TUGAS AKHIR - TF 181801

OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS *MONITORING* pH UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (*BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS*) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

FARIDHOTUL ULLAH
NRP. 02311640000084

Dosen Pembimbing:
Hendra Cordova, S.T., M.T.

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

TUGAS AKHIR - TF 181801

OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS *MONITORING* pH UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (*BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS*) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

FARIDHOTUL ULLAH
NRP. 02311640000084

Dosen Pembimbing:
Hendra Cordova, S.T., M.T.

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT - TF 181801

OPTIMIZATION OF MONITORING pH-BASED NUTRITION SUPPLY TO IMPROVE GROWTH OF PAKCOY PLANT (BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS) IN NFT HIDROPONIC SYSTEM

FARIDHOTUL ULLAH
NRP. 02311640000084

Supervisors:
Hendra Cordova, S.T., M.T.

Department Of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Faridhotul Ullah
NRP	: 02311640000084
Departemen / Prodi	: Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)
Perguruan Tinggi	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "***OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS MONITORING PH UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT*** " adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 5 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,

Faridhotul Ullah

NRP. 02311640000084

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS MONITORING pH UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY *(BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS)* PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

Oleh:

Faridhotul Ullah

NRP. 02311640000084

Surabaya, 5 Agustus 2020

Menyetejui,

Pembimbing 1

Hendra Cordova, S.T., M.T

NIP. 19690530 199412 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Fisika FTI-RS - ITS

Dr. Suyanto, S.T., M.T

NIP. 19711113 199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS *MONITORING* pH UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY *(BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS)* PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Progam Studi S-1 Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Faridhotul Ullah

NRP. 02311640000084

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Hendra Cordova, S.T., M.T. ..... (Pembimbing I)
2. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. ..... (Ketua Penguji)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. ..... (Penguji I)
4. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. ..... (Penguji II)
5. Irwansyah, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. ..... (Penguji III)

SURABAYA

2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS *MONITORING* pH UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY *(BASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS)* PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

Nama	**:**	**Faridhotul Ullah**
NRP	**:**	**02311640000084**
Departemen	**:**	**Teknik Fisika FT-IRS - ITS**
Dosen Pembimbing	**:**	**Hendra Cordova, S.T., M.T**

ABSTRAK

Sistem hidroponik dapat menjadi salah satu solusi bagi pengembangan tanaman buah dan sayur dengan berbagai kelebihan dibandingkan sistem pertanian konvensional. Optimisasi linier merupakan teknik atau metode untuk mencapai hasil optimal dalam matematika yang persyaratannya opimalisasi fungsi tujuan dan kendala adalah linier. Untuk mengetahui berapa suplai nutrisi A dan nutrisi B supaya lebih optimal, bisa dilakukan mengoptimasi harga nutrisi. Karena dari harga kedua nutrisi bisa mengetahui berapa gram yang akan dilarutkan ke dalam air untuk pembuatan larutan nutrisi A dan larutan nutrisi B. Setelah dilakukan perhitungan optimisasi linier, didapatkan suplai nutrisi AB *mix* yang akan masuk ke hidroponik sebesar 53,2 L/panen. Untuk pencampuran nutrisi, larutan nutrisi A dan B terdapat suplai larutan nutrisi A sebesar 277,2 ml/panen dan suplai nutrisi B sebesar 255 ml/panen. Untuk kuantitas, pertumbuhan tanaman dengan *monitoring* pH lebih bagus daripada pertumbuhan tanaman tanpa *monitoring* pH. Sedangakan untuk kualitas, pengamatan dengan *monitoring* pH, tanamannya terlihat lebih segar dan pertumbuhannya lebih cepat daripada pengamatan tanpa kendali pH. Pengamatan tanaman Pakcoy tanpa *monitoring* pH, tanaman bisa mengalami pertumbuhan tetapi beberapa warna daunya terlihat warna kekuningan dan juga beberapa mengalami kerontokan.

Kata Kunci: optimisasi linier, pH, suplai nutrisi

Halaman ini sengaja dikosongkan

OPTIMIZATION OF MONITORING pH-BASED NUTRITION SUPPLY TO IMPROVE GROWTH OF PAKCOY PLANT (BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS) IN NFT HYDROPONIC SYSTEM

Name	**:**	**Faridhotul Ullah**
NRP	**:**	**02311640000084**
Department	**:**	**Engineering Physics FT-IRS - ITS**
Supervisors	**:**	**Hendra Cordova, S.T., M.T**

ABSTRACT

The hydroponic system can be a solution for the development of fruit and vegetable crops with various advantages over conventional agricultural systems. Linear optimization is a technique or method to achieve optimal results in mathematics where the objective function optimization requirements and constraints are linear. To find out how much nutrient A and nutrient B supply so that it is more optimal, you can optimize the price of nutrients. Because from the price of the two nutrients, you can find out how many grams will be dissolved in water for the manufacture of nutrient solution A and nutrient solution B. After the linear optimization calculations are carried out, the AB mix nutrient supply that will enter hydroponics is 53.2 L / harvest. For mixing the nutrients, of nutrient solution A and B there is a supply of nutrient solution A of 277.2 ml / harvest and nutrient supply of B of 255 ml / harvest. For quantity, plant growth with pH monitoring is better than plant growth without pH monitoring. As for quality, observations with pH monitoring, the plants looked fresher and grew faster than observations without pH control. Observation of Pakcoy plants without monitoring the pH, the plants can experience growth but some of the leaves look yellowish and some are shedding.

Keywords: linear optimization, pH, supply of nutrients

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur yang sangat mendalam atas limpahan karunia yang Engkau berikan padaku, sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh kemudahan, dengan judul:

"OPTIMISASI SUPLAI NUTRISI BERBASIS *MONITORING* PH UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY *(BRASSICA RAPA SUBSP. CHINENSIS)* PADA SISTEM HIDROPONIK NFT."

Banyak sekali hal-hal yang belum dimengerti oleh penulis terutama pada saat pertama kali memahami konsep dan penyusun tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari tugas akhir ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan dukungan yang sangat tulus dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang besar dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Suyanto, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika – FT-IRS – ITS.
2. Ir. Matradji, M.Kom. selaku dosen wali penulis.
3. Hendra Cordova, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan serta ilmu pengetahuan demi kelancaran mengerjakan tugas akhir ini.
4. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku kepala Laboratorium Instrumentasi, Kontrol, dan Optimisasi.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Fisika – FT-IRS – ITS yang telah memberi nasehat dan ilmunya kepada penulis.
6. Kedua orang tua (Bapak Sriaji dan Ibu Uswatun Waki'ah) yang tercinta beserta saudara-saudara penulis yang telah memberikan segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungannya
7. Sahabat-sahabat saya yang selalu memberikan semangat, bantuan serta support.
8. Teman-teman mahasiswa ITS dan khususnya teman-teman di Departemen Teknik Fisika ITS Angkatan 2016 terima kasih atas bantuannya dan dukungannya.

9. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak kemudahan yang diperoleh.

Sebagai upaya peningkatan kualitas yang tidak pernah selesai. Demikian pula dengan laporan kerja praktek ini yang nantinya memerlukan masukan dari pembaca seluruhnya untuk itu saran-saran yang dapat menjadikan lebih baik harapan

Surabaya, 5 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL……i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI 5
LEMBAR PENGESAHAN …….. vii
LEMBAR PENGESAHAN ix
ABSTRAK xi
ABSTRACT xiii
KATA PENGANTAR xv
DAFTAR ISI xvii
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR TABEL xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan.....3
1.4 Lingkup Kajian.....3
1.5 Sistematika Laporan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... 5
2.1 Tanaman Pakcoy 5
2.2 Hidroponik.....6
2.3 Derajat Keasaman (pH) 10
2.4 Larutan Nutrisi 13
2.5 Optimisasi Metode Linier.....14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 19
3.1 Variabel yang Dioptimisasi 19

3.2 Pemodelan Optimisasi Metode Linier 26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 29
4.1 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy 29
4.2 Hasil Perhitungan Optimisasi Metode Liner 31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 43
BIODATA PENULIS 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Pakcoy..... 5
Gambar 2.2 Hidroponik dengan *wick system* 7
Gambar 2.3 Hidroponik dengan sistem NFT..... 7
Gambar 2.4 Hidroponik dengan sistem DWC..... 8
Gambar 2.5 Hidroponik dengan *drip system* 8
Gambar 2.6 Hidroponik dengan *ebb and flow system* 9
Gambar 2.7 Hidroponik dengan sistem DFT..... 9
Gambar 3.1 *Flowchart* atau diagram alir penelitian…….……19
Gambar 3.2 Proses sistem hidroponik NFT……..20
Gambar 4.1 Grafik persamaan *constraint* (fungsi kendala) ……..33

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai pH dan EC Tanaman pada Hidroponik 11
Tabel 2.2 Kandungan Unsur Hara Pupuk AB *Mix* 14
Tabel 3.1 Tabel Inisialisasi Permasalahan..... 26
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy dengan *Monitoring* pH..... 29
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy tanpa *Monitoring* pH 30
Tabel 4.3 Tabel Perhitungan Optimisasi Linier Metode Simplek..... 32
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Optimisasi Linier dengan Metode Grafik 33

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, sejak tahun 1980-an mulai dikenal budidaya tanaman dengan sistem hidroponik. Perkembangan dengan sistem tersebut cukup bagus, karena dengan ketersediaan lahan yang semakin sempit dan masyarakat mulai tertarik dengan sistem tanam hidroponik yang bisa dilakukan dimana saja. Dengan sistem tersebut, masyarakat yang tinggal di rumah susun, apartemen atau juga di perkotaan pun bisa bertanam bunga ataupun sayuran. Semua orang semakin mengetahui bahwa sistem hidroponik merupakan ramah lingkungan karena penggunaan air dan pupuk lebih hemat dan efisien dan larutan nutrisinya dapat dipakai ulang (Ariv, n.d.). Sistem hidroponik dapat menjadi salah satu solusi bagi pengembangan tanaman buah dan sayur dengan berbagai kelebihan dibandingkan sistem pertanian konvensional. Budidaya selada dengan hidroponik lebih efisien dalam penggunaan air dan tanah daripada pertanian konvensional sehingga menghemat biaya produksi (Barbosa, et al., 2015).

Salah satu hidroponik yang digunakan adalah hidroponik NFT *(nutrient film technique).* NFT merupakan teknik pemberian nutrisi secara terus menerus yang dialirkan mengenai tanaman menggunakan pipa PVC dan menggunakan pompa dengan teknik resirkulasi. pH sangat berpengaruh terhadap larutan nutrisi tanaman yang ditanam sistem hidroponik. Perubahan tingkat pH akan berpengaruh terhadap fotosintesis tanaman, karena CO2 mudah larut dan menurunkan pH. Tingkat pH harus dikontrol supaya menghindari tanaman yang akan rusak. Parameter pH nutrisi hidroponik sangat penting karena akan mempengaruhi ketersediaan dan penyerapan beberapa unsur atom yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Dyka, 2018). Pakcoy (*Brassica Rapa*) adalah jenis tanaman sayur-sayuran yang termasuk keluarga *Brassicaceae*. Tumbuhan Pakcoy berasal dari China dan telah dibudidayakan setelah abad ke-5 secara luas di China selatan dan China pusat serta Taiwan (Adilwilga, 2010). Pakcoy ini lebih terkenal dengan nama Sawi sendok. Karena daunnya lebih lebar dari batangnya dan membentuk cekungan seperti sendok. Tangkai daun berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan tinggi tanaman

dapat mencapai 15-30 cm. Perawatannya juga tidak terlalu sulit dibandingkan dengan budidaya tanaman yang lainnya (sianturi, n.d.). Sekitar 50 titik tanam Pakcoy yang hampir panen, setiap harinya air berkurang sekitar 10 – 15 liter (kalwadzani, 2020). Pertumbuhan tanaman yang diamati adalah ketinggian tanaman dan banyaknya daun, pengamatan dilakukan selalama 30 hari (Laksono, 2019). Karena terjadi pertumbuhan tanaman adalah penambahan tinggi dan besar pada batang tumbuhan, dan banyaknya jumlah daun tanaman (sasmithapraja, 2011).

Peneliti bertujuan adalah untuk mengoptimalkan suplai nutrisi berbasis *monitoring*pH terhadap kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman Pakcoy pada sistem hidroponik NFT. Menggunkan optimisasi linier, karena dari fungsi obyektif dan kendalanya sudah linier, maka tidak perlu diselesaikan dengan optimisasi non linier. Optimisasi pemrograman linier merupakan suatu persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sehingga nilai fungsi tujuan atau objektif yang linier menjadi optimum, yaitu memaksimalkan atau meminimumkan, dengan memperhatikan kendala. Untuk menyelesaikan persoalan pemrograman linier bisa menggunakan 2 metode yaitu metode grafik dan metode simplek. Metode grafik merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pemrograman linier yang memiliki 2 variabel. Sedangkan metode simplek merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pemrograman linier yang memiliki 2 variabel atau banyak variabel (Asmara, Rahmawat, Aprilla, & Darmawan). Memodelkan persamaan optimisasi biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy dengan menggunakan metode linier. Karena dari harga kedua nutrisi bisa mengetahui berapa gram yang akan dilarutkan ke dalam air untuk pembuatan larutan nutrisi A dan larutan nutrisi B.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah adalah berapa suplai nutrisi berbasis *monitoring*pH yang optimal untuk kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman Pakcoy pada sistem hidroponik NFT?

1.3 Tujuan

Tujuan yang dilakukan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan suplai nutrisi berbasis *monitoring* pH terhadap kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman Pakcoy pada sistem hidroponik NFT.

1.4 Lingkup Kajian

Lingkup kajian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Jenis tanaman yang digunakan adalah Pakcoy atau Sawi sendok.
b) Variabel yang di*monitoring* adalah pH.
c) Pertumbuhan tanaman yang diamati adalah ketinggian tanaman, banyak daun.
d) Jenis hidroponik yang digunakan adalah hidroponik NFT *(nutrient film technique)*.
e) Teknik optimisasi yang digunakan adalah optimisasi linier dengan metode simplek dan metode grafik.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir ini berisikan tentang penjelasan ringkas dari masing-masing bagian yang terdapat pada laporan. Berikut merupakan sistematika laporan yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini :

BAB I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan dijelaskan mengenai latar belakang pelaksanaan penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka Dan Dasar Teori

Pada bab tinjauan pustaka dan dasar teori dijelaskan mengenai konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Teori yang digunakan mengenai konsep optimisasi metode linier, hidroponik, larutan nurisi, tanaman Pakcoy dan perhitungan lainnya.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian tugas akhir.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab hasil dan pembahasan dijelaskan mengenai hasil pengolahan data (hasil pengamatan dan hasil perhitungan optimisasi) yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan yang dicapai dari penelitian tugas akhir ini.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Pada bab kesimpulan dan saran dijelaskan mengenai penarikan kesimpulan dari hasil peneltian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tanaman Pakcoy

Tanaman Pakcoy *(Brassica Rapa subs. Chinensis)* merupakan jenis sayuran yang dikenal sebagai Sawi sendok. Bentuk sayuran Pakcoy sangat mirip dengan Sawi, jika Sawi batangnya lebih ramping dan memanjang. Sedangkan Pakcoy memiliki batang besar, pendek dan bentuk daunnya lebar. Jenis sayuran ini mudah tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi (wikipedia, 2019). Tangkai daun berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan tinggi tanaman dapat mencapai sekitar 15-30 cm. Perawatannya juga tidak terlalu sulit dibandingkan dengan budidaya tanaman yang lainnya (sianturi, n.d.). Kandungan gizi Pakcoy yaitu 1 gr protein, 1,5 gr karbohidrat, 0,7 gr serat, 5% kalium, 62% vitamin A, 52% vitamin C, 7% kalsium, 5% vitamin B6, 3% magnesium, 3% zat besi. Pada saat panen usia sekitar 30-35 hari setelah tanam (HST), bobot tanaman Pakcoy kisaran 100-120 gram (Hydroshop, 2018).

Gambar 2.1 Tanaman Pakcoy

Budidaya tanaman Pakcoy secara hidroponik tidak membutuhkan pengendalian hama dan penyakit, karena hama dan penyakit yang menyerang

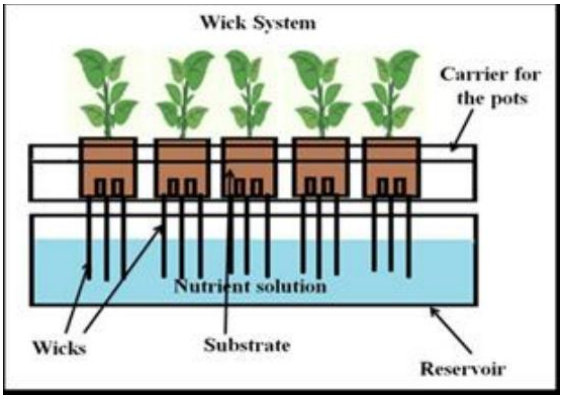
tanaman sangat sedikit. Hal tersebut merupakan kelebihan dari tanaman yang dibudidayakan secara hidroponik (Sutrino, 2019). Pakcoy ini lebih terkenal dengan nama Sawi sendok. Karena daunnya lebih lebar dari batangnya dan membentuk cekungan seperti sendok. Bahkan jika Pakcoynya super, ukuran daunnya bisa mencapai sebesar piring ukuran kecil. Secara ukuran daun Pakcoy dewasa tidak benar – benar sebesar sendok. Lebarnya daun lebih mendekati seperti centong nasi. Kecuali kalau menanamnya mengalami ketidaknormalan, daunnya akan benar – benar sebesar sendok. Sekitar 50 titik tanam Pakcoy yang hampir panen, setiap harinya air berkurang sekitar 10 – 15 liter. Ketika air berkurang, maka kepekatan nutrisi juga menjadi lebih tinggi. Karena berkurangnya air oleh penguapan, hanya menguapkan air saja. Jumlah mineral yang tersisa namun dengan air yang lebih sedikit, maka kepekatan menjadi lebih tinggi. Pengontrolan terhadap pH dan kepekatan harus dilakukan setiap hari (kalwadzani, 2020). Pada sekitar 5-7 hari, tanaman pacoy dipindahkan ke media hidroponik (NFT) dengan jumlah daun sekitar 4-5 daun (Hydroshop, 2018).

2.2 Hidroponik

Hidroponik ditemukan oleh *Dr. W. F Geri Che* dari universitas California tahun 1936. Hidroponik berasal dari Bahasa latin yang terdiri dari kata *hydro* yang berarti air dan kata *ponos* yang berarti kerja. Maka hidroponik merupakan pengelolaan atau pengerjaan air yang sebagai media tumbuh tanaman dan tempat akar tanaman mengambil unsur hara yang diperlukan. Biasanya media tanam yang digunakan bersifat poros, seperti pasir, arang sekam, batu apung, kerikil, *rockwool* (El-Kazzaz, 2017). Beberapa jenis hidroponik antara lain:

a) Wick system

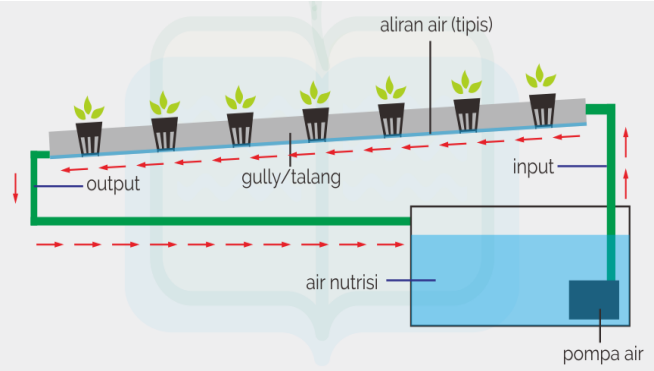
Merupakan jenis hidroponik yang menggunakan sumbu yang menghubungkan pot tanaman dengan media larutan nutrisi. Air akan diresap ke dalam media tanam yang disediakan dan diletakkan di bagian atas penampungan air.



Gambar 2.2 Hidroponik dengan *wick system*

b) *Nutrient Film Technique* (NFT)

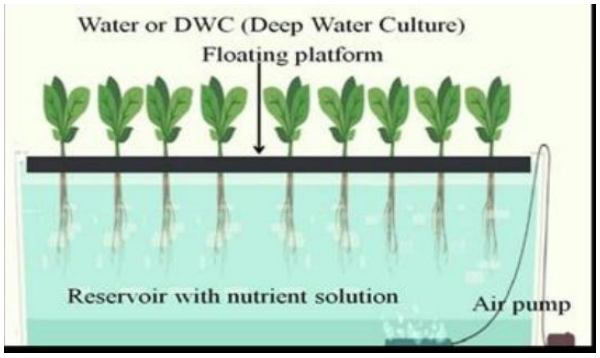
Merupakan teknik pemberian larutan nutrisi secara terus menerus dialirkan yang mengenai akar tanaman menggunakan pipa PVC dan pompa dengan teknik resirkulaisi. Sistem ini membutuhkan pemompaan air dari bak penampungan menuju ke bagian atas pot tanaman secara terus menerus. Air akan dicampuri dengan sumber nutrisi tanaman.



Gambar 2.3 Hidroponik dengan sistem NFT

c) *Deep Water Culture* (DWC)

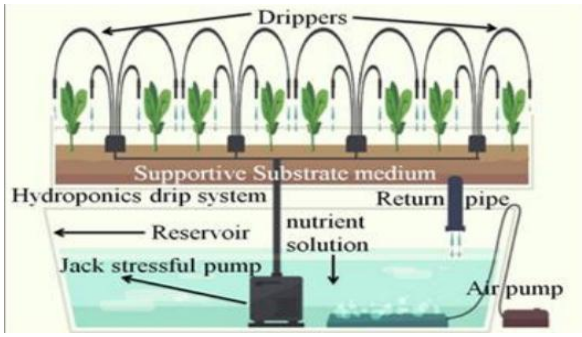
Merupakan jenis hidroponik yang tanamannya dibuat mengapung pada larutan nutrisi sehingga akar tanaman terendam terus-menerus. Penggunaan pompa hanya untuk menghasilkan oksigen di dalam larutan nutrisi.



Gambar 2.4 Hidroponik dengan sistem DWC

d) Drip system

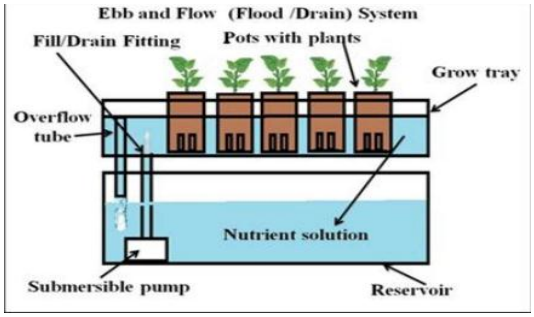
Merupakan jenis hidroponik yang menggunakan 2 buah wadah terpisah yaitu bagian atas dan bawah. Wadah atas untuk tanaman sedangkan wadah bawah untuk larutan nutrisi.



Gambar 2.5 Hidroponik dengan *Drip system*

e) Ebb and flow system (flood and drain system)

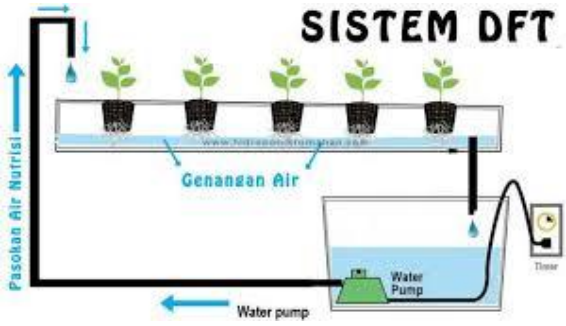
Merupakan jenis hidroponik yang memiliki 2 wadah yaitu wadah atas berisi tanaman dalam pot dengan substrat, sedangkan wadah bawah mengandung larutan nutrisi. Pemberian nutrisi untuk tanaman dilakukan dengan cara bergantian memenuhi wadah atas dengan larutan nutrisi dan kemudian mengosongkan larutan nutrisi dan kembali ke wadah bawah.



Gambar 2.6 Hidroponik dengan *ebb and flow system*

f) DFT

Merupakan salah satu jenis hidroponik yang menggunakan genangan pada instalasi dan menggunakan sirkulasi dengan aliran pelan. Sistem ini menggunakan listrik sebagai penggerak pompa agar dapat dengan mudah mensirkulasi nutrisi ke seluruh akar tanaman.



Gambar 2.7 Hidroponik dengan sistem DFT

DFT hampir sama dengan sistem NFT yaitu mensirkulasi namun, pada sistem ini instalasi yang digunakan tidak menggunakan kemiringan. Bentuk instalasi pada DFT datar sehingga dapat mempertahankan air nutrisi untuk menggenang. Ketinggian air nutrisi yang menggenang di dalam instalasi sekitar 4 – 6 cm. Tingginya air nutrisi dapat juga menggunakan ukuran ¼ dari pipa yang digunakan.

Salah satu hidroponik yang digunakan adalah hidroponik NFT *(nutrient film technique).* NFT merupakan jenis hidroponik yang teknik pemberian nutrisi secara terus menerus yang dialirkan mengenai tanaman menggunakan pipa PVC dan menggunakan pompa dengan teknik resirkulasi. Sistem kontrol hidroponik bertujuan untuk mengatur pertumbuhan dari tanaman yang ditanam agar dapat tumbuh optimal sehingga didapat hasil yang maksimal. Hasil yang diharapkan

dapat berupa buah dari tanaman berbuah, daun dan tinggi dari tanaman jenis sayuran. Parameter yang dikontrol dapat berupa tingkat pencahayaan untuk membantu proses fotosintesis, konsentrasi kandungan nutrisi, kelembaban, suhu, EC, atau pengaturan nilai pH nutrisi agar penyerapan nutrisi oleh akar bisa optimal. Hidroponik NFT termasuk dalam hidroponik sistem tertutup. Dalam system tertutup, larutan nutrisi bersirkulasi secara terus menerus selama 24 jam agar perakaran selalu mendapatkan air nutrisi sehingga memberikan limpahan oksigen kepada akar tanaman supaya baik untuk pertumbuhan tanaman.

Kemiringan pada pipa PVC atau talang berkisar antara 5%, agar nutrisi bisa mengalir cepat (tidak terlalu cepat dan tidak terlalu menggenang) bisanya kecepatan aliran sekitar 0,3 – 0,75 L/s (kecepatan aliran masuk tidak boleh cepat) (admin, n.d.). Beberapa hal yang harus diperhatikan, sebagai berikut (Holtikultura, 2020) :

a) Rutin mengontrol bak nutrisi AB *mix*.
b) Posisi pompa tetap selalu terendam air nutrisi AB *mix* (agar pompa tidak panas dan tidak mudah rusak)
c) Tanaman Pakcoy harus terkenan sinar sinar matahari yang cukup
d) Mengecek pH larutan nutrisi AB *mix*.
e) Memastikan aliran listrik dirumah cukup stabil.

System hidroponik NFT memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan hidroponik NFT antara lain (WN, 2017):

a) Pertumbuhan tanaman lebih cepat.
b) Sangat mudah untuk mengontrol air nutrisi.
c) Resiko pengendapan kotoran pada pipa lebih sedikit.
d) Pertumbuhan tanaman bisa seragam.

Kekurangan hidroponik NFT antara lain (WN, 2017) :

a) Sangat bergantung pada listrik.
b) Investasi untuk pembuatan instalasi sangat mahal.

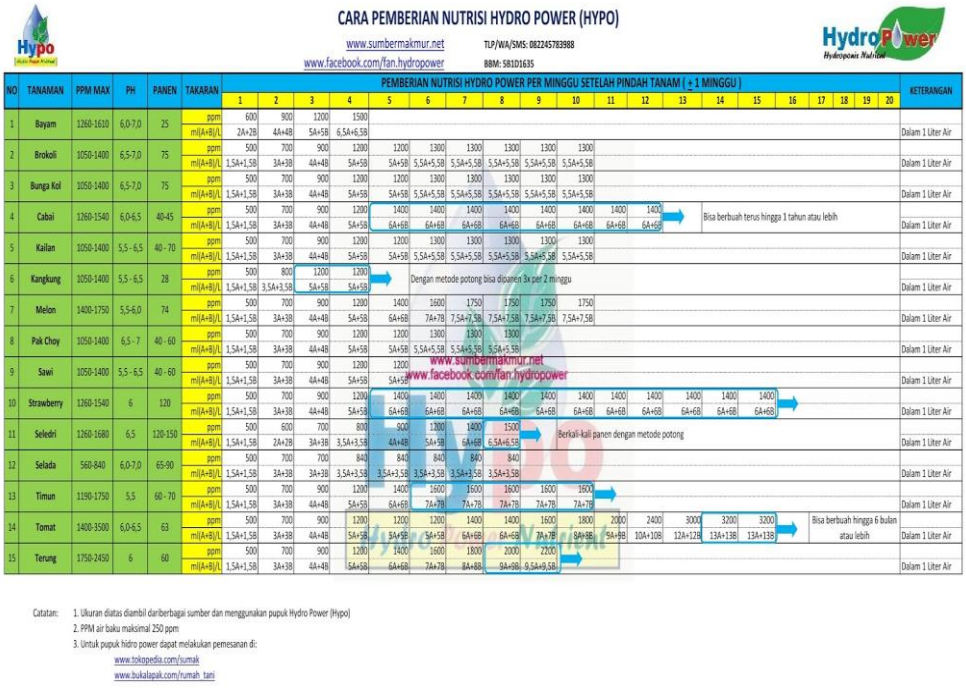
2.3 Derajat Keasaman (pH)

PH adalah nilai derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Konsep pH pertama kali diperkenalkan oleh kimiawan Denmark *Sorean Peder Lauritz Sorensen* pada tahun

1909. Alat ukur keasaman pada air tesebut digunakan untuk mengukur kandungan pH atau kadar keasaman pada air mulai dari pH 0 sampai pH 14. Dimana pH normal memiliki 6,5 hingga 7 sementara bila nilai pH < 6,5 menunjukkan zat atau larutan tersebut bersifat asam, sedangkan nilai pH > 7 adalah menunjukkan zat atau larutan tersebut bersifat basa (Azmi & Ishak, 2016)**.**

pH sangat berpengaruh terhadap larutan nutrisi tanaman yang ditanam pada sistem hidroponik. Parameter pH nutrisi hidroponik sangat penting karena akan mempengaruhi ketersediaan dan penyerapan beberapa unsur atom 16 yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Penyerapan maksimum elemen ini ditemukan pada pembacaan pH 7,0. Ketika pH tersebut turun, maka ketersediaan unsur makro berkurang. Jika nilai pH terlalu tinggi, maka dapat memimbulkan pengendapan unsur-unsur hara mikro. Salah satu unsur mikro hara mikro yang tidak dapat diserap secara optimal oleh tanaman adalah klorin (Cl) (Dyka, 2018)**.**

Tabel 2.1 Nilai pH dan EC Tanaman pada Hidroponik



CARA PEMBERIAN NUTRISI HYDRO POWER (HYPO)

www.sumbermakmur.net TLP/WA/SMS: 082245783988

www.facebook.com/fan.hydropower BBM: 5B1D1635

NO	TANAMAN	PPM MAX	PH	PANEN	TAKARAN		PEMBERIAN NUTRISI HYDRO POWER PER MINGGU SETELAH PINDAH TANAM (± 1 MINGGU)																				KETERANGAN
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Bayam	1260-1610	6,0-7,0	25	ppm		600	900	1200	1500																	
					ml(A+B)/L		2A+2B	4A+4B	5A+5B	6,5A+6,5B																	Dalam 1 Liter Air
2	Brokoli	1050-1400	6,5-7,0	75	ppm		500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1300											
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B											Dalam 1 Liter Air
3	Bunga Kol	1050-1400	6,5-7,0	75	ppm		500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1300											
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B											Dalam 1 Liter Air
4	Cabai	1260-1540	6,0-6,5	40-45	ppm		500	700	900	1200	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400									
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	Bisa berbuah terus hingga 1 tahun atau lebih								Dalam 1 Liter Air
5	Kailan	1050-1400	5,5 - 6,5	40 - 70	ppm		500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300	1300	1300											
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B											Dalam 1 Liter Air
6	Kangkung	1050-1400	5,5 - 6,5	28	ppm		500	800	1200	1200	Dengan metode potong bisa dipanen 3x per 2 minggu																
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3,5A+3,5B	5A+5B	5A+5B																	Dalam 1 Liter Air
7	Melon	1400-1750	5,5-6,0	74	ppm		500	700	900	1200	1400	1600	1750	1750	1750	1750											
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	7A+7B	7,5A+7,5B	7,5A+7,5B	7,5A+7,5B	7,5A+7,5B											Dalam 1 Liter Air
8	Pak Choy	1050-1400	6,5 - 7	40 - 60	ppm		500	700	900	1200	1200	1300	1300	1300													
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B	5,5A+5,5B													Dalam 1 Liter Air
9	Sawi	1050-1400	5,5 - 6,5	40 - 60	ppm		500	700	900	1200	1200																
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B																Dalam 1 Liter Air
10	Strawberry	1260-1540	6	120	ppm		500	700	900	1200	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400						
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B	6A+6B						Dalam 1 Liter Air
11	Seledri	1260-1680	6,5	120-150	ppm		500	600	700	800	900	1300	1400	1500													
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	2A+2B	3A+3B	3,5A+3,5B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	6,5A+6,5B	Berkali-kali panen dengan metode potong												Dalam 1 Liter Air
12	Selada	560-840	6,0-7,0	65-90	ppm		500	700	700	840	840	840	840	840													
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	3A+3B	3,5A+3,5B	3,5A+3,5B	3,5A+3,5B	3,5A+3,5B	3,5A+3,5B													Dalam 1 Liter Air
13	Timun	1190-1750	5,5	60 - 70	ppm		500	700	900	1200	1400	1600	1600	1600	1600	1600											
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	7A+7B	7A+7B	7A+7B	7A+7B	7A+7B											Dalam 1 Liter Air
14	Tomat	1400-3500	6,0-6,5	63	ppm		500	700	900	1200	1200	1200	1400	1400	1600	1800	2000	2400	3000	3200	3200						
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	5A+5B	5A+5B	6A+6B	6A+6B	7A+7B	8A+8B	9A+9B	10A+10B	12A+12B	13A+13B	13A+13B	Bisa berbuah hingga 6 bulan atau lebih					Dalam 1 Liter Air
15	Terung	1750-2450	6	60	ppm		500	700	900	1200	1400	1600	1800	2000	2200												
					ml(A+B)/L		1,5A+1,5B	3A+3B	4A+4B	5A+5B	6A+6B	7A+7B	8A+8B	9A+9B	9,5A+9,5B												Dalam 1 Liter Air

Catatan:
1. Ukuran diatas diambil dariberbagai sumber dan menggunakan pupuk Hydro Power (Hypo)
2. PPM air baku maksimal 250 ppm
3. Untuk pupuk hidro power dapat melakukan pemesanan di:
www.tokopedia.com/sumak
www.bukalapak.com/rumah_tani

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa nilai pH ataupun EC pada setiap tanaman dan juga berapa takaran untuk pemberian larutan nutrisi AB *mix*. Apabila nilai pH terlalu rendah, maka daya larut tersebut akan menurun sehingga daya serap tanaman terhadap unsur tertentu akan berkurang. Sedangkan untuk nilai pH 7 yang

merupakan netral, hal ini dikarenakan muatan listrik kation H+ seimbang dengan muatan negative OH-. pH larutan yang direkomendasikan pada tanaman Sawi atau Pakcoy pada hidronik adalah 6,5 – 7.

Nilai pH pada larutan bergantung pada konsentrasi H^+ dalam larutan, jika semakin besar konsentrasi ion H^+ maka makin asam larutan tersebut dan sebaliknya. Terdapat beberapa perhitungan nilai pH secara sistematis (N, 2014), maka persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$pOH = - \log [OH^-] \quad (2.1)$$

$$pH = - \log [H^+] \quad \text{atau} \quad pH = 14 - pOH \quad (2.2)$$

Perhitungan pH pada asam telah terbagi menjadi 2 yaitu asam kuat dan asam lemah. Begitu juga, pada larutan yang bersifat basa telah terbagi menjadi 2 yaitu basa kuat dan basa lemah. Pada larutan yang bersifat asam kuat merupakan zat yang terlarut dalam larutan mengion seluruhnya (α=1) (N, 2014), maka persamaan (2.3) dan persamaan (2.4) sebagai berikut :

$$[H^+] = a \,.\, [Ma] \quad (2.3)$$

$$pH = - \log [H^+] \quad (2.4)$$

Sedangkan pada larutan yang bersifat asam lemah merupakan zat yang terlarut dalam larutan tidak mengion seluruhnya, $\alpha \neq 1$ ($0 < \alpha < 1$). Dalam menentukan nilai pH tidak dapat ditentukan langsung dari konsentrasi asam lemah seperti asam kuat tetapi menghitung konsentrasi $[H^+]$ terlebih dahulu (N, 2014), sebagai berikut :

$$[H^+] = \sqrt{K_a \,.\, [HA]} \text{ atau } [H^+] = \alpha \,.\, Ma \quad (2.5)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{M_a}} \quad (2.6)$$

$$pH = - \log [H^+] \quad (2.7)$$

Dengan :

Ka = tetapan ionisasi asam

Ma = molaritas asam

a = banyak H^+ yang diikat

α = derajat ionisasi

Pada larutan basa kuat kuat, untuk menentukan nilai pH dihitung nilai pOH dari konsentrasi basa (N, 2014). Maka persamaan (2.8) dan persamaan (2.9), sebagai berikut :

$[OH^-] = b \cdot Mb$ (2.8)

$pOH = -\log [OH^-]$ dan $pH = 14 - pOH$ (2.9)

sedangkan pada larutan basa lemah, menentukan nilai OH^- tidak dapat ditentukan langsung dari konsentrasi basa lemah seperti basa kuat tetapi harus menghitung dengan persamaan (2.10), persamaan (2.11) dan persamaan (2.12), sebagai berikut:

$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot M_b}$ atau $[OH^-] = \alpha \cdot Mb$ (2.10)

$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{M_b}}$ (2.11)

$pOH = -\log [OH^-]$ dan $pH = 14 - pOH$ (2.12)

Dengan :

Kb = tetapan ionisasi basa

Mb = molaritas basa

b = banyak OH^- yang diikat

α = derajat ionisasi

2.4 Larutan Nutrisi

Nutrisi AB *mix* merupakan larutan nutrisi yang sangat berpengaruh untuk tanaman hidroponik yang dapat digunakan sebagai suplai hara, baik mikro maupun mikro untuk mendukung pertumbuhan tanamanan yang opitimum. Nutrisi hidroponik tersebut terdiri dari 2 larutan yaitu A yang mengandung unsur hara makro dan B yang mengandung unsur hara mikro (Umar, 2016)**.**

Larutan nutrisi untuk sistem hidroponik adalah larutan yang mengandung ion anorganik terutama dari garam larut unsur-unsur penting untuk tanaman tingkat tinggi. Akhirnya, beberapa senyawa organik seperti kelat besi dapat hadir (Steiner, 1968). Unsur penting memiliki peran fisiologis yang jelas dan ketidakhadirannya mencegah siklus hidup tanaman lengkap (Taiz & Zeiger, 1998). Saat ini 17 elemen dianggap penting untuk sebagian besar tanaman, ini adalah karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, sulfur, besi, tembaga, seng, mangan, molibdenum, boron, klorin, dan nikel (Salisbury & Ross, 1994). Dengan

pengecualian karbon (C) dan oksigen (O), yang dipasok dari atmosfer, unsur-unsur penting diperoleh dari media pertumbuhan. Unsur-unsur lain seperti natrium, silikon, vanadium, selenium, kobalt, aluminium dan yodium antara lain dianggap bermanfaat karena beberapa di antaranya dapat merangsang pertumbuhan, atau dapat mengkompensasi efek toksik dari unsur-unsur lain, atau dapat menggantikan nutrisi penting dalam waktu kurang. peran spesifik (Trejo-Téllez et al., 2007).

Tabel 2.2 Kandungan Unsur Hara Pupuk AB *Mix*

No	Unsur	Fungsi
1.	Nitrogen (N)	Membentuk DNA dan RNA
2.	Fosfat (P)	Merangsang pertumbuhan akar tanaman
3.	Kalium (K)	Sintesa protein
4.	Kalsium (Ca)	Membentuk dinding sel (tahan penyakit)
5.	Sulfur (S)	Penyusun asam amino
6.	Magnesium (Mg)	Inti klorofil
7.	Molybdenum (Mo)	Pembelahan dan pembentukan sel
8.	Seng (Zn)	Katalisator dalam pembentukan dan pembelahan
9.	Boron (Bo)	Membentuk selulosa
10.	Mangan (Mn)	Membentuk energi
11.	Tembaga (Cu)	Stabilisator klorofil
12.	Khlor (Cl)	Membentuk fisik tanaman
13.	Besi (Fe)	Proses pembentukan klorofil

2.5 Optimisasi Metode Linier

Optimisasi linier merupakan teknik atau metode untuk mencapai hasil optimal dalam matematika yang persyaratannya opimalisasi fungsi tujuan dan kendala adalah linier (2020). *Linear programming* sudah berhasil menjabarkan berbagai situasi kehidupan nyata seperti di bidang militer, industri, pertanian, transportasi, ekonomi dan bahkan ilmu sosial. Selain itu, tersedianya program komputer ynag sangat efisien untuk memecahkan masalah pemrograman linier merupakan faktor penting dalam tersebarnya penggunaan teknik ini. Teknik

pemrograman linier memberikan analisa pasca-optimum dan analisis parametrik yang sistematis untuk memungkinkan pengambilan keputusan (Wulandhari, 2015).

Permasalahan model program linier dapat memiliki pembatas-pembatas linier yang bertanda (≤,=,≥) dan peubah-peubah keputusannya dapat merupakan peubah non-negatif, dapat pula peubah yang tak terbatas. Pemrograman dimulai dengan formulasi umum dari permasalahan yang ada yang terdiri dari fungsi tujuan yang akan dicari solusi optimalnya baik itu dalam memaksimumkan maupun meminimumkan berdasarkan ketentuan yang tersedia yang dirumuskan dalam fungsi pembatas (Wulandhari, 2015).

Berdasarkan ketentuan tersebut, beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengubah bentuk permasalahan pemrograman linier dari bentuk asli ke dalam bentuk standart adalah:

a) Pembatasan linier *(linier constraint)*

Pada pembatasan linier bertanda "≤" dapat dibentuk menjadi suatu persamaan "=" dengan cara menambahkan ruas kiri dengan *slack variable* (peubah penambahan). *Slack variable* digunakan untuk mewakili jumlah kelebihan ruas kanan pembatasan linier dibandingkan dengan ruas kirinya, sehingga dapat diartikan untuk mewakili jumlah sumber daya yang tidak dapat dipergunakan.

Misalnya dalam Batasan :

$$X_1 + X_2 \leq 8 \qquad (2.13)$$

Maka tambahkan *slack variable* $S_1 \geq 0$ ke sisi kiri untuk memperoleh persamaan (2.14):

$$X_1 + X_2 + S_1 = 8, \ S_1 \geq 0 \qquad (2.14)$$

Pada pembatasan linier bertanda "≥" dapat dibentuk menjadi suatu persamaan "=" dengan cara mengurangkan ruas kiri dari pembatas linier dengan surplus variable (peubah penambah negatif). Pada pembatas linier bertanda "≥", ruas kanan umumnya mewakili penetapan persyaratan minimum, sehingga surplus variabel dapat diartikan untuk mewakili jumlah kelebihan ruas kiri pembatas linier dibandingkan persyaratan minimumnya.

Misalnya dalam batasan :

$$3X_1 + 2X_2 - 2X_3 \geq 6 \qquad (2.15)$$

Karena sisi kanan pembatas linier lebih kecil dari pada sisi kirinya, maka dikurangkan dengan surplus variabel $S_2 \geq 0$ dari sisi kiri untuk memperoleh persamaan (2.16) :

$$3X_1 + 2X_2 + 2X_3 - S_2 = 8\ ,\ \ S_2 \geq 0 \qquad (2.16)$$

Ruas kanan dari suatu persamaan dapat dijadikan bilangan non-negatif dengan cara mengalihkan kedua ruas dengan -1. Arah pertidaksamaan berubah jika kedua ruas dikalikan dengan -1.

b) Peubah keputusan

Suatu peubah keputusan X_1 yang tidak terbatas dalam tanda dapat dinyatakan sebagai dua peubah keputusan non-negatif dengan menggunakan substitusi :

$$X_1 = X_1^1 + X_1^2 \qquad (2.17)$$

Dengan $X_1^1, X_1^2 \geq 0$. Selanjutnya substitusi ini harus dilakukan pada seluruh pembatas linier dan fungsinya.

c) Fungsi tujuan

Permasalahan model linier standart dapat berubah memaksimumkan f(x) atau meminimumkan f(x). model matematis pemrograman linier dapat dituli dalam bentuk formulasi umum seperti, sebagai berikut :

Fungsi tujuan :

Optimalkan $f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_m$ (2.18)

Batasan $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_m \leq b_n,$ (2.19)

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_m \geq b_n,$ (2.20)

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_3 + \cdots + a_{mn}x_m = b_n,$ (2.21)

$x_1, x_2, \ldots\ , x_m \geq 0$ (2.22)

Dengan :

x = variabel keputusan pemrograman linier

f(x) = fungsi tujuan

c_i = koefisien fungsi tujuan

a_{ij} = koefisien fungsi kendala

b_i = nilai fungsi kendala

Nilai fungsi i = 1, 2, 3, … , n

Nilai fungsi j = 1, 2, 3, … , m

Berdasarkan formulasi umum pemrograman linier terdapat jika kategori permasalahan yaitu masalah maksimasi dan minimasi. Masing-masing dijelaskan pada formulasi sebagai berikut :

Maksimasi : $f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_m$ (2.23)

Batasan : $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_3 + \cdots + a_{mn}x_m \leq b_n$ (2.24)

$x_1, x_2, \ldots \ , x_m \geq 0$ (2.25)

Minimasi : $f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_m$ (2.26)

Batasan : $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_3 + \cdots + a_{mn}x_m \geq b_n$ (2.27)

$x_1, x_2, \ldots \ , x_m \geq 0$ (2.28)

2.5.1 Metode Simplek

Metode Simplek merupakan salah satu teknik penyelesaian dalam pemrograman linier yang digunakan sebagai teknik pengambilan keputusan dalam permasalahan yang berhubungan dengan pengalokasian sumberdaya secara optimal yang meliputi banyak pertidaksamaan dan banyak variabel (Asmara, Rahmawat, Aprilla, & Darmawan). Metode simplek lebih efisien serta dilengkapi dengan suatu test kriteria yang dapat memberitahukan kapan hitungan harus dihentikan dan kapan harus dilanjutkan sampai diperoleh suatu penyelesaian yang optimal.

Langkah-langkah pemecahan dengan metode Simplek (Asmara, Rahmawat, Aprilla, & Darmawan), sebagai berikut :

a) Mengubah fungsi tujuan dan batasannya/kendala
b) Menyusun persamaan-persamaan didalam tabel.
c) Memilih kolom kunci.
d) Memilih baris kunci.
e) Mengubah nilai-nilai baris kunci.
f) Mengubah nilai-nilai selain pada baris kunci.
g) Melanjutkan perbaikan.

2.5.2 Metode Grafik

Metode grafik merupakan salah satu teknik penyelesaian optimisasi linier yang dapat digunakan untuk pemecah masalah linier yang hanya memiliki dua atau

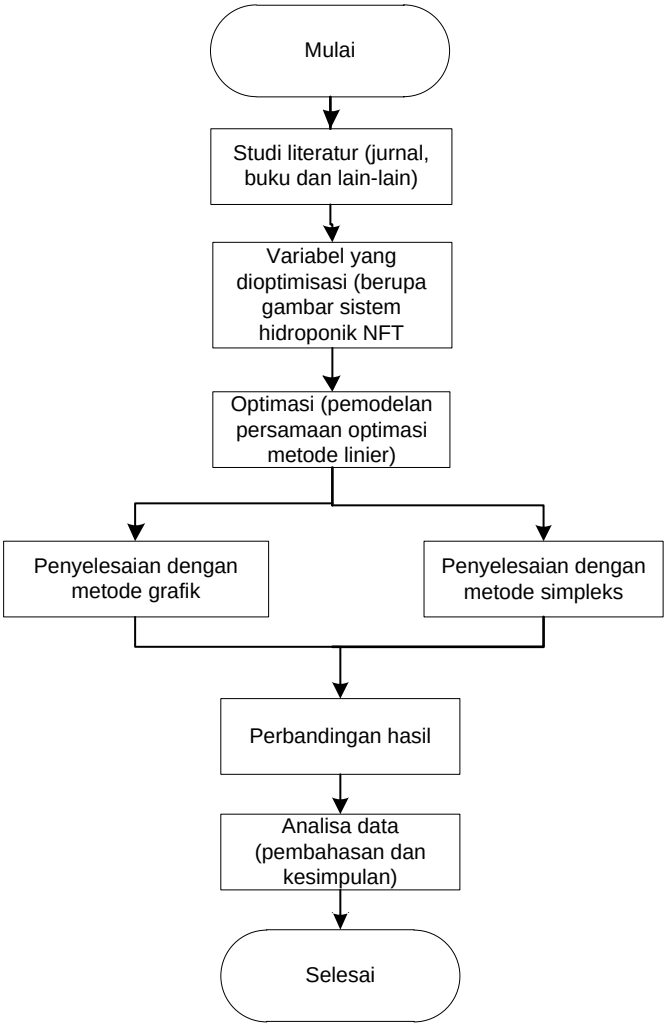
tiga variabel. Grafik disusun dari persamaan yang telah diformulasikan sehingga akan didapatkan titik sebagai solusi, yang merupakan hasil dari perpotongan garis (Asmara, Rahmawat, Aprilla, & Darmawan).

Apabila dalam suatu pemrograman linier terdapat lebih dari 2 variabel, yaitu misalnya 3 variabel x_1, x_2, dan x_3. Maka metode grafik ini tidak dapat digunakan, berikut ini langkah-langkah pemecahan dengan metode grafik, sebagai berikut :

a) Menggambar garis-garis kendala pada sumbu koordinat dan menganggap kendalanya sebagai suatu persamaan.
b) Menentukan daerah dalam bidang koordinat yang mememnuhi semua kendala (daerah fisibel), kemudian menentukan semua titik daerah fisible tersebut.
c) Membuat grafik untuk kendala-kendala yang ada dalam suatu bagian. Untuk membuat fungsi grafik fungsi kendala yang berbentuk pertidaksamaan ($\leq$ dan $\geq$) diubah terlebih dahulu ke dalam persamaan (=).
d) Menentukan area kelayakan solusi pada grafik tersebut. Area layak dapat dilihat dari pertidaksamaan pada kendala. Apabila kendala dalam bentuk $\leq$, maka daerah arsiran/layak terjadi pada bagian kiri/bawah/kiri bawah, tetapi apabila bentuk pertidaksamaan $\geq$, maka pengarsiran dilakukan ke kanan/atas/kanan atas. Apabila bentuk persamaannya (=), maka daerah layak terjadi pada garis tersebut (berimpit).
e) Hitung nilai fungsi tujuan untuk semua titik sudut daerah layak. Untuk keputusannya, pilih koordinat titik yang memberikan nilai terbesar untuk fungsi tujuan maksimasi dan untuk nilai fungsi terkecil untuk tujuan minimasi.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahapan tersebut digambarkan dalam bentuk diagram alir *(flowchart)*, sebagai berikut :

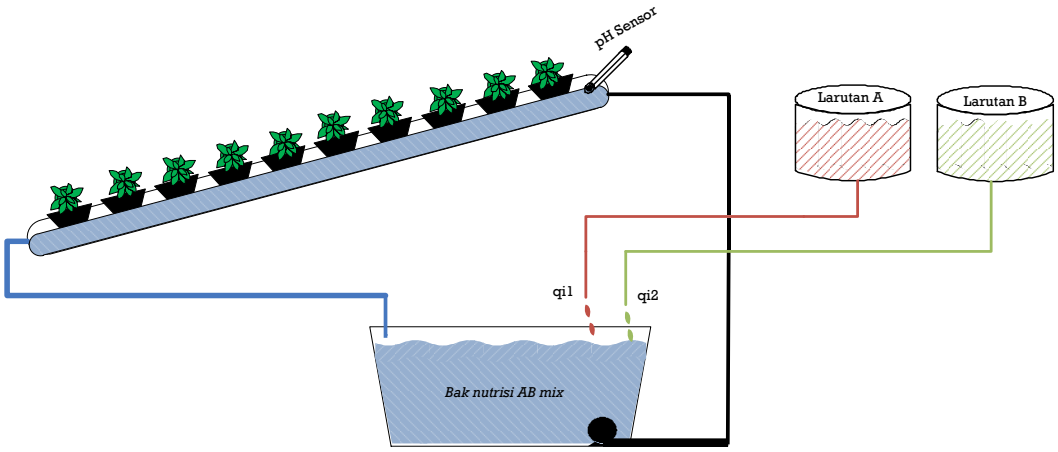


Gambar 3.1 *Flowchart* atau diagram alir penelitian

3.1 Variabel yang Dioptimisasi

Variabel yang dioptimisasi adalah nutrisi A dan nutrisi B, jenis hidroponik yang digunakan adalah hidroponik NFT *(nutrient film technique)* dan tanaman yang

digunakan adalah tanaman Pakcoy. Berikut ini gambaran proses system hidroponik NFT, sebagai berikut :



Gambar 3.2 Proses sistem hidroponik NFT

Dengan ukuran botol larutan 1 liter (1000 ml) dan ukuran botol larutan B sebesar 1 liter. Ukuran bak nutrisi AB *mix* sebesar 20 liter, Panjang pipa PVC sebesar 2 m dengan diameter 3 *inch*, dan jumlah lubang atau netpot sebanyak 10 netpot dengan diameter lubang sebesar 4,5 cm, jarak antara netpot atau lubang sebesar 15 cm. Menggunakan media tanam adalah rockwool, karena rockwool mampu menyimpan air lebih banyak, tekstur yang phorus bagus untuk aerasi dan pertumbuhan perakaran (kalwadzani, 2020).

Prinsip kerja hidroponik NFT *(nutrient film technique)* adalah masukkan larutan nutrisi A dan larutan nutrisi B ke dalam bak berisi air sekitar 19 liter dan diukur pH nutrisi AB *mix* sesuai dengan pH tanaman, supaya tanaman akan menyerap tanaman dengan baik dan pertumbuhan akan cepat. Pada air nutrisi AB *mix* di bak nutrisi AB *mix* akan mengaliri tanaman akar dengan dipompa, yang akan bersirkulasi selama 24 jam, pada talang dengan kemiringan sekitar 5%. Tanaman Pakcoy akan menyerap larutan nutrisi yang akan mengalir, setelah larutan nutrisi terserap oleh tanaman maka air nutrisi aku terus mengalir sampai kembali

lagi ke bak nutrisi AB *mix* untuk digunakan lagi. Dan harus sering di cek kembali nilai pH air nutrisi, supaya sesuai dengan pH tanaman.

Hubungan larutan nutrisi dengan pH (larutan yang digunakan)

Diketahui bahwa, terdapat kandungan pada larutan nutrisi AB *mix* adalah NH_4NO_3 dan KH_2PO_4. Menggunakan larutan NH4NO3 memiliki kandungan Ca sebesar 19%, yang mudah larut dan mudah diserap tanaman. Sedangkan larutan KH2PO4 memiliki kandungan K sebesar 28 % dan P sebesar 23%. Perhitungan reaksi kimia diambil dari TA sebelumnya (Zuhar, 2019). Berikut ini adalah persamaan reaksi kimia pada kedua larutan, sebagai berikut

a) KH_2PO_4

Penetralan dengan asam basa (Asam posphat + Kalium Hidroksida), yang mewakili oleh persamaan (3.1) sebagai berikut :

$$KOH + H_3PO_4 \rightarrow KH_2PO_4 + H_2O \quad (3.1)$$

Reaksi Asam Posphat dengan air yang proses ionisasinya adalah

$$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+ \quad (3.2)$$

$$H_2PO_4^- + H_2O \longleftrightarrow H_2PO_4^{2-} + H_3O^+ \quad (3.3)$$

$$HPO_4^{2-} + H_2O \longleftrightarrow PO_4^{3-} + H_3O^+ \quad (3.4)$$

Reaksi asam diatas merupakan asam lemah dan asam melepaskan H^+ tidak mungkin berdiri bebas dalam air, tetapi berikatan koordinasi dengan oksigen air sehingga membentuk persamaan (3.5) sebagai berikut :

$$H^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ \quad (3.5)$$

Reaksi disasosiasi asam

$$[H_2PO_4^-] + [H_2O] \leftrightharpoons [H_3O^+] + [HPO_4^{2-}] \quad (3.6)$$

Dengan nilai Ka dari rekasi diatas adalah

$$K_{a1} = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4^-]} = 7{,}52 \times 10^{-3} \quad (3.7)$$

$$k_{a2} = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^{2-}]} = 6{,}23 \times 10^{-8} \quad (3.8)$$

Reaksi basa dengan air, yang mewakili persamaan (3.9) sebagai berikut :

$$KOH + H_2O \rightarrow K^+ + 2OH \quad (3.9)$$

Sedangkan untuk rekasi asam posphat + kalium hidroksida + air, memperoleh persamaan (3.10) sebagai berikut :

$$PO_4^{3-} + KOH \longrightarrow K_3PO_4 + OH^- \quad (3.10)$$

Reaksi hidrolisis

$$[H_2PO_4^-] + [H_2O] \rightleftharpoons [OH^-] + [H_3PO_4] \quad (3.11)$$

Dengan nilai Kb dari reaksi diatas adalah :

$$K_b = \frac{K_w}{k_{a_1}} = \frac{[OH^-][H_3PO_4]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{10^{-14}}{7{,}52\times10^{-3}} = 1{,}33 \times 10^{-12} \quad (3.12)$$

Reaksi ini dapat menaikkan konsentrasi ion hidroksida yang berimbas menurunkan nilai pH.

Kesetimbangan massa :

$$[KH_2PO_4] = [HPO_4^{2-}] + [H_2PO_4^-] + [H_3PO_4] \quad (3.13)$$

Kesetimbangan muatan :

$$[K^+][H_3O^+] = 2[HPO_4^{2-}] + [H_2PO_4^-] + [OH^-] \quad (3.14)$$

Disederhanakan menjadi :

$$[H_3O^+] - [OH^-] = [HPO_4^{2-}] - [H_3PO_4] \quad (3.15)$$

$$K_w = [H^+]\,[OH^-] = 10^{-14} \quad (3.16)$$

Konsentrasi HPO_4^{2-} dapat dihitung, sebagai berikut :

$$[HPO_4^{2-}][H_3O^+] = K_a[H_2PO_4^-] \quad (3.17)$$

Pada aliran input q1 *plant* CSTR, garam KH_2PO_4 dengan massa 1.36 gram yang dilarutkan ke dalam 1000 ml air sehingga didapatkan larutan KH_2PO_4 dengan konsentrasi 0,01 molar. Menghitung konsentrasi dengan persamaan (3.18), sebagai berikut :

$$\text{Molaritas} = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V} = \frac{1{,}36}{136{,}068} \times \frac{1000}{1000} = 0{,}01 \text{ mol} \quad (3.18)$$

Dengan :

m = massa zat terlarut (gram)

Mr = massa molar zat terlarut (gr/mol)

V = volume larutan (ml)

Konsentrasi $H_2PO_4^-$ sama dengan konsentrasi garam yaitu 0,01 molar. Konsentrasi H_3O^+yang terbentuk sama dengan konsentrasi HPO_4^{2-} yang muncul dari reaksi disasosiasi asam, sehingga didapatkan persamaan, sebagai berikut :

$$[HPO_4^{2-}] = \sqrt{K_{a1}[H_2PO_4^-]} \quad (3.19)$$

$$[HO_4^{2-}] = \sqrt{7{,}52 \times 10^{-3} \text{ x } 0{,}01 \text{ M}} = 8{,}7 \text{ x } 10^{-3} \text{ Molar}$$

Konsentrasi H_3PO_4 dapat dihitung dengan persamaan (3.11), sebagai berikut:

$$[OH^-][H_3PO_4] = K_b[H_2PO_4^-] \quad (3.20)$$

Konsentrasi H_3O^+yang terbentuk sama dengan konsentrasi H_3PO_4 yang muncul dari reaksi disasosiasi asam, sehingga didapatkan persamaan (3.21) sebagai berikut :

$$[H_3PO_4] = \sqrt{K_b[H_2PO_4^-]} \quad (3.21)$$

$$[H_3PO_4] = \sqrt{1{,}33 \times 10^{-12} \text{ x } 0{,}01 \text{ M}} = 1{,}15 \text{ x } 10^{-7} \text{ M}$$

<u>Menetukkan nilai pH pada suatu larutan KH_2PO_4.</u>

Setelah mengetahui konsentrasi dari larutan KH_2PO_4, dengan konsentrasi sebesar 0,01 mol. Pada larutan KH_2PO_4 merupakan asam lemah. Maka untuk menghitung nilai pH dengan menggunakan persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7) sebagai berikut :

K^+ adalah kation dari basa kuat KOH tidak dapat memecah molekul air. $H_2PO_4^-$ adalah anion dari asam lemah H_3PO_4. Anion asam lemah dapat memecah molekul air.

$$KH_2PO_4 \leftrightharpoons K^+ + H_2PO_4 \quad (3.22)$$

$$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3PO_4 + OH^- \quad (3.23)$$

$$H_3PO_4^- \leftrightharpoons 3H^+ + PO_4^{3-} \quad (3.24)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{ka}{ma}} = 255{,}7 \quad (3.25)$$

$$[H^+] = \alpha \times ma = 255{,}7 \text{ x } (1{,}15 \times 10^{-7}) = 2{,}9 \times 10^{-5} \quad (3.26)$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 2{,}9x10^{-5} = 4{,}5 \quad (3.27)$$

Dengan :

ka = tetapan ionisasi asam

ma = molarotas asam

α = derajat ionisasi

NH_4NO_3

Penetralan asam basa pada NH_4NO_3, sebagai berikut :

$$[\mathrm{NH_4^+}] + [\mathrm{H_2O}] \leftrightharpoons [\mathrm{H_3O^+}] + [\mathrm{NH_3}] \quad (3.28)$$

$$\mathrm{NH_4NO_3} \leftrightharpoons \mathrm{NH_4} + \mathrm{NO_3} \quad (3.29)$$

Nilai K_a dari reaksi diatas adalah sebagai berikut :

$$K_a = \frac{[H^+][NH_3]}{[NH_4^+]} = 5{,}6 \times 10^{-10} \quad (3.30)$$

$$k_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = 1{,}78 \times 10^{-5} \quad (3.31)$$

Kesetimbangan massa yang terbentuk adalah sebagai berikut :

$$[\mathrm{NH_4NO_3}] = [\mathrm{NH_4^+}] + [\mathrm{NH_3}] \quad (3.32)$$

Kesetimbangan muatan yang terbentuk adalah sebagai berikut :

$$[\mathrm{NO_3^-}] + [\mathrm{OH^-}] = [\mathrm{NH_4^+}][\mathrm{H_3O^+}] \quad (3.33)$$

$\mathrm{NO_3^-}$ merupakan salah satu unsur mikro dalam larutan AB *mix*, namun unsur tersebut dianggap tidak memoengaruhi niali pH pada larutan AB *mix*. Maka, konsentrasi $\mathrm{NO_3^-}$ dapat disetarakan dengan konsentrasi NH_4NO_3.

Persamaan diatas, dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$[H_3O^+] - [OH^-] = [NH_3] \quad (3.34)$$

Pada aliran input q2 *plant* CSTR, garam NH_4NO_3 dengan massa 0,8 gram yang dilarutakan ke dalam 1000 ml air, sehingga didapatka larutan NH_4NO_3 dengan konsentrasi 0,1 molar. Menghitung konsentrasi dengan persamaan (3.35), sebagai berikut :

$$\text{Molaritas} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{Mr}} \times \frac{1000}{\mathrm{V}} = \frac{0{,}8}{80{,}043} \times \frac{1000}{1000} = 0{,}1 \text{ mol} \quad (3.35)$$

Dengan :

m = massa zat terlarut (gram)

Mr = massa molar zat terlarut (gr/mol)

V = volume larutan (ml)

Konsentrasi NO_3 sama dengan konsentrasi garam yaitu 0,1 molar. Konsentrasi $[H_3O^+]$ yang terbentuk sama dengan konsentrasi $[NH_3]$ yang muncul dari reaksi disasosiasi asam, sehingga didapatkan persamaan (3.36), sebagai berikut:

$$[\mathrm{NH_3}] = \sqrt{\mathrm{K_a}[\mathrm{NH_4^+}]} = \sqrt{5{,}6 \times 10^{-10} \times 0{,}1\ \mathrm{M}} = 7{,}5 \times 10^{-6}\mathrm{M} \quad (3.36)$$

Menetukkan nilai pH pada suatu larutan NH_4NO_3,

Setelah mengetahui konsentrasi dari larutan NH_4NO_3, maka akan mencari nilai pH dengan konsentrasi sebesar 0,1 mol. Pada larutan NH_4NO_3 merupakan basa lemah. Maka untuk menghitung nilai pH dengan menggunakan persamaan (2.10), (2.11) dan (2.12) sebagai berikut :

$$\mathrm{NH_4NO_3} \rightleftharpoons \mathrm{NH_4^+} + \mathrm{NH_3} \quad (3.37)$$

NH_3 hanya akan terionisasi bila dilarutkan dalam air

$$NH_3 + H_2O \leftrightharpoons NH_4^+ + OH^- \quad (3.38)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\mathrm{kb}}{\mathrm{mb}}} = 1{,}54 \quad (3.39)$$

$$[\mathrm{OH^-}] = \alpha \times \mathrm{mb} \quad (3.40)$$

$$[\mathrm{OH^-}] = 1{,}54 \times (7{,}5 \times 10^{-6}) = 1{,}15 \times 10^{-3}$$

$$\mathrm{POH} = -\log [\mathrm{OH^-}] = -\log 1{,}15 \times 10^{-3} = 4{,}82 \quad (3.41)$$

$$\mathrm{pH} = 14 - \mathrm{POH} = 14 - 4{,}82 = 9{,}18 \quad (3.42)$$

Dengan :

kb = tetapan ionisasi basa

mb = molarotas basa

α = derajat ionisasi

Hubungan pH larutan nutrisi dengan pertumbuhan tanaman

pH pada larutan nutrisi AB *mix* sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, karena larutan nutrisi tersebut yang akan diserap oleh akar tanaman. pH untuk tanaman Pakcoy sebesar 6,5-7, pH larutan nutrisi sesuai dengan tanaman yang ditanam pada system hidroponik, maka pertumbuhan tanaman akan tumbuh subur. Sebaliknya, jika pH larutan nutrsi terlalu asam atau terlalu basa, maka pertumbuhan tanaman tidak akan tumbuh dengan baik bahkan tanaman sampai mati. pH larutan nutrisi AB *mix*, sesering mungkin dicek, karena larutan nutrisi ab *mix* yang masuk ke pipa PVC yang terdapat tanaman Pakcoy akan menyerap larutan nutrisi asam dan akan masuk kembali ke bak nutrisi untuk dipakai kembali, larutan nutrisi yang masuk ke bak nutrisi terkadang bersifat basa, karena ada beberapa zat yang telah di serap oleh tanaman. Ada beberapa faktor penyebab perubahan pH pada larutan nutrisi hidroponik, yaitu terjadi proses fotosintesis, proses respirasi, adanya bakteri

dan juga pengaruh jenis media tanam. Setiap jenis media tanam memiliki nilai pH yang berbeda-beda.

3.2 Pemodelan Optimisasi Metode Linier

Tahap ini adalah memodelkan persamaan optimisasi biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy dengan menggunakan metode linier. Perhitungan metode linier terdapat 2 cara yaitu dengan metode grafik dan metode simplek. Optimisasi suplai nutrisi AB *mix* untuk tanaman Pakcoy pada system hidroponik NFT dilakukan dengan menerapkan pemrograman linier sebagai pemecah masalah. Untuk mengetahui berapa suplai nutrisi A dan nutrisi B supaya lebih optimal, bisa dilakukan mengoptimasi harga nutrisi. Karena dari harga kedua nutrisi bisa mengetahui berapa gram yang akan dilarutkan ke dalam air untuk pembuatan larutan nutrisi A dan larutan nutrisi B.

Dari pembelian nutrisi AB *mix* sebesar 500 gr (nutrisi A = 250 gr dan nutrisi B = 250 gr) dengan harga Rp 30.000. Nutrisi A yang dilarutkan dalam 1 liter air dan nutrisi B juga dilarutkan dalam 1 liter. Selama 30 hari (panen) telah menghabiskan 86,5 gr nutrisi A dan 140,6 gr nutrisi B. Suplai nutrisi AB *mix* sebesar 60 L/panen yang telah menghabiskan biaya nutrisi AB *mix* sebesar Rp 13.630/panen

Tabel 3.1 Tabel Inisialisasi Permasalahan

	Nutrisi A	Nutrisi B	Persyaratan minimum
Cost	Rp 60/gram	Rp 60/gram	
Massa nutrisi	86,5 gr	140,6 gr	500 gr
Massa air	448,5 gr	448,5 gr	1994 gr

<u>Fungsi Tujuan *(Objective Function)*</u>

Fungsi tujuan dari permasalahan ini adalah meminimalkan biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy. Sehingga, didapatkan persamaan (3.43) *objective function* (fungsi tujuan) sebagai berikut :

$$Y = (c_1 * x_1 + c_2 * x_2) \quad (3.43)$$

Dengan :

Y = minim. biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman (Rp)

c = harga nutrisi A dan nutrisi B (Rp/gram)

x = massa nutrisi A dan massa nutrisi B (gram)

Fungsi Kendala *(Constraint)*

Fungsi kendala adalah massa yang telah digunakan tanaman hingga panen, sehingga didapatkan persamaan (3.44) sebagai berikut :

$$c_1 * x_1 + c_2 * x_2 \leq p \quad (3.44)$$

Dimana :

c = harga nutrisi A dan nutrisi B (Rp/gram)

x = massa nutrisi A dan massa nutrisi B (gram)

p = massa nutrisi AB *mix* (gram)

Setelah dilakukan kedua metode, dilakukan perbandingan nilai pH dengan persamaan (3.27) dan (3.42), dilakukan menganalisa terhadap hasil yang diperoleh dan hasil yang dihitung. Hasil yang diperoleh dari jurnal adalah hasil pengukuran tanaman Pakcoy dengan *monitoring* atau dikendalikan pH dan tanpa dikendalikan pH. Sedangkan hasil yang dihitung optimisasi adalah hasil optimisasi pada biaya kebutuhan nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy. Setelah mengetahui biaya yang optimal, maka akan ketemu juga berapa suplai nutrisi A dan nutrisi B yang dibutuhkan selama panen. Setelah itu, menyimpulkan dan saran dari hasil analisa tersebut. Kesimpulan berisi akan menjawab dari tujuan penelitian tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Pada pengamatan tumbuhan yang diamati adalah ketinggian tanaman dan banyak daun. Karena pada pengamatan pertumbuhan hanya saat tanaman ditanam di hidroponik dengan mengukur nilai pH nutrisi AB *mix* yang masuk ke tanaman Pakcoy. Ketinggian tanaman ini diukur dengan menggunakan penggaris dari perbatsan akar dan batang sampai daun tertinggi pada masing-masing tanaman. Sedangkan jumlah daun ini dihitung pada daun yang telah membuka sempurna pada setiap tanaman.

Pada hasil pengamatan respon pertumbuhan tanaman Pakcoy terdapat 5 netpot tanaman selama 30 hari. Dari kedua hasil pengamatan, bisa mengetahui bahwa *monitoring* pH larutan nutrisi AB *mix* untuk tanaman Pakcoy itu penting, karena dapat berpengaruh pada pertumbuhannya seperti banyak daun, ketinggian, dan bobot pada tanaman. Terdapat 2 data hasil pengamatan yaitu hasil pegamatan dengan *monitoring* pH dan hasil penamatan tanpa *monitoring* pH. Data pengamatan pertumbuhan tanaman Pakcoy dengan menggunakan alat pengendali pH, sebagai berikut (Cahyo Sulistyo, Erwanto, & Rosanti, 2019) :

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy dengan *Monitoring* pH

Umur (HST)	pH	Tinggi Batang (cm)					Jumlah Daun (Helai)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	6,25	3,2	3,3	3,0	3,1	3,1	4	4	4	4	4
5	6,43	5,2	5,0	4,3	4,5	4,8	5	5	5	5	5
10	6,32	8,6	8,5	7,0	7,2	7,6	6	6	6	6	6
15	6,40	12,6	12,9	11,1	10,5	11,7	8	8	8	8	8
20	6,43	15,0	15,3	14,6	14,6	14,2	10	10	10	10	10
25	6,75	17,0	17,6	16,9	16,6	16,5	12	12	12	12	12
30	6,35	20,1	20,4	19,6	19,5	19,5	14	14	14	14	14

Rata-rata	6,45

Pada pengamatan dengan kendali pH (pada Tabel 4.1), bahwa nilai pH selalu konstan sebesar 6. Berdasarkan referensi yang ada nilai pH tanaman Pakcoy sebesar 6-7 yang bersifat asam ataupun netral. Berdasarkan pH rata-rata diatas menunjukkan nilai pH sebesar 6,4 yang bersifat asam. Data diatas merupakan data sebelum optimisasi. Pengambilan data dilakukan 5 hari sekali selama 30 hari. Mengamati tanaman Pakcoy dengan dikendalikan pH, dapat bertumbuh dengan baik dan warna daun tanaman pun hijau dan tidak layu. Rata-rata pertumbuhan tanaman Pakcoy perhari sebesar 0,556 cm/hari.

Data pengamatan pertumbuhan tanaman Pakcoy tanpa *monitoring* pH, sebagai berikut (Cahyo Sulistyo, Erwanto, & Rosanti, 2019) :

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy tanpa *Monitoring* pH

Umur (HST)	pH	Tinggi Batang (cm)					Jumlah Daun (Helai)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5,24	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	4	4	4	4	4
5	5,21	3,6	3,7	3,6	3,5	3,8	5	5	5	5	5
10	4,71	6,8	6,9	6,6	6,7	6,5	6	6	6	6	6
15	5,26	9,2	10	10	10,3	10	8	8	8	8	8
20	5,32	10,6	11,2	11	11	11	9	9	9	9	9
25	5,33	12,3	12,9	12,6	12,8	12,6	10	10	10	10	10
30	5,32	14	14,2	14,2	14,4	14,1	11	11	11	11	11
Rata-rata	4,91										

Pada pengamatan dengan kendali pH (pada Tabel 4.2), bahwa rata-rata nilai pH sebesar 4,91. Data diatas merupakan data sebelum di optimisasi. Pengambilan data dilakukan 5 hari sekali selama 30 hari. Mengamati tanaman Pakcoy dengan tanpa *monitoring* pH, dapat bertumbuh tetapi terlihat pada warna daun yang berwarna kekuningan dan mengalami kerontokan. Rata-rata pertumbuhan tanaman Pakcoy perhari sebesar 0,37 cm/hari.

4.2 Hasil Perhitungan Optimisasi Metode Liner

Pada perhitungan optimisasi linier dilakukan dengan menggunakan excel dan optimisasi linier metode simplek.

a) Model matematis

Fungsi obyektif

Fungsi obyektif dari program linier dalam pemecahan masalah optimasi pada suplai nutrisi sistem hidroponik NFT adalah meminimalkan biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy. Dalam hal ini, nilai "c_1 dan c_2" merupakan harga atau biaya pada massa nurisi A dan nutrisi B. Sedangkan nilai "x_1" dan "x_2" merupakan massa dari nutrisi a dan b. Berdasarkan persamaan (3.27), maka fungsi obyektif dalam optimisasi meminimalkan biaya kebutuhan massa nutrisi AB *mix* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = 60\ x_1 + 60\ x_2 \tag{4.1}$$

Constraint

Constraint atau fungsi pembatas pada model optimisasi adalah massa nutrisi AB *mix* yang digunakan. Berdasarkan persmaan (3.28), maka persamaan fungsi kendala sebagai berikut:

$$86{,}5\ x + 140{,}6\ y > 500 \tag{4.2}$$

$$448{,}5\ x + 448{,}5\ y > 1994 \tag{4.3}$$

b) Perhitungan optimisasi metode linier

a) Optimisasi linier metode simplek

Fungsi tujuan (persamaan (4.1)) dan fungsi kendala (persamaan (4.2) dan (4.3)) diberi variabel *slack* S_1 dan S_2, sebagai berikut :

$$86{,}5\ x + 140{,}6\ y + S_1 = 500 \tag{4.4}$$

$$448{,}5\ x + 448{,}5\ y + S_2 = 1994 \tag{4.5}$$

$$-60\ x - 60\ y + Y = 0 \tag{4.6}$$

Berikut ini tabel penyelesain perhitungan optimisasi linier metode simplek, sebagai berikut :

Tabel 4.3 Tabel Perhitungan Optimisasi Linier Metode Simplek

VB	x	y	S_1	S_2	NK
Y	-60	-60	0	0	0
S_1	86,5	140,6	1	0	500
S_2	448,5	448,5	0	1	1994

VB	x	y	S_1	S_2	NK
Y	-23,0868	0	0,42674253	0	213,371
y	0,61522	1	0,00711238	0	3,55619
S_2	172,574	0	-3,1899004	1	399,05

VB	x	y	S_1	S_2	NK
Y	0	0	0	0,13378	266,756
y	0	1	1,96960446	-0,00356	2,13359
x	1	0	-0,0184843	0,00579	2,31235

Maka massa nutrisi A sebesar 2,31 gram, massa nutrisi B sebesar 2,13 gram dengan harga sebesar Rp 266.

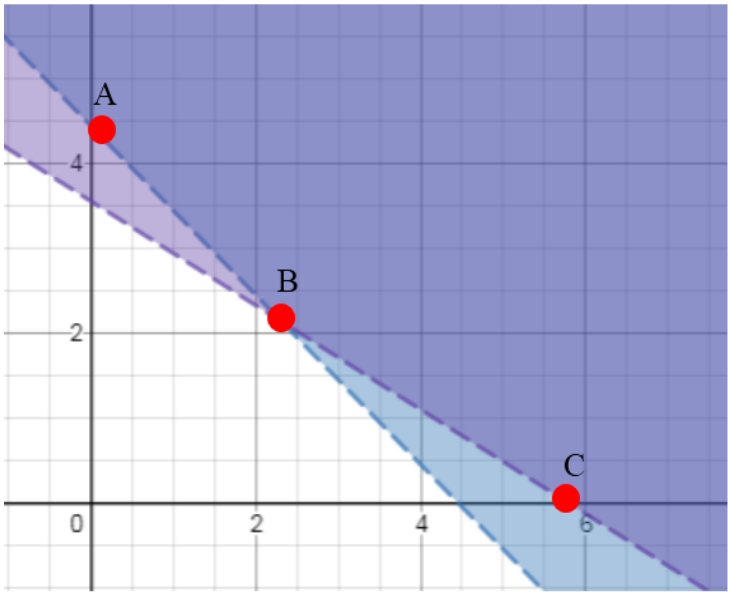
b) Optimisasi linier metode grafik

Constraint (fungsi kendala), adalah

$$86{,}5\ x + 140{,}6\ y > 500 \quad (4.7)$$

$$448{,}5\ x + 448{,}5\ y > 1994 \quad (4.8)$$

Membuat grafik pada persamaan fungsi kendala, sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik persamaan constraint (fungsi kendala)

Setelah membuat grafik fungsi kendala (pada Gambar 4.1), mencari area kelayakan solusi pada grafik tersebut dan menghitung nilai fungsi tujuan *(objective function)* untuk semua titik daerah layak. Pada warna biru mudah merupakan constraint pada persamaan (3.49), warna ungu merupakan fungsi kendala pada persmaan 3.50 dan warna biru tua merupakan area atau daerah layak. Setelah mengetahui titik kelayakan atau daerah arsiran, maka dilakukan perhitungan seperti Tabel 3.1 Pada titik B (2,31 ; 2,13) yang merupakan nilai Y minimum yaitu Rp 266.

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Optimisasi Linier dengan Metode Grafik

Vertex	Y = 60 x + 60 y
A : (0 ; 4,446)	Y = 60 * 0 + 60 * 4,446 Y = 267
B : (2,31 ; 2,13)	Y = 60 * 2,31 + 60 * 2,13 Y = 266
C : (5,78 ; 0)	Y = 60 * 5,78 + 60 * 0 Y = 347

c) Hasil Optimisasi metode linier

Dari perhitungan yang dilakukan sesuai dengan proses optimisasi linier dengan menggunakan metode simplek dan grafik. Dengan menggunakan 2 metode tersebut,

supaya terdapat keakuratan hasil optimisasi. Pada system hidroponik NFT terdapat 10 netpot tanaman yang pemakaian air nutrisi AB *mix* sampai panen sebesar 60 liter/panen dengan larutan pekatan A sebesar 300 ml/panen (75 gr/panen) dan larutan pekatan B sebesar 300 ml/panen (75 gr/panen). Pada *monitoring*pH nutrisi AB *mix*, maka massa sebelum dilakukan optimisasi diperoleh massa A sebesar 86,5 gram/panen terdapat kandungan KH2PO4 sebesar 1,36 gram (pH sebesar 4,5) dengan volume A sebesar 300 ml sedangkan massa B sebesar 140,6 gram/panen terdapat kandungan NH4NO3 sebesar 0,8 gram (pH sebesar 9,18) dengan volume B sebesar 300 ml. Sehingga didapatkan hasil penghematan atau hasil yang optimal, dilakukan optimisasi dengan metode linier diperoleh massa A sebesar 2,31 gram (69,3 gram/panen) terdapat kandungan KH2PO4 sebesar 0,04 gram (pH sebesar 4,6) dengan volume A sebesar 9,24 ml (277,2 ml/panen), sedangkan pada massa B sebesar 2,13 gram (63,9 gram/panen) terdapat kandungan NH4NO3 sebesar 0,01 gram (pH sebesar 9,25) dengan volume B sebesar 8,5 ml (255 ml/panen). Dengan meminimalkan biaya atau harga pembelian nutrisi Ab *mix* untuk pertumbuhan Pakcoy. dapat mengetahui pemakaian nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy yang optimal dengan massa nutrisi dan volume yang optimal.

Dengan meminimalkan biaya atau harga pemakaian nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan Pakcoy, dapat mengetahui suplai nutrisi AB *mix* untuk pertumbuhan tanaman Pakcoy yang optimal. Pada Tabel 4.1 adalah hasil pengamatan pertumbuhan tanaman Pakcoy dengan *monitoring* pH sebelum dioptimisasi, yang terdapat rata-rata nilai pH sebesar 6,41 dengan rata-rata tinggi tanaman Pakcoy sebesar 0,556 cm/hari, sedangkan pada Tabel 4.2 adalah hasil pengamatan pertumbuhan tanaman Pakcoy tanpa *monitoring* pH sebelum dioptimisasi yang terdapat rata-rata nilai pH sebesar 4,91 dengan rata-rata tinggi tanaman sebesar 0,37 cm/hari. Pada standarnya ketinggian tanaman Pakcoy biasanya sekitar 15 – 30 cm dan daunnya berwarna hijau, dari hasil *monitoring* pH sesuai dengan standar tetapi memiliki ketunggian yang tidak maksimal, hanya sekitar 20 cm dan daunnya pada tanaman tersebut terlihat berwarna hijau dan segar. Sedangkan dari hasil tanpa *monitoring* pH tidak sesuai dengan standar, dikarenakan ketinggian tanaman sekitar 14 cm dan daunnya pun terlihat berwarna kekuningan. Untuk pergantian atau penambahan nutrisi AB *mix* bukan berdasarkan hari, tetapi berdasarkan keadaan

bak nutrisi AB *mix*, seperti : dalam keadaan bak nutrisi AB*mix*, air sudah hampir, pH nya mulai berkurang dan bak nutrisi AB *mix* mulai kotor (harus perlu diganti). pH air juga sangat penting, karena nutrisi hidroponik bisa diserap dengan sempurna oleh tanaman. Range pH air sekitar 5,5 sampai 6,5.

Maka dapat disimpulkan bahwa biaya pemberian pupuk nutrisi lebih hemat setelah dioptimisasi daripada sebelum dioptimisasi. Dan juga suplai nutrisi AB *mix* lebih optimal daripada sebelumnya. Dari pemakaian nutrisi AB *mix*, nutrisi A lebih banyak digunakan daripada nutrisi B. Karena pada nutrisi A mengandung asam dan pada saat *flow* nutrisi masuk ke hidroponik, akar tanaman lebih banyak menyerap mengandung asam, dilihat dari nilai pH tanaman Pakcoy membutuhkan pH yang bersifat asam (6,5 – 7). Untuk kuantitas, pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman) dengan *monitoring* pH, tanaman cepat tumbuh dengan rata2 tinggi tanaman sebesar 0,556 cm/hari dan pada hari 1 HST – 10 HST telah diamati bahwa daun tumbuh 1 helai daun setiap 5 hari sekali, sedangkan pada hari 10 HST – 30 HST bahwa daun tumbuh 2 helai daun setiap 5 hari sekali. Berbeda dengan hasil pengamatann tanpa *monitoring* pH, pertumbuhan tinggi lambat dan daunnya tumbuh 1 helai setiap 5 hari sekali. Sedangakan untuk kualitas, pengamatan dengan *monitoring* pH, tanamannya terlihat lebih segar dan pertumbuhannya lebih cepat dan terlihat pada daunnya lebih hijau dan segar daripada pengamatan tanpa *monitoring* pH pertumbuhannya yang lambat dan daunnya terlihat kering dan berwarna kekuningan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan adalah sebagai berikut :

a) Suplai nutrisi AB *mix* sebesar 53,2 L/panen.
b) Suplai larutan nutrisi A sebesar 277,2 ml/panen.
c) Suplai larutan nutrisi B sebesar 255 ml/panen.
d) Untuk kuantitas, pertumbuhan tanaman dengan *monitoring* pH lebih bagus daripada pertumbuhan tanaman tanpa *monitoring* pH. Sedangakan untuk kualitas, pengamatan dengan *monitoring* pH, tanamannya terlihat lebih segar dan pertumbuhannya lebih cepat daripada pengamatan tanpa kendali pH. Pengamatan tanaman Pakcoy tanpa *monitoring* pH, tanaman bisa mengalami pertumbuhan tetapi beberapa warna daunya terlihat warna kekuningan dan juga beberapa mengalami kerontokan.

5.2 Saran

Saran yang dilakukan untuk pengembangan selanjutnya pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Agar tanaman bisa tumbuh lebih maksimal perlu ditambah *monitoring* lain yang berpotensi dapat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman.
b) Agar bisa mengetahui pertumbuhan tanaman perlu ditambah pengamatan panen, supaya dapat membandingkan pertumbuhan tanaman *monitoring* pH dengan tanpa *monitoring* pH.

.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

(2020, april 5). Retrieved from https://id.wikipedia.org/wiki/Optimisasi

Adilwilga. (2010). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Sisi Permintaan dan Sisi Penawaran Sayuran Sawi.* Bandung : Penerbit Alumni Bandung .

admin. (n.d.). Retrieved from https://putratani.com/sistem-hidrponik-nft/

Ariv, M. (n.d.). Retrieved Januari 16, 2019, from https://mochariv.wordpress.com/2019/01/16/perkembangan-hidroponik-di-indonesia/

Asmara, T., Rahmawat, M., Aprilla, M., & Darmawan, E. H. (n.d.). STRATEGI PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN LINIER MENGGUNAKAN METODE GRAFIK DAN SIMPLEK. 510.

Azmi, & Ishak, S. &. (2016). sistem penghitung pH air pada tambak ikan berbasis mikrokontroller. *jurnal Ilmiah SAINTIKOM* , 102.

Barbosa, G. L., Gadelha, F. D., Kublik, N., Reichelm, L., Wohlleb, G. M., Weissinger, E., . . . Proctor, A. (2015). Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. *t. J. Environ. Res. Public Health, , ISSN 1660-4601*.

Cahyo Sulistyo, N. T., Erwanto, D., & Rosanti, A. D. (2019). Alat Pengendali Derajat pH Pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode PID. *jurnal ilmiah*, 61-63.

Dyka, T. M. (2018). *Pengendalian pH dan EC pada Larutan Nutrisi Hidrponik Tomat Ceri.* Surabaya.

El-Kazzaz, E.-K. K. (2017). Soilless Agriculture a New and Advanced Method for Agriculture Developmen : an Introduction. *Research Article, Agri Res&Tech, 3*(2).

Gómez-Merino, L. I.-T. (2012). *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems.* Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, State of Mexico.

hidroponik, u. (2017, februari). Retrieved from https://www.urbanhidroponik.com/2017/02/komposisi-nutrisi-hidroponik-ab-*mix*.html

Holtikultura. (2020, Maret 6). Retrieved from https://www.istanatanaman.com/menanam-pakcooy-hidroponik-dengan sistem nft

Hydroshop, G.-M. (2018). Retrieved from http://celuks.blogspot.com/2018/04/Pakcoy-hidrponik-dari.html?m=1

kalwadzani. (2020, mei 5). Retrieved from http://kawahidroponik.com/Pakcoy-hidroponik/

Laksono, R. A. (2019). perbandingan budidaya tanaman selada hijau pada hidroponik sistem dry, wick, dan *plant*ing . 30-31.

N, A. (2014, Mei 25). Retrieved from http://annesniwa.blogspot.com/2014/05/menghitung-ph-asam-dan-basa.html?m=1

sasmithapraja. (2011, januari 10). Retrieved from https://sasmithapraja.wordpress.com/2011/01/10/pertumbuhan-dan-perkembangan/

sianturi, c. (n.d.). Retrieved from https://www.academia.edu/35841823/Tanaman_Sawi_Sendok_Pakcoy_Brassica_rapa_L

sumbermakmur. (2016, april). Retrieved from https://www.sumbermakmur.net/2016/04/tabel-pemberian-nutrisi-hidroponik.html?m=1

Sutrino, D. (2019, Desember 28). Retrieved from http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/89886/BUDIDAYA-TANAMAN-PAKCOY-HIDROPONIK/

Umar, A. &. (2016). *mengenal, membuat & menggunakan larutan nutrisi. in jago bertanam hidroponik untuk pemula.* Jakarta : Penebar Swadya.

wikipedia. (2019, oktober 15). Retrieved from https://id.wikipedia.org/wiki/Pakcoy

WN, B. (2016, November 25). Retrieved from http://hidroponikpedia.com/pak-choy-hidroponik/

WN, B. (2017, oktober 19). Retrieved from http://hidroponikpedia.com/inilah-kelebihan-dan-kekurangan-sistem-hidroponik-nft/

Wulandhari, D. (2015). perencanaan produksi pakan ternak pada PT. ABC menggunakan metode linier programming. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV*.

Zuhar, A. M. (2019). Perancangan Pengendalian Proses Penetralan Deraja Keasaman pH pada Larutan Nutrisi Sistem Hidroponik menggunakan Pengendalian PID. 28-38.

LAMPIRAN

<u>Perhitungan nilai pH setelah di optimisasi</u>

KH_2PO_4

Dengan massa KH_2PO_4 sebesar 0,04 gram dengan konsentrasi 0,003 M

$$[H_3PO_4] = \sqrt{kb.[H_2PO_4^-]} = \sqrt{1{,}33 \times 10^{-12}.0{,}003} = 6{,}3 \times 10^{-8}\text{M} \quad (1)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{ka}{ma}} = \sqrt{\frac{7{,}52\times10^{-3}}{6{,}8\times10^{-8}}} = 345{,}5 \quad (2)$$

$$[H^+] = \alpha \times ma = (345{,}5) \text{ x } (6{,}8 \times 10^{-8}) = 2{,}17 \times 10^{-8} \quad (3)$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 2{,}17\text{x}10^{-5} = 4{,}6 \quad (4)$$

NH_4NO_3

Dengan massa KH_2PO_4 sebesar 0,01 gram dengan konsentrasi 0,001 M

$$[NH_3] = \sqrt{ka.[NH_4^+]} = \sqrt{5{,}6 \times 10^{-10}.0{,}001} = 7{,}5 \times 10^{-7} \quad (5)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{kb}{mb}} = 23{,}73 \quad (6)$$

$$[OH^-] = \alpha \times mb = 23{,}73 \times (7{,}5 \times 10^{-7}) = 1{,}78 \times 10^{-5} \quad (7)$$

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log 1{,}78 \text{ x } 10^{-5} = 4{,}75 \quad (8)$$

$$pH = 14 - POH = 14 - 4{,}75 = 9{,}25 \quad (9)$$

BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis adalah Faridhotul Ullah, lahir di kota Lamongan pada tanggal 1 April 1998. Anak dari ayah yang bernama Sriaji dan ibu bernama Uswatun Waki'ah, S.pd. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pada tahun 2009, penulis telah menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Mabadiul Ulum Surabaya. Pada tahun 2013, telah menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Maryam Surabaya. Pada tahun 2016, telah menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA IPIEMS Surabaya. Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai mahasiswi di Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Pada bulan Agustus 2020, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Optimisasi Suplai Nutrisi Berbasis *Monitiring* pH Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy *(Brassica Rapa Subsp. Chinenesis)* Pada Sistem Hidroponik NFT"

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, serta memberikan kritik dan saran maka dapat menghubungi penulis melalui e-mail : faridhotulullah1498@gmail.com