



AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding
Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2026
Pertanian Masa Depan Indonesia 2045 : Transformasi Teknologi, Ketahanan Pangan dan Adaptasi terhadap Tantangan Global
3 Juni 2026

Publisher:
Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture
E-ISSN: 2964-0172
DOI:

Kinerja Hidraulik Sistem Irigasi Tetes Tekanan Rendah Terkendali pada Berbagai Head Potensial

Hydraulic Performance Of Controlled Low Pressure Drip Irrigation Systems Over A Wide Range Of Potential Heads

Author(s): K.H.Iskandar^{1*}, Edward Saleh¹, Yusuf Abdi Dharmo²

¹ Dosen Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang

² Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author: khisk411@gmail.com

ABSTRAK

Efisiensi pemberian air semakin penting dalam produksi pertanian karena kinerja irigasi dipengaruhi kestabilan debit emitter dan keseragaman sebaran yang terkait tekanan operasi. Irigasi tetes hemat air, namun kinerjanya bergantung pada kondisi hidraulik, terutama pada sistem bertekanan rendah. Penelitian ini menganalisis pengaruh head potensial terhadap debit emitter, keseragaman sebaran (emission uniformity/EU), dan head loss pada irigasi tetes tekanan rendah terkendali, serta menentukan head potensial minimum yang layak. Percobaan dilakukan di greenhouse Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sriwijaya, menggunakan rancangan acak kelompok dengan lima perlakuan head potensial, yaitu 100, 150, 200, 250, dan 300 cm, masing-masing tiga ulangan. Hasil menunjukkan peningkatan head potensial menaikkan debit emitter rata-rata dari 0,19 menjadi 0,54 L jam⁻¹ dan EU dari 79,62% menjadi 84,86%, sementara head loss meningkat dari 0,19 menjadi 1,24 m. Hubungan head potensial dengan debit berpola eksponensial, sedangkan dengan EU berpola pangkat positif. Kinerja tertinggi terjadi pada head 300 cm, tetapi peningkatan EU di atas 200 cm tidak berbeda nyata, sementara head loss terus meningkat. Maka, head potensial 200 cm dinilai sebagai kondisi minimum layak untuk konfigurasi lateral 10 m dengan jarak emitter 20 cm.

Kata Kunci:

Debit Emitter;
Head Loss;
Head Potensial;
Irigasi Tetes;
Keseragaman Sebaran

Keywords:

Distribution
Drip Irrigation;
Uniformity
Emitter;
Discharge;
Head Loss;
Head Potential;

ABSTRACT

The efficiency of water supply is increasingly important in agricultural production because irrigation performance is influenced by the stability of emitter discharge and the uniformity of distribution associated with operating pressure. Drip irrigation is water efficient, but its performance depends on hydraulic conditions, especially in low-pressure systems. This study analyzed the effect of potential head on emitter discharge, emission uniformity (EU), and head loss in controlled low pressure drip irrigation, and determined the minimum feasible potential head. The experiment was conducted in the greenhouse Department of Agricultural Technology, University of Sriwijaya, using a randomized group design with five potential head treatments, namely 100, 150, 200, 250, and 300 cm, three replications each. The results showed an increase in potential head increased the average emitter discharge from 0.19 to 0.54 l h⁻¹ and EU from 79.62% to 84.86%, while head loss increased from 0.19 to 1.24 m. The relationship of potential head with discharge is an exponential pattern, while with EU is positive power pattern. The highest performance occurs at a head of 300 cm, but the EU increase above 200 cm does not differ markedly, while the head loss continues to increase. Thus, a potential head of 200 cm is considered the minimum feasible condition for a lateral configuration of 10 m with an emitter distance of 20 cm.



PENDAHULUAN

Efisiensi penggunaan air telah menjadi isu kunci dalam pertanian modern karena sektor pertanian tetap menjadi pengguna air tawar terbesar, sementara variabilitas iklim, kompetisi antar sektor, dan ketidakpastian pasokan air terus meningkat. Dalam konteks tersebut, sistem irigasi tidak lagi cukup dinilai hanya dari kemampuannya menyalurkan air, tetapi juga dari kemampuannya menjaga ketepatan aplikasi, kestabilan debit, dan efisiensi distribusi pada tingkat tanaman. Tinjauan mutakhir menunjukkan bahwa irigasi mikro, khususnya irigasi tetes, merupakan salah satu pendekatan paling menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas air sekaligus menekan kehilangan air akibat evaporasi, limpasan permukaan, dan perkolasi dalam (Al-Mefleh et al., 2021; Chen et al., 2022).

Irigasi tetes bekerja dengan cara menyalurkan air langsung ke zona dekat daerah perakaran melalui emitter sehingga air dapat diberikan lebih tepat sasaran dan lebih efisien dibandingkan metode irigasi permukaan. Namun, keunggulan ini sangat ditentukan oleh kualitas desain hidraulik sistem. Jika tekanan di sepanjang lateral tidak stabil, maka keseragaman debit emitter di antar titik rendah dan pada akhirnya menurunkan efisiensi pemberian. Kondisi ini menjadi lebih penting pada sistem bertekanan rendah, karena margin energinya kecil dan variasi tekanan yang relatif kecil dapat segera mempengaruhi debit keluaran emitter (Chen et al., 2022; Xing et al., 2025).

Salah satu persoalan utama dalam pengembangan irigasi tetes tekanan rendah adalah bagaimana menjaga kemampuan sistem irigasi dapat menyebarkan air dengan keseragaman yang tinggi pada kondisi head potensial yang terbatas. Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa hubungan tekanan-debit masih menjadi dasar utama dalam evaluasi kinerja emitter. Debit aliran emitter akan

meningkat sebagai respon terhadap kenaikan tekanan operasi, tetapi pola peningkatannya bergantung pada karakteristik jalur aliran dan resistansi internal emitter. Dengan demikian, peningkatan head potensial memang berpotensi memperbaiki kinerja sistem, tetapi juga dapat menambah kehilangan energi akibat gesekan di sepanjang pipa (Chen et al., 2022; Sokol et al., 2022).

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi persoalan tersebut. Pada skala teknologi emitter, desain emitter bertekanan rendah dikembangkan agar tetap mampu bekerja pada activation pressure yang lebih kecil. Sokol et al. (2022) menunjukkan bahwa emitter tipe in-line pressure-compensating dapat direkayasa agar bekerja pada tekanan aktivasi yang lebih rendah, sehingga lebih sesuai untuk sistem hemat energi. Pada sisi sistem, evaluasi terhadap keseragaman sebaran air irigasi menunjukkan bahwa kondisi tekanan operasi dan tipe emitter sama-sama berpengaruh terhadap mutu distribusi air. Xing et al. (2025) menegaskan bahwa perubahan kondisi tekanan dapat mengubah keseragaman irigasi dan fertigasi, sehingga pemilihan tekanan operasi tidak dapat dipisahkan dari perilaku hidraulik emitter.

Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan antara riset emitter yang bersifat sangat teknis dan kebutuhan praktis sistem sederhana di tingkat lapangan. Banyak pengguna skala kecil bergantung pada sistem gravitasi atau tekanan rendah terkendali yang menggunakan komponen sederhana dan mudah diperoleh. Pada sistem seperti ini, pertanyaan yang paling relevan bukan semata-mata berapa debit maksimum yang dapat dihasilkan, melainkan berapa head minimum yang masih mampu memberikan debit aliran yang seragam, sehingga dapat meningkatkan keseragaman distribusi, dan menekan kehilangan tekanan yang masih dapat diterima.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh head potensial terhadap debit emitter, keseragaman sebaran, dan head loss pada sistem irigasi tetes tekanan rendah terkendali, sekaligus menentukan head potensial minimum yang layak untuk konfigurasi sistem yang diuji. Penelitian ini penting karena memberikan bukti eksperimental yang langsung dapat digunakan untuk mendukung perancangan sistem irigasi tetes sederhana, hemat energi, dan tetap andal secara hidrolik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai Oktober 2024 di greenhouse Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Lingkungan green house dipilih agar pengujian hidrolik berlangsung pada kondisi yang lebih terkendali, sehingga pengaruh perbedaan head potensial terhadap debit emitter dan keseragaman distribusi dapat diamati dengan lebih jelas tanpa gangguan faktor luar seperti hujan, angin, dan ketidakseragaman permukaan lahan. Pendekatan ini sejalan dengan evaluasi kinerja sistem tetes bertekanan rendah yang umumnya dilakukan pada kondisi laboratorium atau semi-terkendali agar data debit dan uniformitas lebih akurat (Al-Mefleh et al., 2021).

Sistem irigasi yang diuji terdiri atas tabung suplai air, katup pengisian, tabung regulator tekanan berbasis prinsip atmosfer, katup outlet, pipa utama PVC $\frac{3}{4}$ inci, pipa lateral polyethylene 16 mm, serta emitter hasil fabrikasi sederhana. Pipa lateral dipasang sepanjang 10 m dengan jarak emitter 20 cm sehingga total emitter yang terpasang sebanyak 48 unit. Rangka penopang dibuat dari baja ringan dan diberi penanda ketinggian sesuai taraf perlakuan. Susunan ini dirancang sebagai sistem irigasi tetes tekanan rendah terkendali yang sederhana, mudah dirakit, dan relevan untuk aplikasi lapangan berskala kecil.

Emitter dibuat menggunakan konektor emitter dan spons polyester sebagai elemen tahanan aliran. Spons dipotong berukuran 5 cm $\times$ 1 cm, kemudian dimasukkan ke dalam konektor yang telah dimodifikasi agar aliran air keluar secara lambat. Setiap emitter diuji terlebih dahulu sebelum dipasang pada lateral untuk memastikan emitter masih layak digunakan dan mampu menghasilkan debit pada rentang yang diinginkan. Tahap seleksi awal ini penting karena variasi kecil pada struktur emitter dapat mempengaruhi respons tekanan-debit dan akhirnya mempengaruhi uniformitas sistem (Chen et al., 2022).

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan lima perlakuan head potensial, yaitu 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, dan 300 cm. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, dengan durasi pengamatan 30 menit pada setiap ulangan. Head potensial dijadikan faktor utama karena pada sistem ini beda elevasi merupakan sumber energi utama yang menggerakkan aliran air ke sepanjang pipa lateral dan emitter.

Pengambilan data dimulai dengan menempatkan tabung suplai pada ketinggian sesuai perlakuan, kemudian sistem diisi 20 L air bersih. Katup regulator diatur agar aliran menuju tabung regulator tidak meluap, lalu katup outlet dibuka hingga air mengalir ke lateral dan keluar melalui emitter. Debit emitter diukur secara volumetrik menggunakan gelas ukur yang diletakkan di bawah emitter, kemudian volume hasil tampungan dikonversi menjadi liter per jam. Pendekatan ini umum digunakan dalam evaluasi kinerja sistem irigasi tetes karena memberikan data debit aktual di titik keluaran (Al-Mefleh et al., 2021).

Keseragaman sebaran dihitung berdasarkan perbandingan debit rata-rata seperempat data terendah terhadap debit rata-rata seluruh emitter. Head loss pada lateral dihitung menggunakan pendekatan

Hazen–Williams. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam, kemudian dilanjutkan dengan uji BNT 5% untuk membedakan rerata perlakuan. Selain itu, analisis regresi digunakan untuk menggambarkan pola hubungan antara head potensial dengan debit emitter maupun keseragaman sebaran. Kombinasi analisis statistik dan analisis hidraulik ini digunakan untuk menentukan head minimum yang paling layak secara operasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

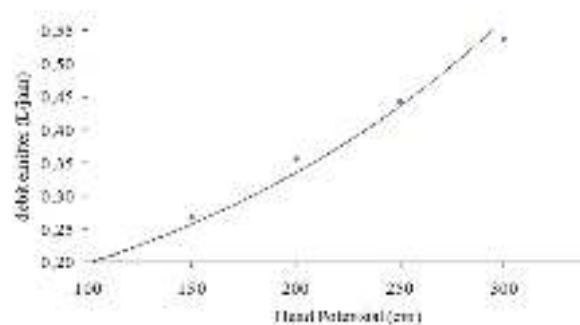
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan head potensial secara konsisten meningkatkan debit emitter rata-rata. Nilai debit berturut-turut pada head

Tabel 1. Debit emitter rata-rata pada setiap perlakuan head potensial.

Head potensial (cm)	Debit emitter (L/jam)	Notasi BNT 5%=0,003
100	0,19	a
150	0,27	b
200	0,36	c
250	0,44	d
300	0,54	e

Hubungan antara head potensial dan debit emitter mengikuti pola eksponensial, yaitu $Q = 0,117e0,0052H$. Pola ini menunjukkan bahwa kenaikan head tidak hanya meningkatkan debit secara positif, tetapi juga mencerminkan respons nonlinier dari sistem yang dipengaruhi oleh kombinasi head gravitasi, tahanan lokal, dan karakteristik emitter. Hasil ini memperkuat temuan Chen et al. (2022) bahwa parameter hidraulik emitter harus dipahami sebagai respons terhadap perubahan tekanan, bukan sekadar nilai tetap. Pada sistem yang diuji, kenaikan head menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan debit selama head masih

100, 150, 200, 250, dan 300 cm adalah 0,19; 0,27; 0,36; 0,44; dan 0,54 L/jam. Analisis ragam pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan head potensial berpengaruh nyata terhadap debit emitter, dan uji BNT 5% memperlihatkan bahwa setiap kenaikan 50 cm menghasilkan perbedaan rerata yang nyata. Temuan ini menegaskan bahwa emitter yang digunakan masih sensitif terhadap perubahan head pada rentang tekanan rendah yang diuji (Gambar 1). Secara hidraulik, hasil ini konsisten dengan konsep bahwa debit emitter merupakan fungsi tekanan operasi, di mana penambahan head meningkatkan energi yang tersedia untuk mengatasi tahanan aliran di dalam emitter (Chen et al., 2022).



Gambar 1. Hubungan antara head potensial dan debit emitter

berada dalam kisaran rendah hingga menengah.

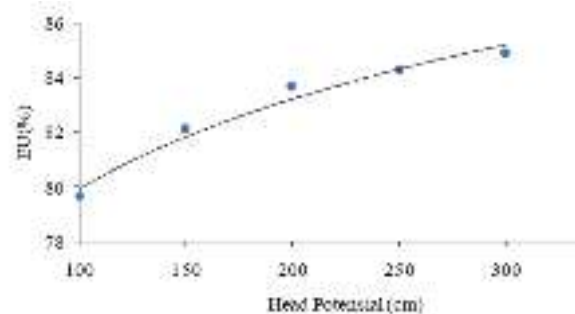
Keseragaman sebaran (EU) juga meningkat seiring kenaikan head potensial. Nilai EU pada perlakuan 100, 150, 200, 250, dan 300 cm berturut-turut adalah 79,62%; 82,10%; 83,65%; 84,26%; dan 84,86% (lihat Tabel 2.). Kenaikan dari 100 cm hingga 200 cm masih menunjukkan peningkatan nyata, tetapi peningkatan dari 200 cm ke 250 cm dan 300 cm tidak lagi berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan head sampai titik tertentu mampu memperkecil variasi debit diantar emitter, tetapi setelah sistem mencapai kondisi hidraulik yang relatif stabil, tambahan head hanya memberi

keuntungan marginal terhadap uniformitas. Secara teoritis, kondisi ini terjadi karena pada head rendah, variasi tekanan di sepanjang lateral memiliki proporsi yang

lebih besar terhadap total energi yang tersedia, sedangkan pada head yang lebih tinggi pengaruh variasi lokal menjadi relatif lebih kecil (Xing et al., 2025).

Tabel 2. Keseragaman sebaran (EU) pada setiap perlakuan head potensial

Head potensial (cm)	EU (%)	Notasi BNT 5%=0,003
100	79,62	a
150	82,10	b
200	83,65	c
250	84,26	d
300	84,86	e



Gambar 2. Hubungan antara head potensial dan keseragaman sebaran (EU)

Hubungan antara head potensial dan EU mengikuti persamaan pangkat positif, yaitu $EU = 61,14H^{0,058}$. Persamaan ini menegaskan bahwa EU meningkat seiring penambahan head, tetapi laju peningkatannya makin kecil pada head yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan kajian Sokol et al. (2022) dan Xing et al. (2025) yang menekankan bahwa peningkatan kondisi tekanan memang dapat memperbaiki performa distribusi air, tetapi manfaat tambahannya dapat menurun ketika sistem telah mendekati kondisi kerja yang stabil. Pada penelitian ini, nilai EU tertinggi 84,86% pada head 300 cm menunjukkan kinerja distribusi yang baik, tetapi secara praktis ketika head potensial dinaikan lebih dari 200 cm tidak menunjukkan perbedaan EU yang nyata, sehingga pada head potensial 200 cm sudah cukup untuk operasi irigasi tetes tekanan rendah.

kehilangan energi akibat gesekan di sepanjang pipa. Dengan kata lain, penambahan head memang memperbesar debit dan memperbaiki keseragaman sebaran, tetapi pada saat yang sama memperbesar rugi energi internal sistem.

Peningkatan head potensial juga menyebabkan head loss di sepanjang pipa lateral meningkat, yaitu dari 0,19 m pada head 100 cm menjadi 1,24 m pada head 300 cm. Pola ini menunjukkan bahwa sebagian energi tambahan yang diberikan oleh kenaikan head terdisipasi sebagai

Tabel 3. Head loss rata-rata pada pipa lateral

Head potensial (cm)	Head loss (m)
100	0,19
150	0,36
200	0,60
250	0,88
300	1,24

Hubungan timbal balik ini penting dalam interpretasi hasil, dan dapat menjelaskan penyebab pada head yang lebih tinggi debit masih meningkat nyata, sedangkan peningkatan EU mulai melandai. Hasil ini sejalan dengan evaluasi sistem tetes oleh Al-Mefleh et al. (2021) yang menunjukkan

bahwa tekanan operasi, debit, dan performa distribusi harus dinilai secara simultan karena perubahan satu parameter akan mempengaruhi parameter lainnya.

Pertimbangan terhadap debit emitter, EU, dan head loss secara bersama-sama dapat dipakai dalam menetapkan bahwa pada head potensial 200 cm dinyatakan sebagai head minimum yang paling layak untuk sistem yang diuji. Pada kondisi ini debit emitter telah mencapai 0,36 L/jam dan EU sebesar 83,65%, sedangkan kehilangan tekanan masih lebih rendah dibandingkan perlakuan 250 cm dan 300 cm. Karena peningkatan EU di atas 200 cm tidak lagi berbeda nyata, maka penambahan head setelah titik ini cenderung meningkatkan kerugian rugi energi tanpa memberikan perbaikan distribusi yang sebanding. Secara praktis, hasil ini penting bagi perancangan sistem irigasi tetes sederhana karena menunjukkan bahwa sistem gravitasi atau tekanan rendah terkendali tidak harus dioperasikan pada head tertinggi untuk mencapai performa yang baik. Prinsip ini relevan dengan arah pengembangan irigasi hemat energi yang menekankan kecukupan head, bukan sekadar maksimalisasi tekanan operasi (Sokol et al., 2022; Xing et al., 2025).

KESIMPULAN

Head potensial berpengaruh nyata terhadap kinerja hidraulik sistem irigasi tetes tekanan rendah terkendali yang diuji. Peningkatan head dari 100 cm sampai 300 cm menaikkan debit emitter rata-rata, meningkatkan keseragaman sebaran, dan memperbesar head loss pada pipa lateral. Debit emitter menunjukkan hubungan positif nonlinier terhadap head potensial, sedangkan keseragaman sebaran juga meningkat tetapi dengan laju peningkatan yang semakin kecil pada head yang lebih tinggi.

Berdasarkan kombinasi nilai debit emitter, keseragaman sebaran, dan

kehilangan tekanan, head potensial 200 cm merupakan kondisi minimum yang paling layak untuk lateral 10 m dengan jarak emitter 20 cm. Pada titik ini sistem sudah menghasilkan distribusi air yang baik tanpa memerlukan tambahan head yang tidak lagi memberikan peningkatan keseragaman yang berarti. Temuan ini memberikan dasar praktis bagi perancangan sistem irigasi tetes sederhana yang hemat energi dan tetap andal secara teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mefleh, N. K., Talazi, S., & Abu Naser, K. (2021). Assessment of treated wastewater reuse in drip irrigation under different pressure conditions. *Water*, 13(8), 1033. <https://doi.org/10.3390/w13081033>
- Azhari, A. P., Jufri, A., Nurrachman, Jihadi, A., & Nufus, N. H. (2023). Uji kinerja teknis irigasi tetes pada budidaya cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di lahan kering Desa Slengen Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Agrotek UMMAT*, 10(4), 326–337.
- Chen, X., Wei, Z., & He, K. (2022). An estimation of the discharge exponent of a drip irrigation emitter by response surface methodology and machine learning. *Water*, 14(7), 1034. <https://doi.org/10.3390/w14071034>
- Sokol, J., Narain, J., Costello, J., McLaurin, T., Kumar, D., & Winter, A. G. (2022). Analytical model for predicting activation pressure and flow rate of pressure-compensating inline drip emitters and its use in low-pressure emitter design. *Irrigation Science*, 40, 217–

237.

<https://doi.org/10.1007/s00271-022-00771-5>

Xing, S., Du, K., Liu, N., Li, M., Li, W., Zhang, J., Yin, F., Zhang, J., & Wang, Z. (2025). Effect of dynamic pressure and emitter type on irrigation and fertigation uniformity of drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 312, 109418. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109418>