

Knowledge Discovery in Database dengan Multivariate Linear Regression pada Sistem Pertanian Hidroponik Berbasis Internet of Things

Yoyok Yusman Gamaliel^{#1}, Tunggul Arief Nugroho^{#2}, Lewinna Christiani Aguskin^{*3}

[#]Program Studi Teknik Komputer, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur No. 80-84, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

¹yoyok@ithb.ac.id

²tunggul@ithb.ac.id

^{*}Program Studi Sastra Inggris, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Surya Sumantri No. 65, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

³winna_ch@yahoo.com

Abstract—Hydroponic system depends on some important variables for growing the plants such as temperature, humidity, light intensity, and water pH. There have been many developments in monitoring systems and variable control but they are limited to manual controlling systems. The existing automatic system still utilizes an open system with a threshold as the response trigger system. However, the system could not make corrections when needed until the threshold is achieved. On the other hand, the adaptive system can make corrections based on the feedback to be more responsive to ongoing changes. This research aims at designing the feedback model by discovering the correlation of nutrient concentration as the dependent variable with pH variable, light intensity, humidity, and temperature as the independent variable or predictor using Knowledge Discovery in Database method and multivariate linear regression analysis. The outcome of this result is the mathematical model of the multivariable linear equation describing the relations between the dependent variable and independent variables using the software IBM Statistical Package for Social Sciences. The final finding indicates that the ratio of $F(116, 119)=8.390$, p -value 0,000 which is less than 0,05 proved that the independent variables are able to predict significantly linearly dependent variables with a standard error of 5.6%. The Air_Temp contributes the most significant independent variable to the dependent variable TDS with a p -value of 0.015.

Keywords— hydroponic, multivariate linear regression, knowledge discovery, correlation, Statistical Package for Social Sciences (SPSS)

Abstrak— Sistem hidroponik bergantung pada suhu, kelembapan, intensitas cahaya, nutrisi, dan pH air sebagai variabel penting dalam pertumbuhan tanaman. Pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian variabel tersebut sudah banyak dilakukan, namun masih terbatas pada sistem pengendalian manual. Kalaupun sudah otomatis, masih menggunakan sistem terbuka dengan menggunakan nilai ambang sebagai pemicu respon sistem. Sistem tersebut tidak dapat melakukan koreksi pada keadaan yang diperlukan selain menunggu sampai nilai ambangnya tercapai. Di sisi lain, sistem adaptif mampu melakukan koreksi berdasarkan umpan balik keluaran sistem sehingga sistem menjadi lebih responsif terhadap perubahan yang terjadi. Penelitian ini mengusulkan

untuk membangun sebuah model umpan balik dengan mencari hubungan kepekatan nutrisi sebagai variabel terikat dengan variabel pH, intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu sebagai variabel bebas dengan metode *Knowledge Discovery in Database* dan analisis regresi linear berganda. Penelitian ini menghasilkan sebuah model matematis berupa persamaan linear multivariabel yang menyatakan hubungan antara variabel terikat dan variabel bebasnya menggunakan IBM Statistical Package for Social Sciences. Hasil akhir menunjukkan regresi linear berganda dengan $F(116, 119) = 8,390$, p -value 0,000 yang lebih kecil dari 0,05 di mana variabel bebas dapat memprediksi secara signifikan dari variabel terikatnya dengan tingkat kesalahan yang ditunjukkan oleh tingkat kesalahan 5,6% dengan variabel Air_Temp memberikan kontribusi paling signifikan terhadap variabel terikat TDS dengan p -value 0,015.

Kata Kunci— hidroponik, regresi linear berganda, korelasi, penambangan data, Statistical Package for Social Sciences (SPSS)

I. PENDAHULUAN

Lahan pekarangan menjadi salah satu modal apabila ingin berusaha tani dalam skala rumah tangga, namun ketersediaan lahan di perkotaan sangat terbatas. Selain itu, kesibukan masyarakat perkotaan dalam bekerja menyebabkan mereka tidak memiliki waktu untuk menyalurkan hobinya dalam merawat tanaman. Salah satu jenis sistem budidaya tanaman tanpa tanah yaitu sistem hidroponik. Hidroponik keluarga merupakan teknik yang tidak memerlukan waktu penuh dalam merawat tanaman merupakan tugas yang mudah dan menghibur [1]. Dalam setiap rumah yang kecil selalu ada ruang untuk mendirikan sebuah taman hidroponik keluarga [1].

Faktor-faktor dalam budidaya hidroponik, seperti suhu, kelembapan, nutrisi, dan pH air menjadi bagian penting dalam pertumbuhan tanaman [1]. Air dan larutan nutrisi adalah faktor penentu yang paling penting dari hasil dan kualitas tanaman. Sumber nutrisi tanaman hidroponik didapatkan dari larutan AB mix yang diformulasikan khusus sesuai dengan jenis tanaman, seperti buah, sayuran, dll [2]. *Deep Flow Technique* (DFT) merupakan model budidaya hidroponik dengan air nutrisi yang tergenang dalam pipa atau *gully* dan

air dialirkan melalui pompa ke setiap pipa [3]. Serapan unsur hara yang ada pada larutan nutrisi ditentukan oleh pH larutan, konduktivitas listrik, komposisi nutrisi, dan temperatur [1]. Oleh karena itu, pengendalian kondisi media tanam dan lingkungan tanaman hidroponik merupakan salah satu faktor utama dalam budidaya tanaman hidroponik. Variabel, seperti pH larutan, kelembapan udara, suhu, tinggi air, dan kepekatan nutrisi, adalah bagian yang harus dipantau dan dikendalikan [4].

Sistem hidroponik yang sudah ada masih bersifat terbuka, yaitu dengan menggunakan *threshold* sebagai pengendali variable, seperti kendali pemberian nutrisi, di mana nutrisi yang diberikan dipicu ketika kepekatan nutrisi sudah berada di bawah *threshold* tertentu. Berbeda dengan sistem kendali terbuka, untuk sistem kendali tertutup atau sistem kendali umpan balik, keluaran dari sistem akan dipantau oleh sensor, yang kemudian mengambil data uji dari keluaran untuk diberikan kembali pada *controller* sehingga sistem memiliki kemampuan untuk melakukan koreksi pada keadaan yang diperlukan (sistem menjadi adaptif), tanpa harus menunggu sampai *threshold* tertentu tercapai.

Data mining atau *knowledge discovery in database* (KDD) adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk mencari pola informasi baru yang sebelumnya tidak diketahui dari sejumlah besar data atau *big data*, tetapi valid dan dapat dipahami yang memiliki potensi bermanfaat dalam pengambilan keputusan [5][6]. Pengolahan *big data* menjadi bagian awal menemukan tren data yang selanjutnya dapat dijadikan model yang dapat digunakan oleh *controller* untuk memantau dan mengendalikan sistem hidroponik secara adaptif.

Penelitian tentang sistem pemantauan suhu dan kelembapan serta pengendali pH air sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Alam dan Nasuha (2020) [4] melakukan penelitian sistem kontrol pH air dan sistem monitoring lingkungan tanaman hidroponik dengan menggunakan sistem kontrol logika *fuzzy* untuk mengendalikan pH media tanam, suhu, dan kelembapan tanaman hidroponik. Penelitian ini menghasilkan ketelitian sensor pH meter sebesar 98,38%, ketelitian sensor suhu 97,91%, dan kelembapan 97,65%.

Wardhana, et al. (2020) [7] melakukan penelitian *knowledge management system* (KMS) budidaya hidroponik dengan menggunakan fitur klasifikasi yang terdiri dari *knowledge capture* untuk berbagi pengetahuan melalui proses penambahan pengetahuan baru, *knowledge sharing* untuk sarana berbagi pengalaman antar pengguna melalui komentar, dan *knowledge discovery* sebagai fitur yang memudahkan pengguna dalam mencari pengetahuan yang tersimpan dengan menerapkan algoritme pencarian dokumen berdasarkan kalimat deskripsi menggunakan model *vector space*. Hasil penelitian menunjukkan 100% klasifikasi KMS terpenuhi.

Haryanto et al. (2018) [8] melakukan penelitian sistem monitoring suhu dan kelembapan secara nirkabel dengan Xbee berbasis mikrokontroler pada budidaya tanaman hidroponik. Xbee beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dengan jangkauan mencapai 1500 meter. Hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur Thermo-Hygro yang

menghasilkan rata-rata kesalahan suhu 0,75°C dan rata-rata kesalahan kelembapan 3%.

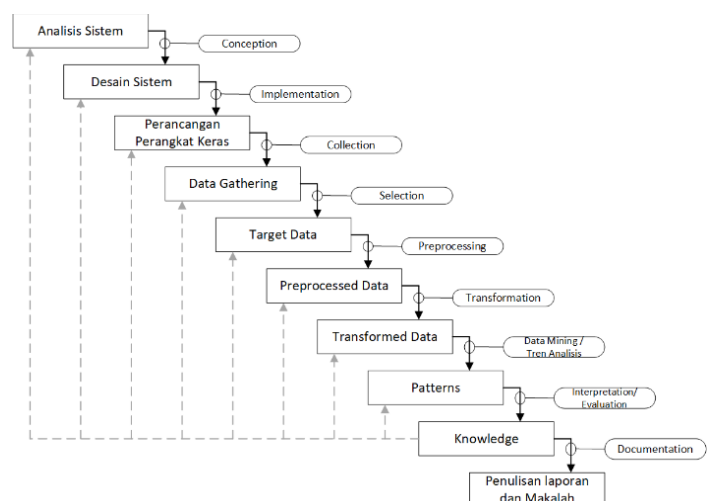
Sholihat et al (2018) [9] melakukan penelitian pengaruh kontrol nutrisi terhadap tanaman kangkung hidroponik dengan sistem NFT. Sebagai pembanding, digunakan sistem tanpa kontrol nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan kontrol nutrisi pertumbuhan tanaman kangkung pada 1100 ppm lebih unggul dari segi tinggi batang, panjang akar, panjang daun, dan warna daun dibandingkan sistem tanpa kontrol nutrisi.

Berdasarkan *state of the art* dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan dan kontrol suhu, kelembapan, intensitas cahaya, pH, dan larutan nutrisi merupakan bagian penting pada tanaman hidroponik. Sistem monitoring sudah dapat dilakukan *real time* tetapi belum menjadikan sistem yang adaptif, bahkan masih ada yang dikontrol secara manual melalui aplikasi. Kontrol yang dilakukan masih sebatas pada level nilai minimum atau maksimum (*threshold*) tertentu. Keterbatasan dari semua penelitian yang dijelaskan pada *state of the art* adalah belum ditemukan sebuah model (matematis) yang dapat menjelaskan hubungan (*correlation*) antara variabel-variabel yang diukur (pH, suhu, intensitas cahaya, kelembapan, dan kepekatan nutrisi/TDS) dan mengukur tren perubahan nilai variabel-variabel tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan *knowledge discovery in database* dengan analisis *multivariate linear regression* untuk mencari hubungan kepekatan nutrisi sebagai variabel terikat dengan variabel pH, intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu sebagai variabel bebas atau *predictor*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah model matematis berupa persamaan linear multivariabel yang menyatakan hubungan antara variabel terikat dan variabel bebasnya.

II. METODOLOGI

Permasalahan yang dijadikan objek penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian besar, yaitu desain dan implemmentasi sistem hidroponik, *knowledge discovery in database*, dan *multivariate linear regression*, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi penelitian dengan *waterfall model*

A. Desain dan Implementasi Sistem Hidroponik

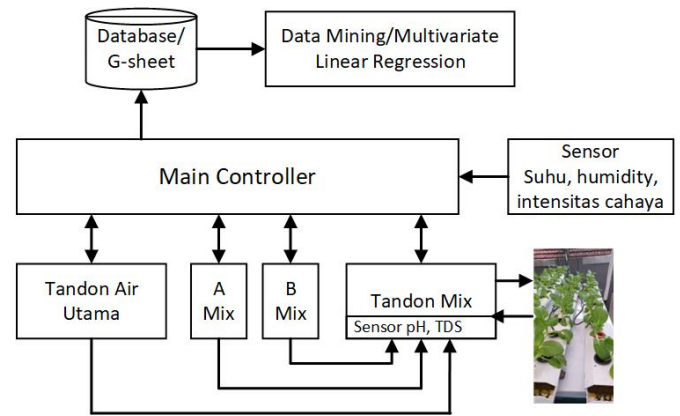
Tahap analisis sistem yang meliputi studi literatur dilakukan untuk menganalisis kebutuhan sistem dan melakukan observasi sistem yang sudah ada. Pada tahap desain sistem, sketsa atau diagram sistem dibuat untuk selanjutnya dirancang dan diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras sistem pemantau hidroponik. Diagram sistem pemantau hidroponik dapat dilihat pada Gambar 2. Tandon air utama berguna untuk mengalirkan air ke tandon *mix*. Nutrisi AB *mix* yang digunakan sebagai sumber utama nutrisi tanaman. Nutrisi AB *mix* dicampur dengan air pada tandon *mix*. Tandon *mix* berisi campuran air dan nutrisi AB yang komposisinya diatur oleh *main controller* dengan mengambil sejumlah nutrisi yang dicampurkan dengan air agar memenuhi nilai TDS antara 1000 sampai 1100. Pada tandon *mix* ini suhu, pH, dan kepekatan nutrisi diukur dengan menggunakan sensor, kemudian nilai dari sensor dikirimkan ke basis data. *Main controller* mengontrol semua sensor yang terpasang dan mengatur aliran data dari sensor ke basis data. Google Sheet digunakan sebagai basis data untuk menyimpan data. *Main controller* juga digunakan untuk mengambil data dari sensor suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya.

B. Knowledge Discovery in Database (KDD)

Metode KDD dan *multivariate linear regression* digunakan untuk memproses *data mining* dan tren analisis untuk membuat model matematis berupa persamaan linear multivariabel. Proses KDD dimulai dari tahap pengumpulan data (*data gathering*), yaitu mengoleksi data dari sensor yang dipasang pada sistem dan disimpan ke dalam basis data di sebuah server (*Internet of Things*). Sensor akan mengambil larutan nutrisi untuk disimpan dalam basis data. Setelah data tersedia di basis data, data akan dipilih menjadi data target dan menjadi data *predictor* sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjutnya, *preprocessing* data dilakukan dengan membuang data duplikat dan data yang tidak ada nilainya (kosong atau *null*). Agar proses analisis dapat lebih mudah dilakukan, maka diperlukan data yang sudah melalui *preprocessing* yang dapat ditransformasi menjadi bentuk data yang berbeda. Sebagai contoh, nilai data linear ditransformasi menjadi nilai data logaritmik. *Multivariate linear regression* analisis dilakukan terhadap data yang sudah ditransformasi untuk mencari *pattern/pola/tren* dari variabel-variabel yang diukur. *Pattern/pola* ini selanjutnya dapat dievaluasi atau diinterpretasikan menjadi sebuah pengetahuan/*knowledge* dalam bentuk model matematis persamaan linear multi variabel dan dapat dijadikan landasan dalam membuat suatu keputusan.

C. Multivariate Linear Regression

Multivariate linear regression adalah metode prediksi yang digunakan untuk membuat sebuah model antara variabel terikat (target, respon, *y*) dan variabel bebas (*predictor*, *x*) dalam bentuk model matematis. Pada penelitian ini analisis *multivariate linear regression* digunakan untuk menghitung hubungan dan pengaruh antara variabel bebas pH, *light*



Gambar 2 Arsitektur sistem hidroponik

intensity, *air temperature*, dan *air humidity* terhadap variabel terikat TDS. Sebelum analisis *multivariate linear regression* dilakukan, ada beberapa asumsi yang harus dipenuhi melalui beberapa pengujian [10], di antaranya:

1. uji normalitas, untuk memastikan model regresi terdistribusi normal
2. uji linearitas, untuk menguji hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat secara parsial adalah linear
3. uji multikolinearitas, untuk menguji tidak ada korelasi antara dua atau lebih variabel bebas dalam model regresi
4. uji heteroskedastisitas, untuk menguji adanya ketidaksamaan varian dari residual untuk semua pengamatan pada model regresi linear

Interpretasi hasil dari *multivariate linear regression* mencakup analisis korelasi dan tren data, estimasi model (menyelaraskan data dengan garis linear), mengevaluasi keabsahan dan kegunaan dari model [11]. Interpretasi hasil dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. menentukan kecocokan model, dengan analisis *R*, *R squared*, dan *adjusted R squared*
2. menentukan signifikansi model secara statistik, dengan analisis *F* rasio dan *p-value* (Sig.) pada tabel anova (*analysis of variance*)
3. menentukan signifikansi dari variabel-variabel bebas
4. menentukan koefisien-koefisien dari model persamaan *multivariate linear regression*
5. menentukan pengaruh antar variabel dengan melihat *zero order*, *partial*, dan *part correlation*

Pengujian asumsi dan proses analisis *multivariate linear regression* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulasi statistik.

Data hasil pembacaan sensor yang tersimpan di basis data dibersihkan dari data duplikat, sedangkan data kosong diisi dengan nilai rata-rata (*mean*) dari variabel data kosong itu ada. Total data yang dianalisis memiliki dimensi 120 x 7. Tabel 1 menunjukkan data uji yang sudah dinormalisasi dengan menggunakan nilai minimum dan maximum. Normalisasi dilakukan agar data uji memiliki rentang yang sama [0, 1].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pengujian Asumsi Multivariate Linear Analysis

Tabel II menunjukkan nilai korelasi linear antar variabel. Nilai korelasi yang mendekati 1 atau -1 menunjukkan hubungan atau tren yang kuat antar variabelnya. Tanda negatif menunjukkan hubungan antar variabel yang berkebalikan. Nilai korelasi terbesar terjadi antara suhu udara dan kelembapan udara sebesar -0,956. Data kedua variabel tersebut menunjukkan hubungan linear seperti ditunjukkan dengan *plot* grafik pada Gambar 3. Semakin besar nilai korelasi linearnya, maka hubungan linear antar variabelnya akan semakin jelas terlihat.

Korelasi variabel bebas terhadap variabel terikat atau prediktor (TDS) dihasilkan oleh suhu udara (*Air_Temp*) sebesar -0,421 disusul oleh kelembapan udara (*Air_Hum*) 0,313, intensitas cahaya (*Light_Int*) -0,367 dan pH 0,118. Nilai korelasi ini menunjukkan kontribusi dari prediktor terhadap variabel terikatnya. Walaupun nilai korelasi antar variabel bebas dan variabel terikat sudah diketahui, tetapi

TABEL I

DATA HIPOTESIS SENSOR SISTEM HIDROPONIK

TDS	pH	L_Int	A_Temp	A_Hum
0,468	0,606	0,068	0,048	0,787
0,328	0,348	0,495	0,333	0,480
0,468	0,652	0,908	0,810	0,120
0,552	0,697	0,027	0,381	0,440
0,328	0,515	0,056	0,048	0,813

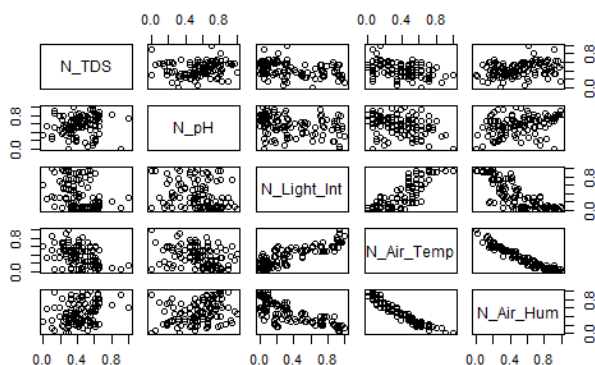
*Catatan: *L_Int* adalah *Light_Int*, *A_Temp* adalah *Air_Temp*, dan *A_Hum* adalah *Air_Hum*

TABEL II

KORELASI ANTAR VARIABEL [12]

	TDS	pH	L_Int*	A_Temp	A_Hum
TDS	1,000	0,118	-0,367	-0,421	0,313
pH	0,118	1,000	-0,296	-0,291	0,288
L_Int*	-0,367	-0,296	1,000	0,833	-0,776
A_Temp	-0,421	-0,291	0,833	1,000	-0,956
A_Hum	0,313	0,288	-0,776	-0,956	1,000

*Catatan: *L_Int* adalah *Light_Int*



Gambar 3 Korelasi linear antar variabel [12]

belum dapat memberikan gambaran yang jelas seberapa besar pengaruh sebuah variabel, seperti kelembapan udara *Air_Hum*, atau kombinasi gabungan dua atau lebih variabel, seperti pH dan intensitas cahaya *Light_Int*, terhadap variabel TDS. Oleh karena itu, selanjutnya akan dilakukan analisis *multivariate linear regression*. Namun, sebelumnya data harus dipastikan memenuhi asumsi melalui pengujian.

Tabel III menunjukkan hasil pengujian normalitas. Nilai dari *Asymp. Sig. (2-tailed)* yang dihasilkan 0,200. Nilai ini lebih besar dari 0,05 sehingga data dipastikan terdistribusi normal dan lulus uji normalitas.

Hasil pengujian linearitas ditunjukkan pada Tabel IV. Nilai dari *p-value (Sig.) deviation from linearity* adalah 0,200 lebih besar dari 0,05 sehingga lulus uji linearitas. Cara lain untuk menguji linearitas adalah dengan membandingkan nilai *F* pada *deviation from linearity* dengan nilai *F* dari tabel *df*(42, 76) yang menghasilkan nilai *F* tabel sebesar 1,544. Karena nilai *F* 1,246 lebih kecil dibandingkan dengan nilai *F* tabel 1,544, maka dapat disimpulkan lulus uji linearitas.

Tabel V menunjukkan hasil pengujian multikolinearitas. Pengujian multikolinearitas dilakukan dengan menganalisis nilai *tolerance* dan *variance inflation factor (VIF)*. Variabel pH dan *Light_Int* memiliki nilai *tolerance* lebih besar dari 0,10 dan nilai VIF lebih kecil dari 10,00 sehingga tidak ada kolinearitas pada kedua variabel tersebut. Hal yang berbeda terjadi pada variabel *Air_Temp* dan *Air_Hum* yang memiliki nilai *tolerance* lebih kecil dari 0,10 dan nilai VIF lebih besar dari 10,00 sehingga memiliki kolinearitas. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk menghilangkan kolinearitas ini dengan mengeluarkan salah satu variabel yang berkorelasi tinggi.

Dengan melihat kembali korelasi antar variabel pada Tabel II, maka variabel yang memiliki korelasi yang tinggi adalah *Air_Temp* dan *Air_Hum*. Salah satu variabel tersebut dapat dihilangkan dari model.

TABEL III

COEFFICIENTS HASIL Uji NORMALITAS

	Unstandardized Residual
N	120
Normal Parameters	Mean 0,0000000
	Std. Deviation 52,25956956
Most Extreme Differences	Absolute 0,050
	Positive 0,050
	Negative -0,043
Test Statistic	0,050
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,200

TABEL IV

TABEL ANOVA HASIL Uji LINEARITAS

	df	F	Sig.
Between Group	43	1,260	0,188
Combined Linearity	1	1,818	0,182
Deviation from Linearity	42	1,246	0,200
Within Group	76		
Total	119		

Tabel VI memperlihatkan nilai *tolerance* dan VIF yang baru setelah variabel *Air_Hum* dihilangkan. Setelah parameter *Air_Hum* dihilangkan, maka keseluruhan variabel tersisa pH, *Light_Int*, dan *Air_Temp* memiliki nilai *tolerance* lebih besar dari 0,10 dan nilai VIF lebih kecil dari 10,00 sehingga lulus uji multikolinearitas, tidak ada kolinearitas pada variabel-variabel tersebut.

Tabel VII menunjukkan hasil pengujian heteroskedastisitas untuk semua variabel bebas. Nilai *p-value* (Sig.) dari pH 0,847, *Light_Int* 0,911, dan *Air_Temp* 0,336 semuanya lebih besar dari 0,05 sehingga lulus uji heteroskedastisitas. Semua pengujian asumsi telah lulus sehingga dapat disimpulkan data dapat dianalisis dengan menggunakan *multivariate linear regression* terhadap variabel terikat TDS dengan variabel bebas pH, *Light_Int*, dan *Air_Temp*.

B. Hasil dan Pengujian Multivariate Linear Analisis Sistem

Analisis *mutivariate linear regression* diawali dengan menentukan kecocokan model, yaitu dengan analisis nilai *correlation coefficient R*, *coefficient of determination R squared*, dan *adjusted R squared* dari model *summary*. Pengujian *R squared* bertujuan untuk mengukur kemampuan model dalam menjelaskan pengaruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya.

Tabel VIII nilai *R* 0,422 menunjukkan model masih dapat digunakan untuk memprediksi secara linear, tetapi koefisien determinasi, *R squared* sebesar 0,178 menunjukkan hubungan yang lemah. Kemampuan variabel bebas pH, *Light_Int*, dan

Air_Temp dalam memberikan semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel terikat TDS masih terbatas. Semua variabel bebasnya secara simultan hanya memiliki pengaruh sebesar 17,8% terhadap variabel terikatnya, sedangkan 82,8% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diuji dalam penelitian. Hal ini selaras juga dengan hasil perhitungan nilai koefisien determinasi lainnya yaitu *adjusted R squared*, dimana diperoleh nilai 0,157 lebih kecil dari nilai *R squared*. Nilai *adjusted R squared* yang lebih kecil menunjukkan bahwa penambahan variabel pada model linear belum dapat memperbaiki hasil model regresi. Hanya 15,7% variasi dari variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas yang ada di dalam model regresi. Standar kesalahan atau residual dari model menunjukkan seberapa presisi model regresi dapat melakukan prediksi. Nilai residual 0,056159 menunjukkan rata-rata model dapat memprediksi salah sebesar 5,6%. Multikolinearitas variabel bebas dapat menyebabkan nilai residual yang tinggi, tetapi pada penelitian ini terbukti tidak terjadi multikolinearitas sehingga model masih dapat memprediksi dengan benar di atas 94%.

Analisis kedua adalah menentukan signifikansi model secara statistik. Tabel IX menunjukkan analisis ragam (anova) yang menguji apakah model regresi relevan dengan data yang digunakan. Analisis ragam pada Tabel IX menunjukkan nilai *F*(116, 119) sebesar 8,390 pada *significant level* 0,05 dan nilai *p-value* 0,000 lebih kecil dari 0,05. Kedua nilai *F* dan *p-value* tersebut menjelaskan bahwa berdasarkan statistik variabel bebas dapat memprediksi secara signifikan dari variabel terikatnya. Seperti juga sudah dijelaskan sebelumnya, model regresi hanya memiliki kesalahan prediksi sebesar 5,6%.

Analisis ketiga adalah menentukan signifikansi dari variabel-variabel bebas. Tabel X menunjukkan hasil uji *t*. Variabel *Air_Temp* memiliki *p-value* 0,015 lebih kecil dari 0,05 sehingga variabel *Air_Temp* adalah signifikan, tetapi variabel pH dan *Light_Int* memiliki *p-value* masing-masing 0,928 dan 0,717 lebih besar dari 0,05 sehingga kedua variabel tersebut tidak signifikan. Hal ini berarti bahwa variabel pH dan *Light_Int* tidak perlu diperhitungkan dalam model regresi

TABEL V

COEFFICIENTS HASIL UJI MULTIKOLINEARITAS

Model	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
pH	0,904	1,106
Light_Int	0,298	3,352
Air_Temp	0,065	15,310
Air_Hum	0,084	11,836

TABEL VI

NEW COEFFICIENTS HASIL UJI MULTIKOLINEARITAS

Model	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
pH	0,906	1,104
Light_Int	0,303	3,498
Air_Temp	0,304	3,288

TABEL VII

COEFFICIENTS HASIL UJI HETEROSKEDASTISITAS

Model	Sig.
1 (Constant)	0,780
pH	0,847
Light_Int	0,911
Air_Temp	0,336

TABEL VIII

MODEL SUMMARY

Model	R	R Squared	Adjusted R Squared	Std. Error of the estimate
1	0,422	0,178	0,157	0,056159

TABEL IX

ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	0,079	116	0,026	8,390	0,000
Residual	0,366	119	0,03		
Total	0,445				

a. Dependent variable: TDS

b. Predictors: (Constant), *Air_Temp*, pH, *Light_Int*

apabila variabel *Air_Temp* sudah ada di dalam model regresi. Hal ini dikarenakan variabel pH dan *Light_Int* tidak akan memberikan kontribusi yang substansial untuk menjelaskan variasi variabel TDS. Seperti sudah dijelaskan pada analisis sebelumnya, variabel bebasnya secara simultan hanya memiliki pengaruh sebesar 17,8% terhadap variabel terikatnya. Terbukti dengan hanya satu variabel bebas *Air_Temp* saja yang secara signifikan berpengaruh terhadap TDS.

Analisis keempat adalah membuat persamaan model *multivariate linear regression* dengan menentukan koefisien-koefisien variabel bebasnya. Persamaan umum *multivariate linear regression* pada penelitian ini dibentuk dari nilai *unstandardized coefficients B* (*beta weight*) pada Tabel X yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y = 1,300 - 0,003x_1 - 0,001x_2 - 0,005x_3 \quad (1)$$

y adalah variabel terikat TDS dalam kiloppm, x_1 adalah variabel bebas pH, x_2 adalah intensitas cahaya (*Light_Int*) dalam kilolux, x_3 adalah suhu udara (*Air_Temp*) dalam °C dan konstanta 1,300.

Konstanta 1,300 adalah nilai prediksi untuk variabel terikat TDS apabila semua variabel bebas pH, *Light_Int*, dan *Air_Temp* sama dengan nol. Nilai koefisien pada persamaan *multivariate linear regression*, atau nilai *B*, pada Tabel X menjelaskan seberapa besar nilai variabel terikat bervariasi dengan sebuah variabel bebas ketika variabel bebas lainnya dibuat konstan. Mengacu pada nilai *unstandardized coefficient* pH 0,003, untuk setiap satu unit kenaikan pada pH, maka ada penurunan (tanda negatif) 0,003 kiloppm, atau 3 ppm, pada nilai TDS. Nilai *B* (*beta weight*) mengukur seberapa besar variabel terikat nilainya akan naik/turun (dalam standar deviasi) ketika satu variabel bebas naik/turun satu standar deviasi dan variabel bebas lainnya dibuat konstan. Jadi, koefisien persamaan dapat digunakan untuk mengurutkan kontribusi variabel bebas pada variabel terikat. Oleh karena itu, dengan melihat setiap koefisien persamaan, variabel *Air_Temp* merupakan kontribusi terbesar (0,005) terhadap TDS, dilanjutkan dengan pH (0,003) dan terakhir *Light_Int* (0,001).

Analisis terakhir adalah menentukan hubungan antar variabel. *Zero-order correlation* pada Tabel XI menunjukkan *zero-order correlation* yang merupakan korelasi bivariat antara variabel terikat (TDS) dengan salah satu variabel bebas

dengan ada/tidak ada pengaruh dari variabel bebas lainnya.

Zero-order correlation untuk variabel bebas *Air_Temp* pada Tabel XI sebesar -0,421 menunjukkan hubungan korelasi antara *Air_Temp* dengan TDS dengan mengabaikan pengaruh dari dua variabel bebas lainnya yang mungkin ada pengaruhnya pada TDS. Ketika pengaruh dari kedua variabel bebas pH dan *Light_Int* diperhitungkan secara konstan pada *Air_Temp* dan TDS, maka korelasi akan berkurang menjadi -0,224 yang ditunjukkan oleh nilai *partial correlation*. Untuk kasus yang sama, nilai *part correlation* -0,208 adalah korelasi antara *Air_Temp* dan TDS ketika pengaruh dari variabel pH dan *Light_Int* diabaikan seluruhnya. Dengan menggunakan nilai *part correlation* pada Tabel XI dan menggunakan analisis tambahan *part coefficient of determination* [10] diperoleh nilai:

$$(-0,008)^2 + (-0,031)^2 + (-0,208)^2 = 0,058$$

Nilai *part of coefficient of determination* 0,058 menunjukkan ada 5,8% variasi dari variabel terikat. Nilai ini berbeda dengan nilai *R squared* yang telah dihitung sebelumnya, 17,8%. Variabel bebasnya secara simultan memiliki pengaruh terhadap variabel terikatnya. Selisih *R squared* dan *part of coefficient of determination* sebesar 17,8 % - 5,8% = 12% adalah variasi variabel terikat yang ditentukan oleh kombinasi dari variabel bebasnya.

IV. SIMPULAN

Pada penelitian ini *multivariate linear regression* digunakan untuk memprediksi konsentrasi nilai nutrisi TDS dari pengaruh pH, intensitas cahaya, dan suhu udara. Model *multivariate linear regression* menghasilkan $F(116, 119) = 8,390$, p -value 0,000 lebih kecil dari 0,05, maka variabel bebas dapat memprediksi secara signifikan dari variabel terikatnya dengan tingkat kesalahan yang ditunjukkan oleh nilai standar kesalahan, atau residual 5,6%.

Dari tiga variabel bebas pH, *Light_Int*, dan *Air_Temp*, hanya variabel *Air_Temp* yang berkontribusi secara signifikan terhadap variabel terikat TDS dengan p -value 0,015 < 0,05, sedangkan dua variabel bebas lainnya, pH dan *Light_Int* tidak memiliki kontribusi signifikan karena memiliki p -value 0,928 dan 0,717 lebih besar dari 0,05.

Variabel bebas yang berkontribusi paling besar untuk menjelaskan variasi variabel terikat adalah *Air_Temp* dengan nilai koefisien pada persamaan linear 0,005. Multikolinearitas dapat dihindari dengan mengesampingkan salah satu variabel bebas *Air_Hum* dari model regresi linear sehingga variabel be-

TABEL X
COEFFICIENTS

Model	B*	Coeff. Std. Error	Beta*	t	Sig.
1 (Constant)	1.300	0,276		4,702	0.000
pH	-0,003	0,036	-0,008	-0,090	0,928
Light_Int	-0,001	0,003	-0,055	-0,363	0,717
Air_Temp	-0,005	0,002	-0,377	-2,472	0,015

a. Dependent variable: TDS

*Catatan: B adalah *unstandardized B*, sedangkan Beta adalah *Standardized Coefficients*

TABEL XI
ZERO ORDER PARTIAL DAN PART CORRELATION

Model	Correlations		
1 (Constant)	Zero-Order	Partial	Part
pH	0,759	0,574	0,266
Light_Int	0,641	0,767	0,454
Air_Temp	-0,653	-0,675	-0,346

a. Dependent variable: TDS

bas tersisa memiliki nilai *tolerance* di atas 0,1 dan VIF di bawah 10. Hanya 12% variasi variabel terikat yang ditentukan oleh kombinasi dari variabel bebasnya.

UCAPAN TERIMA-KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kemenristekdikti dalam program Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2022 dengan nomor kontrak induk 156/E5/PG.02.00.PT/2022 dan nomor kontrak turunan 007/SP2H/RT-MONO/LL4/2022 dan 003/MOU/LPPM/ITHB/VI/2022.S

DAFTAR REFERENSI

- [1] Susilawati, *Dasar-dasar Bertanam Secara Hidroponik*, Unsri Press, 2019.
- [2] S. A. Pohan dan Oktojournal, "Pengaruh konsentrasi nutrisi A-B mix terhadap pertumbuhan caisim secara hidroponik (drip system)," *Lambung*, vol. 18, no. 1, hlm.20-32, Januari 2019.
- [3] M. Singgih, K. Prabawati dan D. Abdulloh, "Bercocok tanam mudah dengan sistem hidroponik NFT," *Jurnal Karya Pengabdian Dosen dan Mahasiswa*, vol. 3, no. 1, hlm. 21-24, Januari 2019.
- [4] R. L. Alam, dan A. Nasuha, "Sistem pengendali pH dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan fuzzy logic controller berbasis IoT," *Electronics, Informatic, and Vocational Education (Ellinvo)*, vol. 5, no. 1, hlm.11-20, Mei 2020.
- [5] D. T. Larose dan C. D. Larose, *Discovering Knowledge in Data - An Introduction to Data Mining*, Wiley, 2014
- [6] C. K. Nwagu, O. C. Omankwu, dan H. Inyama, "Knowledge discovery in databases (KDD): an overview," *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. 15, no.12, hlm. 13-16, Desember 2017.
- [7] A. C. Wardhana, Y. Nurhadryani, dan S. Wahjuni, "Knowledge management system berbasis web tentang budidaya hidroponik untuk mendukung smart society," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 3, hlm. 619-628, Juni 2020.
- [8] B. Haryanto, N. Ismail, dan E. J. Pristianto, "Sistem monitoring suhu dan kelembapan secara nirkabel pada budidaya tanaman hidroponik," *JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 3, no. 1, hlm. 47-54, Juni 2018.
- [9] S. N. Sholihat, M. R. Kirom, dan I. W. Fathonah, "Pengaruh kontrol nutrisi pada pertumbuhan kangkung dengan metode hidroponik nutrient film technique (NFT)," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 1, hlm. 910-915, Maret 2018, Bandung, Indonesia [Daring]. Tersedia: Telkom University Open Library, <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/19120>. [20 Des 2022]
- [10] M. N. Williams, C. A. G. Grajales, dan D. Kurkiewicz, "Assumptions of multiple regression: correcting two misconceptions", *Practical Assessment, Research and Evaluation*, vol. 18, no. 11, Sept 2013.
- [11] C. P. Dhakal, "Interpreting the basic outputs (SPSS) of multiple linear regression", *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 8, no. 6, hlm. 1448-1452, Juni 2019.
- [12] *R: a language and environment statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (2021)*, R Core Team. [Daring]. Tersedia: <https://www.r-project.org/>

Yoyok Gamaliel, kelahiran Ciamis tahun 1974 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Universitas Kristen Satya Wacana dan Master of Engineering dari University of South Australia. Minat penelitian pada analisis data, pemodelan dan simulasi sistem. Saat ini aktif sebagai staf pengajar di Program Studi Teknik Komputer Institut Teknologi Harapan Bangsa di Bandung.

Tunggul Arief Nugroho, memperoleh Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro dari ITB pada Oktober 1991 dan Magister Teknik bidang yang sama dengan subbidang Sistem informasi Telekomunikasi pada Oktober 2001. Minat penelitian pada teknologi *wireless communication* dan aplikasi jaringan sensor nirkabel.

Lewinna Christiani Aguskin, kelahiran Bandung tahun 1978 memperoleh gelar Sarjana Sastra dari Universitas Kristen Maranatha dan Master of Arts dari Ohio University. Minat penelitian pada linguistik terapan dan pengajaran bahasa Inggris. Saat ini sedang menempuh studi lanjut di Universitas Katolik Atma Jaya.