

Pemodelan Persamaan Nonlinier Miniatur Pintu Air Terhadap Debit Air Irigasi

Soraya Norma Mustika¹, Eko Noerhayati²

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | soraya.norma.ft@um.ac.id

2. Universitas Islam Malang, Indonesia | eko.noerhayati@unisma.ac.id

Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara yang ekonominya terkena dampak buruk akibat dari corona. Beberapa ahli menyatakan bahwa salah satu pilar yang bisa membantu Indonesia terlepas dari resesi adalah bidang pertanian. Salah satu hal vital yang dalam pertanian adalah irigasi pengairan. Jumlah debit air yang masuk dalam lahan pertanian akan berpengaruh terhadap hasil panen. Untuk sekarang ini pengelolaan pintu air untuk mengatur irigasi lahan pertanian masih dilakukan secara manual oleh petugas. Petugas tidak bisa memperkirakan juga jumlah debit air yang tepat untuk setiap lahan pertanian. Oleh karena itu, didalam penelitian ini dibuatlah sebuah miniature saluran air irigasi yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan pendekatan matematis sebuah persamaan nonlinear untuk memperkirakan jumlah debit air yang masuk dengan mengetahui tinggi pintu air. Hasil yang didapatkan adalah ditemukannya persamaan nonlinear polinomial orde 5 yakni $Y = -0.0007x^5 + 0.007x^4 - 0.0256x^3 + 0.0417x^2 - 0.0277x + 0.0073$ dimana Y adalah debit air sedangkan x adalah tinggi air. Pendekatan ini sudah cukup baik digunakan dapat dilihat dari statistik $R^2 = 0.9741$ yang nilainya mendekati 1. Hasil ini dapat ditindaklanjuti dengan menggunakan kontrol otomatis pintu air supaya pintu air tidak perlu membuka ataupun menutup pintu air secara manual.

Kata Kunci

Nonlinier, polinomial, irigasi, debit air

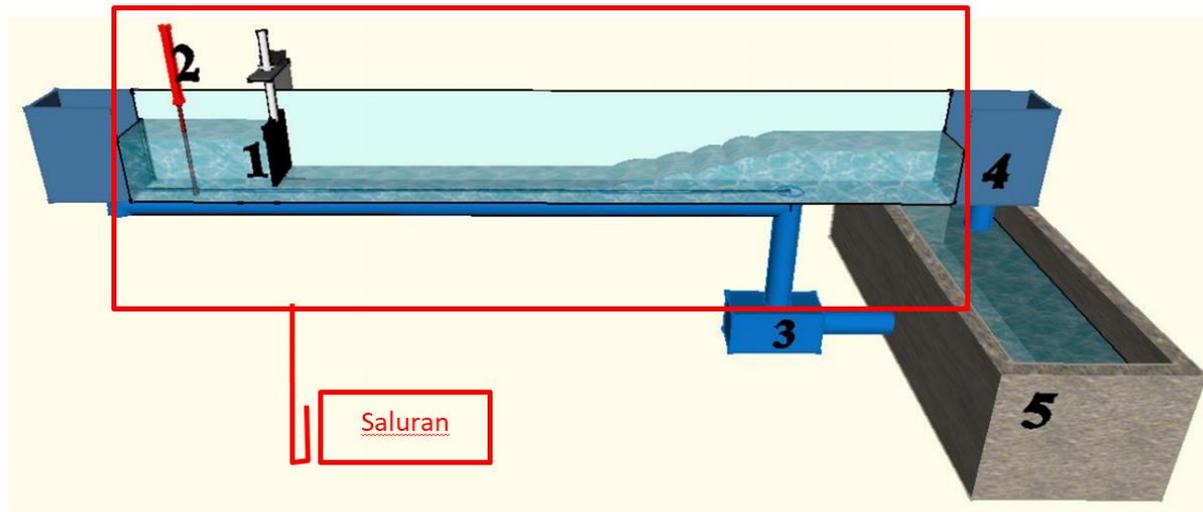
1. Pendahuluan

Dimasa pandemik ini, ekonomi banyak negara melemah dan bisa dianggap Indonesia mengalami masa sulit juga atau biasa disebut masa resesi. Menurut (Sayifullah and Emmalian, 2018) sektor yang bisa menyelamatkan Indonesia dari resesi adalah pertanian. Sedangkan menurut (Jong and Widjono, 2015), potensi pertanian Indonesia sangat besar sayangnya kurang optimal. Salah satu hal yang membuat pertanian tidak optimal adalah sistem pengairan yang tidak tepat. Diperlukan suatu sistem memenuhi kebutuhan pengairan lahan pertanian yang efektif (Ansori and Ariyanto, 2014) Untuk memenuhi kebutuhan pengairan yang efektif bisa dilakukan dengan optimasi kontrol air yang masuk di lahan pertanian (Garsia et al., 2014) Jelas diketahui bahwa jika setiap tanaman atau tumbuhan memiliki perlakuan yang berbeda untuk menghasilkan hasil panen yang sukses (Hasanah et al., 2015) Optimasi kontrol air bisa dilakukan dengan mengatur pintu air di daerah irigasi sawah (Suprpto et al., n.d.)

Pintu air irigasi merupakan suatu alat untuk mengontrol aliran pada saluran terbuka sebagai penunjang kegiatan pertanian khususnya pengelolaan saluran irigasi, karena dimanfaatkan dalam manajemen pengaturan aliran air (Noerhayati and Suprpto, 2017) Pintu air menahan air dibagian hulu dan mengizinkan aliran ke arah hilir melalui bawah pintu dengan kecepatan tinggi (Dake, 1983) Pengelolaan pintu air pada saluran primer maupun sekunder dilakukan oleh petugas/mantri/juru pengairan sesuai dengan pengukuran debit air yang dibutuhkan (Chayati and Faradj, 2017) Semua penyaluran air di untuk irigasi tergantung dari banyak atau sedikitnya jumlah air yang mengalir (Ismoyo, 2012). Karena pembagian air sangat penting disini. Pengelolaan pintu air umumnya dilakukan secara manual. Jumlah sedikit banyaknya jumlah air diukur dan dilihat secara manual. Dipenelitian sebelumnya, banyak dilakukan pengontrolan otomatis menggunakan sms gateway (Hani'ah, 2010) untuk mengatur pintu air di bendungan. Pintu air otomatis berbasis arduino Uno (Pramudita and Agus Ulinuha, 2017) Untuk mengetahui nilai debit di saluran dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan cara matematis (Wulandari et al., n.d.). Pemodelan debit juga dapat dilakukan pada skala laboratorium (Sinaga et al., 2019). Berikut adalah salah satu cara mengetahui jumlah debit air dengan pendekatan secara matematis, sehingga dapat dengan mudah dikontrol dan diperkirakan jumlah debit air yang masuk ke area sawah. Pemodelan debit berupa model matematika yaitu persamaan non linier yang diuji secara statistik (Syilfi et al., 2012) Nilai *R-squared* hasil statistik ini akan dilihat apakah pemodelan nonlinear tersebut memenuhi syarat secara statistik dan baik untuk digunakan atau tidak.

2. Metode Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil khususnya Hidrolika Universitas Islam Malang Didalam Penelitian dibuatlah miniatur saluran irigasi dan pintu irigasi yang digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Miniatur Saluran Terbuka

Berdasarkan Gambar 1, bagian masing-masing dari miniatur saluran irigasi adalah sebagai berikut; 1) Pintu air, 2) Alat untuk mengukur kedalaman, 3) Pompa air, 4) Pembatas hilir, dan 5) Tempat Penampungan air. Adapun ukuran saluran adalah sebesar panjang 8200 mm, lebar 160 mm, tinggi 290 mm.

Penelitian ini dilakukan Lab Hidrolika di Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.

Penelitian ini menggunakan data primer yang meliputi:

a. Tinggi Pintu Air

Tinggi Pintu Air akan diukur dalam beberapa mm, yakni 10 Tinggi pintu air. Diantaranya adalah 500 mm, 800 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 280 mm, 300 mm, dan 350 mm.

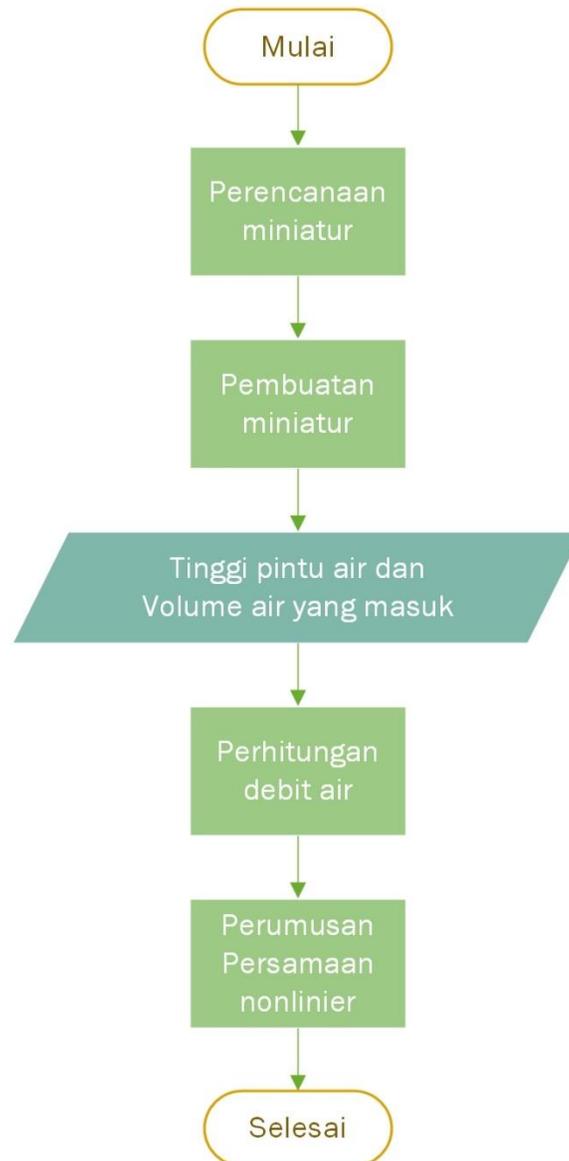
b. Debit Air

Data debit didapatkan dari percobaan yang dilakukan berulang kali saat pintu terbuka dengan bukaan tertentu. Dari percobaan ini akan diperoleh hasil rata-rata besar debit yang akan digunakan untuk perhitungan persamaan nonlinier di tahap selanjutnya. Sedangkan peralatan yang dipergunakan dalam penelitian adalah pintu air, alat untuk pengukur kedalaman, pompa air, sekat pengatur aliran hilir dan bak penampungan air. Flowchart pengerjaan penelitian akan digambarkan di Gambar 2.

Rumus Analisa Debit adalah

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Pers. (1)}$$

dimana V merupakan volume dan t merupakan waktu dalam detik (s).



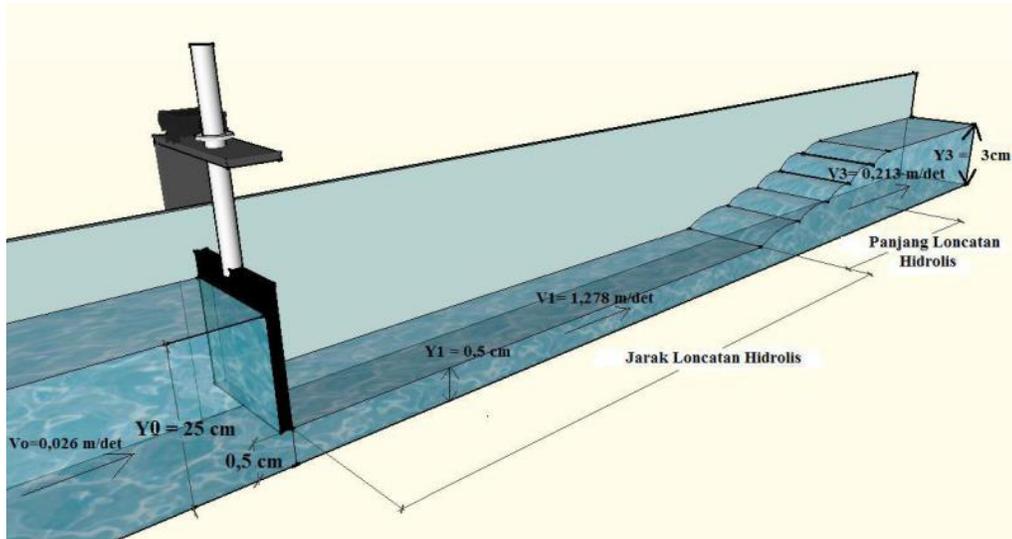
Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. Hasil

1. Perhitungan Debit Saluran

Untuk Mendapatkan debit aliran, sesuai dengan persamaan (1), dibutuhkan volume air. Volume air didapatkan dengan menghitung secara manual volume dari bak penampungan yang berbentuk tabung dengan waktu yang bermacam-macam untuk mendapatkan volume rata-rata

yang akan digunakan untuk menghitung debit rata-rata. Kecepatan dan ketinggian Air didapatkan dari Gambar 3.



Gambar 3. Kecepatan Aliran dan Ketinggian Air

Untuk memperoleh nilai debit air diperlukan nilai volume penampung air Adapun persamaan yang digunakan untuk perhitungan tersebut ditunjukkan pada persamaan (2).

$$V = \pi \times r^2 \times T_{air} \quad \text{Pers. (2)}$$

Diketahui untuk $\pi = 3,14$, $r = 15\text{cm}$ dan $T_{air} = 6,6\text{cm}$. Dari beberapa parameter tersebut maka dapat diperoleh volume penampung air sebagai berikut

$$\begin{aligned} V &= 3,14 \times (15\text{cm})^2 \times 6,6\text{cm} \\ V &= 4662,9\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk perhitungan Luas Penampang Saluran (A) dapat menggunakan persamaan (3).

$$A = B \times h \quad \text{Pers. (3)}$$

dimana B adalah lebar dasar saluran dan h adalah kedalaman aliran. Jika diketahui $B = 160\text{mm}^2$ dan $h = 250\text{mm}$, maka nilai A dapat diperoleh sebagai berikut

$$A = 160 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$A = 40.000 \text{ mm}^2$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, nilai debit air dapat diperoleh. Jika diketahui waktu buka pintu air adalah 5 detik, maka berdasarkan persamaan (1) nilai debit air dapat diperoleh sebagai berikut

$$Q = \frac{4662.9}{5} = 932,58 \text{ cm}^3/\text{s}$$

atau dapat dituliskan sebagai berikut

$$Q = 0,0093258 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, Tabel 1 merupakan hasil perhitungan dengan kondisi pembukaan pintu air yang berbeda beda. Rata-rata debit air akan dihitung dari tiga kali percobaan setiap bukaan pintu air.

Tabel 1. Rata-rata Perhitungan Debit Air

Bukaan (cm)	Volume air (cm ³)	Debit air (m ³ /s)
0,5	15375,6	1022,36 x 10 ⁻⁶
0,8	22085,9	1436,46 x 10 ⁻⁶
1	26173	1763,05 x 10 ⁻⁶
1,5	47052,9	3134,27 x 10 ⁻⁶
2	45639,9	3034,89 x 10 ⁻⁶
2,5	35950,3	2513,44 x 10 ⁻⁶
2,8	47780,6	3201,60 x 10 ⁻⁶
3	46639,6	3169,05 x 10 ⁻⁶
3,5	48435	3266,47 x 10 ⁻⁶

2. Pembuatan Rumusan Persamaan Nonlinier Matematika

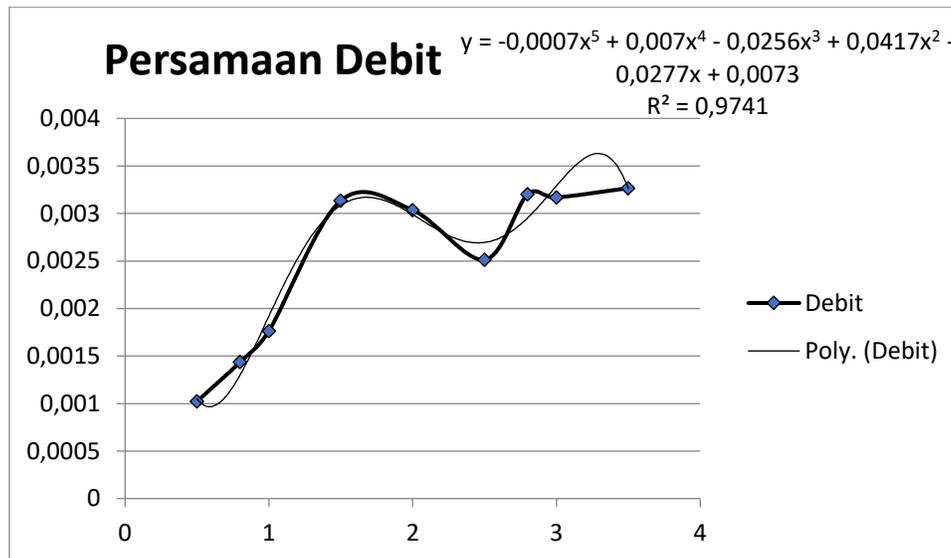
Persamaan nonlinier dari sistem didapatkan dari program excel dimana polinomial orde 5 merupakan persamaan yang mendekati dengan sistem aktual. Persamaan nonlinier diperoleh dengan mempertimbangkan bukaan dan debit air. Debit sebagai Y dan bukaan pintu air sebagai X . Tepat atau tidaknya persamaan dapat dibuktikan secara statistic menggunakan R^2 , nilai mendekati 1 yakni nilainya mendekati sempurna. Nilai minimal statistik $R^2 \geq 0.5$. Hasil program excel ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari hasil tersebut didapatkan persamaan nonlinear dan R^2 yang ditunjukkan pada persamaan (4) dan persamaan (5)

$$Y = -0.0007x^5 + 0.007x^4 - 0.0256x^3 + 0.0417x^2 - 0.0277x + 0.0073 \quad \text{Pers. (4)}$$

$$R^2 = 0.9741$$

Pers. (5)



Gambar 4. Persamaan Nonlinier Debit dengan Ketinggian Air

Hasil tersebut didapatkan dari program *Least Square* dari excel. R^2 bermakna sebagai sumbangan pengaruh yang diberikan variabel independen disini x terhadap variabel terikat atau Y yang berfungsi untuk memprediksi seberapa besar pengaruh x terhadap Y . Jika nilainya mendekati 1 maka hubungan antara Y dan x adalah 100%.

Persamaan yang telah didapatkan dianggap baik dalam mewakili perbandingan debit air dan tinggi pintu air. Hal tersebut dapat dilihat dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan secara statistik dapat dilihat dari R^2 yang merupakan Koefisien Determinasi dengan nilai lebih dari 0.5 dan mendekati 1 atau sempurna.

4. Kesimpulan

Dalam memperoleh hasil panen yang maksimal salah satu pengaruhnya adalah jumlah debit air. Debit air ditentukan oleh tinggi air bukaan pintu air di setiap saluran irigasi swah. Dari hal ini didapatkan persamaan nonlinear yang cukup tepat untuk mewakili pengaruh tinggi bukaan pintu air dan debit air yakni $Y = 0.0007x^5 + 0.007x^4 - 0.0256x^3 + 0.0417x^2 - 0.0277x + 0.0073$. Ketepatan persamaan ini dapat dilihat dari statistic R^2 yakni 0.9741.

Daftar Rujukan

Ansori, A., Ariyanto, A., 2014. Kajian efektifitas dan efisiensi jaringan irigasi terhadap kebutuhan air pada tanaman padi (Studi kasus irigasi Kaiti Samo Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu). *Jurnal Mahasiswa Teknik 1*.

- Chayati, C., Faradj, A.M., 2017. PENENTUAN METODE PEMELIHARAAN DAERAH IRIGASI TAMBAK AGUNG DENGAN EVALUASI SALURAN PRIMER DAN BANGUNAN BAGI SADAP. *Jurnal Ilmiah MITSU* 5, 20–23.
- Dake, J.M.K., 1983. *Engineering hydraulics lecturers' guide*.
- Garsia, D., Sujatmoko, B., Rinaldi, R., 2014. Analisis Kapasitas Tampungan Embung Bulakan Untuk Memenuhi Kekurangan Kebutuhan Air Irigasi Di Kecamatan Payakumbuh Selatan. Riau University.
- Hani'ah, M., 2010. Sistem Kontrol Pintu Air Otomatis Berdasarkan Curah Hujan Menggunakan SMS Gateway, in: *Industrial Electronic Seminar*.
- Hasanah, N.A.I., Setiawan, B.I., Arif, C., Widodo, S., 2015. Evaluasi koefisien tanaman padi pada berbagai perlakuan muka air. *Jurnal Irigasi* 10, 57–68.
- Ismoyo, M.J., 2012. Pengaturan Pintu Irigasi Mrican Kanan Dalam Pengoperasian Kebutuhan Air Irigasi. *Jurnal Teknik Pengairan* 1, 127–135.
- Jong, F.S., Widjono, A., 2015. Sagu: potensi besar pertanian Indonesia. *Iptek Tanaman Pangan* 2.
- Noerhayati, E.N., Suprpto, B.S., 2017. Peningkatan Keuntungan melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Molek dengan Program Linier. *Jurnal Teknik* 9, 13.
- Pramudita, D., Agus Ulinuha, S.T., 2017. Prototype Sistem Buka Tutup Pintu Air Otomatis pada Persawahan Berbasis Arduino Uno. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sayifullah, S., Emmalian, E., 2018. Pengaruh Tenaga Kerja Sektor Pertanian Dan Pengeluaran Pemerintah Sektor Pertanian Terhadap Produk Domestik Bruto Sektor Pertanian Di Indonesia. *Jurnal Ekonomi-Qu* 8.
- Sinaga, F.A., Noerhayati, E., Suprpto, B., 2019. Kajian Bukaan Pintu Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler Uno Arduino Terhadap Bilangan Froude Saluran Terbuka Segiempat. *Jurnal Rekayasa Sipil* 7, 23–32.
- Suprpto, B., Noerhayati, E., Dwisulo, B., Prayogo, T.B., n.d. OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY SYSTEMS ON TUMPANG IRRIGATION AREA WITH LINEAR PROGRAM.
- Syilfi, S., Ispriyanti, D., Safitri, D., 2012. Analisis Regresi Linier Piecewise Dua Segmen. *Jurnal Gaussian* 1, 219–228.
- Wulandari, T., Noerhayati, E., Rachmawati, A., n.d. Evaluasi Kebutuhan Air Irigasi dan Pola Operasi Embung Malanguko Tumpang Kabupaten Malang.