



PEMBAHARUAN KONSEP PREDIKSI DEBIT ANDALAN UNTUK OPERASI DAN PEMELIHARAAN IRIGASI MODERN

RENEWING THE CONCEPT OF AVAILABLE DISCHARGE PREDICTION FOR OPERATION AND MAINTENANCE OF MODERN IRRIGATION

Oleh:

Bayu Dwi Apri Nugroho¹⁾✉, Sigit Supadmo Arif¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Flora 1 Bulaksumur Sleman Yogyakarta

Korespondensi Penulis, Tlp. +62 81932851932, email: ✉bayu.tep@ugm.ac.id

Naskah ini diterima pada 29 Januari 2019; revisi pada 26 Maret 2019;
disetujui untuk dipublikasikan pada 12 Juni 2019

ABSTRACT

The management of conventional irrigation system, which is still being applied in the recent time is probabilistic, especially in analyzing discharge for planning of irrigation operation and maintenance. It can be seen from the process of exerted data analysis, which is two-week or ten-days empirical data analysis. Therefore, to change the management of conventional irrigation system into modern requires flexibly and real-time based due to climate change in Indonesia. The available discharge prediction analysis is done using mathematic model analysis as the replacement of probabilistic model and the use of real time observation data by utilizing automatic weather observation technology. This new concept has been attempted in Irrigation Area of Wadaslintang and Banyumas Regency, showing that automatic weather observation worked successfully and can be used as the data within mathematic model analysis. The result indicates that telemetry instruments work well as expected. The difference between the use of mathematic method of Artificial Neural Network (ANN) with probabilistic method of P80 shows that ANN method is closer to real compared to the probabilistic P80. It is shown with the validation result measured from January to August 2015. Overall, errors between water surcharge prediction with ANN and realisation is 77%. According to the results, it is suggested that dynamic mathematic measurement method is needed, due to dynamic condition of climate in spite of not neglecting probabilistic method as comparison.

Keywords: *operation and maintenance, modernization of irrigation management, climate analysis, mathematic model, real-time*

ABSTRAK

Pengelolaan sistem irigasi konvensional yang masih dilakukan sampai saat ini bersifat probabilistik, terutama dalam menganalisis debit untuk perencanaan OP irigasi. Hal ini terlihat dari pelaksanaan analisis data yang digunakan yaitu analisis data empiris dua mingguan atau dasarian, sehingga untuk mengubah pola pengelolaan ke modern memerlukan pengembangan secara lentur dan berbasis waktu nyata, akibat perubahan iklim di Indonesia. Analisis prediksi debit air dilakukan dengan memakai analisis model matematika sebagai pengganti model probalistic dan penggunaan data pengamatan waktu nyata dengan memakai alat pengamatan cuaca otomatis. Konsep baru ini dicoba di Daerah Irigasi (DI) Wadaslintang dan Kabupaten Banyumas, yang menunjukkan bahwa pengamatan cuaca otomatis berjalan dengan baik, dan dapat digunakan sebagai data dalam analisis model matematik. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa alat telemetri menghasilkan data yang baik. Perbandingan antara penggunaan Metode Matematika Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan Metode Probabilistik P80, menunjukkan bahwa metode dengan JST lebih mendekati nyata dibandingkan dengan Probabilistik P80. Hal ini ditunjukkan dengan hasil validasi yang dilakukan dari bulan Januari sampai Agustus 2015, Secara keseluruhan kesalahan debit prediksi JST terhadap realisasi adalah 77%. Hasil ini menunjukkan bahwa diperlukan suatu metode perhitungan matematis yang dinamis, karena keadaan iklim yang dinamis walaupun tidak meninggalkan metode probabilistik sebagai pembanding.

Kata kunci: *operasi dan pemeliharaan, pengelolaan irigasi modern, analisis iklim, model matematika, waktu nyata*

I. PENDAHULUAN

Tuntutan terhadap peningkatan kinerja irigasi semakin meningkat seiring dengan ditetapkannya pencapaian ketahanan pangan sebagai salah satu agenda prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015–2019. Namun demikian, sekitar 52% dari total jaringan irigasi di Indonesia mengalami kerusakan ringan dan berat. Hal ini menyebabkan tidak efisiennya pengelolaan air irigasi sehingga tingkat layanan irigasi masih belum optimal untuk mendukung peningkatan produksi pertanian. Layanan irigasi ini membutuhkan penanganan segera agar pengelolaan irigasi menjadi berkelanjutan (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2015).

Isu perubahan iklim dan pemanasan global telah mendorong pentingnya melakukan modernisasi irigasi agar pengelolaan irigasi menjadi lebih efektif. Akibat dari pemanasan global seperti perubahan iklim dan cuaca yang dijadikan sebagai masukan di dalam pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan (OP) menjadikan karakteristik OP tidak lagi bersifat statis, sehingga harus dilaksanakan secara fleksibel/lentur (Angguniko & Hidayah, 2017). Untuk mengoperasionalkan prinsip lentur di dalam rancangan Unit Pengelola Irigasi Modern (UPIM) maka disusunlah penahapan minimal, menengah, dan lanjutan diikuti dengan pengembangan kapasitas *adaptive*, *absorptive*, dan *transformative* (Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumberdaya Air, 2016)

Pelaksanaan OP sangat tergantung pada iklim terutama pada proses perencanaan operasi, neraca air didasarkan pada prediksi cuaca ke depan. Prediksi cuaca mempengaruhi prakiraan hujan dan anasir iklim untuk menghitung kebutuhan air tanaman. Perubahan iklim yang terjadi akhir-akhir ini mengakibatkan prediksi cuaca yang digunakan sebelumnya menjadi kurang akurat.

Pelaksanaan modernisasi irigasi dilakukan dengan memakai pembaharuan tiga unsur, yaitu (i) pengembangan keandalan ketersediaan air dan teknologi, (ii) pengembangan pengelolaan irigasi, institusi dan pelibatan para pelaku dalam pengelolaan irigasi, dan (iii) pembaharuan dalam pengelolaan pembiayaan. Pelaksanaan modernisasi irigasi di banyak negara tidak semua dilakukan hanya melalui pembangunan infrastruktur tetapi justru lebih mementingkan pembaharuan institusi dan perkuatan kapasitas pelaku (S. S. Arif, Prabowo, Sastrohardjono, Sukarno, & Sidharti, 2014).

Dalam rangka pengelolaan irigasi diperlukan suatu sistem yang saling berkaitan satu sama lain dan dapat diperbaharui setiap saat agar sistem

tersebut mampu mengakomodasi perubahan yang terjadi baik perubahan yang dikarenakan anomali alam (Nugroho, 2016) ataupun disebabkan oleh perilaku manusia. Dalam pelaksanaan pengelolaan irigasi setidaknya perlu diperhatikan empat hal penting yaitu: (i) Operasi, (ii) Pemeliharaan, (iii) Perencanaan Anggaran Pengelolaan, dan (iv) Monitoring dan Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi. Pada masa yang akan datang pengelolaan jaringan irigasi ini akan memanfaatkan teknologi informasi yang didukung teknologi yang memadai untuk pelayanan kepada petani (Hakim, Suriadi, & Masruri, 2012).

Pengembangan teknologi dalam modernisasi irigasi difokuskan pada pengembangan sistem informasi dalam aktivitas OP. Hal ini disebabkan salah satunya oleh kondisi cuaca yang sangat dinamis (Nugroho, 2016). Perubahan teknologi pada infrastruktur disesuaikan dengan tingkat penggunaan teknologi informasi (C. Arif *et al.*, 2014)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yanto, Sovia, & Mandala (2018), Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Perceptron dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus dan menunjang penentuan keputusan pada pengembangan irigasi air di daerah Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat. Metode Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Perceptron adalah sebuah metode yang mampu melakukan proses perhitungan dengan mengenali variable-variabel dalam percobaan pola dan pada akhirnya hasil keluaran dari jaringan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan konsep analisis iklim probabilistik dengan analisis model matematika yang berbasis pada penerapan *Automatic Weather Station* (AWS) secara semi *real time*. Penelitian ini diharapkan akan menghasilkan alternatif lain dengan menggunakan metode matematika dalam pengelolaan irigasi modern yang sesuai dengan kondisi iklim yang dinamis.

II. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Area Waduk Wadaslintang di Jawa Tengah yang berupa daerah persawahan, dikelilingi perbukitan dan daerah pasir di bagian selatan. Pada bagian hulu waduk terdapat daerah tangkapan air seluas ±300 ha untuk melindungi waduk, mencegah terjadinya longsor, serta mengurangi erosi ke tubuh waduk. Waduk Wadaslintang digunakan untuk irigasi dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pada sektor irigasi, Daerah Irigasi (DI)

Wadaslintang memiliki luas layanan sebesar 31.133 ha di bawah kewenangan pemerintah pusat. DI Wadaslintang merupakan daerah irigasi lintas kabupaten, yang meliputi Kabupaten Kebumen, dan Purworejo. Jaringan irigasi DI Wadaslintang terdiri dari DI Wadaslintang Barat, DI Wadaslintang Timur dan DI Bedegolan. Dalam penelitian ini, DI Bedegolan digunakan sebagai obyek penelitian dengan skema jaringan irigasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Telemetry dipasang pada tiga area Waduk Wadaslintang yaitu: (i) sekitar Intake (Bendung) Bedegolan yang akan memantau data iklim intake Bedegolan; (ii) bangunan bagi utama yang membagi air irigasi ke Sekunder Kedung Tawon dan Sekunder Prembun; (iii) bangunan bagi utama yang membagi air irigasi ke Sekunder Kedung Pucang dan Sekunder Krogosingan.

2.2. Pengambilan Data

2.2.1. Pengambilan Data Primer

Parameter lingkungan dipantau secara semi *real time* dengan menerapkan *Field Monitoring System* dalam perhitungan operasi jaringan irigasi tertera pada Gambar 2. Parameter yang dipantau adalah curah hujan, radiasi matahari, lama penyinaran, suhu dan kelembaban, arah dan kecepatan angin serta *electric conductivity* (EC). Data dari sensor akan disimpan dalam data logger (EM50). Data curah hujan *real time* yang diperoleh dari alat

telemetry digunakan untuk memprediksi debit andalan. Pengambilan data ini dapat dilakukan menggunakan dua cara, yaitu:

1. Secara Manual

Pengambilan data menggunakan *software* ECH20 *utility* dari Decagon yang bisa diunduh secara gratis dari situs web Decagon (www.decagon.com).

2. Melalui website

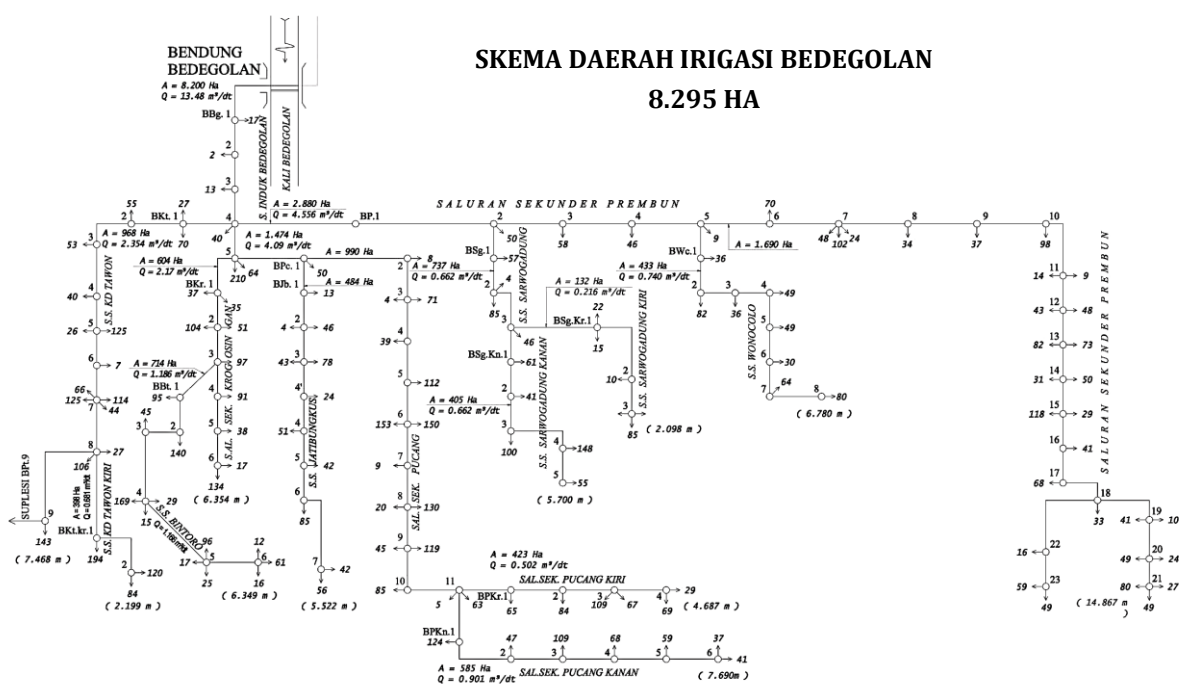
Akses data dapat dilakukan melalui situs web yang menampilkan foto kondisi lapangan, kondisi baterai, dan data secara tabular (<http://data01.x-ability.jp/FieldRouter/vbox0121/>).

2.2.2. Pengambilan Data Sekunder

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari telaah pustaka. Data sekunder yang diperlukan adalah data iklim di sekitar lokasi penelitian pada bulan Januari–Agustus 2015.

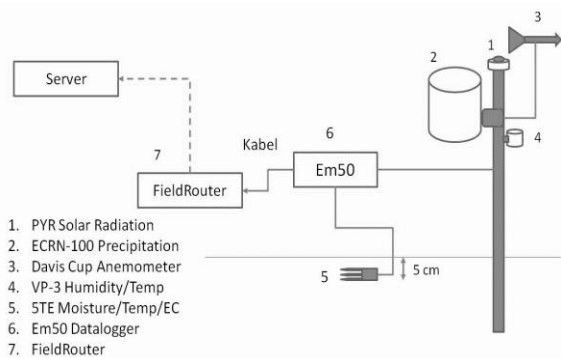
2.3. Estimasi Debit

Debit andalan merupakan hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan dalam menghitung ketersediaan air. Pada penelitian ini, estimasi ketersediaan air dilakukan dengan dua metode, yaitu model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan model probabilistik (P80) sebagai pembanding.

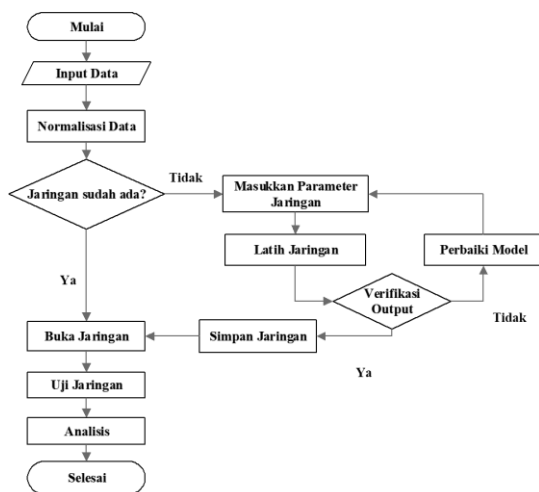


Gambar 1 Skema Jaringan Pemberian Air Waduk Wadaslintang¹

¹ Skema Irigasi diperoleh dari <https://pusdataru.jatengprov.go.id/skema-irigasi-jateng.html>



Gambar 2 Parameter yang Dipantau secara Semi Real Time



Gambar 3 Diagram Alir Proses Pelatihan

2.3.1. Model Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan bagian dari sistem kecerdasan buatan yang digunakan untuk memproses informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya (Hermawan, 2006). Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) menurut Haykin (1999) didefinisikan sebagai sebuah prosesor yang terdistribusi paralel, terbuat dari parameter-parameter yang sederhana tetapi hasil prosesnya dapat dipakai untuk berbagai tujuan analisis. Dalam model JST terdapat 3 proses utama yang diperankan oleh neuron, yaitu menerima input terboboti, menjumlahkan dan menentukan nilai output. Sinyal x berupa vektor input berdimensi n (x_1, x_2, \dots, x_n) T dari neuron akan mengalami penguatan oleh bobot $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ T yang merupakan representasi dari kekuatan synapse. Sinyal terboboti hasil dari sinyal x_i dikalikan dengan w_i memasuki elemen pemroses (unit penjumlah), elemen pemroses kemudian menjumlahkan seluruh sinyal terboboti

yang masuk. Sehingga akan didapatkan total masukan untuk neuron (Y_{in}):

$$Y_{in} = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3 + \dots + x_iw_i \dots\dots(1)$$

Selanjutnya akumulasi dari penguatan tersebut akan mengalami transformasi oleh fungsi aktivasi f yang akan mengubahnya menjadi output dari neuron (y):

$$(Y_{in}) = f(T, RH, Rs) \dots\dots\dots(2)$$

Fungsi aktivasi f ini akan membatasi amplitudo keluaran dari suatu neuron pada suatu nilai terbatas. Amplitudo sinyal keluaran ternormalisasi dari suatu neuron berada pada unit selang (0-1) atau selang alternatif (-1,1).

Berdasarkan Persamaan 1 dan 2, maka keluaran dari model JST ini dengan pembobot digunakan untuk mengestimasi debit andalan dari data debit sebelumnya secara *time series*. Nilai debit andalan ini sangat dipengaruhi variabel bebas seperti luas Daerah Tangkapan Area (DTA) atau *catchment area*, dan data klimatologi (curah hujan, temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari). Hasil estimasi debit andalan pada bendung akan dihitung menggunakan metode Weibull untuk memprediksi kejadian debit dengan probabilitas 80% terkering.

Penerapan algoritma jaringan syaraf tiruan metode *Back Propagation* dalam membuat aplikasi prediksi curah hujan dan debit digunakan dalam penelitian ini. Ada tiga tahapan yang akan digunakan dalam sistem yang ada pada aplikasi prediksi debit dan curah hujan. Tiga tahapan tersebut, yaitu *pre-processing* data, pelatihan jaringan syaraf tiruan dan pengujian jaringan syaraf tiruan. Aplikasi akan meramalkan curah hujan secara harian, bulanan dan musiman berdasarkan pola data yang sudah dilatih terlebih dahulu (Ekawati, 2011). Pembuatan aplikasi prediksi curah hujan pada penelitian ini akan menggunakan software Matlab R2010a, dengan memanfaatkan *guide* Matlab dalam merancang antar muka aplikasi. Diagram alir proses pelatihan dan pengujian aplikasi prediksi curah hujan dapat dilihat pada Gambar 3. Parameter yang dimasukkan sebagai input dalam prediksi ini antara lain data curah hujan, suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Hasil prediksi yang diperoleh adalah data prediksi per sepuluh harian selama satu tahun.

2.3.2. Model Probabilistik

Model probalistik yang sering dipakai untuk analisis debit andalan adalah statistik rangking. Penetapan rangking dilakukan menggunakan analisis probabilitas dengan rumus Weibull.

Perhitungan debit andalan menggunakan rumus dari Weibull:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- P = probabilitas terjadinya kumpulan nilai (misalnya: debit) yang diharapkan selama periode pengamatan (%)
- m = nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil
- n = jumlah data pengamatan debit

Probabilitas atau keandalan debit yang dimaksud berhubungan dengan probabilitas atau nilai kemungkinan terjadinya sama atau melampaui dari yang diharapkan. Debit andalan yang digunakan untuk perencanaan penyediaan air irigasi menggunakan debit andalan 80%. Keandalan 80% mempunyai arti bahwa kemungkinan debit terpenuhi adalah 80% atau kemungkinan debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20% (Haan, 1977).

III. PEMBAHASAN

3.1. Penerapan *Field Monitoring System*

Telemetri untuk monitor data klimatologi yang dipantau secara semi *real-time* di tiga lokasi yaitu: (1) sekitar Intake (Bendung) Bedegolan yang akan memantau data klimatologi serta debit limpas sungai dan debit intake Bedegolan. Lokasi tersebut dipilih untuk memudahkan petugas memantau besaran debit sungai dan debit limpas serta mengukur kondisi iklim di sekitar bendung; (ii) Bangunan bagi utama yang membagi air irigasi ke Sekunder Kedung Tawon dan Sekunder Prembun. Telemetri berfungsi untuk mengukur debit dan klimatologi di sekitar bangunan bagi, sehingga mempermudah petugas untuk menentukan tinggi pembukaan pintu sadap. Telemetri ini akan memantau data klimatologi serta debit yang mengalir di saluran Sekunder Prembun dan saluran Sekunder Kedung Tawon; (iii) telemetri ketiga di bangunan bagi utama yang membagi air irigasi ke Sekunder Kedung Pucang dan Sekunder Krogosingan. Telemetri berfungsi untuk mengukur debit dan iklim di sekitar bangunan bagi, sehingga mempermudah petugas untuk menentukan tinggi bukaan pintu sadap. Telemetri akan memantau data klimatologi (mewakili areal di sebelah hilir), debit Saluran Sekunder Pucang dan debit Saluran Sekunder Krogosingan, serta memantau lisimeter yang dibuat di sekitar lokasi tersebut.

Data monitoring yang diperoleh dari telemetri (Gambar 4) sangat mempengaruhi prediksi debit yang akan datang. Debit air di lokasi ini dapat diprediksi dengan akurat oleh model JST. Akurasi secara visual dapat terlihat dari kesamaan pola

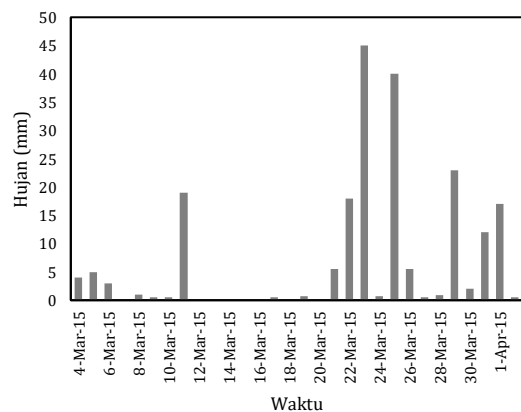
fluktuasi antara hasil model JST dengan hasil riil di tahun 2015. Hasil contoh estimasi oleh model JST disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 5.

3.2. Estimasi Debit

Hasil analisis dengan metode matematik dan probalistik digunakan untuk menghitung ketersediaan air. Metode matematika yang digunakan adalah metode jaringan syaraf tiruan (JST) sedangkan metode probabilistik menggunakan P80. Perhitungan ketersediaan air tersebut yang digunakan sebagai dasar penyusunan Rencana Tata Tanam Global (RTTG) daerah irigasi dalam satu tahun kedepan, sedangkan pada operasi bendung digunakan untuk pemantauan debit tersedia di Bendung Bedegolan. Prinsip penyusunan rencana tata tanam adalah keseimbangan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air irigasi. Ketersediaan air diperkirakan dengan menghitung debit andalan dari data debit tahun-tahun sebelumnya (Triana, Suryono, & Widodo, 2016).

Hasil perhitungan yang telah dilakukan, perkiraan debit tersedia 1 tahun ke depan rata-rata 10 harian dengan menggunakan model jaringan syaraf tiruan (JST), model probalistik dan validasi data tahun 2015 tersaji dalam Tabel 1.

Gambar 5 menunjukkan bahwa metode perhitungan dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) lebih mendekati hasil nyata yang terjadi pada tahun 2015. Hal ini dibuktikan dengan hasil validasi yang membandingkan dengan data riil di lapangan dari bulan Januari sampai Agustus 2015. Selain itu, Gambar 5 juga menunjukkan bahwa dengan kondisi iklim yang dinamis, diperlukan juga suatu metode perhitungan yang dinamis juga. Penyusunan rencana tata tanam DI Wadaslintang selama ini didasarkan pada debit andalan yang dihitung menggunakan Metode Weibull dengan probabilitas 80% terkering. Gambar 5 menunjukkan bahwa prediksi debit



Gambar 4 Grafik Data Hujan Diperoleh dari Telemetri

andalan berfluktuasi antara 2-8 m³/detik. Dibandingkan dengan realisasi debit, tahun 2015, prediksi debit andalan probabilitas 80% adalah prediksi pesimis yaitu debit andalan selalu lebih rendah dari debit realisasi. Debit realisasi berkisar antara 7-35 m³/detik, sehingga perbedaan debit andalan dan debit realisasi adalah 23%. Prediksi pesimis ini lebih disukai oleh pelaksana OP karena pola tanam yang sesuai dengan debit andalan hampir dipastikan terlayani oleh debit realisasi.

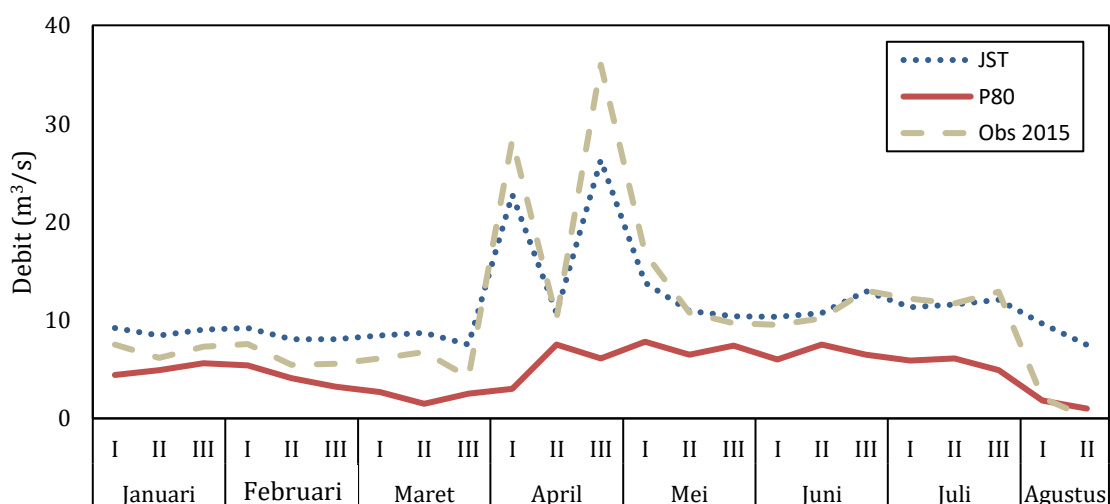
Gambar 5 juga menunjukkan hasil prediksi debit dengan JST yang berfluktuasi antara 7-27 m³/s. Gambar 5 menunjukkan bahwa untuk awal tahun 2015, debit prediksi JST sedikit di atas debit realisasi namun setelah bulan April debit prediksi JST sama dengan realisasi. Jika dibandingkan dengan debit andalan probabilitas 80%, prediksi

JST mempunyai kelebihan dapat memprediksi debit dua debit puncak yang terjadi pada bulan April. Secara keseluruhan kesalahan debit prediksi JST terhadap realisasi adalah 77%.

Kemampuan JST untuk memprediksi debit ekstrem bermanfaat untuk memperkirakan pola tanam sesuai dengan kondisi debit dan cuaca apabila terjadi cuaca ekstrem. Penyesuaian jenis tanaman dan tanggal tanam dapat disesuaikan lebih tepat pada saat terjadi tahun basah maupun tahun kering. Prediksi debit ekstrem juga bermanfaat untuk mempersiapkan tindakan pencegahan terhadap bangunan irigasi agar terhindar dari kerusakan akibat debit tinggi yang terjadi mendadak.

Tabel 1 Perhitungan Debit Tersedia 1 Tahun Rata-Rata 10 Harian dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Probalistik P80 dan Validasi Data untuk Tahun 2015

Bulan	Metode			Bulan	Metode		
	JST	P80	Observasi		JST	P80	Observasi
Debit 10 harian (m ³ /s)				Debit 10 harian (m ³ /s)			
Januari			Juli				
I	9,21	4,4	7,53	I	11,34	5,90	12,18
II	8,44	4,9	6,18	II	11,57	6,10	11,72
III	9,05	5,6	7,28	III	12,10	4,90	12,88
Februari			Agustus				
I	9,20	5,4	7,56	I	9,64	1,80	2,10
II	8,04	4,1	5,46	II	7,48	1,00	0,11
III	8,08	3,2	5,57	III	7,22	0,10	
Maret			September				
I	8,42	2,7	6,09	I	6,22	0,20	
II	8,70	1,5	6,75	II	5,81	0,40	
III	7,52	2,5	4,21	III	5,94	0,20	
April			Oktober				
I	22,75	3,0	28,34	I	6,87	1,40	
II	10,69	7,5	10,17	II	6,92	1,20	
III	26,29	6,1	35,99	III	8,14	3,70	
Mei			November				
I	13,82	7,8	16,81	I	8,19	7,00	
II	10,94	6,5	10,77	II	9,35	5,80	
III	10,41	7,4	9,68	III	10,85	7,40	
Juni			Desember				
I	10,34	6,0	9,50	I	12,65	7,20	
II	10,69	7,5	10,17	II	9,54	6,00	
III	12,93	6,5	12,99	III	9,88	6,1	



Gambar 5 Grafik Perbandingan antara Metode Matematika dengan JST, P80 dan Validasi Tahun 2015

IV. KESIMPULAN

Perbandingan antara penggunaan metode probabilistik P80, menunjukkan bahwa metode dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) lebih mendekati nyata dibandingkan dengan probabilistik P80. Penggunaan JST memberikan alternatif untuk memprediksi debit yang lebih luwes terutama pada kondisi ekstrem sehingga penentuan pola tanam serta aktivitas OP lain dapat disesuaikan. Metode perhitungan matematis yang dinamis dapat merespon kondisi iklim yang dinamis walaupun demikian metode probabilistik masih diperlukan sebagai pembandingnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan Kajian Persiapan Penerapan Modernisasi Irigasi Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2015. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Petugas di UPT SDA Bedegolan Kutowinangun, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah atas bantuannya selama pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Angguniko, B. Y., & Hidayah, S. (2017). Rancangan unit pengelola irigasi modern di Indonesia. *Jurnal Irigasi*, 12(1), 23–36.
- Arif, C., Setiawan, B. I., Mizoguchi, M., Saptomo, S. K., Sutoyo, S., Liyantono, L., ... Ito, T. (2014). Performance of quasi real-time paddy field monitoring systems in Indonesia. Dalam *The Asia-Pacific Advanced Network Meeting* (Vol. 37, hlm. 10–19). Bandung. <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.37.2>
- Arif, S. S., Prabowo, A., Sastrohardjono, S., Sukarno, I., & Sidharti, T. S. (2014). *Pokok – Pokok*

Modernisasi Irigasi Indonesia. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.

Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumberdaya Air. (2016). *Laporan Akhir Urgensi Unit Pengelola Irigasi Modern (UPIM)*. Jakarta, Indonesia: Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumber Daya Air, Pusat Litbang Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Irigasi dan Rawa. (2015). *Manager Irigasi dan Knowledge Center*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Irigasi dan Rawa, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Ekawati, N. T. (2011). *Empirical Orthogonal Function dalam Permasalahan Iklim*. Yogyakarta, Indonesia: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM.

Haan, C. T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa, USA: The Iowa State University Press.

Hakim, A., Suriadi, A., & Masruri. (2012). Tingkat kesiapan masyarakat petani terhadap rencana modernisasi irigasi. Studi kasus di Daerah Irigasi Barugbug, Jawa Barat. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 4(2), 67–78.

Haykin, S. (1999). *Self-Organizing Maps: Neural Networks A Comprehensive Foundation* (2 edition). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Hermawan, A. (2006). *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset.

Nugroho, B. D. A. (2016). *Fenomena Iklim Global, Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Gadjah Mada Press.

Triana, H., Suryono, A., & Widodo, E. (2016). Analisis Rencana Tata Tanam Global (RTTG) terhadap kinerja daerah irigasi luasan lebih dari 3000 Ha. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1(2), 85–90.

Yanto, M., Sovia, R., & Mandala, E. P. W. (2018). Jaringan syaraf tiruan perceptron untuk penentuan pola sistem irigasi lahan pertanian di Kabupaten Pesisir Selatan Sumatra Barat. *Sebatik*, 22(2), 111–115.