**LAPORAN UJIAN AKHIR SEMESTER TAHUN 2024/2025**

**MODERN PREDICTION AND MACHINE LEARNING**

**Dosen pengampu : Dr. Raden Bagus Fajriya Hakim, S.Si., M.Si.**



Disusun Oleh :

NAMA : Salsabilla Nikita Untoro

NIM : 23611065

**JURUSAN STATISTIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2025**

Daftar Isi

Daftar Isi ...................................................................................................................................ii

Daftar Tabel …………………………………………..……………...………….…………...iii

Daftar Gambar ..........................................................................................................................iv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Percobaan 2

1.3 Manfaat Percobaan 2

BAB II LANDASAN TEORI 3

2.1 Pengertian Rancangan Percobaan 3

2.2 Konsep Dasar Desain Faktorial 3

2.2.1 Definisi dan Karakteristik Desain Faktorial 4

2.2.2 Kelebihan Desain Faktorial 4

2.2.3 Kekurangan Desain Faktorial 5

2.2.4 Sistem Pengkodean dalam Desain Faktorial 5

2.2.5 Efek utama (*Main Effects*) 6

2.2.6 Efek Interaksi (*Interaction Effects*) 6

2.2.7 Metode Perhitungan Efek untuk Desain 7

2.2.8 Model Statistik untuk Desain Faktorial 7

2.2.8.1 Model Efek Tetap (*Fixed Effect Model*) 8

2.2.8.2 Model Efek Acak (*Random Effects Model*) 8

2.3.1 Prosedur Uji Hipotesis dalam ANOVA 9

2.3.2 Interpretasikan Hasil Uji Hipotesis 10

2.3.3 Uji Perbandingan Ganda (*Post – Hoc Tests*) 10

BAB III METODOLOGI 14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 16

4.1 Perhitungan Efek Utama dan Interaksi 16

4.2 Representasi Grafis Desain dan Hasil Analisis 17

4.3 Pengembangan Persamaan Regresi dari Efek 17

4.4 Penyusunan Tabel ANOVA dari Efek 18

4.5 Analisis Diagnosis 18

4.6 Interpretasikan Hasil dalam Konsep Makalah 19

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 20

5.1 Kesimpulan 20

5.2 Saran atau Impikasi Praktis 20

Daftar Pustaka 22

LAMPIRAN 23

Daftar Tabel

[**Tabel 2. 1** Tabel Desain Faktorial . 7](#_Toc204789069)

[**Tabel 4. 1** Tabel Tinggi Tanaman Cabai (cm). 16](#_Toc204786868)

[**Tabel 7. 1** Tabel Tinggi Tanaman Cabai 23](#_Toc204787010)

Daftar Gambar

[**Gambar 4. 1** Grafik Interaksi. 17](#_Toc204789105)

[**Gambar 4. 2** Tabel ANOVA Tanaman Cabai. 18](#_Toc204789106)

# PENGUMPULAN DATA

## Sumber Data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah **student\_data.csv** yang berisi kumpulan informasi mengenai siswa dari dua sekolah berbeda. Data ini merupakan data observasi yang mencakup faktor demografis, sosial, ekonomi, dan akademik yang dapat memengaruhi hasil akhir siswa. Informasi ini diperoleh dari catatan sekolah yang telah diolah menjadi bentuk tabel untuk memudahkan analisis. Data terdiri dari 395 baris (setiap baris mewakili satu siswa) dan 33 kolom yang mencerminkan variabel – variabel independen maupun dependen. Variabel dependen yang menjadi fokus penelitian adalah kelulusan siswa pada ujian akhir, yang didefinisikan berdasarkan nilai akhir (G3). Siswa dianggap lulus apabila G3 ≥ 10, dan tidak lulus jika G3 < 10.

## Variabel yang Digunakan

Dalam implementasi sistem prediksi kelulusan siswa ini, hanya digunakan empat variabel *input* yang diisi langsung oleh pengguna melalui antarmuka web :

1. Nama : identitas siswa yang digunakan untuk menampilkan hasil prediksi secara personal. Variabel ini tidak berpengaruh langsung terhadap proses prediksi, hanya digunakan sebagai informasi pelengkap pada *output*.
2. Kelas : keterangan kelas siswa (misalnya “XI IPA 1”). Sama seperti nama, variabel ini digunakan untuk informasi laporan, bukan sebagai fitur pada model prediksi.
3. Nomor absen : digunakan sebagai masukan yang mewakili jumlah ketidakhadiran (*absences*) siswa. Variabel ini merupakan salah satu fitur yang digunakan dalam model prediksi.
4. Jenis Kelamin : Variabel kategorik dengan dua nilai: “Laki-laki” atau “Perempuan”. Variabel ini di-*encode* menjadi bentuk numerik (*one-hot encoding*) sebelum digunakan dalam model.

Variabel lain yang diperlukan model, seperti waktu belajar, jumlah kegagalan sebelumnya, kondisi kesehatan, dan lain-lain, tidak diinput oleh pengguna. Nilai variabel-variabel tersebut secara otomatis diisi dengan nilai rata-rata (*mean*) dari dataset pelatihan (student\_data.csv) agar model tetap dapat melakukan prediksi meskipun data input dari pengguna minimal.

## Manfaat Percobaan

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi ilmiah yang relavan mengenai kombinasi terbaik antara media tanam dan frekuensi penyiraman dalam budidaya tanaman cabai.
2. Menjadi referensi praktis bagi petani, penyuluh pertanian, dan pelaku budidaya hortikultura dalam meningkatkan produktivitas tanaman cabai secara efisien.
3. Menjadi bahan kajan akademis dan dasar untuk penelitian lanjutan yang melibatkan faktor – faktor lain dalam tanaman hortikultura.

# LANDASAN TEORI

## Pengertian Rancangan Percobaan

Suatu percobaan dilaksanakan untuk mendapatkan informasi dari populasi. Informasi yang diperoleh digunakan untuk beberapa hal, diantaranya yaitu inferensia tentang parameter populasi, membuat keputusan tentang hipotesis yang telah dibuat dan merencanakan riset berikutnya. Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskriptif atau statistika inferensi yang bertujuan untuk mengubah *input* menjadi suatu *output* yang merupakan respon percobaan tersebut.

Dalam merancang suatu percobaan, pasti terdapat tujuan yang ingin di dapatkan. Tujuan dirancang suatu percobaan adalah untuk memperoleh keterangan tentang bagaimana respon yang akan diberikan oleh suatu objek pada berbagai keadaan tertentu yang ingin di perhatikan. Keadaan tertentu tersebut biasanya sengaja diciptakan yaitu melalui pemberian perlakuan dan pengaturan keadaan lingkungan. Selain itu, dalam percobaan juga diperhatikan mengenai gangguan keragaaman alami yang mempengaruhi penelaahan respon, serta pengaruh berbagai faktor yang memang tidak bisa dibuat sama persis bagi setiap objek percobaan.

## Konsep Dasar Desain Faktorial

Rancangan eksperimental adalah disiplin yang banyak menarik banyak pekerjaan dengan berbagai latar belakang. Untuk matematikawan tampak sebagai cabang kombinator; kepada peneliti operasional seperti sebuah cabang teori optimasi; ilmuan komputer sebagai pencarian untuk matriks kejadian yang nilai *eigen* – nya memiliki sifat yang dapat diterima; dan kepada eksperimen sebagai alat untuk merancanakan penyelidik secara efisien (Williams, 1988). (Montgomery, 2008) menyatakan bahwa *Desain of Experiments* untuk pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald A. Fisher sekitar tahun 1920 – 1930. Konsep *Design of Experiments* pertama kali di manfaatkan pada *Rothamsted Agricultural Experimental Station* di kota London, Inggris.

Sebuah penelitian eksperimen selalu ada perlakuan (variabel independen) yang dengan sengaja diberikan kepada subjek yang akan diteliti. Dalam sebuah eksperimen perlakuan dimana akan disajikan secara simultan yang dinamakan dengan perlakuan kombinasi. Secara sederhana eksperimen ini disebut eksperimen faktorial atau percobaan faktorial atau desain faktorial. Menurut (Trochim, 2006), desain faktorial menjadi pilihan penting pada penelitian eksperimen karena memiliki fleksibelitas yang tinggi untuk mengeksplorasi atau meningkatkan variasi perlakuan serta efisiensi untuk menguji efek utama dan interaksi antar faktor atau variabel penelitian. Menurut (Santosa, 2010), desain faktorial adalah desain eksperimen dengan adanya dua atau lebih variabel independen yang dimanipulasi. Istilah “variabel independen” pada desain faktorial diganti dengan “faktor”.

## Definisi dan Karakteristik Desain Faktorial

Eksperimen yang dilakukan banyak melibatkan dua atau lebih faktor. Dengan desain faktorial, maka setiap kemungkinan level kombinasi dari semua faktor akan diselidiki. Sebagai contoh, apabila terdapat a level dari faktor A dan b level dari faktor B, maka replikasi percobaan akan dilakukan untuk setiap kombinasi ab. Efek dari suatu faktor didefinisikan sebagai respons yang dihasilkan dari perubahan level faktor tersebut. Hal ini seringkali disebut sebagai efek utama karena mengacu pada faktor *primer* dari percobaan. Selain efek utama, terdapat pula efek interaksi yaitu perbedaan antara efek satu faktor pada level yang berbeda dari faktor lain. Eksperimen faktorial digunakan untuk menyelidiki secara bersamaan efek terhadap beberapa faktor berlainan. Factorial design digunakan untuk dampak simultan lebih dari satu variabel bebas.

## Kelebihan Desain Faktorial

1. Efisiensi jumlah percobaan

* Dalam satu rancangan, bisa menguji lebih dari satu faktor sekaligus.
* Ini menghemat waktu, biaya dan sumber daya dibandingkan menjalankan eksperimen terpisah untuk tiap faktor.

1. Dapat mengamati interaksi antar faktor

* Desain faktorial memungkinkan untuk menganalisis apakah kombinasi dua atau lebih faktor memiliki efek interaksi.
* Hal ini tidak bisa dianalisis jika hanya menggunakan desain satu faktor.

1. Informasi lebih lengkap

* Memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang sistem atau perilaku yang sedang dipelajari.

1. Ketepatan estimasi lebih baik

* Karena variasi yang tidak dijelaskan dapat dipecah lebih rinci (menjadi variasi karena faktor A, faktor B, interaksi dan galat), maka galat percobaan lebih kecil dan uji statistik lebih kuat.

1. Memungkinkan optimasi kombinasi perlakuan

* Sangat cocok untuk menentukan kombinasi terbaik dari beberapa faktor.

1. Fleksibel untuk diperluas

* Desain faktorial bisa digunakan untuk 2 faktor, 3 fakor dan bahkan lebih serta tingkat faktor yang berbeda (misalnya 2x2, 3x2, 2x2x2, dll).

## Kekurangan Desain Faktorial

1. Kompleksitas meningkat

* Semakin banyak faktor dan tingkatnya, maka jumlah kombinasi perlakuan akan bertambah sangat cepat.
* Ini membuat desain dan analisis menjadi lebih rumit, apalagi jika menggunakan 3 faktor atau lebih.

1. Membutuhkan banyak unit percobaan

* Karena semya kombinasi faktor harus dicoba, maka akan membutuhkan lebih banyak unit eksperimen, ruang, waktu dan tenaga.
* Tidak cocok jika sumber daya terbatas.

1. Analisis interaksi bisa sulit untuk diinterpretasikan

* Jika ada interaksi yang signifikan, interpretasinya bisa tidak intuitif atau kompleks.

1. Tidak efisien bila banyak faktor tidak signfikan

* Jika ternyata hanya 1 faktor yang berpengaruh, desain faktorial bisa terasa boros, karena telah menguji banyak kombinasi yang ternyata tidak penting.

1. Rentan kesalahan eksperimen

* Semakin banyak kombinasi, maka semakin sulit menjaga kondisi yang seragam.
* Ini bisa meningkatkan variablitas *error* jika tidak hati – hati.

1. Sulit diterapkan dalam kondisi lapangan tertentu

* Dalam praktik seperti pertanian atau industri, menguji semua kombinasi bisa tidak realistis karena keterbatasan lahan, alat atau waktu pelaksanaan.

## Sistem Pengkodean dalam Desain Faktorial

Dalam desain faktorial dua level (), sistem pengkodean digunakan untuk menyederhanakan perhitungan efek dan memfasilitasi analisis regresi. pengkodean yang paling umum adalah menggunakan nilai -1 untuk level rendah dan +1 untuk level tinggi. Pengkodean ini digunakan dalam perhitungan efek utama dan interaksi. Efek dihitung dengan mengalikan nilai kode dengan nilai respons (Y) dan menjumlahkan seluruh hasilnya, lalu dibagi dnegan separuh jumlah total pengamatan .

Rumus umum :

* Efek utama faktor A :
* Efek utama faktor B
* Faktor interaksi AB

## Efek utama (*Main Effects*)

Dalam percobaan faktorial, pengaruh atau efek (*effect*) yang ditimbulkan oleh variabel bebas atau perlakuan faktorial, dapat dilihat dari respon yang ditunjukkan oleh variabel tak bebas atau variabel respon (*respond variable*). Jadi percobaan faktorial adalah adalah percobaan yang perlakuannya terdiri atas semua kemungkinan kombinasi taraf dari beberapa faktor atau perlakuan (Torrie, 1989). Perlakuan kombinasi atau perlakuan faktorial merupakan gabungan dari perlakuan tunggal yang dicobakan dalam suatu rancangan. Selanjutnya, pengaruh perlakuan faktorial atau perlakuan kombinasi, dapat dipilah menjadi tiga macam pengaruh yaitu : (1) pengaruh sederhana atau pengaruh Tunggal, (2) pengaruh utama atau pengaruh faktor, dan (3) pengaruh interaksi atau kerjasama antar – level dari faktor atau perlakuan tunggal ( (Federer, 1977) dan (Torrie, 1989).

## Efek Interaksi (*Interaction Effects*)

Pengaruh interaksi merupakan pengaruh level faktor yang satu (A) terhadap level faktor yang lain (B) atau pengaruh interaksi adalah kegagalan level faktor yang satu terhadap level faktor yang lainnya untuk memberikan atau menunjukkan respon yang sama. Pengaruh interaksi dapat juga dikatakan sebagai perbedaan atau selisih respon dari suatu faktor terhadap level faktor lainnya atau pengaruh interaksi adalah merupakan rata – rata selisih dari pengaruh tunggal atau pengaruh sederhana. Apabila pengaruh tunggal dari suatu faktor berbeda nyata, maka perbedaan ini merupakan akibat pengaruh interaksi antara dua faktor yang tidak disebutkan. Pengaruh interaksi antara perlakuan A dan B yang sering ditulis dengan AxB. Interaksi AxB merupakan suatu hubungan yang simetris artinya interaksi antara A dan B adalah persis sama dengan interaksi antara B dan A (Petersen, 1994).

## Metode Perhitungan Efek untuk Desain

Pada desain faktorial dua level (), setiap faktor memiliki dua level (rendah dan tinggi), biasanya dikodekan dengan -1 dan +1.

**Tabel 2. 1 Tabel Desain Faktorial .**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Faktor** | **A** | **B** | **AB** |
| (1) | -1 | -1 | +1 |
| a | +1 | -1 | -1 |
| b | -1 | +1 | -1 |
| ab | +1 | +1 | +1 |

Tanda pada interaksi, secara sederhana, merupakan perkalian antar faktor. Contoh : untuk kombinasi perlakuan (1), faktor A bertanda -1 dan faktor B bertanda -1, sehingga hasil perkaliannya adalah +1. Tanda pada faktor A, berselang – seling antara -1 dan +1. Sementara tanda pada faktor B berseling setiap dua Langkah, -1 berulang kali, kemudian +1 berulang dua kali. Untuk menghitung efek utama dan interaksi dapat digunakan dengan menggunakan rumus :

* Pengaruh utama faktor A :
* Pengaruh utama faktor B :
* Pengaruh interaksi AB :

## Model Statistik untuk Desain Faktorial

Model statistik dalam desain faktorial adalah suatu representasi matematis yang menjelaskan bagaimana variabel respons (Y) dipengaruhi oleh faktor – faktor perlakuan (misalnya A dan B), serta interaksi di antara faktor – faktor tersebut. Model ini digunakan untuk menguraikan kontribusi masing – masing faktor terhadap total variasi dalam data, serta untuk menguji signifikansi dari efek – efek tersebut. Dengan model ini, analisis variansi (ANOVA) dapat dilakukan untuk menentukan apakah suatu faktor atau kombinasi faktor secara signifikan memengaruhi respons yang diamati. Model matematis untuk desain faktorial dua arah dengan replikasi dapat dituliskan sebagai berikut :

Keterangan :

* : respons pada level ke – i dari faktor A dan level ke – j dari faktor B pada ulangan ke – k
* : rata – rata umum (*grand* *mean*)
* : pengaruh utama faktor A
* : pengaruh utama faktor B
* : pengaruh interaksi antara faktor A dan B
* : galat acak, diasumsikan menyebarkan normal, independen, dan homogen

Model ini dapat digunakan dalam pendekatan *fixed effect* (jika level – level perlakuan adalah tetap) atau *random effect* (jika level diambil secara acak dari populasi), tergantung pada tujuan penelitian.

## 2.2.8.1 Model Efek Tetap (*Fixed Effect Model*)

Menurut (Zainal, 2007), pada pendekatan model efek tetap diasumsikan bahwa *intercept* dan *slope* () dari persamaan regresi (model) dianggap konstan baik antar unit *cros section* maupun antar unit *time series*. Satu cara untuk memperhatikan unit *cross – section* atau unit *time – series* adalah dengan memasukkan variabel boneka/semu (*dummy variable*) untuk mengizinkan terjadinya perbedaan nilai parameter yang berbeda – beda, baik lintas unit *cross – section* maupun antar unit *time* *series*. Pendekatan yang paling sering dilakukan adalah dengan mengizinkan intersep bervariasi antar unit *cross – section* namun tetap mengasumsikan bahwa *slope* koefisien adalah konstan antar unit *cross – section*. Pendekatan ini dikenal dengan sebutan model efek tetap (*fixed effect model*/FEM).

## 2.2.8.2 Model Efek Acak (*Random Effects Model*)

Dalam mengestimasi data panel melalui pendekatan FEM, variabel *dummy* menunjukkan ketidakpastian model yang digunakan. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan variabel residual yang dikenal dengan pendekatan *random effect model* (REM). Ide dasar dari REM adalah mengasumsikan *error* bersifat *random*. REM diestimasi dengan metode *Generalized Least Square* (GLS)

#### **Analisis Variansi (ANOVA) dalam Desain Faktorial**

Uji ANOVA (*analysis of variance*) pada desain faktorial adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan signifikan antara kelompok – kelompok dalam desain faktorial. ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis apakah ada pengaruh yang signifikan dari faktor – faktor dan interaksi faktorial terhadap variabel respon.

## Prosedur Uji Hipotesis dalam ANOVA

Uji hipotesis ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata – rata dari dua atau lebih kelompok perlakuan. Pada desain faktorial, ANOVA dilakukan untuk masing – masing efek utama yaitu faktor A dan B, serta efek interaksi yaitu AB. Langkah – Langkah prosedur uji hipotesis dalam ANOVA yaitu :

1. Menyusun hipotesis statistik

Uji hipotesis dalam ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata – rata kelompok perlakuan.

* Hipotesis nol () : semua rata – rata kelompok perlakuan adalah sama.
* Hipotesis alternatif () : setidaknya ada dua rata – rata yang berbeda.

1. Pengaruh faktor utama A

:

:

1. Pengaruh faktor utama B

:

:

1. Pengaruh interaksi AB

:

:

1. Menentukan taraf signifikan ()

Taraf signifikan adalah batas probabilitas yang digunakan untuk menentukan apakah hasil uji statistik cukup kuat untuk menolak . Umunya digunakan dan . Artinya, kita bersedian menerima kesalahan sebesar 5% atau 1% dalam menyimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan.

1. Menentukan daerah kritis atau nilai p – value

Daerah kritis adalah wilayah distribusi F dimana akan ditolak. Ditetapkan berdasarkan nilai F tabel untuk df antara perlakuan dan df dalam galat. Jika nilai F hitung > F tabel, maka nilai tersebut masuk ke daerah kritis, dan ditolak.

1. Menghitung statistik uji yaitu F Hitung

Statistic uji dalam ANOVA adalah nilai F yang dihitung dari data.

Keterangan :

* MSE : *Mean Square Treatment* (antara kelompok)
* MSE : *Mean Square Error* (dalam kelompok)

Nilai F akan menunjukkan seberaoa besar variasi antar kelompok dibandingkan variasi dalam kelompok.

1. Mengambil keputusan

Keputusan dibuat berdasarkan perbandingan antara F hitung dengan F tabel :

* Jika F hitung > F tabel, maka tolak .
* Jika F hitung F tabel, maka gagal tolak .

1. Menarik kesimpulan

Kesimpulan menyatakan hasil uji dalam konteks persoalan nyata :

* Jika ditolak, berarti ada perbedaan yang signifikan antar rata – rata perlakuan.
* Jika tidak ditolak, berarti tidak ada cukup bukti bahwa rata – rata perlakuan berbeda.

## Interpretasikan Hasil Uji Hipotesis

Interpretasi hasil uji hipotesis bertujuan untuk menyimpulkan apakah perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang signifikan atau tidak terhadap variabel respon yang diamati, berdasarkan nilai statistik uji dan taraf signifikansi yang telah ditentukan. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan (*p – value* < ). Maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang berbeda menghasilkan rata – rata respon yang berbeda secara nyata, dan perlu dilakukan analisis lanjut untuk mengetahui pasangan perlakuan mana yang berbeda.

## Uji Perbandingan Ganda (*Post – Hoc Tests*)

Uji perbandingan ganda (*post – hoc test*) dilakukan setelah uji ANOVA menunjukkan hasil signifikan, yaitu terdapat perbedaan nyata antara rata – rata perlakuan. Tujuan uji ini adalah untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata satu sama lain secara spesifik.

1. Uji Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*)

Uji tukey sering disebut dengan uji beda nyata jujur atau HSD (*Honestly Significant Different*). Diperkenalkan oleh Tukey pada tahun 1953. Uji tukey digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata – rata perlakuan setelah uji analisis *varian* dilakukan. Uji tukey dapat digunakan untuk membandingkan masing – masing perlakuan yang terdapat dalam percobaan, sehingga dapat diketahui antar perlakuan yang berbeda dan tidak berbeda, tanpa memperhatikan jumlah perlakuan yang dicobakan. Uji tukey dapat digunakan jika tiap perlakuan mendapat ulangan yang sama.

1. Uji Duncan’s Multitipe Range Test

Uji duncan (*Duncan’s Multitipe Range Test*) digunakan apabila F hitung > F tabel. Uji duncan didasarkan pada sekumpulan nilai beda nyata yang memiliki ukuran semakin besar tergantung pada jarak di antara pangkat – pangkat dari dua nilai tengah yang dibandingkan. Uji duncan tidak menggunakan satu titik kritis, tetapi menggunakan (t – 1) titik kritis (Gaspersz, 1991).

#### **Pemeriksaan asumsi (Diagnostik Model)**

Pemeriksaan asumsi merupakan tahap penting dalam analisis ANOVA untuk memastikan bahwa hasil pengujian *valid* dan dapat dipercaya. ANOVA hanya memberikan hasil yang sah jika asumsi – asumsi dasarnya terpenuhi. Pemeriksaan ini dikenal juga dengan istilah diagnostik model. Yang dimana bertujuan untuk memastikan bahwa data memenuhi syarat – syarat statistik yang diperlukan agar uji ANOVA memberikan hasil yang akurat. Asumsi yang harus terpenuhi untuk regresi linier sederhana, yaitu :

1. Hubungan linier

Harus ada hubungan linier dan aditif antara variabel dependen dan variabel independen. Sebuah hubungan linier menunjukkan bahwa perubahan respon karena satu unit perubahan adalah konstan, terlepas dari nilai. Sedangkan hubungan aditif menunjukkan bahwa pengaruh pada tidak tergantung pada variabel lain. Asumsinya adalah ada linieritas atau aditif dalam parameter. Artinya, efek dari variabel dalam model harus bertambah. Untuk mengetahui hubungan linier antara variabel dependen dan independen dapat dilihat dari *scatterplot*.

1. Autokorelasi

Residual yang berkorelasi mungkin disebabkan karena beberapa hal. Resiual dari pengamatan pada waktu tertentu cenderung untuk berkorelasi dengan residual yang berdekatan. Misalkan saja pada pengamatan pertumbuhan tanaman atau hewan, residual yang didapatkan akan cenderung saling berkorelasi. Pengaruh adanya residual yang saling berkorelasi ini adalah berkurangnya presisi dari estimator metode kuadrat terkecil atau *Ordinary Least Square* (OLS), serupa dengan pengaruh ketidakhomogenan varians. Secara eksploratif, plot residual yang dapat dipergunakan untuk memeriksa asumsi ini adalah plot antara residual dengan urutan residual tersebut. Apabila residual saling bebas, maka plot tersebut tidak akan memiliki pola apapun. Uji Durbin – Watson merupakan pengujian autokorelasi sisaan ordo satu (sisaan berkorelasi dengan sisaan satu *lag*/jeda waktu sebelumnya). Hipotesis yang diuji pada uji Durbin – Watson ini adalah :

: Tidak terdapat autokorelasi ordo 1 pada residual

: Terdapat autokorelasi ordo 1 pada residual

Selanjutnya *p – value* model tersebut dibandingkan dengan taraf signifikansi. Jika kurang dari , maka tolak dan sebaliknya. Statistik uji Durbin – Watson didasarkan pada residual dari metode OLS adalah

Dengan T adalah banyaknya pengamatan.

1. Homoskedastisitas

Asumsi kehomogenan/kesamaan *varians* (*homoscedasticity*) memainkan peranan yang sangat penting di dalam pendugaan dengan metode OLS. Asumsi ini berimplikasi bahwa setiap pengamatan pada variabel dependen mengandung infomasi yang sama penting. Konsekuensinya, semua pengamatan di dalam metode OLS mendapatkan bobot yang sama besar. Dengan kata lain, ketidakhomogenan varians (*heteroscedasticity*) mengakibatkan beberapa pengamatan mengandung informasi yang lebih dibandingkan yang lain. Dengan demikian, pengamatan ini seharusnya mendapatkan bobot yang lebih besar dibandingkan pengamatan yang lain. Pengaruh dari tidak dipenuhinya asumsi ini adalah presisi dari estimator metode OLS menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan estimator yang mengakomodir ketidakhomogenan *varians* tersebut (Rawlings, 1998).

Hipotesis untuk menguji kehomogenan *varians* residual:

: Asumsi kehomogenan *varians* residual terpenuhi

: Asumsi kehomogenan *varians* residual tidak terpenuhi

Selanjutnya *p – value* model tersebut dibandingkan dengan taraf signifikansi. Jika kurang dari, maka tolak dan sebaliknya.

1. Residual terdistribusi secara normal

Asumsi bahwa residual menyebar normal tidak terlalu penting dalam pendugaan parameter regresi dan pemisahan total varians. Estimator dengan metode OLS tetap merupakan estimator takbias terbaik apabila asumsi lain terpenuhi. Kenormalan hanya diperlukan pada waktu pengujian hipotesis dan penyusunan selang kepercayaan bagi parameter. Secara umum, pengaruh ketidaknormalan residual terhadap pengujian dan penyusunan selang kepercayaan adalah bahwa taraf signifikansi yang berkaitan dengan dua hal tersebut tidak lagi sesuai dengan yang ditentukan (Rawlings, 1998).

Secara eksplorasi, pemeriksaan terhadap asumsi kenormalan dapat dilakukan dengan *histogram* residual maupun plot normal. Jika kurva normal setangkup atau plot normal mendekati garis lurus, maka residual dikatakan menyebar normal.

Hipotesis untuk menguji kenormalan residual:

: Residual menyebar normal

: Residual tidak menyebar normal

Selanjutnya *p – value* model tersebut dibandingkan dengan taraf signifikansi. jika kurang dari, maka tolak dan sebaliknya.

# METODOLOGI

#### **Identifikasi Faktor dan Level**

Penelitian ini mengadopsi desain faktorial dua arah untuk mengevaluasi pengaruh dari dua faktor utama terhadap pertumbuhan tanaman cabai. Kedua faktor tersebut telah diidentifikasi berdasarkan praktik agronomi yang umum dan literatur pendukung.

Faktor pertama adalah jenis media tanam. Media tanam merupakan tempat tumbuhnya akar tanaman dan berfungsi sebagai penyimpan air, penyedia unsur hara, serta ruang pertukaran udara. Dalam penelitian ini digunakan tiga jenis media tanam yang banyak diaplikasikan dalam praktik pertanian skala kecil hingga sedang, yaitu :

* : Tanah murni (sebagai kontrol atau perlakuan dasar)
* : Campuran tanah dan sekam padi (meningkatkan porositas dan *drainase*)
* : Campuran tanah dan kompos (meningkatkan ketersediaan nutrisi organik)

Faktor kedua adalah frekuensi penyiraman. Air merupakan elemen penting dalam proses fotosintesis dan metabolisme tanaman. Frekuensi penyiraman menentukan ketersediaan air di zona akar. Tiga level frekuensi penyiraman yang digunakan adalah :

* : Setiap hari (penyiraman intensif untuk menjaga kelembapan stabil)
* : Dua hari sekali (frekuensi moderat)
* : Tiga hari sekali (penyiraman jarang, menguji ketahanan tanaman terhadap defisit air)

Dengan demikian, terdapat 3 level pada masing – masing faktor, sehingga total terdapat 9 kombinasi perlakuan (3 × 3).

#### **Identifikasi Variabel Respons**

Variabel respons yang diukur dalam penelitian ini adalah tinggi tanaman cabai (dalam satuan sentimeter). Tinggi tanaman dipilih sebagai indikator pertumbuhan karena mudah diukur, dapat mencerminkan kondisi fisiologis tanaman secara umum, serta sensitif terhadap perubahan kondisi media tanam dan air. Pengukuran dilakukan pada hari ke – 30 setelah tanam, saat tanaman cabai telah memasuki fase vegetatif aktif dan menunjukkan pertumbuhan batang yang signifikan.

#### **Desain Percobaan yang Digunakan**

Desain percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain faktorial 3 x 3 (dua arah) tanpa ulangan blok, di mana dua faktor masing – masing memiliki tiga level. Setiap kombinasi dari kedua faktor diuji dalam percobaan sehingga total terdapat 9 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi diulang sebanyak tiga kali (ulangan), sehingga total unit percobaan adalah :

Jumlah kombinasi perlakuan = 3 (media tanam) x 3 (frekuensi penyiraman) = 9

Jumlah ulangan per kombinasi = 3

Total unit percobaan = 9 x 3 = 27

Desain ini merupakan desain faktorial murni tanpa blok, artinya tidak ada pengelompokan berdasarkan kondisi lingkungan atau faktor *blocking*. Semua unit percobaan diasumsikan homogen dan perlakuan diberikan secara acak.

#### **Metode Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, data diperoleh dari sumber sekunder yang diadaptasi dari hasil penelitian terdahulu. Data tinggi tanaman cabai digunakan sebagai variabel respons, diambil dari jurnal pertanian yang relevan. Data pada jurnal tersebut mencerminkan hasil pengamatan pertumbuhan tanaman cabai berdasarkan berbagai kombinasi media tanam dan frekuensi penyiraman. Nilai – nilai rata – rata pertumbuhan yang dilaporkan dalam jurnal digunakan sebagai dasar untuk menyusun data simulasi yang sesuai dengan desain faktorial 3 x 3. Simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan variasi alami dari pertumbuhan tanaman pada tiap kombinasi perlakuan. Nilai – nilai tinggi tanaman disimulasikan secara acak mengacu pada distribusi normal dengan rata – rata dan standar deviasi yang mendekati kondisi nyata sebagaimana dilaporkan dalam jurnal. Penggunaan data sekunder dari jurnal tersebut memungkinkan perancangan eksperimen yang realistis dan konsisten dengan hasil empirik terdahulu, sekaligus memfasilitasi penerapan analisis statistik menggunakan desain faktorial.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## Perhitungan Efek Utama dan Interaksi

Dalam analisis desain faktorial, efek utama (*main effects*) mengacu pada pengaruh rata – rata masing – masing faktor terhadap variabel respons secara terpisah, sedangkan efek interaksi menunjukkan apakah pengaruh satu faktor bergantung pada level faktor lainnya. Dalam konteks penelitian ini, dua faktor yang diuji adalah :

* Faktor A : Jenis media tanam (= Tanah, = Tanah + Sekam, = Tanah + Kompos)
* Faktor B : Frekuensi penyiraman ( = Setiap hari, = Dua hari sekali, = Tiga hari sekali)
* Variabel respons : Tinggi tanaman cabai (cm) pada hari ke – 30

Perhitungan efek dilakukan berdasarkan rata – rata hasil simulasi tiap kombinasi perlakuan (A×B). Misalnya, asumsikan hasil simulasi tinggi tanaman (cm) sebagai berikut (nilai rata – rata dari 3 ulangan per kombinasi) :

**Tabel 4. 1** Tabel Tinggi Tanaman Cabai (cm).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Media Tanam/ Frekuensi Siram | (Setiap hari) | (2 hari) | (3 hari) | Rata – rata A |
| (Tanah) | 27 | 23 | 20 | 23.33 |
| (Tanah + Sekam) | 30 | 26 | 22 | 26 |
| (Tanah + Kompos) | 32 | 28 | 25 | 28.33 |
| Rata – rata B | 29.67 | 25.67 | 22.33 |  |

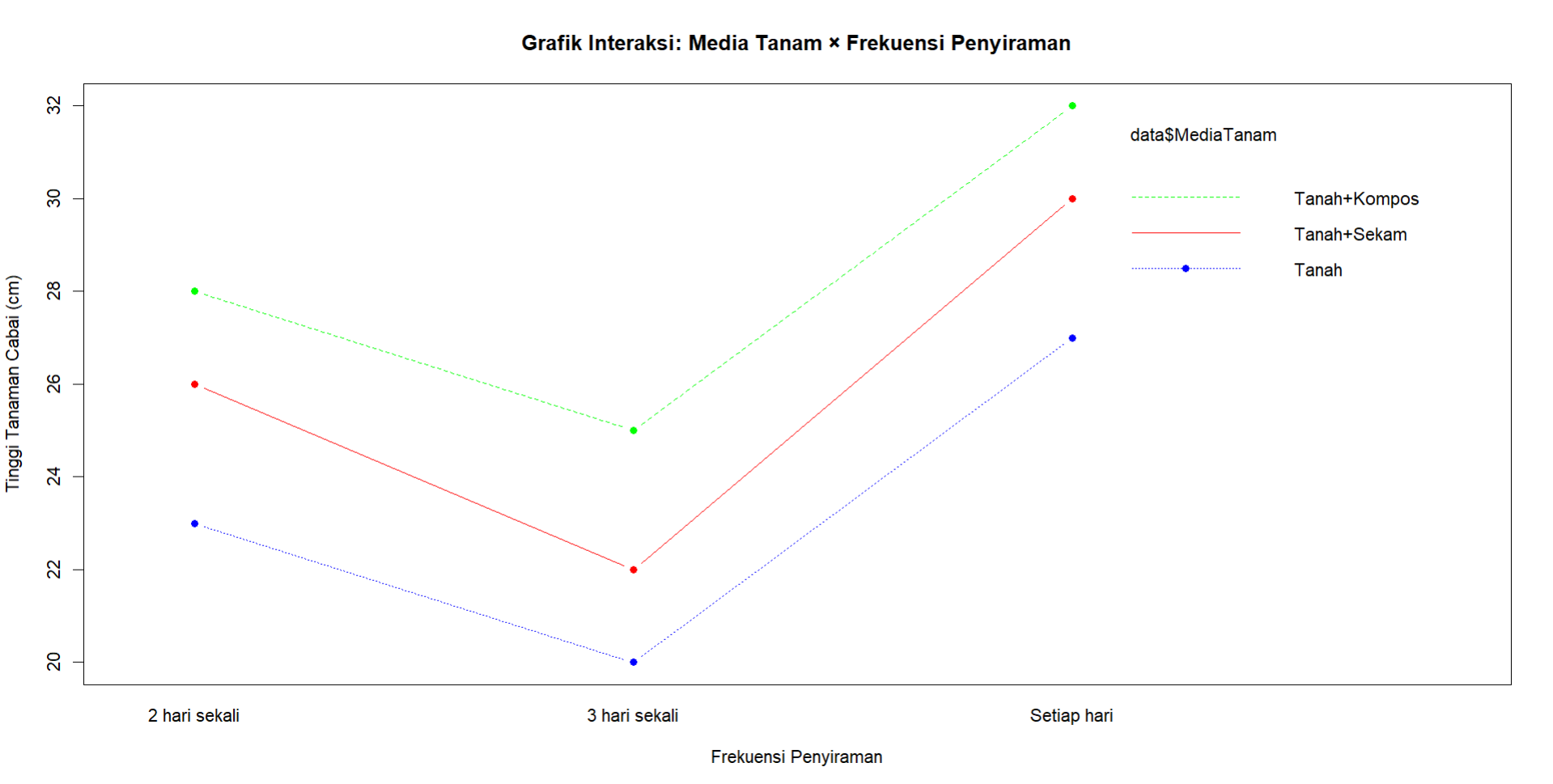
Berdasarkan **Tabel 4.1**, menghitung efek utama :

* Efek utama faktor A (media tanam) :

* Efek utama faktor B (penyiraman) :

* Efek interaksi :

## Representasi Grafis Desain dan Hasil Analisis



**Gambar 4. 1** Grafik Interaksi.

Grafik diatas menunjukan interaksi antara dua faktor perlakuan dalam desain faktorial, yaitu :

* Faktor A : Media Tanam (Tanah, Tanah + Sekam, Tanah + Kompos)
* Faktor B : Frekuensi Penyiraman (Setiap hari, 2 hari sekali, 3 hari sekali)
* Variabel Respons : Tinggi tanaman cabai (cm)

Sumbu X adalah frekuensi penyiraman (setiap hari, 2 hari, dan 3 hari). Sumbu Y adalah tinggi tanaman cabai (cm). Garis bewarna biru adalah media tanam (tanah), warna merah adalah media tanam (tanah + sekam) dan warna hijau adalah media tanam (tanah +kompos). Efek utamanya yaitu media tanam yang mengandung bahan organik tambahan (sekam atau kompos) secara konsisten menghasilkan tanaman yang lebih tinggi dibandingan tanah murni yang dimana semakin sering penyiraman dilakukan, maka rata – rata tinggi tanaman meningkat pada semua jenis media tanam. Efek interaksinya yaitu garis – garis yang tidak sejajar menunjukkan adanya interaksi antara tanaman dan frekuensi penyiraman. Efek frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan tanaman bergantung pada jenis media tanam yang digunakan, misalnya pada media tanah + kompos, perbedaan tinggi antara penyiraman setiap hari dan dua hari sekali tidak terlalu drastis. Sementara pada tanah murni, perbedaan ini lebih signifikan, yang menunjukkan bahwa tanaman lebih sensitif terhadap pengurangan air jika media tanam kurang nutrisi.

## Pengembangan Persamaan Regresi dari Efek

Model regresi dalam desain faktorial bertujuan untuk memformulasikan hubungan matematis antara faktor – faktor perlakuan dan variabel respons. Dalam studi ini, digunakan desain faktorial 3 x 3 dengan dua faktor yaitu, Media Tanam (A) dan Frekuensi Penyiraman (B), masing – masing dengan tiga level. Tujuan model regresi ini adalah untuk memprediksi tinggi tanaman cabai berdasarkan kombinasi perlakuan. Setelah dilakukan pengkodean variabel, model regresi yang digunakan berbentuk :

Model ini dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi efek kombinasi perlakuan dan meramalkan nilai tinggi tanaman jika diberikan perlakuan tertentu.

## Penyusunan Tabel ANOVA dari Efek

Analisis sidik ragam (ANOVA) digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dua faktor perlakuan yaitu Media Tanam (A) dan Frekuensi Penyiraman (B), serta interaksi antara keduanya terhadap variabel respons, yaitu tinggi tanaman cabai. cabai. Model ANOVA yang digunakan adalah :

Namun, karena desain percobaan ini tidak memiliki ulangan (satu observasi untuk setiap kombinasi perlakuan), maka tidak terdapat nilai residual (galat), sehingga nilai F – hitung dan *p – value* tidak dapat dihitung. *Output* yang diperoleh dari analisis hanya berupa jumlah kuadrat (SS) dan rata – rata kuadrat (MS).

**Gambar 4. 2** Tabel ANOVA Tanaman Cabai.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat  (JK) | Kuadrat Tengah  (KT) |
| Media Tanam (A) | 2 | 37.56 | 18.78 |
| Frek. Penyiraman (B) | 2 | 80.89 | 40.44 |
| Interaksi | 4 | 0.44 | 0.11 |
| Galat | 0 | - | - |
| Total | 8 | 118.89 | - |

## Analisis Diagnosis

Analisis diagnosis bertujuan untuk mengevaluasi apakah model ANOVA yang digunakan telah memenuhi asumsi – asumsi penting. Namun, karena dalam percobaan ini tidak terdapat ulangan (setiap kombinasi perlakuan hanya diamati satu kali), maka galat atau residual model tidak dapat dihitung. Akibatnya, pengujian terhadap asumsi – asumsi model seperti normalitas residual, homoskedastisitas dan indepedensi residual tidak dapat dilakukan.

## Interpretasikan Hasil dalam Konsep Makalah

Hasil analisis menunjukkan bahwa, media tanam dan frekuensi penyiraman secara deskriptif memberikan pengaruh berbeda terhadap tinggi tanaman cabai. Kombinasi perlakukan terbaik ditemukan pada penggunaan media tanam berupa tanah + kompos yang disiram setiap hari dengan rata – rata tinggi tanaman mencapai 32 cm. Rata – rata tertinggi diperoleh dari kombinasi (tanah + kompos, setiap hari), sementara kombinasi (tanah, 3 hari sekali) memberikan hasil terendah dengan rata – rata 20 cm.

# KESIMPULAN DAN SARAN

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dari percobaan dengan desain faktorial 3 x 3 yang melibatkan dua faktor, yaitu Media Tanam dan Frekuensi Penyiraman, terhadap pertumbuhan tanaman cabai (cm), maka dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut :

1. Faktor Media Tanam memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi tanaman cabai. Media tanam yang diperkaya dengan bahan organik seperti kompos terbukti menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan tanah biasa maupun tanah dengan sekam. Rata – rata tertinggi dicapai oleh perlakuan Tanah + Kompos sebesar 28,33 cm.
2. Faktor Frekuensi Penyiraman juga memberikan pengaruh yang signifikan secara deskriptif terhadap pertumbuhan tanaman. Semakin sering tanaman disiram (khususnya setiap hari), maka semakin tinggi tanaman yang dihasilkan. Frekuensi penyiraman setiap hari menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi yaitu 29,67 cm.
3. Meskipun hasil ANOVA tidak menunjukkan interaksi yang signifikan secara statistik antara kedua faktor, grafik interaksi mengindikasikan adanya perbedaan pola respon pada masing – masing kombinasi perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap frekuensi penyiraman dapat bervariasi tergantung jenis media tanam yang digunakan.
4. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada Media Tanam “Tanah + Kompos” dengan Frekuensi Penyiraman “Setiap Hari”, yang menghasilkan tinggi tanaman sebesar 32 cm. Ini merupakan hasil tertinggi di antara semua kombinasi dan dapat dijadikan acuan dalam praktik budidaya cabai.

## Saran atau Impikasi Praktis

1. Dalam praktik budidaya cabai, disarankan untuk menggunakan media tanam berbahan dasar tanah yang diperkaya dengan kompos. Kompos tidak hanya meningkatkan ketersediaan unsur hara, tetapi juga memperbaiki struktur tanah dan menjaga kelembaban yang optimal.
2. Frekuensi penyiraman secara harian (setiap hari) sangat dianjurkan untuk menjaga suplai air yang konsisten kepada tanaman, khususnya pada fase pertumbuhan awal. Pengurangan frekuensi penyiraman dapat menurunkan laju pertumbuhan tanaman secara nyata.
3. Meskipun penelitian ini dilakukan tanpa ulangan dan bersifat simulatif, hasilnya menunjukkan arah hubungan yang konsisten. Oleh karena itu, untuk keperluan penelitian lanjutan, disarankan untuk menambahkan ulangan agar pengaruh perlakuan dapat diuji secara inferensial (melalui uji F dan p-value) serta memungkinkan pengujian asumsi model.
4. Jika percobaan ini akan diimplementasikan dalam skala lebih besar, penting untuk mempertimbangkan aspek efisiensi air dan ketersediaan bahan organik lokal, serta melakukan evaluasi ekonomi terhadap penggunaan media tanam berbasis kompos.

# Daftar Pustaka

Mujiati Dwi Kartikasari, Arum Handini Primandari (2023). Rancangan Percobaan Dengan R. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.

Katon Muhamad, Raisani Dianis Putri, Maria Krisnawati. *Experimental Marketing* Untuk Menentukkan Kombinasi Terbaik Dalam Promosi Penjualan Dengan Metode Desain Faktorial.

Ahmad, Lithrone Larica Salomon, Jessica. DESAIN EKSPERIMEN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS KEKUATAN PRODUK DENGAN PENDEKATAN ANALISIS DESAIN FAKTORIAL. Jakata : Universitas Tarumanagara.

I Made Narka Tenaya. Pengaruh Interaksi dan Nilai Interaksi pada Percobaan Faktorial (*Review*). Bali : Universitas Udayana.

Alfiara Mulya Astuti. *FIXED EFFECT* MODEL PADA REGRESI DATA PANEL. Nusa Tenggara Barat : Institut Agama Islam Negeri.

Wasis Desti Cindy Syafitri, Mariana Diah Puspitasari, Fathurrozi Winjaya. Pengaruh Jumlah Penumpang dan Durasi Buka Tutup Pintu Terhadap Perubahan Suhu (Studi Kasus: Kereta Inspeksi PPI Madiun). Madiun : Politeknik Perkeretaapian Indonesia.

Irsyad Wendysaka. PERBANDINGAN TARAF NYATA ANTARA UJI BNT DAN UJI DUNCAN DALAM UJI LANJUT PADA NYATA RANCANGAN ACAK KELOMPOK. Malang : Universitas Brawijaya.

Dina Tri Utari. ANALISIS REGRESI TERAPAN DENGAN R EDISI 2. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.

Widiarta, I. P. O, & Artiningsih, A. A. M. (2021). Pengaruh Media Tanam dan Frekuensi Penyiraman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai Merah (Capsicum annuum L.). Jurnal Agroekoteknologi Tropika, 10(2), 45 – 55.

Savitri, N., Putra, R.D.K, & Pratiwi, R. A. (2020). Pengaruh Media Tanam dan Frekuensi Penyiraman terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.) dalam Polybag. Jurnal Agronida, 5(2), 95–103.

Nursyamsi, d., & Setyorini, D. (2013). anah sebagai Media Tumbuh dan Sumber Hara Tanaman. In Buku Ajar Ilmu Tanah. Bogor : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

Kementrial Pertanian Republik Indonesia. (2021). Budidaya Cabai. Jakata : Direktorat Jenderal Hortikultura.

# LAMPIRAN

**DATA MENTAH**

Penelitian ini menggunakan data hasil simulasi berdasarkan desain faktorial 3 x 3 tanpa ulangan, dengan dua faktor, yaitu :

* Faktor A : Media Tanam
* = Tanah
* = Tanah + Sekam
* = Tanah + Kompos
* Faktor B : Frekuensi Penyiraman
* = Setiap hari
* = Dua hari sekali
* = Tiga hari sekali

**Tabel 7. 1** Tabel Tinggi Tanaman Cabai

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Media Tanam** | **Frekuensi Penyiraman** | **Tinggi Tanaman (cm)** |
| Tanah | Setiap hari | 27 |
| Tanah | Dua hari sekali | 23 |
| Tanah | Tiga hari sekali | 20 |
| Tanah + Sekam | Setiap hari | 30 |
| Tanah + Sekam | Dua hari sekali | 26 |
| Tanah + Sekam | Tiga hari sekali | 22 |
| Tanah + Kompos | Setiap hari | 32 |
| Tanah + Kompos | Dua hari sekali | 28 |
| Tanah + Kompos | Tiga hari sekali | 25 |

***OUTPUT***  
### UAS ###

>

> # Membuat faktor

> media <- factor(rep(c("Tanah", "Tanah+Sekam", "Tanah+Kompos"), each = 3))

> siram <- factor(rep(c("Setiap hari", "2 hari sekali", "3 hari sekali"), times = 3))

>

> # Memasukkan data tinggi berdasarkan tabel rata-rata

> tinggi <- c(27, 23, 20, # Tanah

+ 30, 26, 22, # Tanah + Sekam

+ 32, 28, 25) # Tanah + Kompos

>

> # Buat data frame

> data <- data.frame(MediaTanam = media,

+ Penyiraman = siram,

+ Tinggi = tinggi)

>

> # Grafik interaksi

> interaction.plot(x.factor = data$Penyiraman,

+ trace.factor = data$MediaTanam,

+ response = data$Tinggi,

+ type = "b", pch = 19, col = c("blue", "green", "red"),

+ xlab = "Frekuensi Penyiraman",

+ ylab = "Tinggi Tanaman Cabai (cm)",

+ main = "Grafik Interaksi: Media Tanam × Frekuensi Penyiraman")

>

> # ANOVA

> model <- aov(Tinggi ~ MediaTanam \* Penyiraman, data = data)

> summary(model)

Df Sum Sq Mean Sq

MediaTanam 2 37.56 18.78

Penyiraman 2 80.89 40.44

MediaTanam:Penyiraman 4 0.44 0.11