukung dalam perencanaan seperti penempatan jalur pipa dan persimpangan pipa. Kami memulai *tracking* lahan pertanian ini dari sumber air, kemudian menuju sawah yang terus-menerus ditanami, sehingga ketika menjelajahi area persawahan, tidak ada yang terlewatkan untuk memperoleh hasil yang akurat.



Gambar 6. Jalur hasil tracking

Setelah memperoleh jalur *tracking*, Langkah berikutnya adalah cara untuk mendapatkan informasi pada setiap titik *waypoint* yang telah ditandai sebelumnya. Informasi yang didapat adalah titik elevasi.



Gambar 7. Cara mengumpulkan data elevasi

b) Pengukuran lebar sungai

Pengukuran lebar sungai ini merupakan salah satu syarat untuk menghitung aliran sungai. Dalam melaksanakan pengukuran lebar sungai ini dengan metode yang sederhana, langkah pertama adalah menentukan lokasi sungai. Selanjutnya, buatlah patok dari kayu yang diletakkan secara lurus di kedua sisi pinggir sungai. Setelah itu, bentangkan tali di antara dua patok yang berseberangan. Selain itu, juga perlu dibuat tiga patok yang saling mengikat dengan jarak antar patok sekitar 5 m.



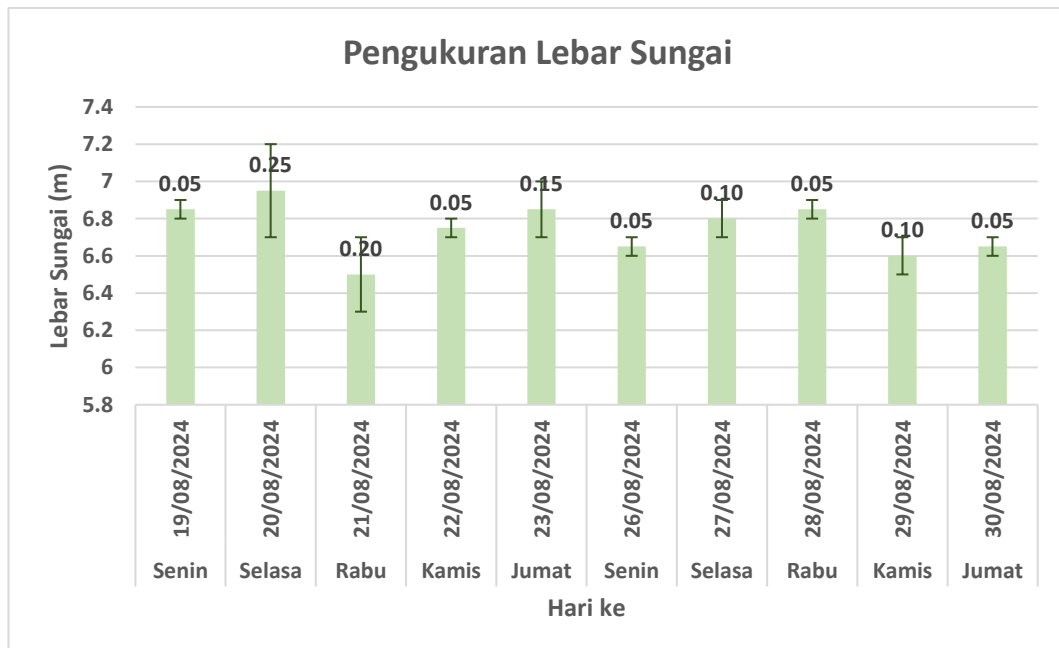
Gambar 8. Pengukuran lebar sungai

Setelah melaksanakan pengukuran lebar sungai selama sepuluh hari, yang dilakukan setiap pagi dan sore, diperoleh hasil yang tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data pengukuran lebar sungai pagi hari selama 10 hari

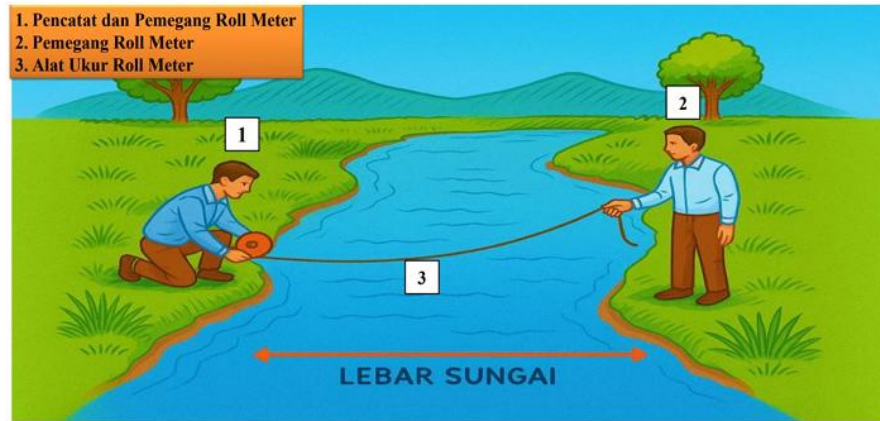
DATA RATA-RATA HASIL PENGUKURAN LEBAR SUNGAI						
HARI	TANGGAL	PAGI	SORE	RATA-RATA	UNCERTAINTY	PERSENTASE
Senin	19/08/2024	6.9	6.8	6.85	0.05	0.73%
Selasa	20/08/2024	7.2	6.7	6.95	0.25	3.60%
Rabu	21/08/2024	6.3	6.7	6.5	0.20	3.08%
Kamis	22/08/2024	6.8	6.7	6.75	0.05	0.74%
Jumat	23/08/2024	6.7	7.0	6.85	0.15	2.19%
Senin	26/08/2024	6.6	6.7	6.65	0.05	0.75%
Selasa	27/08/2024	6.9	6.7	6.8	0.10	1.47%
Rabu	28/08/2024	6.8	6.9	6.85	0.05	0.73%
Kamis	29/08/2024	6.7	6.5	6.6	0.10	1.52%
Jumat	30/08/2024	6.6	6.7	6.65	0.05	0.75%
Rata-rata Pengukuran Lebar Sungai Selama 10 hari				6.75	0.23	3.34%

Berdasarkan data pengukuran luas penampang selama sepuluh hari, diperoleh nilai rata-rata pada pagi hari sebesar 6,75 m dan pada sore hari sebesar 6,74 m. Pengukuran ini memiliki rentang ketidakpastian (uncertainty) berkisar antara $\pm 0,05$ m (terkecil) hingga $\pm 0,25$ m (terbesar). Secara keseluruhan, total ketidakpastian pengukuran yang terakumulasi adalah sebesar 3,34%.



Gambar 9. Grafik pengukuran lebar sungai

Data luas penampang yang telah didapatkan selama 10 hari pengukuran mendapatkan rata-rata pagi dan sore hari sebesar 6,75 m dengan nilai ketidakpastian yang berada dalam rentang 0,05 m sampai 0,25 m. Dan total ketidakpastiannya 3,34%. Di bawah ini adalah gambar sketsa pengukuran lebar sungai.



Gambar 10. Sketsa pengukuran lebar sungai

c) Pengukuran waktu tempuh bola pingpong dari penampang 1 ke penampang 2

Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan menggunakan metode sederhana dengan bantuan bola pingpong. Prosedur ini melibatkan penentuan tiga penampang melintang sungai yang dipilih berdasarkan kestabilan kecepatan arusnya pada tiga titik. Titik awal dan akhir pengukuran ditentukan secara jelas.

Selanjutnya, kecepatan aliran diukur dengan melepaskan bola pingpong sebagai benda apung di titik awal dan mencatat waktu yang dibutuhkan bola tersebut untuk mencapai titik akhir menggunakan stopwatch.

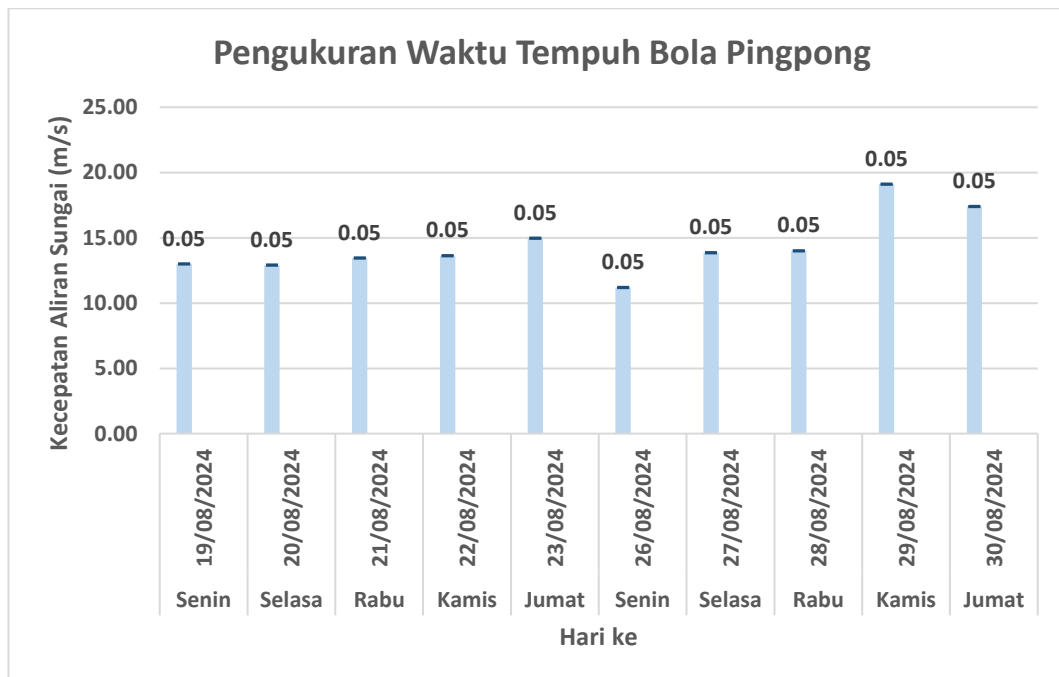


Gambar 11. Pengukuran waktu tempuh bola pingpong penampang 1 ke penampang 2

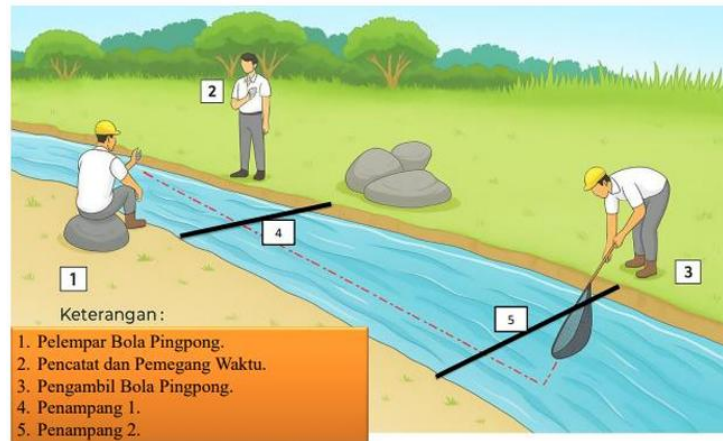
Tabel 2. Data hasil pengukuran waktu tempuh bola pingpong

PENGUKURAN WAKTU TEMPUH BOLA PINGPONG dari PENAMPANG 1 ke PENAMPANG 2				
HARI	TANGGAL	Waktu (s)	Uncertainty	Persentase
Senin	19/08/2024	13.00	0.05	0.38%
Selasa	20/08/2024	12.91	0.05	0.39%
Rabu	21/08/2024	13.45	0.05	0.37%
Kamis	22/08/2024	13.63	0.05	0.37%
Jumat	23/08/2024	14.97	0.05	0.33%
Senin	26/08/2024	11.19	0.05	0.45%
Selasa	27/08/2024	13.86	0.05	0.36%
Rabu	28/08/2024	14.00	0.05	0.36%
Kamis	29/08/2024	19.11	0.05	0.26%
Jumat	30/08/2024	17.40	0.05	0.29%
Waktu Tempuh Bola Pingpong dari Penampang 1 ke Penampang 2 Selama 6 hari		13.47	0.50	4.05%

Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan pada tanggal 19, 21, 22, 27, dan 28, diperoleh nilai rata-rata 13,47 detik. Pengukuran ini memiliki rentang ketidakpastian (uncertainty) sebesar $\pm 0,05$ detik. Secara keseluruhan, total ketidakpastian pengukuran yang terakumulasi adalah 4,05%.



Gambar 12. Grafik pengukuran waktu bola pingpong penampang 1 ke penampang 2



Gambar 13. Sketsa pengukuran waktu bola pingpong penampang 1 ke penampang 2

d) Pengukuran kedalaman air sungai

Pengukuran kedalaman air sungai bertujuan untuk mengetahui seberapa tinggi air berada di bawah permukaan. Proses ini dilaksanakan dengan cara sederhana yaitu, kami memanfaatkan kayu sebagai alat dan menggunakan meteran sebagai peranti pengukur. Dalam tahap pertama, kami akan menentukan lokasi beberapa penampang yang akan diukur kedalamannya. Menentukan lokasi harus mempertimbangkan kedalaman yang serupa dan jarak antara satu penampang dengan penampang lainnya sejauh 15 m agar hasil yang diperoleh akurat. Setelah penentuan lokasi pengukuran, kami membaginya menjadi dua bagian penampang. Pengukuran ini dilakukan selama 10 hari. Dalam pengukuran ini kami menerapkan metode yang mudah dengan membentangkan tali. Setelah menandai tali dari tepi ujung sungai, kami kemudian mengukur panjang tali yang telah ditandai tersebut menggunakan meteran.



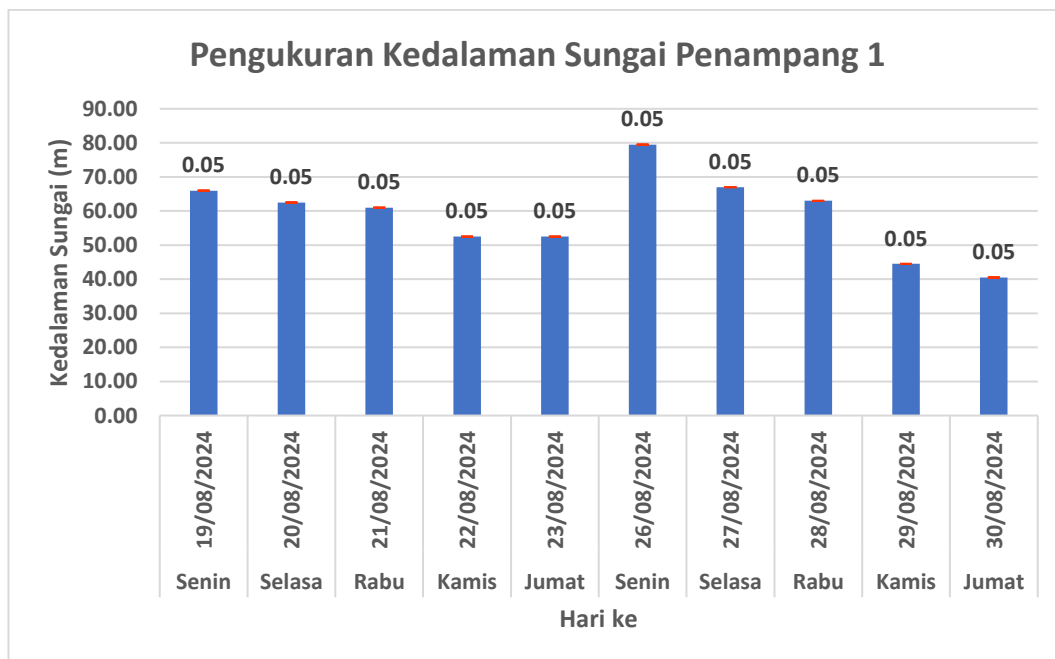
Gambar 14. Pengukuran kedalaman Sungai

Setelah melakukan pengukuran pagi dan sore hari selama 10 hari, data yang didapat selanjutnya dibuatkan tabel seperti di bawah ini.

Tabel 3. Tabel hasil pengukuran kedalaman sungai selama 10 hari

DATA HASIL PENGUKURAN KEDALAMAN SUNGAI (cm)				
HARI	TANGGAL	KEDALAMAN (cm)	UNCERTAINTY	PERSENTASE
Senin	19/08/2024	66.00	0.05	0.08%
Selasa	20/08/2024	62.50	0.05	0.08%
Rabu	21/08/2024	61.00	0.05	0.08%
Kamis	22/08/2024	52.50	0.05	0.10%
Jumat	23/08/2024	52.50	0.05	0.10%
Senin	26/08/2024	79.50	0.05	0.06%
Selasa	27/08/2024	67.00	0.05	0.07%
Rabu	28/08/2024	63.00	0.05	0.08%
Kamis	29/08/2024	44.50	0.05	0.11%
Jumat	30/08/2024	40.50	0.05	0.12%
Rata-rata Pengukuran Kedalaman Sungai Penampang ke 1 Selama 10 Hari		63.90	3.00	4.69%

Data hasil pengukuran kedalaman sungai penampang 1 pada tanggal 19, 20, 21, 27, 28. Mendapatkan rata-rata 63,90 cm, dengan uncertainty ke atas dan ke bawah yaitu 0,05 cm dan total ketidakpastiannya 4,69%.



Gambar 15. Grafik pengukuran kedalaman sungai penampang 1 selama 10 hari

Gambar berikut merupakan sketsa hasil pengukuran kedalaman sungai pada penampang 1. Sketsa ini digunakan untuk memberikan gambaran visual mengenai kondisi penampang sungai sehingga memudahkan analisis hidraulika yang dilakukan pada tahap selanjutnya.



Gambar 16. Sketsa pengukuran kedalaman sungai penampang 1

e) Perhitungan kecepatan aliran sungai

Perhitungan kecepatan aliran sungai dapat dilakukan setelah semua data pengukuran yang diperlukan selesai dikumpulkan. Data tersebut meliputi waktu tempuh bola pingpong pada penampang 1, lebar sungai, dan kedalaman sungai. Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui laju aliran pada sungai tersebut.

$$v = \frac{S}{t} \quad (1)$$

$$v = \frac{15}{13.59}$$

$$v = 1.10 \text{ m/s}$$

Keterangan:

v = Kecepatan aliran (m/s)

S = Jarak (m)

t = Waktu tempuh (s)

Laju aliran didapat dari perhitungan jarak dikali waktu dan mendapatkan hasil kecepatan alirannya yaitu 1,10 m/s.

f) Perhitungan debit sungai

Perhitungan debit aliran sungai dilakukan setelah seluruh tahapan pengukuran awal selesai, yang mencakup pengukuran luas penampang, kecepatan aliran, serta kedalaman sungai. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk memperoleh data mengenai volume aliran harian sungai mulai dari hari pertama hingga hari kesepuluh, serta untuk menentukan nilai rata-rata debit sungai selama periode pengamatan tersebut.

Rumus debit yang digunakan:

$$Q = v \times L \times h \quad (2)$$

$$Q = 1,10 \times 6,75 \times 0,64$$

$$Q = 4,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

Keterangan:

Q = Debit (m^3/s)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

L = Lebar sungai (m)

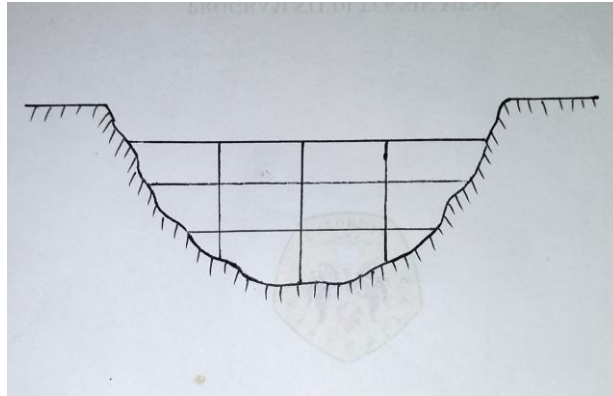
h = Kedalaman (cm)

Data hasil perhitungan debit air Sungai mendapatkan hasil $4.76 \text{ m}^3/\text{s}$ atau 285600 L/min . Pengukuran debit baiknya dilakukan menggunakan alat ukur current meter flowatch. Tujuannya untuk mendapatkan hasil yang akurat, dan juga dapat dilakukan pada beberapa kedalaman.



Gambar 17. Current meter flowatch

Pada gambar di bawah ini, dapat dilihat sketsa yang menunjukkan kedalaman pengukuran aliran air. Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa lokasi kedalaman yang terlihat pada kotak-kotak.

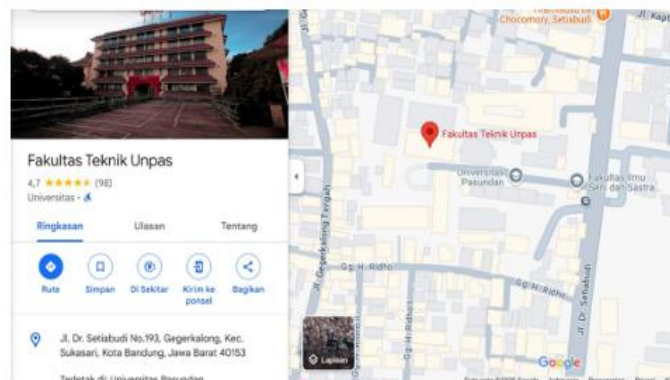


Gambar 18. Sketsa lokasi kedalaman pengukuran debit air

2. Lokasi penelitian

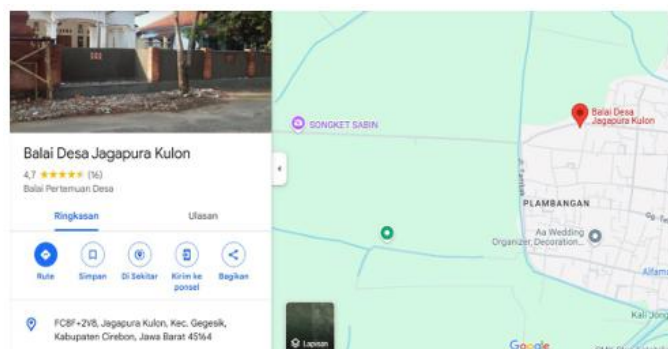
Penelitian ini dilaksanakan pada dua lokasi yang berbeda, yaitu:

- a) Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Gegerkalong, Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40153.



Gambar 19. Lokasi penelitian 1

- b) Desa Jagapura Kulon, Kecamatan Gegesik, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 45164



Gambar 20. Lokasi penelitian 2

3. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Peralatan yang digunakan

No	Peralatan	Jumlah
1	Garmin GPSMAP 65s	1
2	Roll Meter	1
3	Stopwatch Handphone	1
4	Software Epanet	1
5	Software Google earth	1
6	Software Garmin basecamp	1

Instrumen alat ukur yang digunakan, yaitu:

a) Garmin GPSMAP 65s

Garmin GPSMAP 65s adalah perangkat navigasi dan pemetaan yang memanfaatkan sistem satelit GNSS multiband. Alat ini digunakan untuk mendapatkan data koordinat (lintang dan bujur) serta elevasi permukaan lahan. Keunggulannya terletak pada kemampuannya menerima sinyal dari berbagai konstelasi satelit (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, dan IRNSS), sehingga memastikan akurasi tinggi bahkan di area dengan banyak pohon atau bangunan.

b) Roll Meter

Roll meter digunakan untuk melakukan pengukuran lebar dan kedalaman sungai secara manual. Alat ini memiliki resolusi pengukuran 0,1 cm dan dapat mengukur hingga 20 m.

c) Stopwatch Handphone

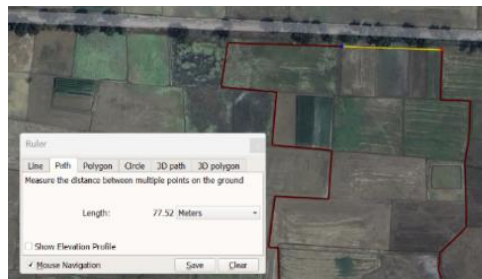
Stopwatch handphone berfungsi untuk mengukur waktu tempuh aliran sungai. Pengukuran ini dilakukan dengan metode tracer, di mana sebuah bola pingpong dilepaskan di penampang sungai pertama dan waktu kedatangannya di penampang kedua dicatat. Stopwatch digital bawaan handphone ini memiliki satuan detik, resolusi pengukuran 0,1 detik, dan dapat mengukur hingga 60 menit.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, membahas mengenai kalibrasi perangkat lunak EPANET 2.2, pembuatan jalur, pengunggahan data elevasi ke dalam perangkat lunak basecamp yang telah diimpor dari alat garmin GPSMAP 65s, pengukuran luas area sawah, perhitungan kebutuhan air untuk setiap petak sawah, syarat dan kriteria untuk perancangan, pembuatan desain alternatif menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2, penyusunan rencana anggaran biaya, serta analisis terhadap hasil penelitian.

1. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan langkah untuk menyesuaikan atau memeriksa alat pengukur agar hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Tujuan dari hal ini adalah untuk menyajikan hasil yang tepat dan dapat dipercaya. Langkah awal yang diperlukan adalah menetapkan jarak yang akan diukur, selanjutnya lakukan pengukuran menggunakan fitur penggaris yang terdapat pada Google Earth, dan hasilnya bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 21. Pengukuran jarak pada perangkat lunak Google Earth

Terlihat pada gambar di bawah garis berwarna biru tua adalah ukuran jarak yang sama dengan ukuran yang dilakukan sebelumnya. Pengukuran ini dilakukan pada perangkat lunak EPANET 2.2.



Gambar 22. Pengukuran menggunakan perangkat lunak EPANET

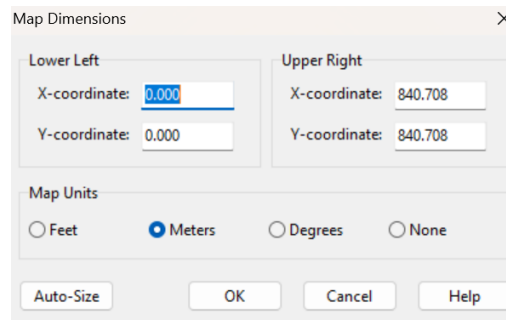
Setelah dilakukan pengukuran pada perangkat lunak Google Earth dan perangkat lunak EPANET 2.2 kemudian dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

Jarak asli pada Google Earth = 77.52 m

Jarak pada EPANET 2.2 = 922.08 m

$$\begin{aligned} \text{Kalibrasi panjang} &= \frac{\text{Jarak asli pada Google Earth}}{\text{Jarak pada Epanet}} \times 10.000 \\ &= \frac{77.52}{922.08} \times 10.000 \\ &= 840.708 \text{ (hasil kalibrasi)} \end{aligned} \quad (2)$$

Hasil kalibrasi diatas selanjutnya dimasukkan ke dalam map dimensions EPANET 2.2, terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 23. Memasukkan hasil kalibrasi pada map dimensions EPANET 2.2

Setelah selesai melakukan kalibrasi, selanjutnya dapat memulai membuat perancangan.

2. Membuat jalur dan membuat data elevasi dari perangkat lunak Basecamp

Setelah melakukan pengukuran, menampilkan hasil wilayah yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 10,6 hektar, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

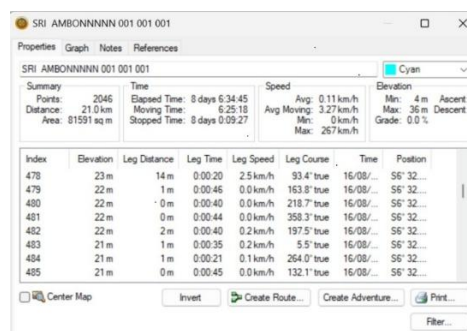


Gambar 24. Dasar area penelitian



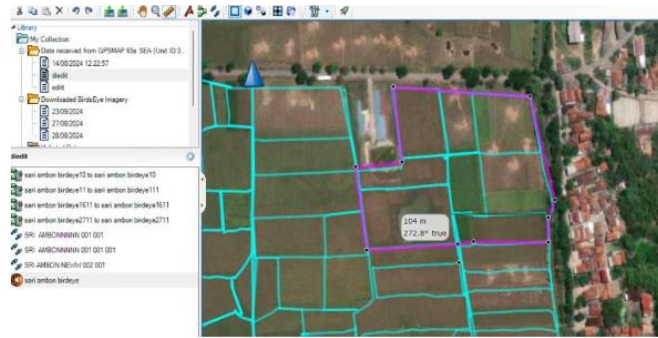
Gambar 25. Luas area penelitian

Pada gambar di atas, jalur yang berwarna biru menunjukkan luas area penelitian seluas 10,6 hektar. Setelah memasukkan data area yang akan diteliti, langkah berikutnya adalah merancang sistem perpipaan dengan memperhatikan ketinggian antar petak dan pematang sawah, agar dapat memanfaatkan energi gravitasi secara optimal. Pembuatan jalur ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Google Earth karena peta yang ditampilkan dari satelit terlihat nyata, menyerupai kondisi lapangan. Data elevasi yang telah diukur sebelumnya dapat diakses melalui perangkat lunak Basecamp.



Gambar 26. Mencari data elevasi

Berdasarkan ilustrasi yang ditampilkan, akuisisi data elevasi dapat dilakukan melalui prosedur yang cukup efisien. Pengguna hanya perlu melakukan dua kali klik pada jalur berwarna biru yang telah ditentukan dalam antarmuka sistem. Setelah proses ini dilakukan, sistem secara otomatis akan menghasilkan data elevasi untuk setiap titik yang dilalui oleh jalur tersebut. Informasi tersebut divisualisasikan melalui indikator berbentuk lingkaran berwarna jingga yang mempresentasikan posisi spasial dari masing-masing titik elevasi. Selain itu, data kuantitatif elevasi disajikan dalam bentuk tabel yang dilengkapi dengan latar belakang berwarna biru untuk memperjelas struktur informasi yang ditampilkan. Format penyajian ini dirancang untuk mempermudah proses interpretasi data dan meningkatkan akurasi dalam analisis, terutama dalam konteks pengolahan data geospasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).



Gambar 27. Mencari data panjang pipa

Setelah dilakukan analisis terhadap data elevasi dan estimasi panjang pipa yang diperlukan, tahapan berikutnya adalah melakukan perancangan rute perpipaan menggunakan perangkat lunak Google Earth. Langkah ini bertujuan untuk menghasilkan representasi visual jalur pipa secara spasial dengan memperhatikan karakteristik topografi wilayah. Melalui pemanfaatan fitur pemetaan digital pada Google Earth, jalur yang dirancang dapat disesuaikan secara presisi dengan kontur medan, sehingga mampu mengurangi potensi kendala teknis dalam pelaksanaan instalasi dan sekaligus meningkatkan efisiensi distribusi air dalam sistem yang dirancang.

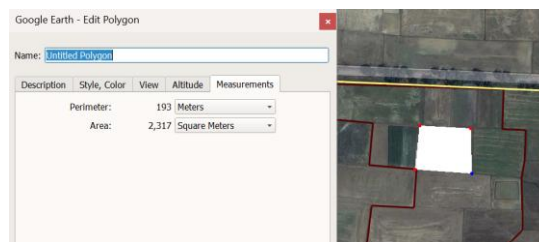


Gambar 28. Membuat jalur pada Google Earth

Jalur perpipaan yang divisualisasikan pada gambar yang telah dirancang dengan mengacu pada data elevasi yang telah dikumpulkan sebelumnya. Proses perancangan ini dilakukan secara terstruktur dan mempertimbangkan kemiringan lahan sebagai faktor krusial yang memengaruhi performa aliran fluida dalam sistem perpipaan. Pada visualisasi tersebut, garis berwarna merah digunakan untuk menunjukkan letak aliran sungai yang berdekatan dengan trase pipa. Keberadaan dapat memengaruhi pemilihan rute pipa serta metode instalasi yang digunakan, baik dari segi teknis maupun pertimbangan dampak lingkungan.

3. Mengukur luas per petak sawah

Pengukuran luas masing-masing petak sawah dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Google Earth sebagai alat bantu pemetaan digital. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk memperoleh data luasan area secara akurat dan efisien melalui pendekatan geospasial. Luas wilayah diukur dalam satuan meter persegi, sehingga data yang diperoleh dapat langsung digunakan dalam analisis kuantitatif. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk poligon yang mempresentasikan batas spasial tiap petak sawah, sebagaimana divisualisasikan pada gambar yang tersedia.



Gambar 29. Mengukur luas area petak sawah

Total luas area yang diukur mencapai 2.317 m², berdasarkan gambar di atas. Nilai ini didapatkan melalui penelusuran batas-batas lahan secara digital dengan memanfaatkan fitur pengukuran area di Google Earth. Program ini memberikan kemampuan untuk menghitung luas lahan dengan tepat menggunakan gambar satelit koordinat geospasial.

4. Menghitung kebutuhan air pada setiap petak sawah

Menghitung kebutuhan air dengan referensi 1 L/s/ha. Untuk mendapatkan nominal kebutuhan air atau *base demand*, nominal referensi sebelumnya harus dikalikan dengan luas sawah per petak serta dikalikan dengan penguapan serta penyerapan.



Gambar 30. Jumlah petak sawah

Setelah ditetapkan jumlah petak sawah yang akan dianalisis kebutuhan airnya dalam satuan liter per menit (L/min), selanjutnya adalah menyusun perhitungan kebutuhan air berdasarkan luas masing-masing petak. Data luas lahan yang telah diperoleh sebelumnya kemudian dikalikan dengan standar kebutuhan air irigasi sebesar 1 L/s/ha, yang ekuivalen dengan 0.064 L/min/m². Hasil dari perhitungan ini menghasilkan nilai *base demand* (kebutuhan dasar) untuk setiap petak sawah, sebagaimana ditampilkan dalam tabel.

Kebutuhan air	1	L/s/ha
	60	L/min/ha
Luas	10.6	ha
	636	L/min/ha
1 ha	10000	m ²
Kebutuhan air	0.064	L/min/m ²

Gambar 31. Perhitungan base demand

Selanjutnya *base demand* dikalikan dengan penguapan ke atas serta penyerapan ke tanah dikalikan dengan (100/80).

$$Bd = l \times Ka \quad (3)$$

Dimana:

Bd : *Base demand* (L/min)

l : Luas petak sawah (m²)

Ka : Kebutuhan air (1 L/s/ha)

$$Bdtotal = Bd \times \left(\frac{100}{80}\right) \quad (4)$$

Bdtotal : *Base demand* total (L/min)

Bd : *Base demand* (L/min)

Base demand (L/min) merupakan kebutuhan air yang diperoleh melalui perkalian luas lahan per petak sawah dengan kebutuhan air setiap liter per detik untuk setiap hektar. Sementara itu, total *base demand* (L/min) adalah hasil dari perkalian antara *base demand* dan angka (100/80) yang mencerminkan penyerapan tanah dan penguapan ke atmosfer. Hasil tersebut dapat ditemukan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Kebutuhan air per petak sawah

Petak	Luas (m ²)	Base Demand (L/min)	Base Demand Total (L/min)
1	3213	204.35	255.43
2	1054	67.03	83.79
3	1927	122.56	153.20
4	1801	114.54	143.18
5	2338	148.70	185.87
6	2232	141.96	177.44
7	2600	165.36	206.70
8	936	59.53	74.41
9	3721	236.66	295.82
10	2124	135.09	168.86
11	3175	201.93	252.41
12	2185	138.97	173.71
13	1255	79.82	99.77
14	1480	94.13	117.66
15	939	59.72	74.65
16	1532	97.44	121.79
17	3600	228.96	286.20
18	2594	164.98	206.22
19	1991	126.63	158.28
20	2835	180.31	225.38
21	2940	186.98	233.73
22	2615	166.31	207.89
23	1918	121.98	152.48
24	1705	108.44	135.55
25	2818	179.22	224.03
26	3413	217.07	271.33
27	3429	218.08	272.61
28	3901	248.10	310.13
29	2257	143.55	179.43
30	2039	129.68	162.10
31	2224	141.45	176.81
32	2732	173.76	217.19
33	3219	204.73	255.91
34	3985	253.45	316.81
35	3205	203.84	254.80
36	1385	88.09	110.11
37	1062	67.54	84.43
38	2915	185.39	231.74
39	1577	100.30	125.37
40	2257	143.55	179.43
41	2097	133.37	166.71
42	1168	74.28	92.86
43	1026	65.25	81.57
44	1047	66.59	83.24
45	1266	80.52	100.65
46	1651	105.00	131.25
Total			8218.95

5. Syarat dan kriteria perancangan

Syarat dan kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya menjadi tolak ukur dalam melakukan perancangan. Berikut adalah syarat dan kriterianya yaitu:

a. Tekanan

Tekanan yang dihasilkan dalam perancangan sistem pompanisasi minimal 3 m air.

b. Kecepatan aliran

Kecepatan yang dihasilkan harus diantara 1,7-2,8 m/s.

c. Metode penempatan pompa

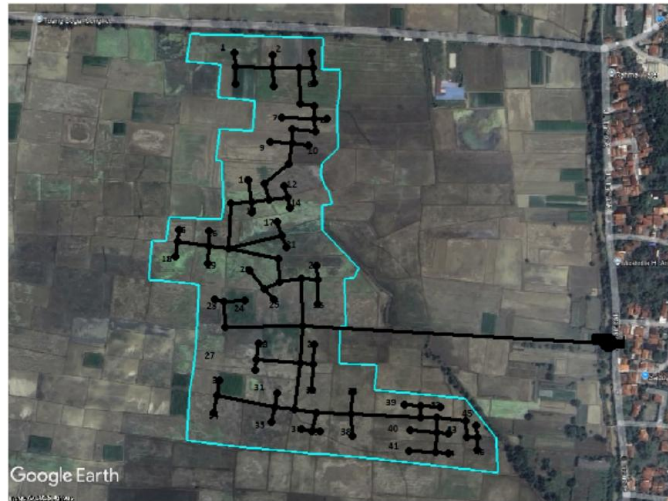
Terdapat dua metode utama dalam konfigurasi penempatan pompa yang dapat diterapkan sesuai dengan kebutuhan sistem. Metode pertama adalah konfigurasi paralel, yang digunakan untuk meningkatkan aliran sistem dengan cara mengoperasikan beberapa pompa secara bersamaan pada jalur yang sejajar. Konfigurasi kedua adalah konfigurasi seri, yang diterapkan untuk meningkatkan total *head* atau daya dorong sistem. Metode pertama adalah konfigurasi paralel, yang digunakan untuk meningkatkan aliran sistem dengan cara mengoperasikan beberapa pompa secara bersamaan pada jalur yang sejajar. Dalam konfigurasi ini, beberapa pompa dihubungkan secara berurutan sehingga tekanan dari pompa sebelumnya dapat diperkuat oleh pompa berikutnya, cocok untuk aplikasi dengan perbedaan elevasi yang signifikan.

6. Membuat desain alternatif pada perangkat lunak EPANET 2.2

Dalam perancangan sistem pompanisasi, desain alternatif dibuat dengan mempertimbangkan tekanan yang dihasilkan dan kecepatan aliran yang telah ditentukan sebelumnya. Kedua alternatif jalur perpipaan ini memiliki kesamaan dalam data masukan, yaitu elevasi, panjang pipa, dan kebutuhan air (*base demand*).

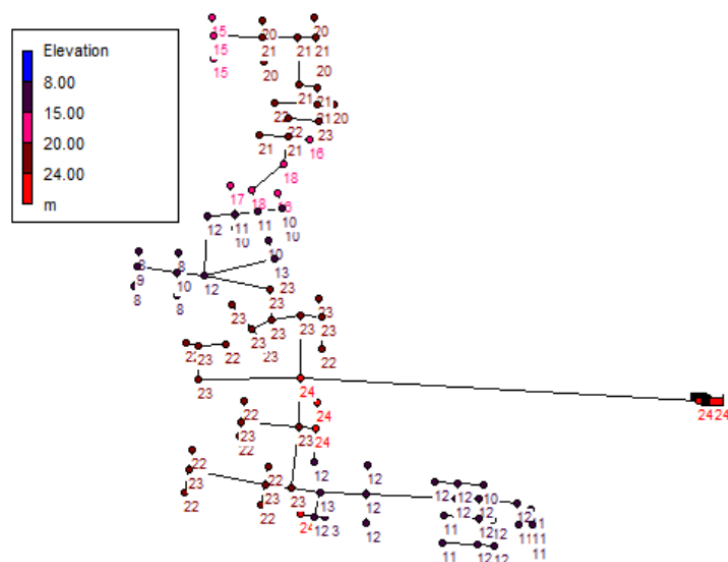
A. Desain alternatif pertama

Pada desain alternatif pertama, fokusnya adalah memastikan pompa dan jaringan perpipaan menghasilkan tekanan dan kecepatan yang memenuhi syarat dan kriteria yang telah ditentukan. Langkah awal untuk mewujudkan ini adalah dengan memindahkan jalur yang telah dibuat di Google Earth ke dalam perangkat lunak EPANET 2.2.



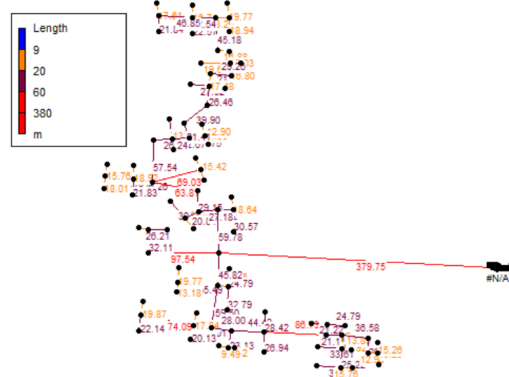
Gambar 32. Jalur perpipaan pada perangkat lunak EPANET 2.2 alternatif pertama

Tahap selanjutnya adalah memasukkan data elevasi pada setiap titik *junction* (ditandai dengan titik berwarna hitam pada gambar sebelumnya) yang diperoleh melalui perangkat lunak basecamp. Ketelitian sangat sangat diperlukan dalam tahap ini, karena data elevasi yang dimasukkan harus sesuai dengan koordinat jalur perpipaan yang telah dirancang sebelumnya. Pada gambar di bawah menunjukkan data elevasi yang telah dimasukkan ke dalam jaringan perpipaan pada perangkat lunak EPANET 2.2. untuk yang paling rendahnya 10 m dan yang paling tingginya 24 m.



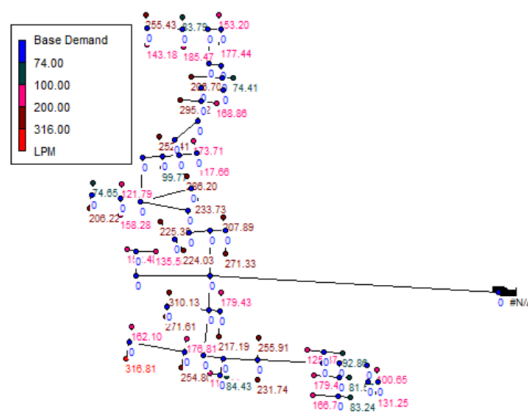
Gambar 33. Data elevasi alternatif pertama

Setelah memasukkan data elevasi, langkah selanjutnya adalah memasukkan data panjang pipa sesuai dengan panjang pipa yang didapatkan pada perangkat lunak basecamp. Untuk yang paling pendeknya 9 m dan yang paling panjangnya 380 m.



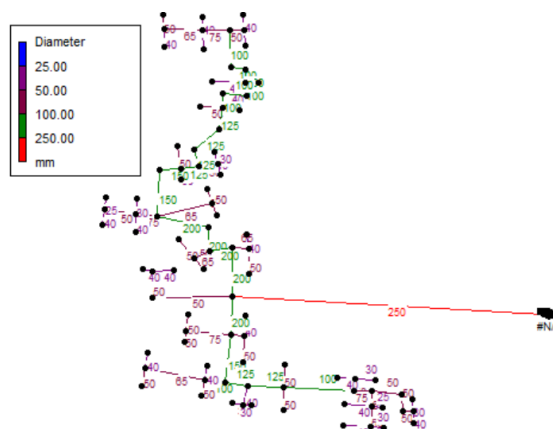
Gambar 34. Data panjang pipa alternatif pertama

Langkah selanjutnya adalah memasukkan data kebutuhan air (*base demand*) pada setiap titik (*junction*) petak sawah.



Gambar 35. Data base demand alternatif pertama

Pada langkah selanjutnya adalah memasukkan diameter pipa, bertujuan untuk mendapatkan hasil tekanan dan kecepatan aliran yang sesuai dengan syarat dan kriteria.



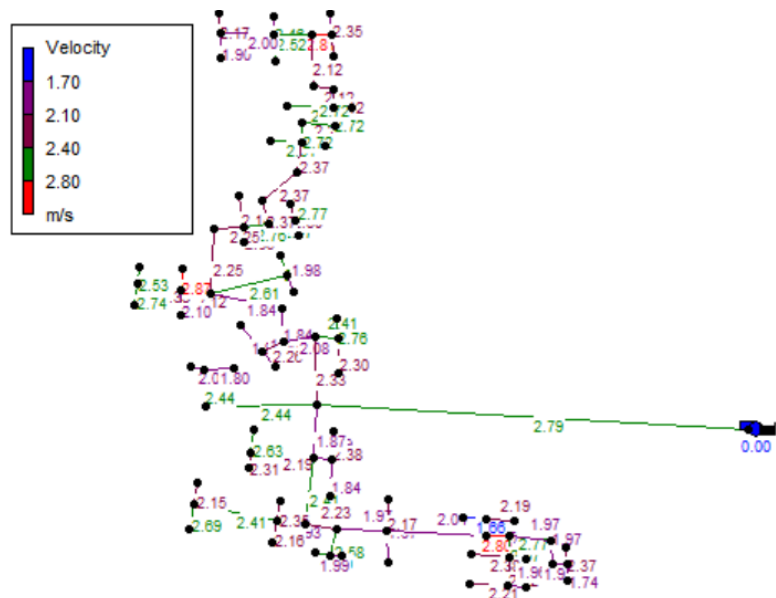
Gambar 36. Data diameter pipa alternatif pertama

Setelah memasukkan data sebelumnya pada langkah berikutnya adalah menampilkan hasil tekanan dan kecepatan aliran air. Untuk diameter yang paling kecilnya 25 mm yang paling besarnya 250 mm.



Gambar 37. Tekanan yang dihasilkan alternatif pertama

Tekanan yang dihasilkan pada alternatif pertama berkisar 3,48-33,22. Data yang dihasilkan sudah sesuai syarat dan kriteria.

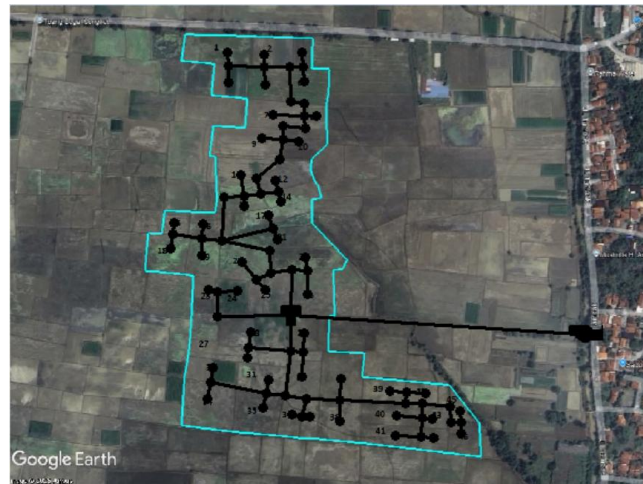


Gambar 38. Kecepatan aliran yang dihasilkan alternatif pertama

Kecepatan yang dihasilkan pada perancangan alternatif pertama ini sudah sesuai dengan syarat dan kriteria yaitu diantara 1,7-2,8 m/s.

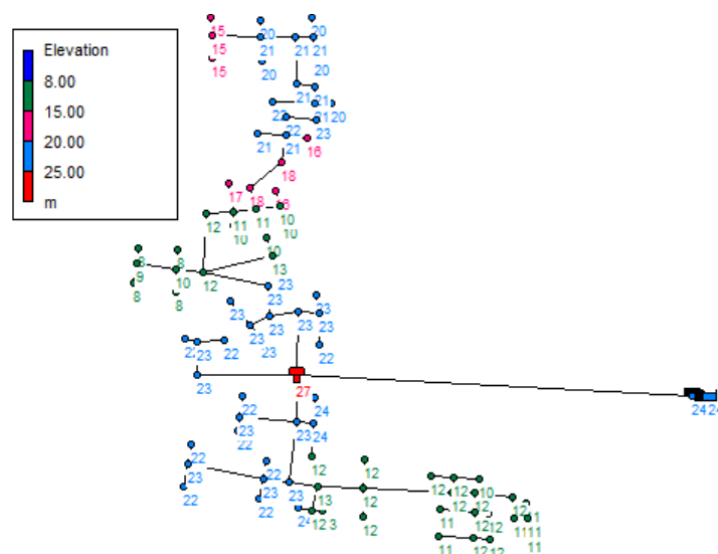
B. Desain alternatif kedua

Pada desain alternatif kedua menggunakan pompa, tandon dan jaringan perpipaan diharapkan tekanan dan kecepatan yang dihasilkan sesuai syarat dan kriteria yang telah ditentukan.



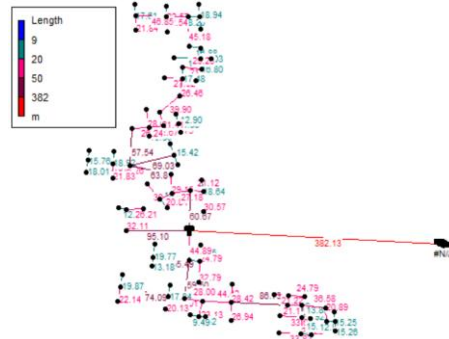
Gambar 39. Desain alternatif kedua pada perangkat lunak EPANET 2.2

Selanjutnya memasukkan data elevasi pada setiap titik (*junction*), yang didapatkan pada perangkat lunak basecamp. Dalam memasukkan data elevasi harus teliti dikarenakan data elevasi yang didapat harus sesuai dengan rancangan yang akan dimasukkan. Gambar di bawah ini menunjukkan data elevasi yang telah dimasukkan ke dalam jaringan perpipaan pada perangkat lunak EPANET 2.2. untuk elevasi paling rendah yaitu 6 m dan yang paling tinggi 24 m.



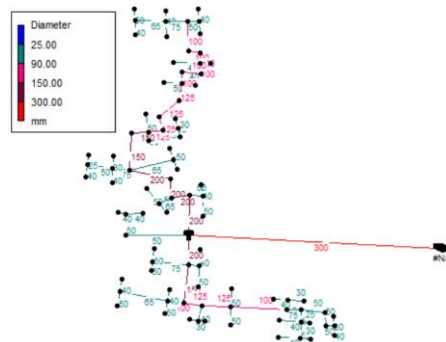
Gambar 40. Data elevasi alternatif kedua

Setelah memasukkan data elevasi, berikutnya adalah memasukkan data panjang pipa sesuai dengan panjang pipa yang didapatkan pada perangkat lunak Basecamp. Untuk panjang pipa yang paling pendeknya 9 m dan yang paling panjangnya 382 m.



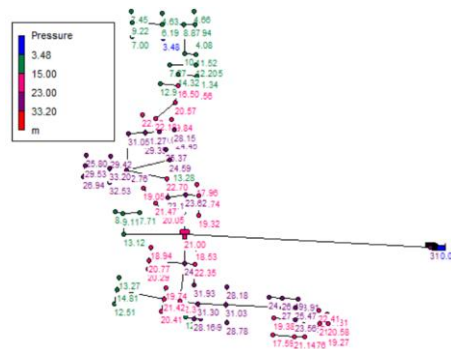
Gambar 41. Data panjang pipa alternatif kedua

Selanjutnya memasukkan diameter pipa, bertujuan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan syarat dan kriteria. Untuk diameter pipa yang digunakan yaitu yang paling kecil 16 mm dan yang paling besar yaitu 250 mm.



Gambar 42. Data diameter alternatif kedua

Setelah memasukkan data berikutnya adalah menampilkan hasil tekanan dan kecepatan aliran air.



Gambar 43. Tekanan yang dihasilkan alternatif kedua

Tekanan yang dihasilkan pada alternatif kedua berkisar 3,32-46,56 m. Tekanan yang dihasilkan ini sudah sesuai dengan syarat dan kriteria.



Gambar 44. Data kecepatan aliran alternatif kedua

Kecepatan yang dihasilkan pada perancangan alternatif kedua sudah sesuai dengan syarat dan kriteria yaitu di antara 1,70-2,80 m/s. Berikut adalah spesifikasi tandon yang digunakan pada perancangan alternatif kedua.

Tank T1	
Property	Value
*Tank ID	T1
X-Coordinate	366.873
Y-Coordinate	435.312
Description	
Tag	
*Elevation	27
*Initial Level	21
*Minimum Lev	2
*Maximum Lev	25
*Diameter	3
Minimum Volu	
Volume Curve	
Can Overflow	No
Mixing Model	Mixed

Gambar 45. Spesifikasi tandon

C. Perhitungan pompa, genset, dan biaya operasional

Setelah tahap perancangan selesai dan output yang dihasilkan telah memenuhi semua syarat serta kriteria yang ditetapkan, langkah berikutnya adalah pemilihan pompa dengan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 46. Pompa yang digunakan pada alternatif pertama [28]

Tabel 6. Spesifikasi pompa alternatif pertama

Parameter	Spesifikasi
Model Pompa	Ebara 200x150 FSHA 4KA545
Tipe	End suction centrifugal
Suction x Discharge (mm)	200x150
Daya Motor (kW)	43.4
Kapasitas Aliran (Q)	8500
Total Head (H)	32
Tekanan Maksimum (bar)	10 (opsional 16)
Bahan	Casing: Cast Iron
	Impeller: Bronze
	Shaft: Stainles Steel
Temperatur Maks. (°C)	80
Berat (kg)	137

Pompa yang digunakan pada alternatif pertama adalah pompa sentrifugal bermaterial cast iron dengan sistem mechanical gland packing. Pompa ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani aliran air dengan tekanan dan debit yang sesuai kebutuhan sistem, serta ketahanan terhadap korosi yang menjadikannya cocok untuk aplikasi irigasi maupun distribusi air dalam jangka panjang.



Gambar 47. Genset yang digunakan pada alternatif pertama [28]

Tabel 7. Spesifikasi genset alternatif pertama

Parameter	Spesifikasi
Merk	Perkins
Model Engine	1104A-44TG1
Rated Power kVA	65
Rated Power kW	52
Standby Power kVA	71.5
Standby Power kW	57
Frekuensi	50
Speed rpm	1500
Voltage	380
Alternator & AVR	Stamford PI144G, $\pm 1\%$ AVR
Fuel Tank L	140
Dimensi LxWxH mm	2610×1010×1350
Berat kg	1450



Gambar 48. Pompa yang digunakan pada alternatif kedua [28]

Tabel 8. Spesifikasi pompa alternatif kedua

Parameter	Spesifikasi
Model Pompa	Ebara 150x125 FSHA 4JA522
Tipe	End suction centrifugal
Suction x Discharge (mm)	150x125
Daya Motor (kW)	22.38
Kapasitas Aliran (H)	5100
Total Head (H)	24
Tekanan Maksimum (bar)	10 (opsional 16)
Bahan	Casing: Cast Iron
	Impeller: Bronze
	Shaft: Stainles Steel
Temperatur Maks. (°C)	80
Berat (kg)	120

Pompa yang digunakan pada sistem ini merupakan pompa sentrifugal horizontal tipe EBARA FSHA 150x125, yang memiliki ukuran *inlet* sebesar 150 mm dan *outlet* 125 mm.



Gambar 49. Genset yang digunakan pada alternatif kedua [28]

Tabel 9. Spesifikasi genset alternatif kedua

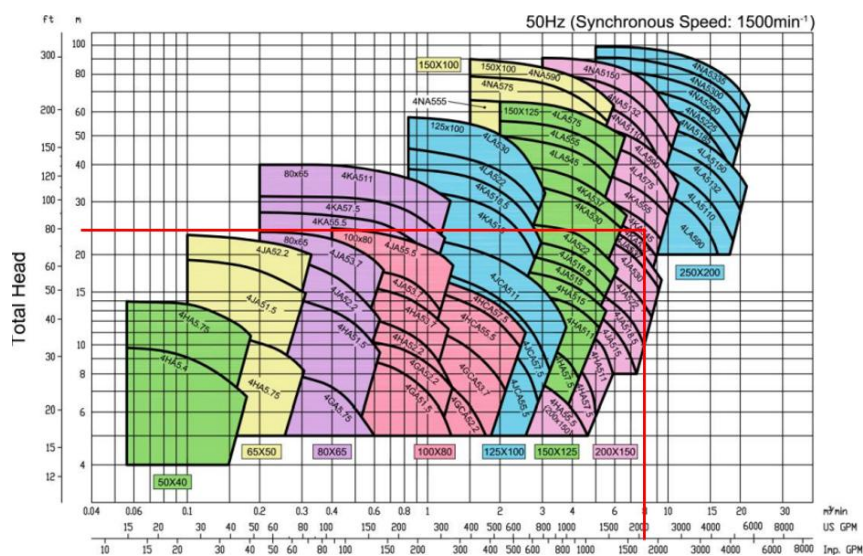
Parameter	Spesifikasi
Merk	Emerald Ultra Silent
Model Engine	Emerald K4100ZD
Rated Power kVA	50
Rated Power kW	40
Standby Power kVA	55
Standby Power kW	44
Frekuensi	50
Speed rpm	1500
Voltage	380
Alternator & AVR	Winston/ADK/Stamford
Fuel Tank L	55
Dimensi LxWxH mm	1000×1000×1500
Berat kg	1200

Diketahui							
L	379.75 m				rho air	998 kg/m ³	
h	22.06 m				μ	0.00077 Ns/m ²	
Q	8218 l/min				e	0.046 mm	
	0.136959 m ³ /s				e/di	0.000152	
do	0.32385 m						
t	0.010312 m						
di	0.303225 m						
A	0.072214 m ²						
V	1.90 m/s						
Re	745375						
f	0.014317						
f*	0.013014						
hf	2.99 m						
hp	25.05 m						

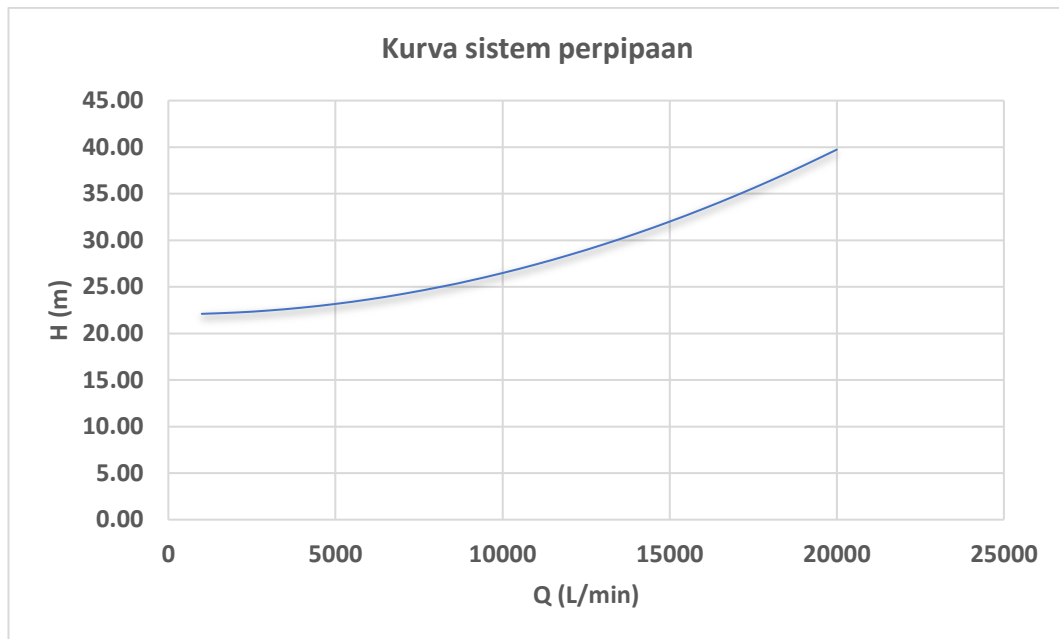
Gambar 50. Hasil perhitungan pompa alternatif pertama

Tabel 10. Sistem perpipaan alternatif pertama

Table Sistem Perpipaan							
Q (L/min)	Q (m ³ /s)	V	Re	f	f*	hf	hp
0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0.017	0.23	90705	0.0188	0.0132	0.04	22.10
2000	0.033	0.46	181411	0.0168	0.0131	0.18	22.24
3000	0.050	0.69	272116	0.0159	0.0131	0.40	22.46
4000	0.067	0.92	362822	0.0153	0.0130	0.71	22.77
5000	0.083	1.15	453527	0.0150	0.0130	1.11	23.17
6000	0.100	1.38	544233	0.0147	0.0130	1.59	23.65
7000	0.117	1.62	634938	0.0145	0.0130	2.17	24.23
8218	0.137	1.90	745375	0.0143	0.0130	2.99	25.05
9000	0.150	2.08	816349	0.0142	0.0130	3.58	25.64
10000	0.167	2.31	907055	0.0141	0.0130	4.42	26.48
11000	0.183	2.54	997760	0.0140	0.0130	5.35	27.41
12000	0.200	2.77	1088465	0.0140	0.0130	6.37	28.43
13000	0.217	3.00	1179171	0.0139	0.0130	7.47	29.53
14000	0.233	3.23	1269876	0.0138	0.0130	8.67	30.73
15000	0.250	3.46	1360582	0.0138	0.0130	9.95	32.01

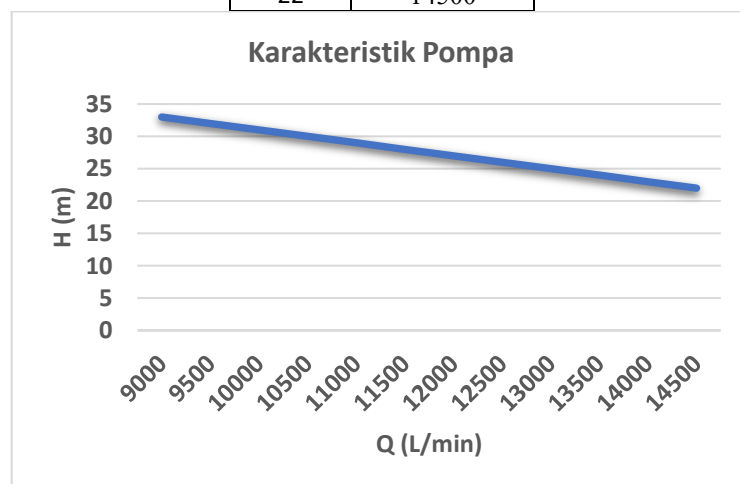


Gambar 51. Kurva karakteristik pompa alternatif pertama [28]



Tabel 11. Karakteristik pompa alternatif pertama

Karakteristik Pompa	
H (m)	Q (L/min)
33	9000
32	9500
31	10000
30	10500
29	11000
28	11500
27	12000
26	12500
25	13000
24	13500
23	14000
22	14500



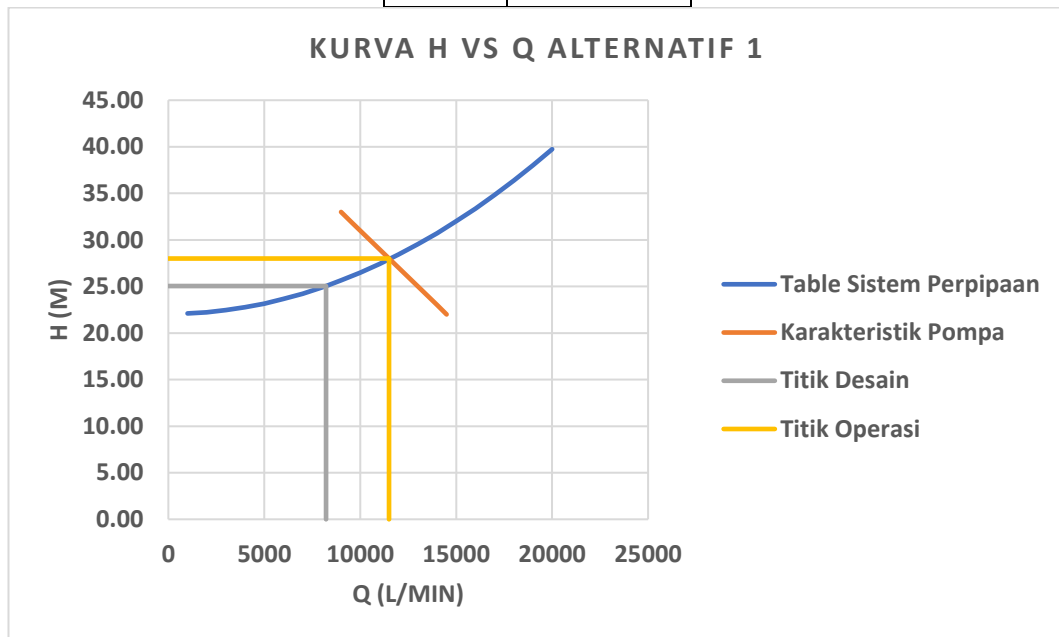
Gambar 52. Kurva karakteristik pompa alternatif pertama

Tabel 12. Titik desain alternatif pertama

Titik Desain	
H (m)	Q (L/min)
25.05	8218

Tabel 13. Titik operasi alternatif pertama

Titik Operasi	
H (m)	Q (L/min)
28	11500



Gambar 53. Kurva tekanan vs debit alternatif pertama

Berdasarkan perhitungan hidraulik, sistem perpipaan sepanjang 322,99 m dengan debit desain sebesar 8218 L/min ($0,137 \text{ m}^3/\text{s}$) dan tekanan total 25,05 m menunjukkan bahwa aliran berada dalam kondisi turbulen (Reynolds number $\approx 745,375$). Koefisien gesekan Darcy-Weisbach rata-rata diperoleh sebesar 0,0143, dengan kehilangan tekanan akibat gesekan (h_f) mencapai 2,99 m. Titik operasi aktual sistem terjadi pada debit 11500 L/min dan tekanan sebesar 28 m, sebagaimana ditunjukkan dalam grafik H-Q. Hal ini menunjukkan bahwa pompa bekerja sedikit di atas titik desain, namun masih berada dalam rentang kerja efisien. Kinerja ini mengindikasikan bahwa pompa mampu mengimbangi peningkatan debit dengan konsekuensi kenaikan tekanan, yang berdampak pada kenaikan konsumsi daya.

Tabel 14. Total biaya untuk perawatan alat alternatif pertama

Komponen	Harga	Liter	Jam	Biaya (Rp/Jam)
Solar	Rp 6,800.00	12	-	Rp 81,600.00
oli Mesin	Rp 85,000.00	8	100	Rp 6,800.00
Perawatan Berkala	Rp 5,000,000.00	-	1160	Rp 4,310.34
Penyusutan Alat	Rp 113,650,000.00	-	8760	Rp 12,973.74
Biaya Operasional	Rp 3,725,000.00	180	28	Rp 20,694.44
Total Biaya Operasional Per Jam	-	-	-	Rp 126,378.53

Tabel 15. Biaya untuk mengalir sawah perjam alternatif pertama

Parameter	Nilai	Satuan
Luas Sawah	106000	m ²
Kedalaman Genangan	0.15	m
Volume Air Dibutuhkan	15900	m ³
Kapasitas Pompa	560	m ³ /jam
Waktu Pengisian	28	jam
Biaya Operasional Per Jam	Rp 20,694.44	-
Total Biaya Operasional	Rp 587,574.40	-

Tabel 16. Harga pompa dan genset alternatif pertama

Komponen	Nilai
Ebara FSHA 200×150 Sentrifugal Pompa Besi	Rp 24,550,800.00
Genset Perkins 65 kVA Silent Type	Rp 100,000,000.00
Total Investasi Alat	Rp 124,550,800.00

Tabel 17. Perhitungan biaya operasional alternatif pertama

Total Kebutuhan base demand	8218	L/min
flow dipompa	444	m ³ /h
	8218	lpm
Daya pompa	50	hp
	37285	Watt
Biaya listrik	1.445	Rp/kWh
Waktu	1	jam
Konsumsi listrik	37.285	kWh
1 hp	0.7	KVA
1 kva	0.8	kw
Daya genset	150.0	KVA
kebutuhan	37.3	KVA
	29.8	kw
Konsumsi	0.2	liter/kw
waktu	1	h
Konsumsi total	6.0	l/h
solar	Rp 6,800.00	perliter
Total	Rp 40,566.07	perjam
	Rp 1,452,703.96	
Bahan bakar	214	l/h
volume	15900	m ³
Debit	444	m ³ /h
	36	h

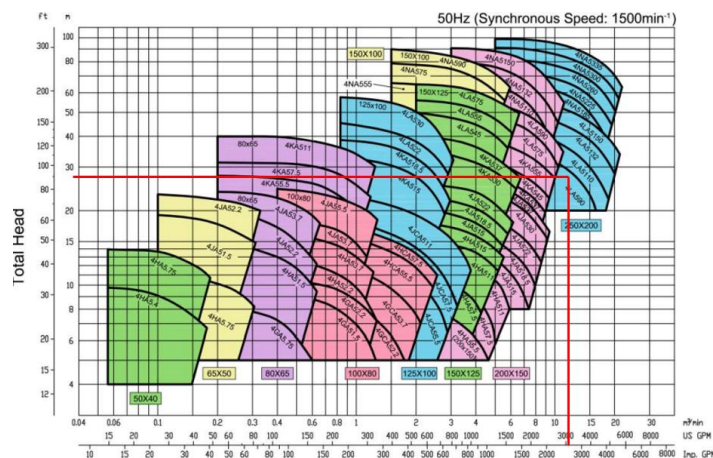
Biaya operasional per jam sebesar Rp20,694.44, terdiri dari solar, oli, perawatan, dan penyusutan alat. Total biaya operasional untuk satu siklus irigasi mencapai Rp587,574.40. Investasi alat terdiri dari pompa dan genset senilai total Rp 124,550,800.00.

Diketahui							
L	382.13 m				rho air	998 kg/m ³	
h	22.06 m				μ	0.00077 Ns/m ²	
Q	11525 l/min				e	0.046 mm	
	0.19208 m ³ /s				e/di	0.000152	
do	0.32385 m						
t	0.010312 m						
di	0.303225 m						
A	0.072214 m ²						
V	2.66 m/s						
Re	1045361						
f	0.013991						
f*	0.013006						
hf	5.91 m						
hp	27.97 m						

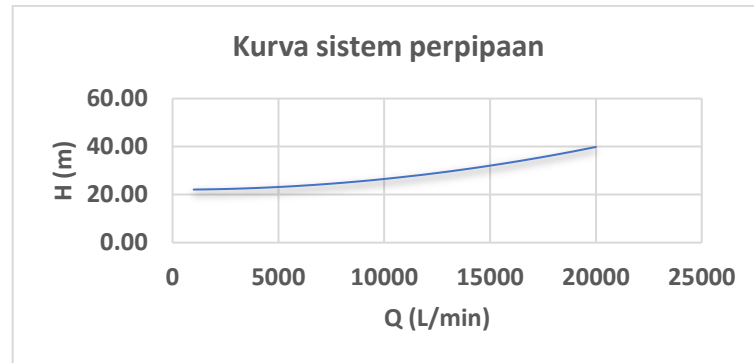
Gambar 54. Hasil pengukuran pompa alternatif kedua

Tabel 18. Sistem perpipaan alternatif kedua

Table Sistem Perpipaan							
Q (L/min)	Q (m ³ /s)	V	Re	f	f*	hf	hp
0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0.017	0.23	90705	0.0188	0.0132	0.05	22.11
2000	0.033	0.46	181411	0.0168	0.0131	0.18	22.24
3000	0.050	0.69	272116	0.0159	0.0131	0.40	22.46
4000	0.067	0.92	362822	0.0153	0.0130	0.71	22.77
5000	0.083	1.15	453527	0.0150	0.0130	1.11	23.17
6000	0.100	1.38	544233	0.0147	0.0130	1.60	23.66
7000	0.117	1.62	634938	0.0145	0.0130	2.18	24.24
8000	0.133	1.85	725644	0.0143	0.0130	2.85	24.91
9000	0.150	2.08	816349	0.0142	0.0130	3.61	25.67
10000	0.167	2.31	907055	0.0141	0.0130	4.45	26.51
11525	0.192	2.66	1045361	0.0140	0.0130	5.91	27.97
12000	0.200	2.77	1088465	0.0140	0.0130	6.41	28.47
13000	0.217	3.00	1179171	0.0139	0.0130	7.52	29.58
14000	0.233	3.23	1269876	0.0138	0.0130	8.72	30.78
15000	0.250	3.46	1360582	0.0138	0.0130	10.01	32.07



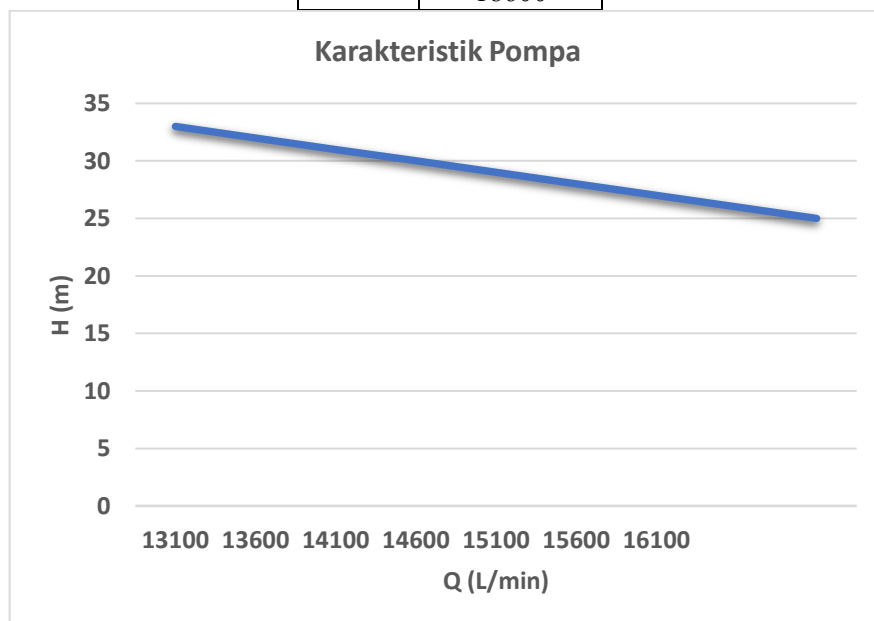
Gambar 55. Kurva Karakteristik pompa alternatif kedua [28]



Gambar 56. Kurva sistem perpipaan alternatif kedua

Tabel 19. Karakteristik pompa alternatif kedua

Karakteristik Pompa	
H (m)	Q (L/min)
33	13100
32	13600
31	14100
30	14600
29	15100
28	15600
27	16100
26	16600
25	17100
24	17600
23	18100
22	18600



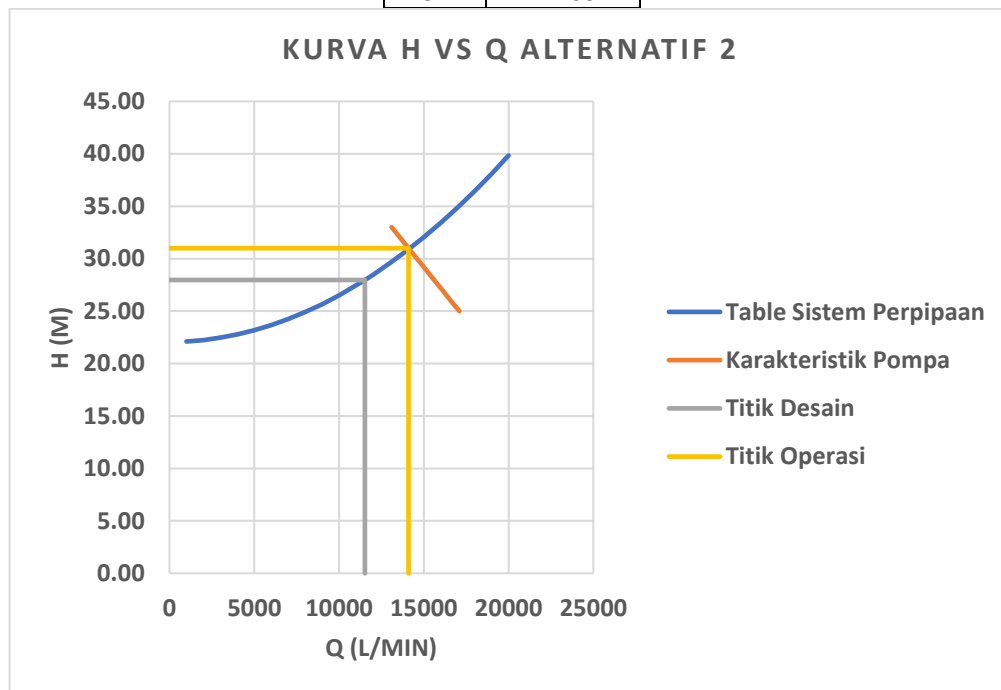
Gambar 57. Karakteristik pompa alternatif kedua

Tabel 20. Titik desain alternatif kedua

Titik Desain	
H (m)	Q (L/min)
27.97	11525

Tabel 21. Titik operasi alternatif kedua

Titik Operasi	
H (m)	Q (L/min)
31	14100



Gambar 58. Kurva tekanan vs debit alternatif kedua

Titik operasi sistem terjadi pada debit 14100 L/min dan tekanan 31 m, sedikit di atas titik desain (11525 L/min, 27.97 m). Aliran bersifat turbulen dengan kecepatan 2,66 m/s dan bilangan Reynolds 1045361. Koefisien gesekan $f = 0,0140$ menghasilkan kehilangan energi 5,91 m, sehingga total tekanan pompa adalah 27,97 m. Sistem tetap stabil dengan nilai f^* sekitar 0,0130.

Tabel 22. Total biaya untuk perawatan alat alternatif kedua

Komponen	Harga	Liter	Jam	Biaya (Rp/Jam)
Solar	Rp 6,800.00	17.9	28	Rp 4,347.14
oli Mesin	Rp 80,000.00	12	100	Rp 9,600.00
Perawatan Berkala	Rp 2,800,000.00	-	100	Rp 28,000.00
Penyusutan Alat	Rp 427,500.00	-	19	Rp 22,500.00
Biaya Operasional	Rp 1,707,129.77	212	8567	Rp 42,244.84
Total Biaya Operasional Per Jam	-	-	-	Rp 106,691.98

Tabel 23. Biaya untuk mengalir sawah perjam alternatif kedua

Parameter	Nilai	Satuan
Luas Sawah	106000	m ²
Kedalaman Genangan	0.15	m
Volume Air Dibutuhkan	15900	m ³
Kapasitas Pompa	304	m ³ /jam
Waktu Pengisian	52	jam
Biaya Operasional Per Jam	Rp 42,244.84	-
Total Biaya Operasional	Rp 2,209,516.10	-

Tabel 24. Harga pompa dan genset alternatif kedua

Komponen	Nilai
Ebara Pompa Sentrifugal 150×125 FSHA	Rp 28,999,900
Genset Silent 50 KVA Genset Diesel Emerald Ultra Silent	Rp 75,000,000.00
Total Investasi Alat	Rp 103,999,900.00

Tabel 25. Perhitungan biaya operasional alternatif kedua

Total Kebutuhan base demand	11525	L/ min
flow dipompa	304	m ³ /h
	11525	lpm
Daya pompa	40.23	hp
	226692.8	Watt
Biaya listrik	1.445	Rp/kWh
Waktu	1	jam
Konsumsi listrik	226.6928	kWh
1 hp	0.7	KVA
1 kva	0.8	kw
Daya genset	150.0	KVA
kebutuhan	30.0	KVA
	24.0	kw
Konsumsi	0.2	liter/kw
waktu	1	h
Konsumsi total	4.8	l/h
solar	Rp 6,800.00	perliter
Total	Rp 32,639.46	perjam
	Rp 1,707,129.77	
Bahan bakar	251	l/h
volume	15900	m ³
Debit	304	m ³ /h
	52	h

Total biaya operasional untuk satu siklus pengisian mencapai Rp2,209,516.10. Adapun investasi awal terdiri dari pompa ebara senilai Rp28,999,900.00 dan genset silent 50 KVA sebesar Rp75,000,000.00. sehingga total investasi alat sebesar Rp103,999,900.00.

D. Membandingkan dengan penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Adam Safitri, Slamet Imam Wahyudi, dan Soedarsono pada tahun 2023, dengan judul “Simulation of pipe network using EPANET to optimize water supply: a case study for arjawaringin area, Indonesia”. Penelitian ini dilakukan untuk mensimulasikan dan mengoptimalisasikan kinerja jaringan distribusi air bersih di wilayah Arjawirangun, dengan beda elevasi 25 m dan area pemukiman seluas 600 hektar [29].

Pada penelitian yang dilakukan Alexsandro Immanuel pada tahun 2025 dengan judul “Perancangan sistem pompanisasi pengairan persawahan blok 2 seluas 10,6 hektar Desa Jagapura Kulon Kabupaten Cirebon”. Pada penelitian ini sistem pengairan persawahan dengan beda elevasi 22,06 m, Dimana sumber air yang lebih rendah dibandingkan dengan area yang akan dialiri air seluas 10,6 hektar.

Perbandingan											
Penelitian terdahulu						Penelitian yang dilakukan					
Elevasi (m)	Luas area (ha)	Debit (m ³ /s)	Kebutuhan air (L/min)	Tekanan Maks (m)	Range kecepatan aliran (m/s)	Elevasi (m)	Luas area (ha)	Debit (m ³ /s)	Kebutuhan air (L/min)	Tekanan Maks (m)	Range kecepatan aliran (m/s)
25	600	12	720000	120	0.3-6	24	10.6	4.18	8218	33.22	1.7-2.8

Gambar 59. Data perbandingan dengan peneliti terdahulu

7. Menyusun rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya merupakan elemen krusial dalam tahapan perencanaan suatu proyek pembangunan, karena bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai estimasi kebutuhan dana, baik untuk pelaksanaan kegiatan maupun pengadaan material. Dalam proyek perancangan ini, penyusunan anggaran dilakukan secara terstruktur guna memastikan estimasi biaya yang akurat dan transparan. Hal ini penting agar pelaksanaan Pembangunan dapat berjalan secara efisien dan sesuai dengan kemampuan finansial yang tersedia.

Untuk mendapatkan analisis yang lebih menyeluruh, rencana anggaran biaya disusun dalam dua alternatif yang mempertimbangkan perbedaan pendekatan teknis maupun ekonomis. Perbandingan kedua antara alternatif tersebut diharapkan dapat memberikan landasan yang kuat dalam menentukan opsi terbaik dan paling efisien untuk diimplementasikan di lapangan. Adapun uraian anggaran biaya dari masing-masing alternatif disajikan sebagai berikut.

Tabel 26. rencana anggaran biaya alternatif pertama

Rencana Anggaran Biaya Alternatif 1							
No	Nama Barang	Nominal Diameter		Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
		(Inch)	(mm)			Rp	
1	Pipa Pralon PVC	1 1/4"	30	6	Batang	Rp 53,250	Rp 23,515,500
		1 1/2"	40	11		Rp 74,900	
		2"	50	24		Rp 84,500	
		2 1/2"	65	15		Rp 125,200	
		3"	75	8		Rp 138,800	
		4"	100	5		Rp 225,500	
		5"	125	7		Rp 424,000	
		6"	150	5		Rp 613,400	
		8"	200	5		Rp 820,000	
		10"	250	3		Rp 1,408,400	
		12"	300	1		Rp 1,868,000	
2	Sambungan Pipa L	2"	50	2	Buah	Rp 26,055	Rp 1,037,451
		2 1/2"	65	1		Rp 30,400	
		5"	125	4		Rp 69,750	
		6"	150	2		Rp 87,606	
		8"	200	1		Rp 144,550	
		10"	250	1		Rp 356,178	
3	Sambungan Pipa T	2"	50	3	Buah	Rp 22,610	Rp 2,366,492
		2 1/2"	65	5		Rp 36,630	
		3"	75	7		Rp 23,800	
		4"	100	2		Rp 103,896	
		5"	125	1		Rp 40,000	
		6"	150	2		Rp 283,360	
		8"	200	1		Rp 196,000	
		10"	250	2		Rp 469,200	
4	Sambungan Pipa X	3"	75	5	Buah	Rp 60,000	Rp 19,024,789
		4"	100	2		Rp 73,000	
		5"	125	3		Rp 93,100	
		10"	250	3		Rp 4,356,000	
		12	300	1		Rp 5,231,489	
5	Lem PVCPLASS	-	-	3	Kg	Rp 160,950	Rp 482,850
6	Ball Valve	1 1/4"	30	6	Buah	Rp 210,000	Rp 29,271,000
		1 1/2"	40	11		Rp 320,000	
		2"	50	19		Rp 450,000	
		2 1/2"	65	10		Rp 1,594,100	
7	Ebara Pompa 200x150 FSHA Sentrifugal Pompa Besi	-	-	1	Buah	Rp 473,552,872	Rp 473,552,872
8	Genset Perkins 65 KVA Silent Type	-	-	1	Buah	Rp 100,000,000	Rp 100,000,000
Harga total							Rp 649,250,954

Tabel berikut menyajikan rencana anggara biaya (RAB) untuk alternatif kedua, yang telah diperbarui dengan memasukkan komponen biaya tambahan berupa tandon air. Penyesuaian ini dilakukan untuk mengakomodasi kebutuhan akan fasilitas penyimpanan air sebagai bagian integral dari sistem distribusi, dengan tujuan menjamin kontinuitas pasokan air di lapangan.

Rincian dalam tabel mencakup seluruh elemen biaya yang relevan, naik dari segi material, proses instalasi, maupun komponen pendukung lainnya, yang secara keseluruhan diperlukan untuk merealisasikan alternatif perencanaan tersebut secara teknis dan ekonomis.

Tabel 27. Rencana anggaran biaya alternatif kedua

Rencana Anggaran Biaya Alternatif 2							
No	Nama Barang	Nominal Diameter		Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
		(Inch)	(mm)				
1	Pipa Pralon PVC	1 1/4"	30	6	Batang	Rp 43,250	Rp 20,205,500
		1 1/2"	40	11		Rp 64,900	
		2"	50	24		Rp 74,500	
		2 1/2"	65	15		Rp 95,200	
		3"	75	8		Rp 138,800	
		4"	100	5		Rp 195,500	
		5"	125	7		Rp 324,000	
		6"	150	5		Rp 513,400	
		8"	200	5		Rp 720,000	
		10"	250	3		Rp 1,208,400	
		12"	300	1		Rp 1,868,000	
2	Sambungan Pipa L	2"	50	2	Buah	Rp 16,055	Rp 837,451
		2 1/2"	65	1		Rp 10,400	
		5"	125	4		Rp 29,750	
		6"	150	2		Rp 87,606	
		8"	200	1		Rp 144,550	
		10"	250	1		Rp 356,178	
3	Sambungan Pipa T	2"	50	3	Buah	Rp 22,610	Rp 2,366,492
		2 1/2"	65	5		Rp 36,630	
		3"	75	7		Rp 23,800	
		4"	100	2		Rp 103,896	
		5"	125	1		Rp 40,000	
		6"	150	2		Rp 283,360	
		8"	200	1		Rp 196,000	
		10"	250	2		Rp 469,200	
4	Sambungan Pipa X	3"	75	5	Buah	Rp 60,000	Rp 19,024,789
		4"	100	2		Rp 73,000	
		5"	125	3		Rp 93,100	
		10"	250	3		Rp 4,356,000	
		12	300	1		Rp 5,231,489	
5	Lem PVCPLASS	-	-	3	Kg	Rp 160,950	Rp 482,850
6	Ball Valve	1 1/4"	30	6	Buah	Rp 21,000	Rp 2,927,100
		1 1/2"	40	11		Rp 32,000	
		2"	50	19		Rp 45,000	
		2 1/2"	65	10		Rp 159,410	
7	Ebara Pompa Sentrifugal 150x125 FSHA	-	-	1	Buah	Rp 373,564,000	Rp 373,564,000
8	Genset Silent 50 KVA Genset Diesel Emerald Ultra Silent	-	-	1	Buah	Rp 75,000,000	Rp 75,000,000
9	Tandon			1	Buah	Rp 421,000,000.00	Rp 421,000,000.00
Harga total							Rp 915,408,182

8. Hasil penelitian

Pengujian yang dilakukan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 dengan menyusun dua skenario rancangan alternatif. Setiap alternatif menghasilkan nilai tekanan dan kecepatan aliran yang berbeda. Untuk mempermudah analisis dan interpretasi data, hasil simulasi disajikan dalam bentuk tabel agar lebih sistematis dan mudah dipahami.

Tabel 28. Data hasil elevasi, base demand, head, dan pressure alternatif pertama

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/min)	Head (m)	Pressure (m)
Junc J1	15	255.4	22.45	7.45
Junc J2	20	83.79	24.62	4.62
Junc J3	20	153.2	24.65	4.65

Junc J4	15	143.2	21.99	6.99
Junc J5	20	185.5	23.48	3.48
Junc J6	20	177.4	24.06	4.06
Junc J7	20	74.41	28.63	8.63
Junc J8	22	206.7	29.25	7.25
Junc J9	21	295.8	33.94	12.94
Junc J10	16	168.9	34.55	18.55
Junc J11	17	252.4	39.51	22.51
Junc J12	16	173.7	35.82	19.82
Junc J13	10	99.77	39.33	29.33
Junc J14	10	117.7	34.43	24.43
Junc J15	10	286.2	35.35	25.35
Junc J16	8	121.8	37.4	29.4
Junc J17	8	74.65	33.78	25.78
Junc J18	8	206.2	34.92	26.92
Junc J19	8	158.3	40.51	32.51
Junc J20	23	225.4	42.03	19.03
Junc J21	23	233.7	36.27	13.27
Junc J22	23	207.9	40.94	17.94
Junc J23	22	152.5	30.32	8.32
Junc J24	22	135.6	29.37	7.37
Junc J25	23	224	43.03	20.03
Junc J26	22	271.3	41.3	19.3
Junc J27	22	271.6	42.26	20.26
Junc J28	22	310.1	40.9	18.9
Junc J29	24	179.4	42.48	18.48
Junc J30	22	162.1	35.21	13.21
Junc J31	22	176.8	41.69	19.69
Junc J32	12	217.2	43.87	31.87
Junc J33	12	255.9	40.12	28.12
Junc J34	22	316.8	34.45	12.45
Junc J35	22	254.8	42.36	20.36
Junc J36	24	110.1	36.71	12.71
Junc J37	13	84.43	38.64	25.64
Junc J38	12	231.7	40.73	28.73
Junc J39	12	125.4	36.75	24.75
Junc J40	11	179.4	30.33	19.33
Junc J41	11	166.7	28.54	17.54
Junc J42	10	92.86	33.86	23.86
Junc J43	12	81.57	30.62	18.62
Junc J44	12	83.24	30.71	18.71
Junc J45	11	100.7	28.26	17.26
Junc J46	11	131.3	30.21	19.21
Junc J47	15	0	24.21	9.21
Junc J48	21	0	27.18	6.18
Junc J49	21	0	26.92	5.92
Junc J50	21	0	29.86	8.86
Junc J51	21	0	31.79	10.79
Junc J52	21	0	32.51	11.51
Junc J53	21	0	33.19	12.19
Junc J54	23	0	34.32	11.32
Junc J55	22	0	36.3	14.3

Junc J56	21	0	37.48	16.48
Junc J57	18	0	38.55	20.55
Junc J58	18	0	40.16	22.16
Junc J59	11	0	41.03	30.03
Junc J60	10	0	38.13	28.13
Junc J61	11	0	42.25	31.25
Junc J62	12	0	43.03	31.03
Junc J63	12	0	44.74	32.74
Junc J64	10	0	43.18	33.18
Junc J65	9	0	38.51	29.51
Junc J66	13	0	37.57	24.57
Junc J67	23	0	31.77	8.77
Junc J68	23	0	45.68	22.68
Junc J69	23	0	46.1	23.1
Junc J70	23	0	44.45	21.45
Junc J71	23	0	44.72	21.72
Junc J72	23	0	46.6	23.6
Junc J73	23	0	47.27	24.27
Junc J74	24	0	46.3	22.3
Junc J75	23	0	43.73	20.73
Junc J76	23	0	45.26	22.26
Junc J77	23	0	44.36	21.36
Junc J78	23	0	37.75	14.75
Junc J79	13	0	44.25	31.25
Junc J80	12	0	40.11	28.11
Junc J81	12	0	42.97	30.97
Junc J82	12	0	39.53	27.53
Junc J83	12	0	38.44	26.44
Junc J84	12	0	37.41	25.41
Junc J85	12	0	35.51	23.51
Junc J86	12	0	33.09	21.09
Junc J87	12	0	34.35	22.35
Junc J88	11	0	32.61	21.61
Junc J89	11	0	31.53	20.53
Junc J90	24	0	47.96	23.96
Junc J91	23	0	35.78	12.78
Junc J92	24	0	57.22	33.22

Tabel 29. Data hasil link ID alternatif pertama

Link ID	Panjang (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (L/min)	Kecepatan (m/s)	Unit Headloss (m/km)	Friction Factor
Pipe P1	17.61	50	140	255.43	2.17	99.97	0.021
Pipe P2	21.84	40	140	143.18	1.9	101.47	0.022
Pipe P4	16.74	30	140	83.79	1.98	152.75	0.023
Pipe P5	22.57	40	140	185.47	2.46	163.86	0.021
Pipe P7	18.2	50	140	330.64	2.81	161.23	0.02
Pipe P8	19.77	40	140	153.2	2.03	115.01	0.022
Pipe P9	18.94	40	140	177.44	2.35	150.97	0.021
Pipe P13	15.29	25	140	74.41	2.53	297.97	0.023
Pipe P14	19.65	40	140	206.7	2.74	200.29	0.021
Pipe P18	21.31	40	140	168.86	2.24	137.73	0.022
Pipe P19	27.02	50	140	295.82	2.51	131.2	0.02

Pipe P23	22.75	50	140	291.37	2.47	127.57	0.02
Pipe P24	15.9	40	140	173.71	2.3	145.14	0.021
Pipe P25	12.9	30	140	117.66	2.77	286.43	0.022
Pipe P27	28	50	140	252.41	2.14	97.79	0.021
Pipe P28	13.85	30	140	99.77	2.35	211.04	0.022
Pipe P31	26.26	75	140	560.94	2.12	59.54	0.02
Pipe P32	39.19	50	140	280.87	2.38	119.19	0.021
Pipe P33	15.76	25	140	74.65	2.53	299.75	0.023
Pipe P34	18.01	40	140	206.22	2.74	199.43	0.021
Pipe P35	18.92	30	140	121.79	2.87	305.33	0.022
Pipe P36	21.83	40	140	158.28	2.1	122.17	0.022
Pipe P37	69.03	65	140	519.93	2.61	103.87	0.019
Pipe P38	17.98	50	140	286.2	2.43	123.41	0.021
Pipe P39	15.42	50	140	233.73	1.98	84.81	0.021
Pipe P42	30.48	50	140	225.38	1.91	79.29	0.021
Pipe P43	18.08	50	140	224.03	1.9	78.41	0.021
Pipe P44	20.84	65	140	449.41	2.26	79.3	0.02
Pipe P46	21.12	65	140	479.22	2.41	89.32	0.02
Pipe P47	30.57	50	140	271.33	2.3	111.8	0.021
Pipe P48	18.64	40	140	207.89	2.76	202.43	0.021
Pipe P50	55.49	75	140	581.74	2.19	63.7	0.019
Pipe P51	19.77	50	140	310.13	2.63	143.2	0.02
Pipe P52	13.18	50	140	271.61	2.31	112.01	0.021
Pipe P53	15.35	65	140	396.62	1.99	62.92	0.02
Pipe P54	24.79	40	140	179.43	2.38	154.12	0.021
Pipe P55	32.79	50	140	217.19	1.84	74.03	0.021
Pipe P56	59.5	150	140	2553.8	2.41	33.7	0.017
Pipe P57	25.01	100	140	910.52	1.93	35.96	0.019
Pipe P58	17.84	40	140	176.81	2.35	149.98	0.021
Pipe P59	20.13	50	140	254.8	2.16	99.51	0.021
Pipe P60	74.09	65	140	478.91	2.41	89.21	0.02
Pipe P61	19.87	40	140	162.1	2.15	127.69	0.022
Pipe P62	22.14	50	140	316.81	2.69	148.96	0.02
Pipe P63	28	125	140	1643.3	2.23	36.2	0.018
Pipe P64	23.13	40	140	194.54	2.58	179.01	0.021
Pipe P65	13.42	30	140	110.11	2.6	253.33	0.022
Pipe P66	9.49	30	140	84.43	1.99	154.91	0.023
Pipe P67	44.42	125	140	1448.7	1.97	28.67	0.018
Pipe P68	26.94	50	140	231.74	1.97	83.48	0.021
Pipe P69	28.42	50	140	255.91	2.17	100.32	0.021
Pipe P70	86.73	100	140	961.08	2.04	39.75	0.019
Pipe P71	14.58	50	140	218.23	1.85	74.69	0.021
Pipe P72	21.22	40	140	125.37	1.66	79.34	0.023
Pipe P73	24.79	30	140	92.86	2.19	184.77	0.023
Pipe P74	21.11	75	140	742.85	2.8	100.18	0.019
Pipe P75	18.92	65	140	510.95	2.57	100.58	0.019
Pipe P76	13.85	25	140	81.57	2.77	353.24	0.023
Pipe P77	33.61	40	140	179.43	2.38	154.12	0.021
Pipe P78	25.22	50	140	249.95	2.12	96.03	0.021
Pipe P79	33.82	40	140	166.71	2.21	134.5	0.022
Pipe P80	15.76	30	140	83.24	1.96	150.89	0.023
Pipe P81	36.58	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P82	20.89	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P83	12.9	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P84	15.25	30	140	100.65	2.37	214.5	0.022

Pipe P85	15.26	40	140	131.25	1.74	86.37	0.022
Pipe P90	97.54	50	140	288.03	2.44	124.87	0.021
Pipe P91	32.11	50	140	288.03	2.44	124.87	0.021
Pipe P92	12.71	40	140	152.48	2.02	114.01	0.022
Pipe P93	26.21	40	140	135.55	1.8	91.68	0.022
Pipe P95	45.82	200	140	3532.2	1.87	15.13	0.017
Pipe P11	16.88	100	140	998.51	2.12	42.67	0.019
Pipe P49	45.18	100	140	998.51	2.12	42.67	0.019
Pipe P86	16.03	100	140	998.51	2.12	42.67	0.019
Pipe P87	16.8	100	140	1279.6	2.72	67.54	0.018
Pipe P88	29.26	100	140	1279.6	2.72	67.54	0.018
Pipe P89	17.48	100	140	1279.6	2.72	67.54	0.018
Pipe P97	32.54	75	140	667.87	2.52	82.26	0.019
Pipe P98	46.85	65	140	398.61	2	63.5	0.02
Pipe P99	22.67	125	140	2035.7	2.76	53.82	0.017
Pipe P100	21.41	125	140	1744.3	2.37	40.43	0.018
Pipe P101	39.9	125	140	1744.3	2.37	40.43	0.018
Pipe P102	26.46	125	140	1744.3	2.37	40.43	0.018
Pipe P103	26.24	150	140	2387.9	2.25	29.76	0.017
Pipe P104	57.54	150	140	2387.9	2.25	29.76	0.017
Pipe P105	63.81	200	140	3468.7	1.84	14.63	0.017
Pipe P106	29.15	200	140	3468.7	1.84	14.63	0.017
Pipe P107	27.18	200	140	3918.1	2.08	18.34	0.017
Pipe P108	59.78	200	140	4397.4	2.33	22.71	0.016
Pipe P3	379.75	250	140	8217.5	2.79	24.38	0.015

Tabel 30. Data hasil node ID alternatif kedua

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/min)	Tekanan (m)	Pressure (m)
Junc J1	15	255.43	22.45	7.45
Junc J2	20	83.79	24.63	4.63
Junc J3	20	153.2	24.66	4.66
Junc J4	15	143.18	22	7
Junc J5	20	185.87	23.48	3.48
Junc J6	20	177.44	24.08	4.08
Junc J7	20	74.41	28.65	8.65
Junc J8	22	206.7	29.27	7.27
Junc J9	21	295.82	33.95	12.95
Junc J10	16	168.86	34.56	18.56
Junc J11	17	252.41	39.53	22.53
Junc J12	16	173.71	35.84	19.84
Junc J13	10	99.77	39.35	29.35
Junc J14	10	117.66	34.45	24.45
Junc J15	10	286.2	35.37	25.37
Junc J16	8	121.79	37.42	29.42
Junc J17	8	74.65	33.8	25.8
Junc J18	8	206.22	34.94	26.94
Junc J19	8	158.28	40.53	32.53
Junc J20	23	225.38	42.05	19.05
Junc J21	23	233.73	36.28	13.28
Junc J22	23	207.89	40.96	17.96
Junc J23	22	152.48	30.67	8.67
Junc J24	22	135.55	29.71	7.71
Junc J25	23	224.03	43.05	20.05

Junc J26	22	271.33	41.32	19.32
Junc J27	22	272.61	42.29	20.29
Junc J28	22	310.13	40.94	18.94
Junc J29	24	179.43	42.53	18.53
Junc J30	22	162.1	35.27	13.27
Junc J31	22	176.81	41.74	19.74
Junc J32	12	217.19	43.93	31.93
Junc J33	12	255.91	40.18	28.18
Junc J34	22	316.81	34.51	12.51
Junc J35	22	254.8	42.41	20.41
Junc J36	24	110.11	36.76	12.76
Junc J37	13	84.43	38.69	25.69
Junc J38	12	231.74	40.78	28.78
Junc J39	12	125.37	36.81	24.81
Junc J40	11	179.43	30.38	19.38
Junc J41	11	166.71	28.59	17.59
Junc J42	10	92.86	33.91	23.91
Junc J43	12	81.57	30.67	18.67
Junc J44	12	83.24	30.76	18.76
Junc J45	11	100.65	28.31	17.31
Junc J46	11	131.25	30.27	19.27
Junc J47	15	0	24.22	9.22
Junc J48	21	0	27.19	6.19
Junc J49	21	0	26.94	5.94
Junc J50	21	0	29.87	8.87
Junc J51	21	0	31.8	10.8
Junc J52	21	0	32.52	11.52
Junc J53	21	0	33.2	12.2
Junc J54	23	0	34.34	11.34
Junc J55	22	0	36.32	14.32
Junc J56	21	0	37.5	16.5
Junc J57	18	0	38.57	20.57
Junc J58	18	0	40.18	22.18
Junc J59	11	0	41.05	30.05
Junc J60	10	0	38.15	28.15
Junc J61	11	0	42.27	31.27
Junc J62	12	0	43.05	31.05
Junc J63	12	0	44.76	32.76
Junc J64	10	0	43.2	33.2
Junc J65	9	0	38.53	29.53
Junc J66	13	0	37.59	24.59
Junc J67	23	0	32.11	9.11
Junc J68	23	0	45.7	22.7
Junc J69	23	0	46.12	23.12
Junc J70	23	0	44.47	21.47
Junc J71	23	0	44.74	21.74
Junc J72	23	0	46.62	23.62
Junc J73	23	0	47.32	24.32
Junc J74	24	0	46.35	22.35
Junc J75	23	0	43.77	20.77
Junc J76	23	0	45.32	22.32
Junc J77	23	0	44.42	21.42
Junc J78	23	0	37.81	14.81
Junc J79	13	0	44.3	31.3
Junc J80	12	0	40.16	28.16

Junc J81	12	0	43.03	31.03
Junc J82	12	0	39.58	27.58
Junc J83	12	0	38.49	26.49
Junc J84	12	0	37.47	25.47
Junc J85	12	0	35.56	23.56
Junc J86	12	0	33.14	21.14
Junc J87	12	0	34.41	22.41
Junc J88	11	0	32.66	21.66
Junc J89	11	0	31.58	20.58
Junc J91	23	0	36.12	13.12
Junc J92	24	0	55.17	31.17

Tabel 31. Data hasil link ID alternatif kedua

Link ID	Panjang (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (L/min)	Kecepatan (m/s)	Unit Headloss (m/km)	Friction Factor
Pipe P1	17.61	50	140	255.43	2.17	99.97	0.021
Pipe P2	21.84	40	140	143.18	1.9	101.47	0.022
Pipe P4	16.74	30	140	83.79	1.98	152.75	0.023
Pipe P5	22.57	40	140	185.87	2.47	164.52	0.021
Pipe P7	18.2	50	140	330.64	2.81	161.23	0.02
Pipe P8	19.77	40	140	153.2	2.03	115.01	0.022
Pipe P9	18.94	40	140	177.44	2.35	150.97	0.021
Pipe P13	15.29	25	140	74.41	2.53	297.97	0.023
Pipe P14	19.65	40	140	206.7	2.74	200.29	0.021
Pipe P18	21.31	40	140	168.86	2.24	137.73	0.022
Pipe P19	27.02	50	140	295.82	2.51	131.2	0.02
Pipe P23	22.75	50	140	291.37	2.47	127.57	0.02
Pipe P24	15.9	40	140	173.71	2.3	145.14	0.021
Pipe P25	12.9	30	140	117.66	2.77	286.43	0.022
Pipe P27	28	50	140	252.41	2.14	97.79	0.021
Pipe P28	13.85	30	140	99.77	2.35	211.04	0.022
Pipe P31	26.26	75	140	560.94	2.12	59.55	0.02
Pipe P32	39.19	50	140	280.87	2.38	119.19	0.021
Pipe P33	15.76	25	140	74.65	2.53	299.75	0.023
Pipe P34	18.01	40	140	206.22	2.74	199.43	0.021
Pipe P35	18.92	30	140	121.79	2.87	305.33	0.022
Pipe P36	21.83	40	140	158.28	2.1	122.17	0.022
Pipe P37	69.03	65	140	519.93	2.61	103.87	0.019
Pipe P38	17.98	50	140	286.2	2.43	123.41	0.021
Pipe P39	15.42	50	140	233.73	1.98	84.81	0.021
Pipe P42	30.48	50	140	225.38	1.91	79.29	0.021
Pipe P43	18.08	50	140	224.03	1.9	78.41	0.021
Pipe P44	20.84	65	140	449.41	2.26	79.3	0.02
Pipe P46	21.12	65	140	479.22	2.41	89.32	0.02
Pipe P47	30.57	50	140	271.33	2.3	111.8	0.021
Pipe P48	18.64	40	140	207.89	2.76	202.43	0.021
Pipe P50	55.49	75	140	582.74	2.2	63.9	0.019
Pipe P51	19.77	50	140	310.13	2.63	143.2	0.02
Pipe P52	13.18	50	140	272.61	2.31	112.78	0.021
Pipe P53	15.35	65	140	396.62	1.99	62.92	0.02
Pipe P54	24.79	40	140	179.43	2.38	154.12	0.021
Pipe P55	32.79	50	140	217.19	1.84	74.03	0.021
Pipe P56	59.5	150	140	2553.79	2.41	33.7	0.017
Pipe P57	25.01	100	140	910.52	1.93	35.97	0.019

Pipe P58	17.84	40	140	176.81	2.35	149.98	0.021
Pipe P59	20.13	50	140	254.8	2.16	99.51	0.021
Pipe P60	74.09	65	140	478.91	2.41	89.21	0.02
Pipe P61	19.87	40	140	162.1	2.15	127.69	0.022
Pipe P62	22.14	50	140	316.81	2.69	148.96	0.02
Pipe P63	28	125	140	1643.27	2.23	36.2	0.018
Pipe P64	23.13	40	140	194.54	2.58	179.01	0.021
Pipe P65	13.42	30	140	110.11	2.6	253.33	0.022
Pipe P66	9.49	30	140	84.43	1.99	154.91	0.023
Pipe P67	44.42	125	140	1448.73	1.97	28.67	0.018
Pipe P68	26.94	50	140	231.74	1.97	83.48	0.021
Pipe P69	28.42	50	140	255.91	2.17	100.32	0.021
Pipe P70	86.73	100	140	961.08	2.04	39.75	0.019
Pipe P71	14.58	50	140	218.23	1.85	74.69	0.021
Pipe P72	21.22	40	140	125.37	1.76	79.34	0.023
Pipe P73	24.79	30	140	92.86	2.19	184.77	0.023
Pipe P74	21.11	75	140	742.85	2.8	100.18	0.019
Pipe P75	18.92	65	140	510.95	2.57	100.58	0.019
Pipe P76	13.85	25	140	81.57	2.77	353.24	0.023
Pipe P77	33.61	40	140	179.43	2.38	154.12	0.021
Pipe P78	25.22	50	140	249.95	2.12	96.03	0.021
Pipe P79	33.82	40	140	166.71	2.21	134.5	0.022
Pipe P80	15.76	30	140	83.24	1.96	150.89	0.023
Pipe P81	36.58	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P82	20.89	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P83	12.9	50	140	231.9	1.97	83.59	0.021
Pipe P84	15.25	30	140	100.65	2.37	214.5	0.022
Pipe P85	15.26	40	140	131.25	1.74	86.37	0.022
Pipe P91	32.11	50	140	288.03	2.44	124.87	0.021
Pipe P92	12.71	40	140	152.48	2.02	114.01	0.022
Pipe P93	26.21	40	140	135.55	1.8	91.68	0.022
Pipe P11	16.88	100	140	998.91	2.12	42.7	0.019
Pipe P49	45.18	100	140	998.91	2.12	42.7	0.019
Pipe P86	16.03	100	140	998.91	2.12	42.7	0.019
Pipe P87	16.8	100	140	1280.02	2.72	67.58	0.018
Pipe P88	29.26	100	140	1280.02	2.72	67.58	0.018
Pipe P89	17.48	100	140	1280.02	2.72	67.58	0.018
Pipe P97	32.54	75	140	668.27	2.52	82.35	0.019
Pipe P98	46.85	65	140	398.61	2	63.5	0.02
Pipe P99	22.67	125	140	2036.07	2.77	53.84	0.017
Pipe P100	21.41	125	140	1744.7	2.37	40.45	0.018
Pipe P101	39.9	125	140	1744.7	2.37	40.45	0.018
Pipe P102	26.46	125	140	1744.7	2.37	40.45	0.018
Pipe P103	26.24	150	140	2388.25	2.25	29.77	0.017
Pipe P104	57.54	150	140	2388.25	2.25	29.77	0.017
Pipe P105	63.81	200	140	3469.12	1.84	14.64	0.017
Pipe P106	29.15	200	140	3469.12	1.84	14.64	0.017
Pipe P107	27.18	200	140	3918.53	2.08	18.34	0.017
Pipe P3	382.13	300	140	11524.79	2.72	18.77	0.015
Pipe P6	60.67	200	140	4397.75	2.33	22.71	0.016
Pipe P10	44.89	200	140	3533.15	1.87	15.14	0.017
Pipe P12	95.1	50	140	288.03	2.44	124.87	0.021

Pada alternatif pertama, simulai menghasilkan tekanan aliran dalam rentang 3,48 hingga 33,22 m. Sementara itu, kecepatan aliran yang diperoleh berada pada kisaran 1,7 hingga 2,82 m/s. Nilai-nilai ini telah memenuhi syarat dan kriteria yang telah ditetapkan.

Sedangkan pada alternatif kedua, hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan aliran berada dalam rentang 3,48 hingga 33,20 m. Sementara itu, kecepatan aliran berkisar antara 1,7 hingga 2,82 m/s. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja hidraulik sistem pada alternatif ini telah memenuhi syarat dan kriteria yang telah ditetapkan.

A. Membandingkan kedua hasil perancangan

Perbandingan antara kedua hasil perancangan dilakukan guna menentukan alternatif yang paling optimal, dengan mempertimbangkan beberapa kriteria utama, seperti biaya Pembangunan, jenis material yang digunakan, serta performa hidraulik berupa tekanan dan kecepatan aliran. Berdasarkan analisis tersebut, alternatif pertama menunjukkan keunggulan dari segi efisiensi biaya, dengan harga yang lebih rendah dibandingkan dengan alternatif kedua. Selain itu, nilai tekanan dan kecepatan aliran yang dihasilkan pada alternatif pertama juga telah memenuhi syarat dan kriteria yang ditetapkan, sehingga dapat dianggap sebagai pilihan yang lebih layak untuk di implementasikan.

B. Perbandingan EPANET 2.2 dan analitik

Perbandingan ini dilakukan untuk menentukan hasil dari perangkat lunak EPANET dan analitik, Tujuan membandingkan hasil kedua pilihan adalah untuk mengetahui apakah hasilnya sama atau berbeda. Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Persamaan $f_{\text{Colebrook}}$:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\frac{e}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (5)$$

Keterangan:

e = Efektif kekasaran (mm)

D = Diameter (mm)

Re = Bilangan Reynolds

$F = f$ tebak

Persamaan Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (6)$$

Keterangan:

Re = Bilangan Reynolds

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

v = Kecepatan (m/s)

μ = Viskositas (pa.s)

Rumus kecepatan:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Keterangan:

v = Kecepatan (m/s)

Q = Debit (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

Persamaan Darcy-Waeisbach:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Keterangan:

H_f = Kerugian gesekan dalam pipa (m)

f = f Colebrook

L = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan (m/s)

D = Diameter pipa (m)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

Persamaan Hazen-Williams:

$$H_f = \frac{10.666 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.85}} l \quad (9)$$

Keterangan:

h_f = Kerugian gesekan dalam pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Q = Debit (m^3/s)

C = Koefisien hazen-williams

Persamaan Energi:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + HP = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H_f \quad (10)$$

Keterangan:

$\frac{P_1}{\gamma_1} = \frac{P_2}{\gamma_2}$ = Tekanan yang akan dihitung (m)

$z_1 = z_2$ = Elevasi (m)

$v_1 = v_2$ = Kecepatan (m/s)

h_f = Kerugian gesekan dalam pipa (m)

Persamaan kecepatan tekanan:

$$Velocity Head = \frac{(v_2^2)}{(2g)} \quad (11)$$

Keterangan:

v_2 = Kecepatan (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

Rumus sederhana persamaan bernoulli:

$$\frac{v_2^2}{2g} = Total Head - z_2 - Velocity Head \quad (12)$$

Keterangan:

Total head = head hasil pada EPANET (m)

z_2 = Elevasi (m)

Dari hasil ini didapat data yang akurat. Berikut ini adalah perbandingan EPANET 2.2 dan analitik alternatif pertama:

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J1	22.45	7.45
Junc J2	24.62	4.62
Junc J3	24.65	4.65
Junc J4	21.99	6.99
Junc J5	23.48	3.48
Junc J6	24.06	4.06
Junc J7	28.63	8.63
Junc J8	29.25	7.25
Junc J9	33.94	12.94
Junc J10	34.55	18.55
Junc J11	39.51	22.51
Junc J12	35.82	19.82
Junc J13	39.33	29.33
Junc J14	34.43	24.43
Junc J15	35.35	25.35
Junc J16	37.40	29.40
Junc J17	33.78	25.78
Junc J18	34.92	26.92
Junc J19	40.51	32.51
Junc J20	42.03	19.03
Junc J21	36.27	13.27

Gambar 60. Data hasil node ID J1-J21 alternatif pertama

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J22	40.94	17.94
Junc J23	30.32	8.32
Junc J24	29.37	7.37
Junc J25	43.03	20.03
Junc J26	41.30	19.30
Junc J27	42.26	20.26
Junc J28	40.90	18.90
Junc J29	42.48	18.48
Junc J30	35.21	13.21
Junc J31	41.69	19.69
Junc J32	43.87	31.87
Junc J33	40.12	28.12
Junc J34	34.45	12.45
Junc J35	42.36	20.36
Junc J36	36.71	12.71
Junc J37	38.64	25.64
Junc J38	40.73	28.73
Junc J39	36.75	24.75
Junc J40	30.33	19.33
Junc J41	28.54	17.54
Junc J42	33.86	23.86

Gambar 61. Data hasil node ID J22-J42 alternatif pertama

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J43	30.62	18.62
Junc J44	30.71	18.71
Junc J45	28.26	17.26
Junc J46	30.21	19.21
Junc J47	24.21	9.21
Junc J48	27.18	6.18
Junc J49	26.92	5.92
Junc J50	29.86	8.86
Junc J51	31.79	10.79
Junc J52	32.51	11.51
Junc J53	33.19	12.19
Junc J54	34.32	11.32
Junc J55	36.30	14.30
Junc J56	37.48	16.48
Junc J57	38.55	20.55
Junc J58	40.16	22.16
Junc J59	41.03	30.03
Junc J60	38.13	28.13
Junc J61	42.25	31.25
Junc J62	43.03	31.03
Junc J63	44.74	32.74

Gambar 62. Data hasil node ID J43-J63 alternatif pertama

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J64	43.18	33.18
Junc J65	38.51	29.51
Junc J66	37.57	24.57
Junc J67	31.77	8.77
Junc J68	45.68	22.68
Junc J69	46.10	23.10
Junc J70	44.45	21.45
Junc J71	44.72	21.72
Junc J72	46.60	23.60
Junc J73	47.27	24.27
Junc J74	46.30	22.30
Junc J75	43.73	20.73
Junc J76	45.26	22.26
Junc J77	44.36	21.36
Junc J78	37.75	14.75
Junc J79	44.25	31.25
Junc J80	40.11	28.11
Junc J81	42.97	30.97
Junc J82	39.53	27.53
Junc J83	38.44	26.44
Junc J84	37.41	25.41

Gambar 63. Data hasil node ID J64-J84 alternatif pertama

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J85	35.51	23.51
Junc J86	33.09	21.09
Junc J87	34.35	22.35
Junc J88	32.61	21.61
Junc J89	31.53	20.53
Junc J90	47.96	23.96
Junc J91	35.78	12.78
Junc J92	57.22	33.22
Resvr R1	24.00	0.00

Gambar 64. Data hasil node ID J85-R1 alternatif pertama

Gambar di bawah ini menunjukkan perbandingan hasil antara perhitungan analitik dan simulasi menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2. Sebagai contoh, pada pipa 100, kecepatan aliran yang diperoleh dari kedua metode menunjukkan hasil yang identik, yaitu sebesar 2,27 m/s. Namun, terdapat sedikit perbedaan pada nilai faktor gesekan (*friction factor*), di mana hasil perhitungan analitik memberikan nilai sebesar 0,016, sedangkan hasil dari simulasi EPANET menunjukkan nilai sebesar 0,017.

DIKETAHUI PIPA LURUS				PIPA-100	
Diameter	150 mm				
	0.15 m				
panjang	21.41 m				
material	pvc				
kekasaran	0.046 mm				
koef kekas	140				
DIKETAHUI DEBIT					
debit	2403.64 lpm				
	0.040061 m ³ /s				
DIHITUNG					
masa jenis	998 kg/m ³		f kiri	7.791067	
viskositas	0.000769 pa.s		f kanan	7.791055	
			delta f	0.000012	
luas penan	0.017671 m ²		f tebak	0.016	
kecepatan	2.27 m/s		head loss(DW)	0.62	
reynold	441307.4		head loss(HW)	0.63	
e/d	0.3 0.000307				

Gambar 65. Analitik kecepatan dan faktor gesekan pada alternatif pertama

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P1	17.61	50	255.43	2.17	0.021
Pipe P2	21.84	40	143.18	1.90	0.022
Pipe P4	16.74	30	83.79	1.98	0.023
Pipe P5	22.57	40	185.47	2.46	0.021
Pipe P7	18.20	50	330.64	2.81	0.020
Pipe P8	19.77	40	153.20	2.03	0.022
Pipe P9	18.94	40	177.44	2.35	0.021
Pipe P13	15.29	25	74.41	2.53	0.023
Pipe P14	19.65	40	206.70	2.74	0.021
Pipe P18	21.31	40	168.86	2.24	0.022
Pipe P19	27.02	50	295.82	2.51	0.020
Pipe P23	22.75	50	291.37	2.47	0.020
Pipe P24	15.90	40	173.71	2.30	0.021
Pipe P25	12.90	30	117.66	2.77	0.022
Pipe P27	28.00	50	252.41	2.14	0.021
Pipe P28	13.85	30	99.77	2.35	0.022
Pipe P31	26.26	75	560.94	2.12	0.020
Pipe P32	39.19	50	280.87	2.38	0.021
Pipe P33	15.76	25	74.65	2.53	0.023
Pipe P34	18.01	40	206.22	2.74	0.021
Pipe P35	18.92	30	121.79	2.87	0.022

Gambar 66. Data hasil link ID P1-P35 alternatif pertama

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P36	21.83	40	158.28	2.10	0.022
Pipe P37	69.03	65	519.93	2.61	0.019
Pipe P38	17.98	50	286.20	2.43	0.021
Pipe P39	15.42	50	233.73	1.98	0.021
Pipe P42	30.48	50	225.38	1.91	0.021
Pipe P43	18.08	50	224.03	1.90	0.021
Pipe P44	20.84	65	449.41	2.26	0.020
Pipe P46	21.12	65	479.22	2.41	0.020
Pipe P47	30.57	50	271.33	2.30	0.021
Pipe P48	18.64	40	207.89	2.76	0.021
Pipe P50	55.49	75	581.74	2.19	0.019
Pipe P51	19.77	50	310.13	2.63	0.020
Pipe P52	13.18	50	271.61	2.31	0.021
Pipe P53	15.35	65	396.62	1.99	0.020
Pipe P54	24.79	40	179.43	2.38	0.021
Pipe P55	32.79	50	217.19	1.84	0.021
Pipe P56	59.50	150	2553.79	2.41	0.017
Pipe P57	25.01	100	910.52	1.93	0.019
Pipe P58	17.84	40	176.81	2.35	0.021
Pipe P59	20.13	50	254.80	2.16	0.021
Pipe P60	74.09	65	478.91	2.41	0.020

Gambar 67. Data hasil link ID P36-P60 alternatif pertama

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P61	19.87	40	162.10	2.15	0.022
Pipe P62	22.14	50	316.81	2.69	0.020
Pipe P63	28.00	125	1643.27	2.23	0.018
Pipe P64	23.13	40	194.54	2.58	0.021
Pipe P65	13.42	30	110.11	2.60	0.022
Pipe P66	9.49	30	94.43	1.99	0.023
Pipe P67	44.42	125	1448.73	1.97	0.018
Pipe P68	26.94	50	231.74	1.97	0.021
Pipe P69	28.42	50	255.91	2.17	0.021
Pipe P70	86.73	100	961.08	2.04	0.019
Pipe P71	14.58	50	218.23	1.85	0.021
Pipe P72	21.22	40	125.37	1.66	0.023
Pipe P73	24.79	30	92.86	2.19	0.023
Pipe P74	21.11	75	742.85	2.80	0.019
Pipe P75	18.92	65	510.95	2.57	0.019
Pipe P76	13.85	25	81.57	2.77	0.023
Pipe P77	33.61	40	179.43	2.38	0.021
Pipe P78	25.22	50	249.95	2.12	0.021
Pipe P79	33.82	40	166.71	2.21	0.022
Pipe P80	15.76	30	83.24	1.96	0.023
Pipe P81	36.38	50	231.90	1.97	0.021

Gambar 68. Data hasil link ID P61-P81 alternatif pertama

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P82	20.89	50	231.90	1.97	0.021
Pipe P83	12.90	50	231.90	1.97	0.021
Pipe P84	15.25	30	100.65	2.37	0.022
Pipe P85	15.26	40	131.25	1.74	0.022
Pipe P90	97.54	50	288.03	2.44	0.021
Pipe P91	32.11	50	288.03	2.44	0.021
Pipe P92	12.71	40	152.48	2.02	0.022
Pipe P93	26.21	40	135.55	1.80	0.022
Pipe P95	45.82	200	3532.15	1.87	0.017
Pipe P11	16.88	100	998.51	2.12	0.019
Pipe P49	45.18	100	998.51	2.12	0.019
Pipe P86	16.03	100	998.51	2.12	0.019
Pipe P87	16.80	100	1279.62	2.72	0.018
Pipe P88	29.26	100	1279.62	2.72	0.018
Pipe P89	17.48	100	1279.62	2.72	0.018
Pipe P97	32.54	75	667.87	2.52	0.019
Pipe P98	46.85	65	398.61	2.00	0.020
Pipe P99	22.67	125	2035.67	2.76	0.017
Pipe P100	21.41	125	1744.30	2.37	0.018
Pipe P101	39.90	125	1744.30	2.37	0.018
Pipe P102	26.46	125	1744.30	2.37	0.018

Gambar 69. Data hasil link ID P82-P102 alternatif pertama

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P103	26.24	150	2387.85	2.25	0.017
Pipe P104	57.54	150	2387.85	2.25	0.017
Pipe P105	63.81	200	3468.72	1.84	0.017
Pipe P106	29.15	200	3468.72	1.84	0.017
Pipe P107	27.18	200	3918.13	2.08	0.017
Pipe P108	59.78	200	4397.35	2.33	0.016
Pipe P3	379.75	250	8217.53	2.79	0.015
Pump Pu1	#N/A	#N/A	8217.53	0.00	0.000

Gambar 70. Data hasil link ID P103-P3 alternatif pertama

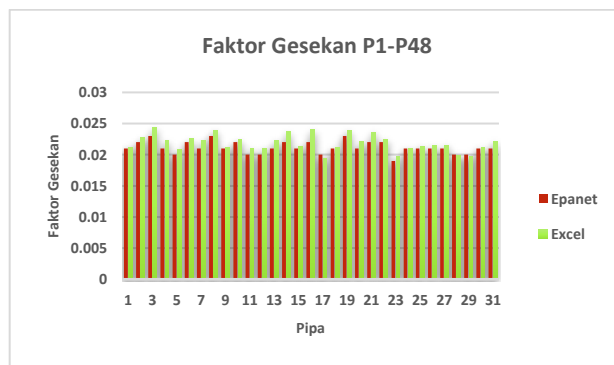
Tabel 32. Perbandingan faktor gesekan dan kecepatan serta tekanan alternatif pertama

NODE ID	LINK ID	Elevation (m)	Panjang (m)	Diameter (mm)	Faktor Gesekan		Kecepatan (m/s)		Tekanan (m)	
					EPANET	Excel	EPANET	Excel	EPANET	Excel
Junc J1	Pipe P1	15	17.61	50	0.021	0.021	2.17	2.17	7.45	7.23
Junc J2	Pipe P2	20	21.84	40	0.022	0.023	1.9	1.9	4.62	4.43
Junc J3	Pipe P4	20	16.74	30	0.023	0.024	1.98	1.98	4.65	4.45
Junc J4	Pipe P5	15	22.57	40	0.021	0.022	2.46	2.46	6.99	6.74
Junc J5	Pipe P7	20	18.2	50	0.02	0.021	2.81	2.81	3.48	3.19
Junc J6	Pipe P8	20	19.77	40	0.022	0.023	2.03	2.03	4.06	3.85
Junc J7	Pipe P9	20	18.94	40	0.021	0.022	2.35	2.35	8.63	8.39
Junc J8	Pipe P13	22	15.29	25	0.023	0.024	2.53	2.53	7.25	6.99
Junc J9	Pipe P14	21	19.65	40	0.021	0.021	2.74	2.74	12.94	12.7
Junc J10	Pipe P18	16	21.31	40	0.022	0.022	2.24	2.24	18.55	18.3
Junc J11	Pipe P19	17	27.02	50	0.02	0.021	2.51	2.51	22.51	22.3
Junc J12	Pipe P23	16	22.75	50	0.02	0.021	2.47	2.47	19.82	19.6
Junc J13	Pipe P24	10	15.9	40	0.021	0.022	2.3	2.3	29.33	29.1
Junc J14	Pipe P25	10	12.9	30	0.022	0.024	2.77	2.77	24.43	24.1
Junc J15	Pipe P27	10	28	50	0.021	0.021	2.14	2.14	25.35	25.1
Junc J16	Pipe P28	8	13.85	30	0.022	0.024	2.35	2.35	29.4	29.2
Junc J17	Pipe P31	8	26.26	75	0.02	0.019	2.12	2.12	25.78	25.6
Junc J18	Pipe P32	8	39.19	50	0.021	0.021	2.38	2.38	26.92	26.7
Junc J19	Pipe P33	8	15.76	25	0.023	0.024	2.53	2.53	32.51	32.3
Junc J20	Pipe P34	23	18.01	40	0.021	0.022	2.74	2.74	19.03	18.8
Junc J21	Pipe P35	23	18.92	30	0.022	0.024	2.87	2.87	13.27	13
Junc J22	Pipe P36	23	21.83	40	0.022	0.022	2.1	2.1	17.94	17.7
Junc J23	Pipe P37	22	69.03	65	0.019	0.02	2.61	2.61	8.32	8.05
Junc J24	Pipe P38	22	17.98	50	0.021	0.021	2.43	2.43	7.37	7.12
Junc J25	Pipe P39	23	15.42	50	0.021	0.021	1.98	1.98	20.03	19.8
Junc J26	Pipe P42	22	30.48	50	0.021	0.021	1.91	1.91	19.3	19.1
Junc J27	Pipe P43	22	18.08	50	0.021	0.021	1.9	1.9	20.26	20.1
Junc J28	Pipe P44	22	20.84	65	0.02	0.02	2.26	2.26	18.9	18.7
Junc J29	Pipe P46	24	21.12	65	0.02	0.02	2.41	2.41	18.48	18.2
Junc J30	Pipe P47	22	30.57	50	0.021	0.021	2.3	2.3	13.21	13
Junc J31	Pipe P48	22	18.64	40	0.021	0.022	2.76	2.76	19.69	19.4
Junc J32	Pipe P50	12	55.49	75	0.019	0.019	2.19	2.19	31.87	31.6
Junc J33	Pipe P51	12	19.77	50	0.02	0.021	2.63	2.63	28.12	27.9

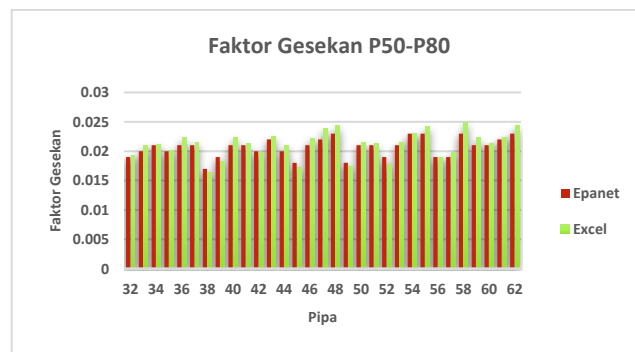
Junc J34	Pipe P52	22	13.18	50	0.021	0.021	2.31	2.31	12.45	12.2
Junc J35	Pipe P53	22	15.35	65	0.02	0.02	1.99	1.99	20.36	20.2
Junc J36	Pipe P54	24	24.79	40	0.021	0.022	2.38	2.38	12.71	12.5
Junc J37	Pipe P55	13	32.79	50	0.021	0.022	1.84	1.84	25.64	25.5
Junc J38	Pipe P56	12	59.5	150	0.017	0.016	2.41	2.41	28.73	28.5
Junc J39	Pipe P57	12	25.01	100	0.019	0.018	1.93	1.93	24.75	24.6
Junc J40	Pipe P58	11	17.84	40	0.021	0.022	2.35	2.35	19.33	19.1
Junc J41	Pipe P59	11	20.13	50	0.021	0.021	2.16	2.16	17.54	17.3
Junc J42	Pipe P60	10	74.09	65	0.02	0.02	2.41	2.41	23.86	23.6
Junc J43	Pipe P61	12	19.87	40	0.022	0.022	2.15	2.15	18.62	18.4
Junc J44	Pipe P62	12	22.14	50	0.02	0.021	2.69	2.69	18.71	18.4
Junc J45	Pipe P63	11	28	125	0.018	0.017	2.23	2.23	17.26	17
Junc J46	Pipe P64	11	23.13	40	0.021	0.022	2.58	2.58	19.21	18.9
Junc J47	Pipe P65	15	13.42	30	0.022	0.024	2.6	2.6	9.21	8.94
Junc J48	Pipe P66	21	9.49	30	0.023	0.024	1.99	1.99	6.18	5.98
Junc J49	Pipe P67	21	44.42	125	0.018	0.017	1.97	1.97	5.92	5.72
Junc J50	Pipe P68	21	26.94	50	0.021	0.021	1.97	1.97	8.86	8.66
Junc J51	Pipe P69	21	28.42	50	0.021	0.021	2.17	2.17	10.79	10.6
Junc J52	Pipe P70	21	86.73	100	0.019	0.018	2.04	2.04	11.51	11.3
Junc J53	Pipe P71	21	14.58	50	0.021	0.022	1.85	1.85	12.19	12
Junc J54	Pipe P72	23	21.22	40	0.023	0.023	1.66	1.66	11.32	11.2
Junc J55	Pipe P73	22	24.79	30	0.023	0.024	2.19	2.19	14.3	14.1
Junc J56	Pipe P74	21	21.11	75	0.019	0.019	2.8	2.8	16.48	16.2
Junc J57	Pipe P75	18	18.92	65	0.019	0.02	2.57	2.57	20.55	20.3
Junc J58	Pipe P76	18	13.85	25	0.023	0.025	2.77	2.77	22.16	21.9
Junc J59	Pipe P77	11	33.61	40	0.021	0.022	2.38	2.38	30.03	29.8
Junc J60	Pipe P78	10	25.22	50	0.021	0.021	2.12	2.12	28.13	27.9
Junc J61	Pipe P79	11	33.82	40	0.022	0.022	2.21	2.21	31.25	31
Junc J62	Pipe P80	12	15.76	30	0.023	0.024	1.96	1.96	31.03	30.8
Junc J63	Pipe P81	12	36.58	50	0.021	0.021	1.97	1.97	32.74	32.5
Junc J64	Pipe P82	10	20.89	50	0.021	0.021	1.97	1.97	33.18	33
Junc J65	Pipe P83	9	12.9	50	0.021	0.021	1.97	1.97	29.51	29.3
Junc J66	Pipe P84	13	15.25	30	0.022	0.024	2.37	2.37	24.57	24.3
Junc J67	Pipe P85	23	15.26	40	0.022	0.023	1.74	1.74	8.77	8.59
Junc J68	Pipe P90	23	97.54	50	0.021	0.021	2.44	2.44	22.68	22.4
Junc J69	Pipe P91	23	32.11	50	0.021	0.021	2.44	2.44	23.1	22.9
Junc J70	Pipe P92	23	12.71	40	0.022	0.023	2.02	2.02	21.45	21.2
Junc J71	Pipe P93	23	26.21	40	0.022	0.023	1.8	1.8	21.72	21.5
Junc J72	Pipe P95	23	45.82	200	0.017	0.016	1.87	1.87	23.6	23.4
Junc J73	Pipe P11	23	16.88	100	0.019	0.018	2.12	2.12	24.27	24.1
Junc J74	Pipe P49	24	45.18	100	0.019	0.018	2.12	2.12	22.3	22.1
Junc J75	Pipe P86	23	16.03	100	0.019	0.018	2.12	2.12	20.73	20.5
Junc J76	Pipe P87	23	16.8	100	0.018	0.018	2.72	2.72	22.26	22
Junc J77	Pipe P88	23	29.26	100	0.018	0.018	2.72	2.72	21.36	21.1
Junc J78	Pipe P89	23	17.48	100	0.018	0.018	2.72	2.72	14.75	14.5
Junc J79	Pipe P97	13	32.54	75	0.019	0.019	2.52	2.52	31.25	31
Junc J80	Pipe P98	12	46.85	65	0.02	0.02	2	2	28.11	27.9
Junc J81	Pipe P99	12	22.67	125	0.017	0.017	2.76	2.76	30.97	30.7
Junc J82	Pipe P100	12	21.41	125	0.018	0.017	2.37	2.37	27.53	27.3
Junc J83	Pipe P101	12	39.9	125	0.018	0.017	2.37	2.37	26.44	26.2
Junc J84	Pipe P102	12	26.46	125	0.018	0.017	2.37	2.37	25.41	25.2
Junc J85	Pipe P103	12	26.24	150	0.017	0.016	2.25	2.25	23.51	23.3

Junc J86	Pipe P104	12	57.54	150	0.017	0.016	2.25	2.25	21.09	20.9
Junc J87	Pipe P105	12	63.81	200	0.017	0.016	1.84	1.84	22.35	22.2
Junc J88	Pipe P106	11	29.15	200	0.017	0.016	1.84	1.84	21.61	21.4
Junc J89	Pipe P107	11	27.18	200	0.017	0.016	2.08	2.08	20.53	20.3
Junc J90	Pipe P108	24	59.78	200	0.016	0.015	2.33	2.33	23.96	23.7
Junc J91	Pipe P3	23	379.8	250	0.015	0.015	2.79	2.79	12.78	12.5

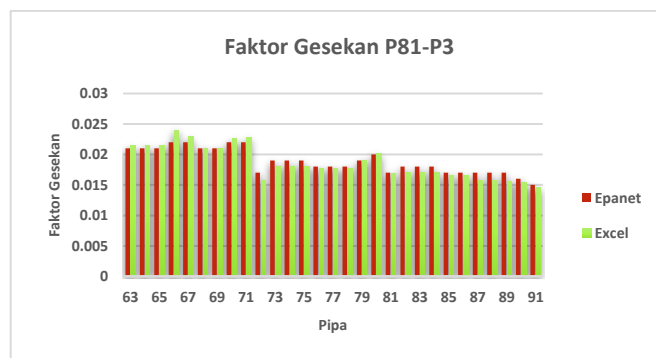
Pada tabel di atas dapat dilihat kecepatan yang didapatkan dari EPANET 2.2 dan di analitik hasilnya sama. Faktor gesekan yang didapat dari EPANET 2.2 dan di analitik memiliki selisih yaitu, (0,01-0,04) dan selisih tekanan di antara 0,17-0,29 m. Tekanan yang didapat pada EPANET lebih tinggi dibandingkan dengan hasil analitik.



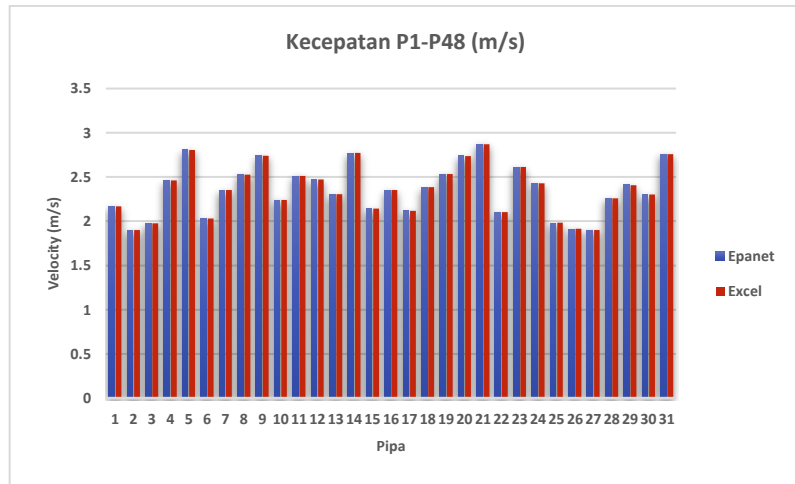
Gambar 71. Grafik perbandingan faktor gesekan P1-P48 alternatif pertama



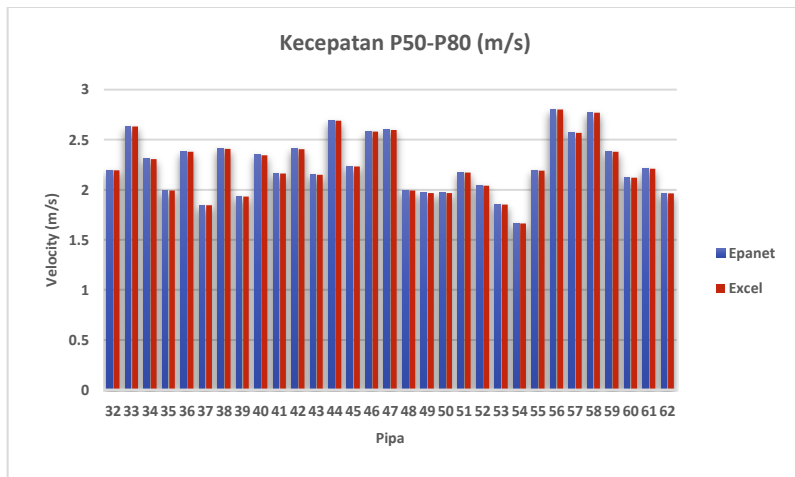
Gambar 72. Grafik perbandingan faktor gesekan P50-P80 alternatif pertama



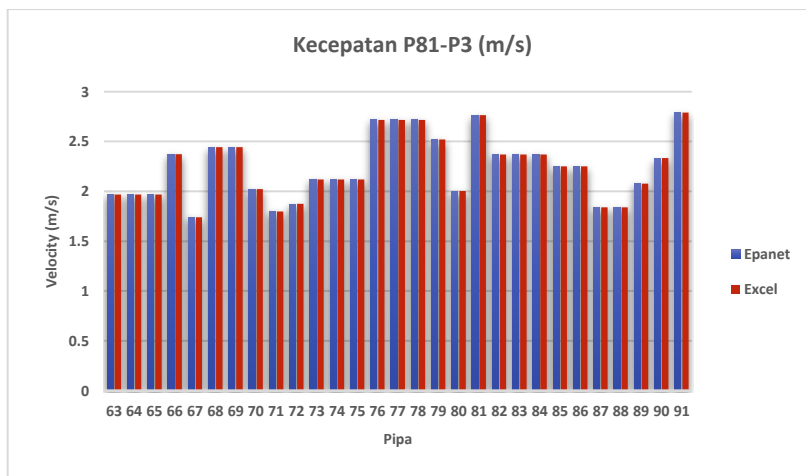
Gambar 73. Grafik perbandingan faktor gesekan P81-P3 alternatif pertama



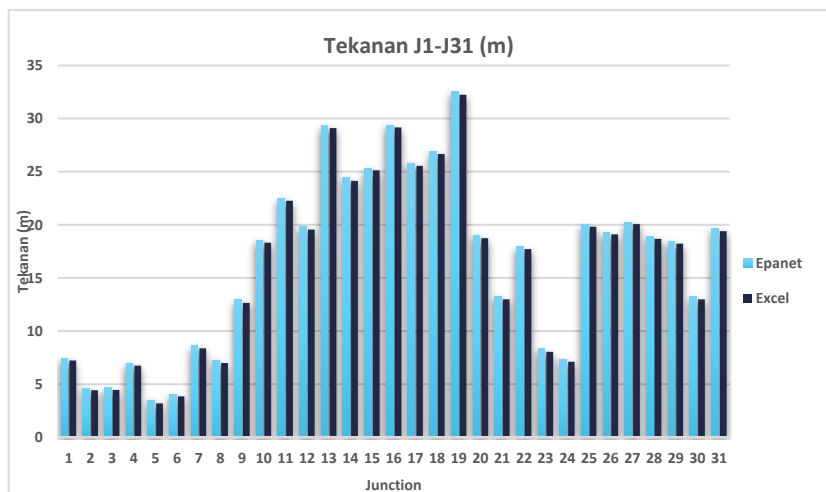
Gambar 74. Grafik perbandingan kecepatan P1-P48 alternatif pertama



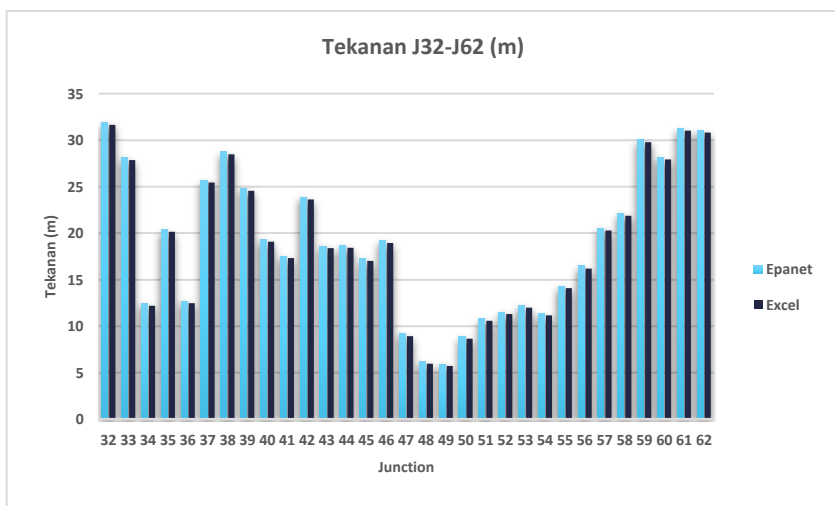
Gambar 75. Grafik perbandingan kecepatan P50-P80 alternatif pertama



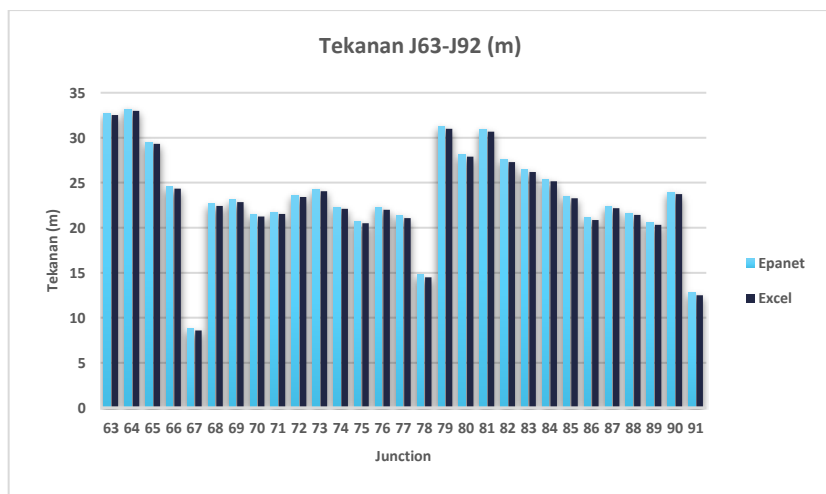
Gambar 76. Grafik perbandingan kecepatan P81-P3 alternatif pertama



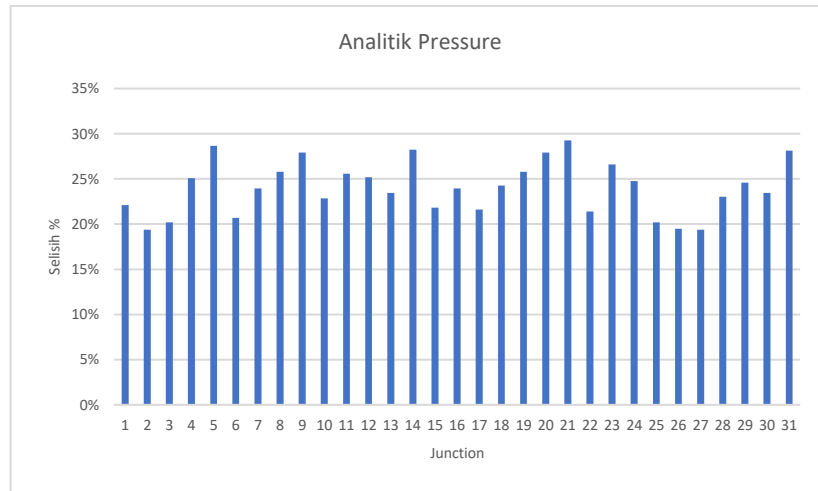
Gambar 77. Grafik perbandingan tekanan J1-J31 alternatif pertama



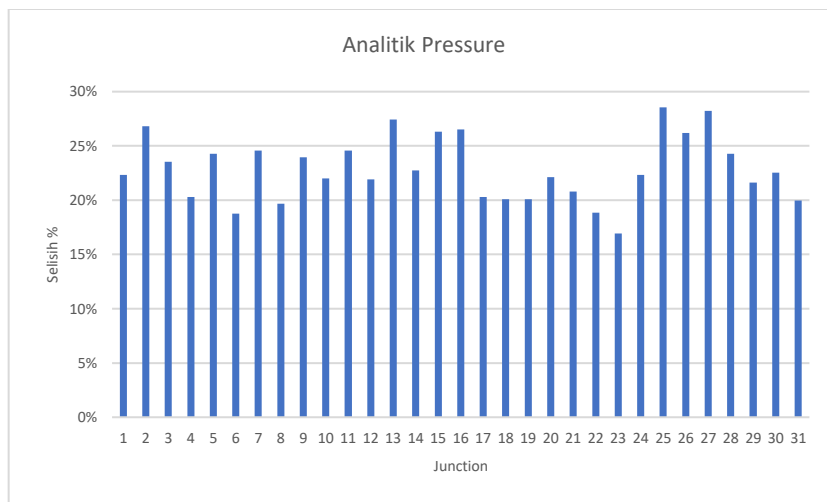
Gambar 78. Grafik perbandingan tekanan J32-J62 alternatif pertama



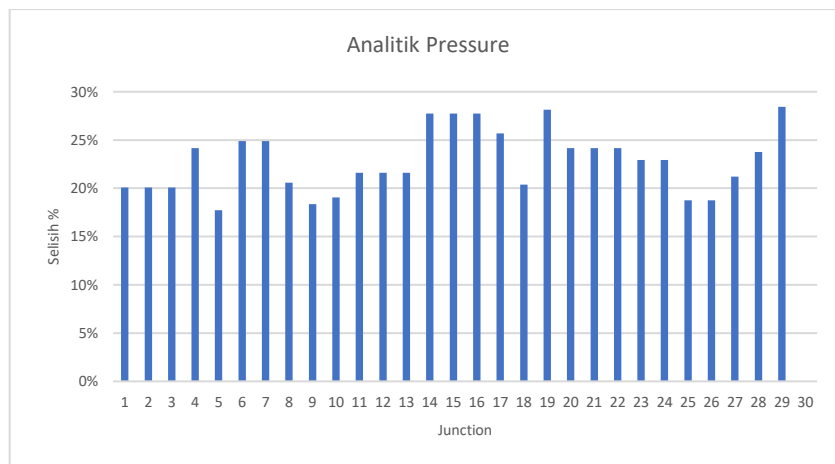
Gambar 79. Grafik perbandingan tekanan J63-J91 alternatif pertama



Gambar 80. Grafik selisih pressure J1-J31 alternatif pertama



Gambar 81. Grafik selisih pressure J32-J62 alternatif pertama



Gambar 82. Grafik selisih pressure J63-J92 alternatif pertama

Alternatif kedua perbandingan hasil faktor gesekan, kecepatan dan tekanan didapat dari EPANET 2.2 dan analitik.

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J1	22.45	7.45
Junc J2	24.63	4.63
Junc J3	24.66	4.66
Junc J4	22.00	7.00
Junc J5	23.48	3.48
Junc J6	24.08	4.08
Junc J7	28.65	8.65
Junc J8	29.27	7.27
Junc J9	33.95	12.95
Junc J10	34.56	18.56
Junc J11	39.53	22.53
Junc J12	35.84	19.84
Junc J13	39.35	29.35
Junc J14	34.45	24.45
Junc J15	35.37	25.37
Junc J16	37.42	29.42
Junc J17	33.80	25.80
Junc J18	34.94	26.94
Junc J19	40.53	32.53
Junc J20	42.05	19.05
Junc J21	36.28	13.28
Junc J22	40.96	17.96

Gambar 83. Data hasil node ID J1-J21 alternatif kedua

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J22	40.96	17.96
Junc J23	30.67	8.67
Junc J24	29.71	7.71
Junc J25	43.05	20.05
Junc J26	41.32	19.32
Junc J27	42.29	20.29
Junc J28	40.94	18.94
Junc J29	42.53	18.53
Junc J30	35.27	13.27
Junc J31	41.74	19.74
Junc J32	43.93	31.93
Junc J33	40.18	28.18
Junc J34	34.51	12.51
Junc J35	42.41	20.41
Junc J36	36.76	12.76
Junc J37	38.69	25.69
Junc J38	40.78	28.78
Junc J39	36.59	24.59
Junc J40	30.38	19.38
Junc J41	28.59	17.59
Junc J42	33.91	23.91

Gambar 84. Data hasil node ID J22-J42 alternatif kedua

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J43	30.67	18.67
Junc J44	30.76	18.76
Junc J45	28.31	17.31
Junc J46	30.27	19.27
Junc J47	24.22	9.22
Junc J48	27.19	6.19
Junc J49	26.94	5.94
Junc J50	29.87	8.87
Junc J51	31.80	10.80
Junc J52	32.52	11.52
Junc J53	33.20	12.20
Junc J54	34.34	11.34
Junc J55	36.32	14.32
Junc J56	37.50	16.50
Junc J57	38.57	20.57
Junc J58	40.18	22.18
Junc J59	41.05	30.05
Junc J60	38.15	28.15
Junc J61	42.27	31.27
Junc J62	43.05	31.05
Junc J63	44.76	32.76

Gambar 85. Data hasil node ID J43-J63 alternatif kedua

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J64	43.20	33.20
Junc J65	38.53	29.53
Junc J66	37.59	24.59
Junc J67	32.11	9.11
Junc J68	45.70	22.70
Junc J69	46.12	23.12
Junc J70	44.47	21.47
Junc J71	44.74	21.74
Junc J72	46.62	23.62
Junc J73	47.32	24.32
Junc J74	46.35	22.35
Junc J75	43.77	20.77
Junc J76	45.32	22.32
Junc J77	44.42	21.42
Junc J78	37.81	14.81
Junc J79	44.30	31.30
Junc J80	40.16	28.16
Junc J81	43.03	31.03
Junc J82	39.58	27.58
Junc J83	38.49	26.49
Junc J84	37.47	25.47

Gambar 86. Data hasil node ID J64-J84 alternatif kedua

Node ID	Head m	Pressure m
Junc J85	35.56	23.56
Junc J86	33.14	21.14
Junc J87	34.41	22.41
Junc J88	32.66	21.66
Junc J89	31.58	20.58
Junc J91	36.12	13.12
Junc J92	55.17	31.17
Resvr R1	24.00	0.00
Tank T1	48.00	21.00

Gambar 87. Data hasil node ID J85-T1 alternatif kedua

Pada gambar di bawah ini terdapat perbandingan perhitungan analitik dan EPANET. Contohnya pada perhitungan pipa. Hasil data kecepatan yang dihasilkan yaitu 2,27 m/s sedangkan hasil dari faktor gesekan dari EPANET 0.016.

DIKETAHUI PIPA LURUS		PIPA-101	
Diameter	150 mm		
	0.15 m		
panjang	39.9 m		
material	pvc		
kekasaran	0.046 mm		
koef kek	140		
DIKETAHUI DEBIT			
debit	2403.64 lpm		
	0.040061 m ³ /s		
DIHITUNG			
masa jenis	998 kg/m ³	f kiri	7.791089
viskositas	0.000769 pa.s	f kanan	7.791054
		delta f	0.000035
luas penar	0.017671 m ²	f tebak	0.016
kecepatan	2.27 m/s	head loss(DW)	1.15
reynold	441307.4	head loss(HW)	1.17
e/d	0.3 0.000307		

Gambar 88. Perhitungan kecepatan dan faktor gesekan pada analitik alternatif kedua

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P1	17.61	50	255.43	2.17	0.021
Pipe P2	21.84	40	143.18	1.90	0.022
Pipe P4	16.74	30	83.79	1.98	0.023
Pipe P5	22.57	40	185.87	2.47	0.021
Pipe P7	18.20	50	330.64	2.81	0.020
Pipe P8	19.77	40	153.20	2.03	0.022
Pipe P9	18.94	40	177.44	2.35	0.021
Pipe P13	15.29	25	74.41	2.53	0.023
Pipe P14	19.65	40	206.70	2.74	0.021
Pipe P18	21.31	40	168.86	2.24	0.022
Pipe P19	27.02	50	295.82	2.51	0.020
Pipe P23	22.75	50	291.37	2.47	0.020
Pipe P24	15.90	40	173.71	2.30	0.021
Pipe P25	12.90	30	117.66	2.77	0.022
Pipe P27	28.00	50	252.41	2.14	0.021
Pipe P28	13.85	30	99.77	2.35	0.022
Pipe P31	26.26	75	560.94	2.12	0.020
Pipe P32	39.19	50	280.87	2.38	0.021
Pipe P33	15.76	25	74.65	2.53	0.023
Pipe P34	18.01	40	206.22	2.74	0.021
Pipe P35	18.92	30	121.79	2.87	0.022

Gambar 89. Data hasil link ID P1-P35 alternatif kedua

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P36	21.83	40	158.28	2.10	0.022
Pipe P37	69.03	65	519.93	2.61	0.019
Pipe P38	17.98	50	286.20	2.43	0.021
Pipe P39	15.42	50	233.73	1.98	0.021
Pipe P42	30.48	50	225.38	1.91	0.021
Pipe P43	18.08	50	224.03	1.90	0.021
Pipe P44	20.84	65	449.41	2.26	0.020
Pipe P46	21.12	65	479.22	2.41	0.020
Pipe P47	30.57	50	271.33	2.30	0.021
Pipe P48	18.64	40	207.89	2.76	0.021
Pipe P50	55.49	75	582.74	2.20	0.019
Pipe P51	19.77	50	310.13	2.63	0.020
Pipe P52	13.18	50	272.61	2.31	0.021
Pipe P53	15.35	65	396.62	1.99	0.020
Pipe P54	24.79	40	179.43	2.38	0.021
Pipe P55	32.79	50	217.19	1.84	0.021
Pipe P56	59.50	150	2553.79	2.41	0.017
Pipe P57	25.01	100	910.52	1.93	0.019
Pipe P58	17.84	40	176.81	2.35	0.021
Pipe P59	20.13	50	254.80	2.16	0.021
Pipe P60	74.09	65	478.91	2.41	0.020

Gambar 90. Data hasil link ID P36-P60 alternatif kedua

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P61	19.87	40	162.10	2.15	0.022
Pipe P62	22.14	50	316.81	2.69	0.020
Pipe P63	28.00	125	1643.27	2.23	0.018
Pipe P64	23.13	40	194.54	2.58	0.021
Pipe P65	13.42	30	110.11	2.60	0.022
Pipe P66	9.49	30	84.43	1.99	0.023
Pipe P67	44.42	125	1448.73	1.97	0.018
Pipe P68	26.94	50	231.74	1.97	0.021
Pipe P69	28.42	50	255.91	2.17	0.021
Pipe P70	86.73	100	961.08	2.04	0.019
Pipe P71	14.58	50	218.23	1.85	0.021
Pipe P72	21.22	39	125.37	1.75	0.022
Pipe P73	24.79	30	92.86	2.19	0.023
Pipe P74	21.11	75	742.85	2.80	0.019
Pipe P75	18.92	65	510.95	2.57	0.019
Pipe P76	13.85	25	81.57	2.77	0.023
Pipe P77	33.61	40	179.43	2.38	0.021
Pipe P78	25.22	50	249.95	2.12	0.021
Pipe P79	33.82	40	166.71	2.21	0.022
Pipe P80	15.76	30	83.24	1.96	0.023
Pipe P81	36.58	50	231.90	1.97	0.021

Gambar 91. Data hasil link ID P61-P81 alternatif kedua

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P82	20.89	50	231.90	1.97	0.021
Pipe P83	12.90	50	231.90	1.97	0.021
Pipe P84	15.25	30	100.65	2.37	0.022
Pipe P85	15.26	40	131.25	1.74	0.022
Pipe P91	32.11	50	288.03	2.44	0.021
Pipe P92	12.71	40	152.48	2.02	0.022
Pipe P93	26.21	40	135.55	1.80	0.022
Pipe P11	16.88	100	998.91	2.12	0.019
Pipe P49	45.18	100	998.91	2.12	0.019
Pipe P86	16.03	100	998.91	2.12	0.019
Pipe P87	16.80	100	1280.02	2.72	0.018
Pipe P88	29.26	100	1280.02	2.72	0.018
Pipe P89	17.48	100	1280.02	2.72	0.018
Pipe P97	32.54	75	668.27	2.52	0.019
Pipe P98	46.85	65	398.61	2.00	0.020
Pipe P99	22.67	125	2036.07	2.77	0.017
Pipe P100	21.41	125	1744.70	2.37	0.018
Pipe P101	39.90	125	1744.70	2.37	0.018
Pipe P102	26.46	125	1744.70	2.37	0.018
Pipe P103	26.24	150	2388.25	2.25	0.017
Pipe P104	57.54	150	2388.25	2.25	0.017

Gambar 92. Data hasil link ID P82-P104 alternatif kedua

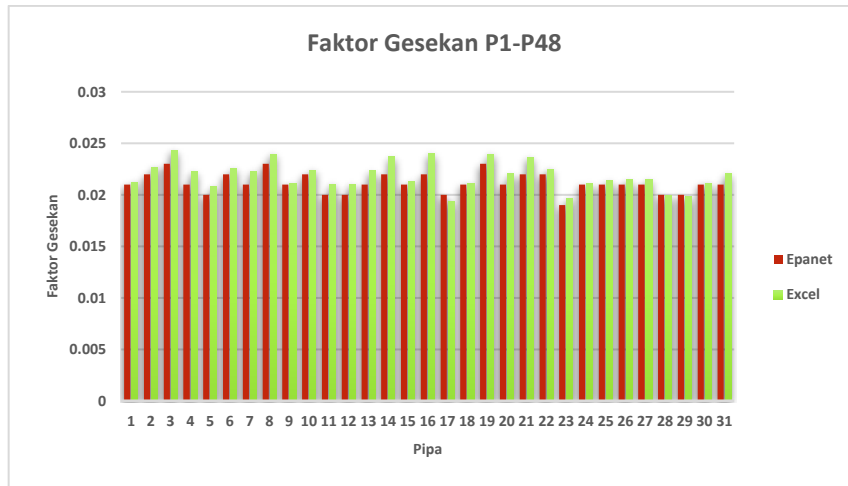
Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPM	Velocity m/s	Friction Factor
Pipe P105	63.81	200	3469.12	1.84	0.017
Pipe P106	29.15	200	3469.12	1.84	0.017
Pipe P107	27.18	200	3918.53	2.08	0.017
Pipe P3	382.13	300	11524.79	2.72	0.015
Pipe P6	60.67	200	4397.75	2.33	0.016
Pipe P10	44.89	200	3533.15	1.87	0.017
Pipe P12	95.10	50	288.03	2.44	0.021

Gambar 93. Data link ID P105-P12 alternatif kedua

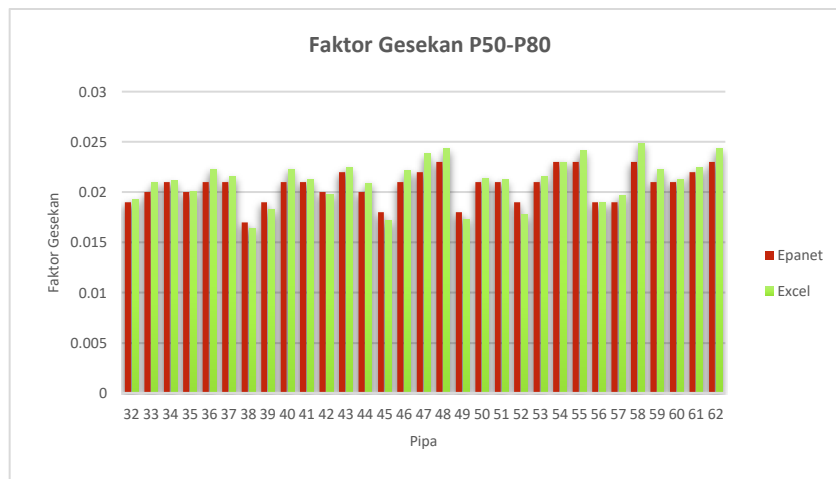
Tabel 33. Perbandingan faktor gesekan dan kecepatan serta tekanan alternatif kedua

NODE ID	LINK ID	Elevation (m)	Panjang (m)	Diameter (mm)	Faktor Gesekan		Kecepatan (m/s)		Tekanan (m)	
					EPANET	Excel	EPANET	Excel	EPANET	Excel
Junc J1	Pipe P1	15	17.61	50	0.021	0.021	2.17	2.17	7.45	7.23
Junc J2	Pipe P2	20	21.84	40	0.022	0.023	1.9	1.9	4.63	4.44
Junc J3	Pipe P4	20	16.74	30	0.023	0.024	1.98	1.98	4.66	4.46
Junc J4	Pipe P5	15	22.57	40	0.021	0.022	2.47	2.47	7	6.75
Junc J5	Pipe P7	20	18.2	50	0.02	0.021	2.81	2.81	3.48	3.19
Junc J6	Pipe P8	20	19.77	40	0.022	0.023	2.03	2.03	4.08	3.87
Junc J7	Pipe P9	20	18.94	40	0.021	0.022	2.35	2.35	8.65	8.41
Junc J8	Pipe P13	22	15.29	25	0.023	0.024	2.53	2.53	7.27	7.01
Junc J9	Pipe P14	21	19.65	40	0.021	0.021	2.74	2.74	12.95	12.67
Junc J10	Pipe P18	16	21.31	40	0.022	0.022	2.24	2.24	18.56	18.33
Junc J11	Pipe P19	17	27.02	50	0.02	0.021	2.51	2.51	22.53	22.27
Junc J12	Pipe P23	16	22.75	50	0.02	0.021	2.47	2.47	19.84	19.59
Junc J13	Pipe P24	10	15.9	40	0.021	0.022	2.3	2.3	29.35	29.12
Junc J14	Pipe P25	10	12.9	30	0.022	0.024	2.77	2.77	24.45	24.17
Junc J15	Pipe P27	10	28	50	0.021	0.021	2.14	2.14	25.37	25.15
Junc J16	Pipe P28	8	13.85	30	0.022	0.024	2.35	2.35	29.42	29.18
Junc J17	Pipe P31	8	26.26	75	0.02	0.019	2.12	2.12	25.8	25.58
Junc J18	Pipe P32	8	39.19	50	0.021	0.021	2.38	2.38	26.94	26.70
Junc J19	Pipe P33	8	15.76	25	0.023	0.024	2.53	2.53	32.53	32.27
Junc J20	Pipe P34	23	18.01	40	0.021	0.022	2.74	2.74	19.05	18.77
Junc J21	Pipe P35	23	18.92	30	0.022	0.024	2.87	2.87	13.28	12.99
Junc J22	Pipe P36	23	21.83	40	0.022	0.022	2.1	2.1	17.96	17.75
Junc J23	Pipe P37	22	69.03	65	0.019	0.020	2.61	2.61	8.67	8.40
Junc J24	Pipe P38	22	17.98	50	0.021	0.021	2.43	2.43	7.71	7.46
Junc J25	Pipe P39	23	15.42	50	0.021	0.021	1.98	1.98	20.05	19.85
Junc J26	Pipe P42	22	30.48	50	0.021	0.021	1.91	1.91	19.32	19.13
Junc J27	Pipe P43	22	18.08	50	0.021	0.021	1.9	1.9	20.29	20.10
Junc J28	Pipe P44	22	20.84	65	0.02	0.020	2.26	2.26	18.94	18.71
Junc J29	Pipe P46	24	21.12	65	0.02	0.020	2.41	2.41	18.53	18.28
Junc J30	Pipe P47	22	30.57	50	0.021	0.021	2.3	2.3	13.27	13.04
Junc J31	Pipe P48	22	18.64	40	0.021	0.022	2.76	2.76	19.74	19.46
Junc J32	Pipe P50	12	55.49	75	0.019	0.019	2.2	2.2	31.93	31.71
Junc J33	Pipe P51	12	19.77	50	0.02	0.021	2.63	2.63	28.18	27.91
Junc J34	Pipe P52	22	13.18	50	0.021	0.021	2.31	2.31	12.51	12.27
Junc J35	Pipe P53	22	15.35	65	0.02	0.020	1.99	1.99	20.41	20.21
Junc J36	Pipe P54	24	24.79	40	0.021	0.022	2.38	2.38	12.76	12.52
Junc J37	Pipe P55	13	32.79	50	0.021	0.022	1.84	1.84	25.69	25.50
Junc J38	Pipe P56	12	59.5	150	0.017	0.016	2.41	2.41	28.78	28.53
Junc J39	Pipe P57	12	25.01	100	0.019	0.018	1.93	1.93	24.81	24.61

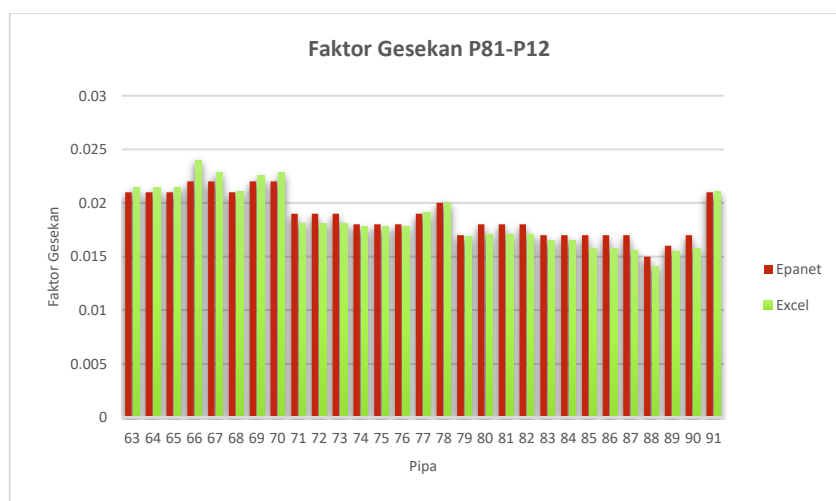
June J40	Pipe P58	11	17.84	40	0.021	0.022	2.35	2.35	19.38	19.14
June J41	Pipe P59	11	20.13	50	0.021	0.021	2.16	2.16	17.59	17.37
June J42	Pipe P60	10	74.09	65	0.02	0.020	2.41	2.41	23.91	23.66
June J43	Pipe P61	12	19.87	40	0.022	0.022	2.15	2.15	18.67	18.45
June J44	Pipe P62	12	22.14	50	0.02	0.021	2.69	2.69	18.76	18.49
June J45	Pipe P63	11	28	125	0.018	0.017	2.23	2.23	17.31	17.08
June J46	Pipe P64	11	23.13	40	0.021	0.022	2.58	2.58	19.27	19.01
June J47	Pipe P65	15	13.42	30	0.022	0.024	2.6	2.6	9.22	8.95
June J48	Pipe P66	21	9.49	30	0.023	0.024	1.99	1.99	6.19	5.99
June J49	Pipe P67	21	44.42	125	0.018	0.017	1.97	1.97	5.94	5.74
June J50	Pipe P68	21	26.94	50	0.021	0.021	1.97	1.97	8.87	8.67
June J51	Pipe P69	21	28.42	50	0.021	0.021	2.17	2.17	10.8	10.58
June J52	Pipe P70	21	86.73	100	0.019	0.018	2.04	2.04	11.52	11.31
June J53	Pipe P71	21	14.58	50	0.021	0.022	1.85	1.85	12.2	12.01
June J54	Pipe P72	23	21.22	40	0.023	0.023	1.76	1.76	11.34	11.17
June J55	Pipe P73	22	24.79	30	0.023	0.024	2.19	2.19	14.32	14.10
June J56	Pipe P74	21	21.11	75	0.019	0.019	2.8	2.8	16.5	16.21
June J57	Pipe P75	18	18.92	65	0.019	0.020	2.57	2.57	20.57	20.31
June J58	Pipe P76	18	13.85	25	0.023	0.025	2.77	2.77	22.18	21.90
June J59	Pipe P77	11	33.61	40	0.021	0.022	2.38	2.38	30.05	29.81
June J60	Pipe P78	10	25.22	50	0.021	0.021	2.12	2.12	28.15	27.93
June J61	Pipe P79	11	33.82	40	0.022	0.022	2.21	2.21	31.27	31.04
June J62	Pipe P80	12	15.76	30	0.023	0.024	1.96	1.96	31.05	30.85
June J63	Pipe P81	12	36.58	50	0.021	0.021	1.97	1.97	32.76	32.56
June J64	Pipe P82	10	20.89	50	0.021	0.021	1.97	1.97	33.2	33.00
June J65	Pipe P83	9	12.9	50	0.021	0.021	1.97	1.97	29.53	29.33
June J66	Pipe P84	13	15.25	30	0.022	0.024	2.37	2.37	24.59	24.35
June J67	Pipe P85	23	15.26	40	0.022	0.023	1.74	1.74	9.11	8.93
June J68	Pipe P91	23	32.11	50	0.021	0.021	2.44	2.44	22.7	22.45
June J69	Pipe P92	23	12.71	40	0.022	0.023	2.02	2.02	23.12	22.91
June J70	Pipe P93	23	26.21	40	0.022	0.023	1.8	1.8	21.47	21.29
June J71	Pipe P11	23	16.88	100	0.019	0.018	2.12	2.12	21.74	21.52
June J72	Pipe P49	23	45.18	100	0.019	0.018	2.12	2.12	23.62	23.40
June J73	Pipe P86	23	16.03	100	0.019	0.018	2.12	2.12	24.32	24.10
June J74	Pipe P87	24	16.8	100	0.018	0.018	2.72	2.72	22.35	22.07
June J75	Pipe P88	23	29.26	100	0.018	0.018	2.72	2.72	20.77	20.49
June J76	Pipe P89	23	17.48	100	0.018	0.018	2.72	2.72	22.32	22.04
June J77	Pipe P97	23	32.54	75	0.019	0.019	2.52	2.52	21.42	21.16
June J78	Pipe P98	23	46.85	65	0.02	0.020	2	2	14.81	14.61
June J79	Pipe P99	13	22.67	125	0.017	0.017	2.77	2.77	31.3	31.02
June J80	Pipe P100	12	21.41	125	0.018	0.017	2.37	2.37	28.16	27.92
June J81	Pipe P101	12	39.9	125	0.018	0.017	2.37	2.37	31.03	30.79
June J82	Pipe P102	12	26.46	125	0.018	0.017	2.37	2.37	27.58	27.34
June J83	Pipe P103	12	26.24	150	0.017	0.016	2.25	2.25	26.49	26.26
June J84	Pipe P104	12	57.54	150	0.017	0.016	2.25	2.25	25.47	25.24
June J85	Pipe P105	12	63.81	200	0.017	0.016	1.84	1.84	23.56	23.37
June J86	Pipe P106	12	29.15	200	0.017	0.016	1.84	1.84	21.14	20.95
June J87	Pipe P107	12	27.18	200	0.017	0.016	2.08	2.08	22.41	22.20
June J88	Pipe P3	11	382.13	300	0.015	0.014	2.72	2.72	21.66	21.38
June J89	Pipe P6	11	60.67	200	0.016	0.015	2.33	2.33	20.58	20.34
June J90	Pipe P10	23	44.89	200	0.017	0.016	1.87	1.87	13.12	12.93
June J91	Pipe P12	24	95.1	50	0.021	0.021	2.44	2.44	31.17	30.92



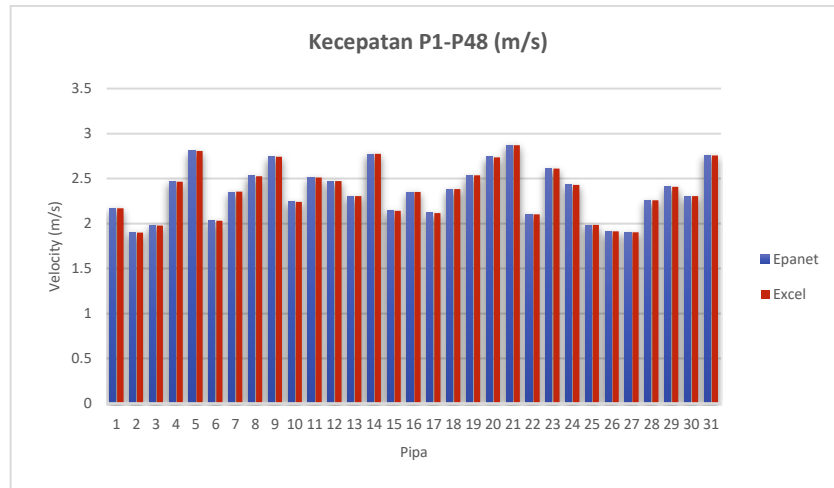
Gambar 94. Grafik perbandingan faktor gesekan P1-P48 alternatif kedua



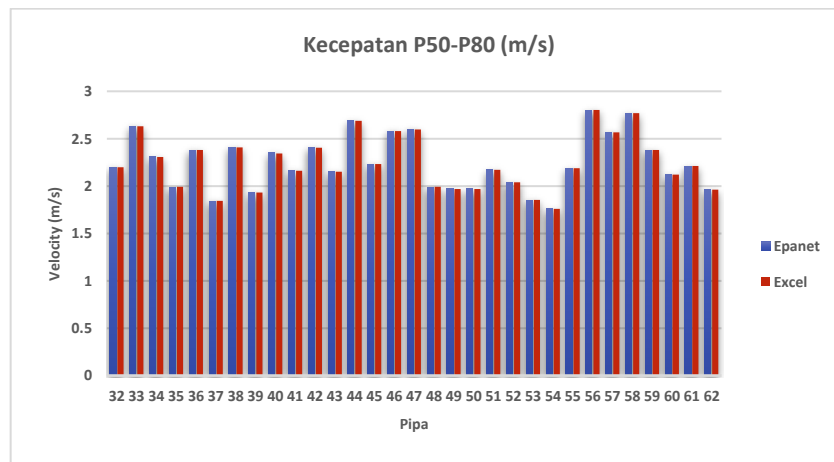
Gambar 95. Grafik perbandingan faktor gesekan P50-P80 alternatif kedua



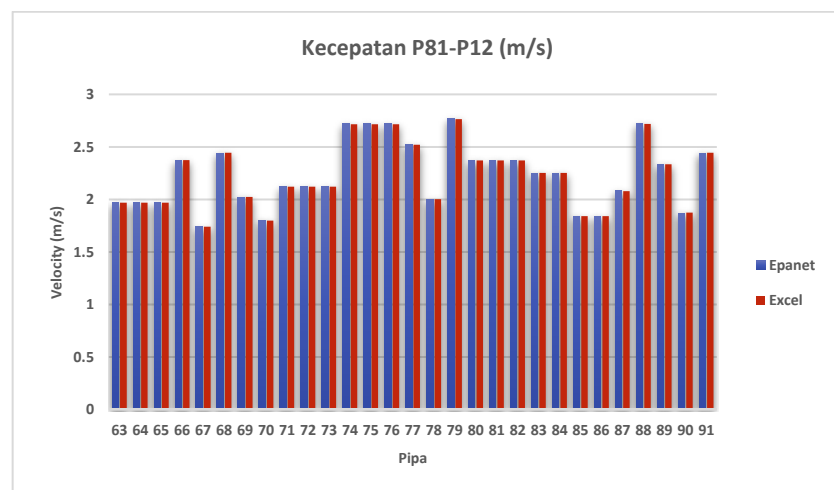
Gambar 96. Grafik perbandingan faktor gesekan P81-P3 alternatif kedua



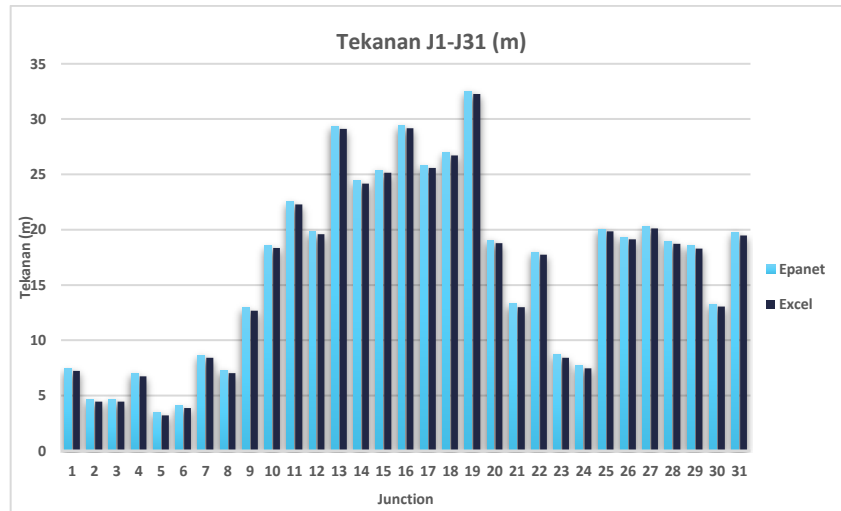
Gambar 97. Grafik perbandingan kecepatan P1-P48 alternatif kedua



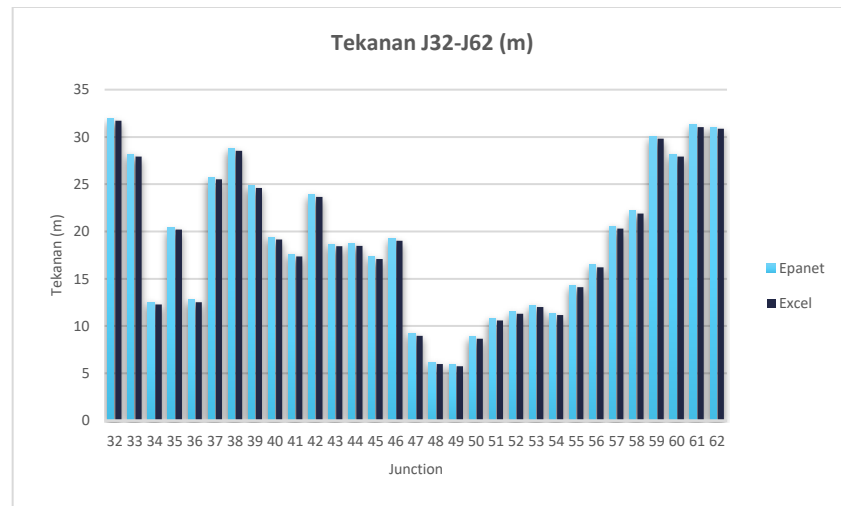
Gambar 98. Grafik perbandingan kecepatan P50-P80 alternatif kedua



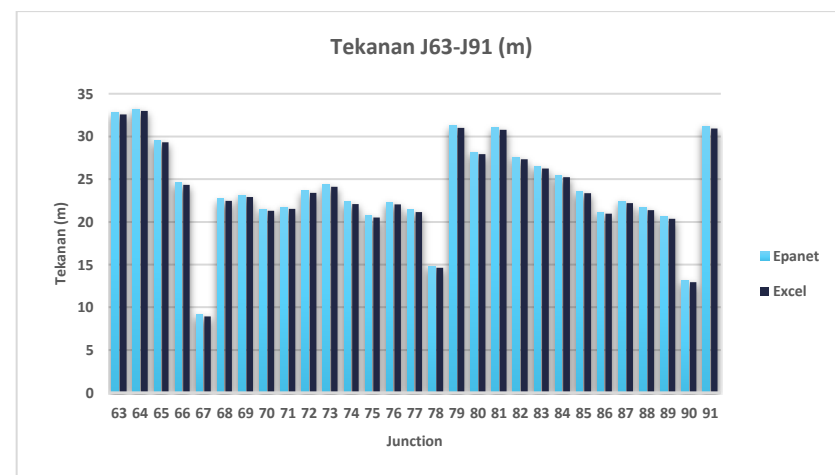
Gambar 99. Grafik perbandingan kecepatan P81-P3 alternatif kedua



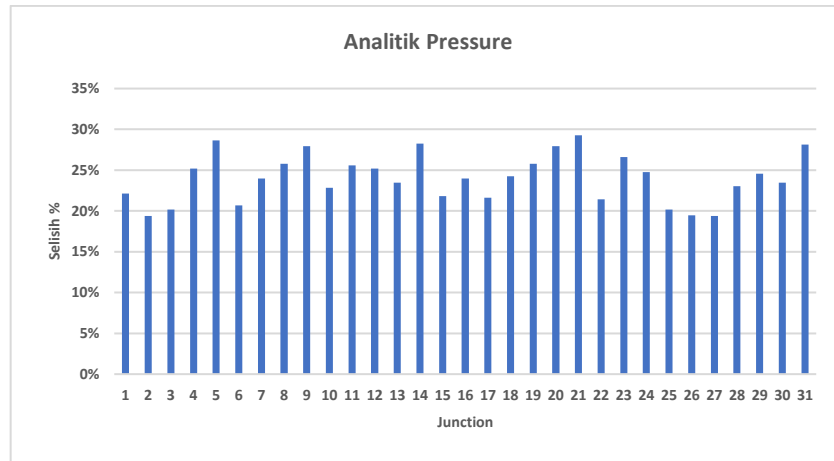
Gambar 100. Grafik perbandingan tekanan J1-J31 alternatif kedua



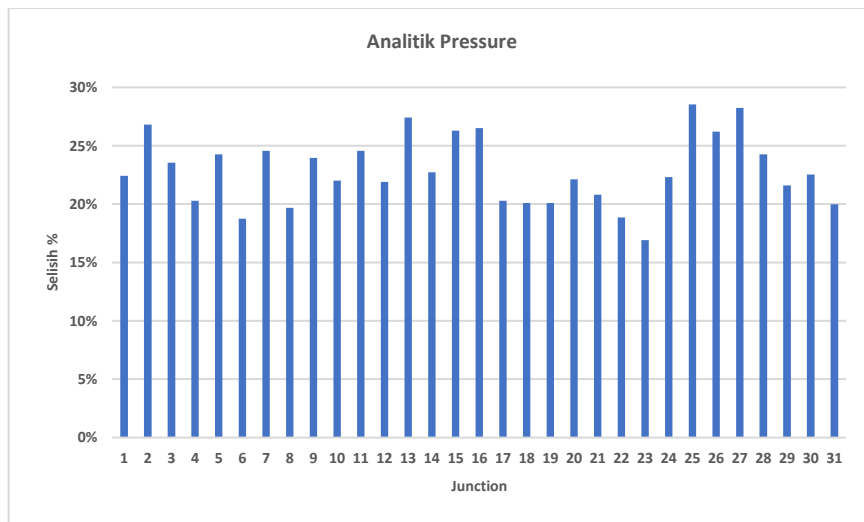
Gambar 101. Grafik perbandingan tekanan J32-J62 alternatif kedua



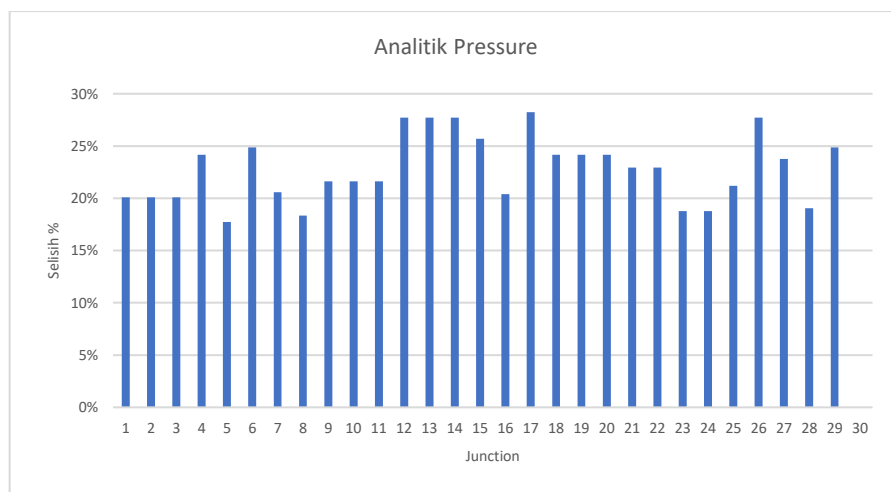
Gambar 102. Grafik perbandingan tekanan J63-J92 alternatif kedua



Gambar 103. Grafik selisih pressure J1-J31 alternatif kedua



Gambar 104. Grafik selisih pressure J32-J62 alternatif kedua



Gambar 105. Grafik selisih pressure J63-J90 alternatif kedua

C. Pembahasan

Dari hasil pengujian, terlihat perbedaan tekanan dan kecepatan aliran air yang serupa antara perancangan alternatif pertama dan alternatif kedua. Data tekanan yang dihasilkan pada perancangan pertama sebesar 3,48 hingga 33,22 m, sedangkan pada alternatif kedua tekanan yang dihasilkan sebesar 3,48 hingga 33,20 m, akan tetapi tandon dengan spesifikasi yang dibutuhkan memiliki harga yang relatif mahal. Dengan mempertimbangkan hasil, biaya, dan material yang digunakan serta pemasangan secara langsung, perancangan alternatif pertama adalah solusi rancangan yang paling dapat diterapkan dalam Pembangunan nyata.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Perancangan dua alternatif sistem pemompaan sama-sama memenuhi kriteria teknis dan mampu menyalurkan air secara merata ke seluruh petak sawah. Dari segi ekonomi, alternatif pertama lebih efisien dalam biaya operasional (Rp 2.324.326,34) dibandingkan alternatif kedua (Rp 2.841.412,16), meskipun membutuhkan investasi awal lebih besar (Rp124.550.800,00 dibanding (Rp103.999.900,00). Dengan mempertimbangkan aspek teknis dan efisiensi operasional, alternatif pertama lebih layak direkomendasikan karena mampu memberikan kapasitas dan tekanan pompa yang lebih optimal.

2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengumpulan data dalam penyusunan skripsi ini, penulis memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya, yaitu:

- a) Diperlukan ketelitian dalam proses pengukuran agar hasil yang diperoleh lebih tepat dan akurat.
- b) Spesifikasi alat, metode akuisisi data, serta instrumentasi yang digunakan perlu diperhatikan guna menjamin keandalan hasil penelitian.
- c) Pengukuran debit sungai disarankan menggunakan current meter flowatch sehingga distribusi debit pada setiap kedalaman dapat diperoleh dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

Terlepas dari Keputusan akhir apakah perancangan ini akan dibangun atau tidak, diharapkan rancangan ini tetap dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi masyarakat Desa Jagapura Kulon, khususnya dalam mendukung kegiatan penanaman padi selama musim kemarau dan periode El Niño.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amin, and F. Amir, “Pemanfaatan energi surya untuk menggerakkan pompa submersible pada sistem pengairan sawah tadah hujan,” *J. Vokasi*, vol. 7, no. 1, p. 50, 2023, doi: 10.30811/vokasi.v7i1.3823.
- [2] A. Azis, and P. Perawati, “Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (plts) untuk pompa irigasi sawah di Desa Ulak Aurstading Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Ilir,” *J. Surya Energy*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.32502/jse.v8i1.6093.
- [3] T. Wahyono, and K. Adi, “Instalasi sistem pengairan area persawahan untuk meningkatkan produktivitas tanaman jagung,” *J. Pengabd. Masy. IPTEKS*, vol. 7, no. 1, pp. 123–132, 2021, doi: 10.32528/jpmi.v7i1.5284.
- [4] N. Fuadi, and J. Purwanto, “Kajian kebutuhan air dan produktivitas air padi sawah dengan sistem pemberian air secara sri dan konvensional menggunakan irigasi pipa,” *J. Irig.*, vol. 11, no. 1, p. 23, 2016, doi: 10.31028/ji.v11.i1.23-32.
- [5] J. Homepage *et al.*, “IJEERE: Indonesian journal of electrical engineering and renewable energy designing solar-driven electric water pump system for irrigating the rice fields in siraisan village,” vol. 3, no. December, pp. 124–135, 2023, [Online]. Available: <https://www.journal.irpi.or.id>
- [6] D. Putra, “Analisis sistem penyediaan air minum malet kecamatan susut kabupaten bangli berbasis aplikasi EPANET 2 . 2,” vol. 10, no. 1, pp. 76–84, 2025, [Online]. Available: <https://ojs.ejournalunigoro.com/>
- [7] K. Syah, “Khairuddin Syah, 160702064, FST, TL,” Peranc. sist. irig. perpipaian pada perkeb. kurma barb. aceh besar menggunakan softw. EPANET dan data digit. pp. 1–82, 22AD, [Online]. Available: <https://repository.ar-raniry.ac.id>
- [8] V. Julia, and A. Saklaressy, “Perencanaan sistem pemberian air dengan sistem sprinkler untuk lahan pertanian Desa Waiheru, Kecamatan Baguala Kota Ambon,” *J. Manumata*, vol. 7, no. 1, pp. 42–48, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.ukim.ac.id/>
- [9] V. Prasetyo, and R. Efendi, “Kajian pemilihan pompa berdasarkan karakteristik topografi untuk sawah padi di Desa Bululondong Universitas Muslim Indonesia , Makassar Universitas Sulawesi Tenggara , Kendari Email korespondensi :

- amrullah.amrullah@umi.ac.id Pendahuluan Kebutuhan air iri,” vol. 6, pp. 1–15, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.unim.ac.id>
- [10] Krg. Tompobul and H. Ashad, “Studi kebutuhan air untuk pembangunan jaringan irigasi Mare-mare Kabupaten Kepulauan Selayar,” *J. Tek. Sipil MACCA*, vol. 5, no. 2, pp. 106–117, 2020, doi: 10.33096/jtst.v5i2.82.
- [11] S. Samsugi, and A. Nurkholis, “Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan mikrokontroler arduino uno,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [12] Afrizal, “Sistem pengurusan pengairan untuk kemampunan tanaman padi di sumatera barat afrizal universiti teknologi malaysia”, [Online]. Available: <https://eprints.utm.my/>
- [13] K. Maksuk, Priyadi, “Pengolahan air sungai sebagai sumber air bersih masyarakat di kawasan pertanian dengan penyaringan air sederhana,” *J. Pengabd. Pada Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 352–356, 2022, [Online]. Available: <https://pkm.uika-bogor.ac.id/index.php/>
- [14] B. Lingkungan, “Kearifan lokal masyarakat terhadap sumber mata air sebagai upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya lingkungan,” 2022, [Online]. Available: <https://bhl-jurnal.or.id/>
- [15] A. Embongbulan *et al.*, “Pemanenan Air hujan sebagai alternatif pengelolaan sumber daya air di rumah,” vol. 6, no. 2, pp. 35–40, [Online]. Available: <https://journals.ukitoraja.ac.id/>
- [16] U. Islam, and S. Kasim, “Estimasi kebutuhan air irigasi padi (*Oryza Sativa* L .) Di Desa Koto Perambahan Kecamatan Kampar Timur berdasarkan model software,” vol. 11, no. 1, pp. 17–24, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/>
- [17] R. Dairi and M. Sukarmin, “Sistem jaringan distribusi perpipaan air bersih di Kecamatan Mawasangka Timur Kabupaten Buton Tengah,” vol. XI, no. 1, pp. 9–17, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.lppmunidayan.ac.id>
- [18] G. Tumilar, and M. Pakiding, “Optimalisasi penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan proses elektrolisis,” pp. 77–88, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/>
- [19] M. Angraini and R. Muharni, “J URNAL T eknik M esin,” vol. 14, no. 2, pp. 94–

- 98, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id>
- [20] R. Arifin, and U. Rosyidin, “Upaya peningkatan efektifitas pengairan sawah dengan sistem kontrol pompa air listrik,” *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 228–234, 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v3i2.3245.
- [21] D. Iman and B. Cahyono, “Pemeliharaan pompa submersible sebagai sistem penyedotan air limbah di PT . Krakatau,” vol. 12, no. 3, 2024, [Online]. Available: <https://journal.eng.unila.ac.id/>
- [22] H. Firmansyah, “Perawatan Sistem Perpipaan (Piping System) Pada Kapal TB Nusa Peninda”.
- [23] W. A. Mustofa and P. H. Tjahjanti, “Instalasi pemasangan pipa untuk air bersih ke rumah tangga di Dusun Klampok Desa Sumbergedang Pandaan,” no. 3, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://innovative.pubmedia.id>
- [24] N. Ulfah, and T. Adelitho, “Rancang Bangun Jig & Fixture Untuk Pipe Fitting Steel Concentric Reducer Pada Mesin Bevel Pipa,” vol. 19, no. 2, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [25] verni mantira paraira Mapule, “Analisa sistem jaringan distribusi air bersih studi kasus air bersih PDAM unit tentena,” 2022, [Online]. Available: <https://repository.unsimar.ac.id>
- [26] Z. Arifin, “Akurasi google eart dalam pengukuran arah kiblat”, [Online]. Available: <https://jurnal.ucy.ac.id>
- [27] P. Ijin *et al.*, “Evaluasi pengukuran tanda batas menggunakan gps geodetik pada iup PT . Pancaran Surya Abadi,” vol. 2, no. 9, pp. 1531–1543, 2023, [Online]. Available: <https://jcs.greenpublisher.id/>
- [28] É. Supérieure, “~~濟無~~No Title No Title No Title,” vol. d, pp. 1–23, 2016, [Online]. Available: <https://r.search.yahoo.com>
- [29] A. Safitri, and Soedarsono, “Simulation of pipe networks using EPANET to optimize water supply: a case study for Arjawinangun area, Indonesia,” *Arch. Hydroengineering Environ. Mech.*, vol. 70, no. 1, pp. 17–28, 2023, doi: 10.2478/heem-2023-0002.

LAMPIRAN

1. Foto-foto kegiatan

Tracking area persawahan dilakukan untuk memperoleh data elevasi dan titik koordinat. Data ini digunakan sebagai dasar perancangan sistem irigasi, seperti penentuan jalur pipa, lokasi persimpangan, serta distribusi air pada setiap petak sawah. Informasi elevasi dan koordinat membantu agar perancangan lebih efisien dan sesuai dengan kondisi lapangan. Untuk menentukan debit aliran sungai, diperlukan beberapa jenis pengukuran, antara lain kedalaman sungai, kecepatan aliran, serta lebar penampang sungai.



Gambar 106. Dokumentasi tracking area persawahan



Gambar 107. Dokumentasi pengukuran waktu tempuh bola pingpong



Gambar 108. Dokumentasi pengukuran kedalaman air sungai



Gambar 109. Dokumentasi pengukuran lebar sungai

Tracking area persawahan bertujuan untuk memperoleh data elevasi dan titik koordinat secara akurat. Data tersebut menjadi dasar penting dalam perancangan sistem irigasi, karena dapat digunakan untuk menentukan jalur pipa, posisi persimpangan, serta distribusi air pada setiap petak sawah. Dengan adanya informasi elevasi dan koordinat, proses perancangan dapat dilakukan secara lebih efisien dan hasil yang diperoleh pun lebih tepat sesuai kondisi lapangan.

2. Lembar kerja

Gambar kerja disusun untuk memberikan visualisasi yang jelas mengenai posisi jaringan perpipaan beserta ukuran diameter yang sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Dalam meninjau gambar kerja, sebaiknya dilakukan secara bersamaan dengan dokumen rencana anggaran biaya (RAB) agar pembaca memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terkait aspek teknis dan finansial perancangan. Adapun berikut ini ditampilkan gambar kerja dari kedua alternatif perancangan yang telah dibuat.