

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kendali**

##### **2.1.1 Definisi Sistem Kendali/Kontrol**

Dalam proses industri, sering dibutuhkan besaran-besaran yang memerlukan kondisi atau persyaratan yang khusus, seperti ketelitian yang tinggi, harga yang konstan untuk selang waktu yang tertentu, nilai yang bervariasi dalam suatu rangkuman tertentu, perbandingan yang tetap antara 2 (dua) variabel, atau suatu besaran sebagai fungsi dari besaran lainnya. Jelas, kesemuanya itu tidak cukup dilakukan hanya dengan pengukuran saja, tetapi juga memerlukan suatu cara pengontrolan agar syarat-syarat tersebut dapat dipenuhi. Karena alasan inilah diperkenalkan suatu konsep pengontrolan yang disebut Sistem Kontrol.

Beberapa definisi yang harus dimengerti untuk lebih memahami Sistem Kontrol secara keseluruhan, yaitu: Sistem, Proses, Kontrol dan Sistem Kontrol [7]. Definisi dari beberapa istilah tersebut adalah sebagai berikut:

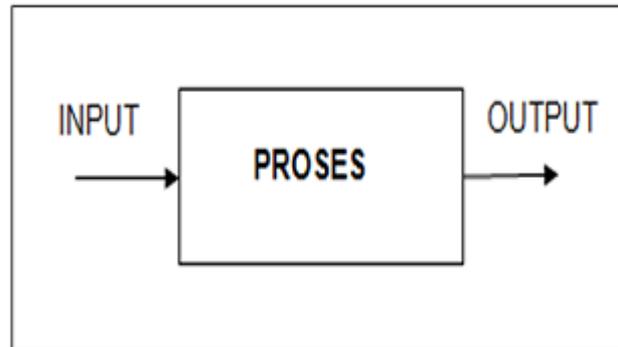
Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama melakukan sesuatu untuk sasaran tertentu.

Proses adalah perubahan yang berurutan dan berlangsung secara kontiniu dan tetap menuju keadaan akhir tertentu.

Kontrol adalah suatu kerja untuk mengawasi, mengendalikan, mengatur dan menguasai sesuatu.

Sistem Kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel atau parameter) sehingga berada pada suatu harga atau range tertentu. Contoh variabel atau parameter fisik, adalah: tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*), pH, kepadatan (*viscosity*), kecepatan (*velocity*) dan lain-lain.

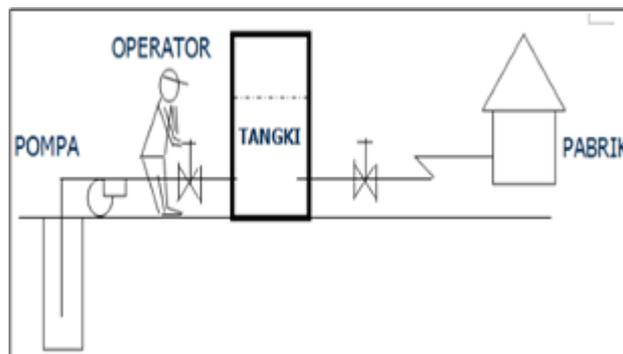
Hubungan sebuah sistem dan proses dapat diilustrasikan seperti terlihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Diagram blok sistem

### 2.1.2 Prinsip Sistem Kontrol

Sebuah contoh Sistem Kontrol akan diceritakan di bawah ini. Seorang operator sedang menjaga ketinggian (*level*) suatu tangki yang akan digunakan untuk sebuah proses kimia. Jika, ketinggian tangki kurang dari yang semestinya, operator akan lebih membuka keran masukan (*valve*) dan sebaliknya, jika ketinggian melebihi dari yang semestinya, operator akan mengurangi bukaan keran (*valve*), dan seterusnya [7]. Gambar 2.2 mengilustrasikan cerita sistem kontrol tersebut.



Gambar 2.2. Contoh sistem kontrol

Dari kejadian ini, dapat dinyatakan bahwa sebenarnya yang terjadi adalah pengukuran terhadap tinggi cairan di dalam tangki, kemudian membandingkannya terhadap harga tertentu dari tinggi cairan yang dikehendaki, lalu melakukan koreksi yakni dengan mengatur bukaan keran masukan cairan ke dalam tangki.

Dapat disimpulkan bahwa sebuah sistem kontrol, melakukan urutan kerja sebagai berikut:

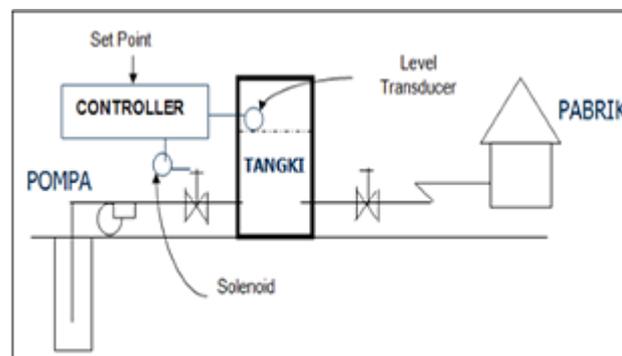
1. Pengukuran (Measuring)
2. Perbandingan (Comparison)

### 3. Perbaikan (Correction)

Sistem tersebut dapat berjalan baik, jika dianggap sistem bekerja secara ideal dan sederhana. Namun, masalah akan timbul jika diteliti lebih lanjut, seperti:

1. Keadaan proses yang lebih kompleks dan sulit
2. Pengukuran yang lebih akurat dan presisi
3. Jarak proses yang tidak mudah dijangkau

Maka, diperlukan modifikasi terhadap sistem tersebut. Dalam hal seperti inilah diperlukan sebuah Sistem Kontrol Otomatik, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Sistem kontrol otomatis

Terdapat beberapa manfaat pada penggunaan Sistem Kontrol Otomatik pada sebuah proses, yaitu:

1. Kelancaran Proses
2. Keamanan
3. Ekonomis
4. Kualitas

### 2.1.3 Klasifikasi Sistem Kontrol

Secara umum, menurut [7] sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Manual dan Otomatik
2. Sistem Lingkaran Terbuka (Open Loop) dan Lingkaran Tertutup (Closed Loop)
3. Sistem Kontrol Kontinyu dan Diskrit
4. Menurut sumber penggerak: Elektrik, Mekanik, Pneumatik dan Hidraulik

Sistem Kontrol Manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator, seperti tampak pada Gambar 2.2. Sedangkan Sistem Kontrol Otomatik adalah pengontrolan yang dilakukan oleh peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya dibawah pengawasan manusia, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.3. Sistem Kontrol Manual banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari seperti pada pengaturan suara radio, televisi, cahaya layar televisi, pengaturan aliran air melalui keran, pengendalian kecepatan kendaraan dan lain-lain. Sedangkan Sistem Kontrol Otomatik banyak ditemui dalam proses industri (baik industri proses kimia dan proses otomotif), pengendalian pesawat, pembangkit tenaga listrik dan lain-lain.

Sistem Kontrol Lingkar Terbuka (Open Loop) adalah sistem pengontrolan di mana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Sedangkan Sistem Kontrol Lingkar Tertutup (Closed Loop) adalah sistem pengontrolan dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Selanjutnya, perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan harga yang diinginkan digunakan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan.

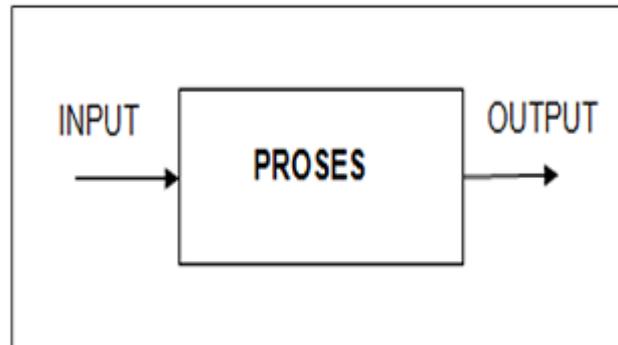
*Open Loop Control System* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Tidak terdapat proses pengukuran
2. Variabel yang dikontrol tidak mempengaruhi aksi pengontrolan
3. Banyak didasari oleh waktu atau urutan proses
4. Kurang akurat, lebih stabil, murah

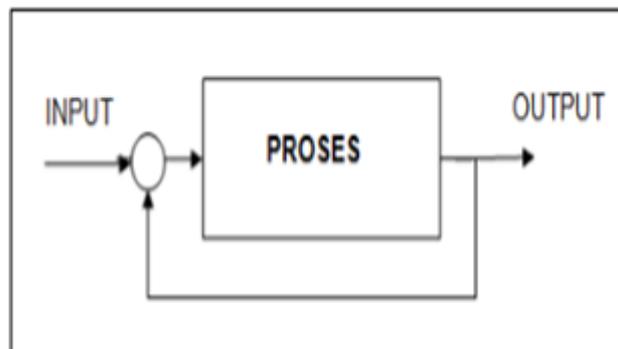
Sedangkan *Closed Loop Control System* mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Terdapat proses pengukuran
2. Variabel yang dikontrol mempengaruhi aksi pengontrolan (*feedback*)
3. Lebih akurat, dapat terjadi ketidakstabilan
4. Harga tergolong tinggi atau mahal

Gambar 2.4 di bawah ini, mengilustrasikan diagram *Open Loop Control System* dan *Closed Loop Control System*. Selanjutnya, sebagian besar pembahasan Sistem Kontrol adalah berdasarkan kepada *Closed Loop Control System* atau lebih dikenal dengan Sistem Kontrol Umpan Balik (*Feedback Control System*).



Gambar 2.4. Sistem kontrol lingkaran terbuka



Gambar 2.5. Sistem kontrol lingkaran tertutup

Sementara itu, Sistem Kontrol Kontiniu adalah sistem yang memanfaatkan pengendali (controller) berbasis nilai kontinu, seperti: Proportional (P), Integrator (I) dan Differensiator (D), atau kombinasi dari ketiganya (PI, PD, atau PID). Sedangkan Sistem Kontrol Diskrit adalah sistem yang menggunakan pengontrol (controller) dengan nilai diskrit, seperti pengendali ON-OFF atau pengendali posisi ganda (switch selector) [7].



Gambar 2.6. PID controller

#### 2.1.4 Karakteristik Sistem Kontrol

Beberapa karakteristik penting dari Sistem Kontrol Otomatik adalah sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Otomatik merupakan sistem dinamik yang dapat berbentuk linear maupun non-linear
2. Bersifat menerima informasi, memprosesnya, mengolahnya dan kemudian mengembangkannya
3. Komponen atau unit yang membentuk sistem kontrol ini akan saling mempengaruhi
4. Bersifat mengembalikan sinyal ke bagian masukan (*feedback*) dan ini digunakan untuk memperbaiki sifat sistem
5. Karena adanya pengembalian sinyal ini, maka pada sistem kontrol otomatis selalu terjadi masalah stabilitas

#### 2.1.5 Aplikasi Sistem Kontrol

Pemakaian Sistem Kontrol Otomatik banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari baik dalam pemakaian langsung maupun tidak langsung. Pemakaian dari Sistem Kontrol dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Proses: seperti temperatur, aliran, tinggi permukaan cairan, viskositas dan lain-lain. Misalnya pada industri kimia, makanan, tekstil, pengilangan dan lain-lain.

2. Sistem Kontrol Energi: seperti pada pengendalian pembangkit tenaga listrik dan pendistribusian tenaga.
3. Sistem Kontrol Numerik: seperti pengontrolan operasi yang membutuhkan ketelitian tinggi dalam proses yang berulang-ulang. Misalnya pada proses pengeboran, pembuatan lubang, pengelasan dan kerja-kerja otomotif.
4. Sistem Kontrol Transportasi: seperti elevator, eskalator, pesawat terbang, kereta api, conveyor dan lain-lain.
5. Sistem Kontrol Servomekanis: sistem yang berhubungan dengan posisi, kecepatan dan pergerakan.
6. Bidang non-teknis: seperti sistem ekonomi, sistem sosial dan sistem biologi.

## **2.2 Monitoring**

### **2.2.1 Definisi Monitoring**

Monitoring dapat diartikan juga sebagai pengawasan, yaitu proses pengamatan pada pelaksanaan seluruh kegiatan organisasi untuk menjamin agar semua pekerjaan yang dilakukan berjalan normal dan baik sesuai dengan rencana yang telah di tentukan semula. Sedangkan menurut [7] adalah kegiatan manager yang mengusahakan agar pekerjaan terlaksana sesuai rencana yang telah ditetapkan dan dapat mencapai hasil yang di kehendaki.

Monitoring didefinisikan sebagai sebuah fungsi berulang yang menggunakan pengumpulan data secara sistematis tentang indikator tertentu untuk memberikan pihak manajemen dan pemangku kepentingan utama dari sebuah proyek yang sedang berjalan dengan indikasi tingkat kemajuan dan pencapaian tujuan dan kemajuan dalam penggunaan dana yang dialokasikan [7].

Monitoring mengacu pada pengukuran kemajuan apakah masukan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan rencana. Dengan kata lain monitoring melihat apakah sebuah proyek tersebut sesuai dengan rancangan awal yang telah direncanakan [7].

### **2.2.2 Peranan Pengawasan**

Secara umum ada beberapa manfaat yang diperoleh dengan diberlakukannya pengawasan pada suatu organisasi, yaitu:[7]

1. Pengawasan memiliki peran penting terutama dalam memastikan setiap pekerjaan terlaksana sesuai dengan direncanakan.
2. Disamping itu pengawasan juga memiliki peran dalam membantu manajer dalam mengawal dan mewujudkan keinginan visi dan misi perusahaan, dan tidak terkecuali telah menempatkan manajer sebagai pihak yang memiliki wewenang sentral di suatu organisasi.
3. Pengawasan bernilai positif dalam membangun hubungan yang baik antara pimpinan dan karyawan. Karena manajer yang efektif menggambarkan pengawasan untuk membagi-bagi informasi, memuji pelaksanaan yang baik dan melihat mereka yang memerlukan bantuan serta menentukan bantuan jenis apa yang mereka perlukan.
4. Pengawasan yang baik memiliki peran dalam menumbuh kembangkan keyakinan para stakeholder pada organisasi. Stakeholder adalah mereka yang memiliki kepedulian tinggi pada organisasi. Mereka yang dikategorikan investor, akuntan publik, akademisi, lembaga penilai, karyawan.

### **2.2.3 Tujuan Monitoring**

Monitoring digunakan untuk berbagai tujuan. Berikut ini Adalah tujuan utama dari monitoring. (PSC, 2016)

#### **1. Manajemen Pengambilan Keputusan**

Monitoring meningkatkan proses manajerial dan memberikan bukti dalam pengambilan keputusan. Monitoring tidak bisa menggantikan praktek manajemen yang baik, melainkan menambah dan melengkapi manajemen. Beberapa contoh monitoring yang digunakan dalam konteks ini adalah keputusan tentang alokasi sumber daya, pilihan antara strategi bersaing untuk mencapai tujuan yang sama, keputusan kebijakan, dan keputusan pada desain dan pelaksanaan program. Keakuratan informasi dan cara

monitoring sangatlah penting untuk mendukung manajemen dalam proses pengambilan keputusan mereka.

## 2. Pembelajaran Organisasi

Monitoring dapat digunakan sebagai alat penelitian untuk mengeksplorasi rancangan suatu program ataupun solusi untuk memecahkan masalah apakah suatu rancangan program dan proses operasional akan menghasilkan suatu nilai yang terbaik. Monitoring menghasilkan informasi temuan yang bisa dijadikan untuk pembelajaran.

## 3. Akuntabilitas

Tujuan monitoring dalam hal ini dapat menjelaskan persepsi bahwa monitoring adalah "kebijakan". Monitoring dalam hal ini yaitu bagaimana seseorang yang telah diberi suatu kepercayaan menggunakan wewenang atas kepercayaan yang telah diterimanya. Monitoring memberikan informasi, dengan cara yang terstruktur dan formal, yang memungkinkan pengawasan kegiatan pelayanan publik di semua tingkat.

### **2.2.4 Prinsip-Prinsip Monitoring**

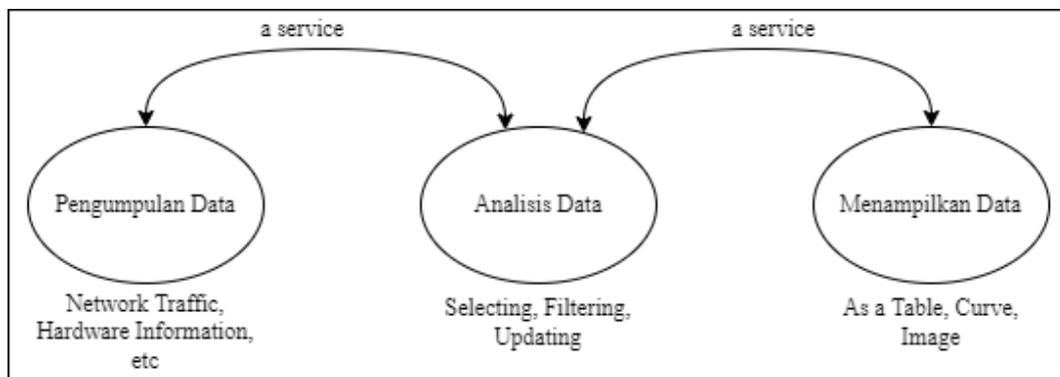
Seorang pimpinan atau manajer sangat memerlukan prinsip pengawasan dalam membandingkan rencana dengan pelaksanaan adalah sebagai berikut: [7]

1. Prinsip perencanaan, merupakan suatu standar atau alat pengukur dari pada suatu pekerjaan sesuai dengan rencana, yaitu apakah pelaksanaan yang direncanakan berhasil atau tidak.
2. Prinsip wewenang, merupakan suatu kegiatan pemimpin dalam memberikan kepercayaan kepada bawahan dalam melakukan sistem pengawasan. Wewenang dan instruksi-instruksi yang jelas harus dapat diberikan kepada bawahan dalam melakukan sistem pengawasan.
3. Prinsip tercapainya tujuan. Pengawasan yang ditujukan kearah tercapainya tujuan, yaitu dengan mengadakan perbaikan untuk menghindari penyimpangan dari rencana yang disusun sebelumnya.

4. Prinsip efisiensi. Pengawasan dikatakan efisien apabila dapat menghindarkan penyimpangan dari rencana, sehingga tidak menimbulkan hal-hal lain yang diluar dugaan.
5. Prinsip tanggung jawab. Pelaksanaan pengawasan yang efektif dan efisien menurut tanggung jawab penuh dari seorang pemimpin atau manajer terhadap pelaksanaan rencana organisasi.
6. Prinsip masa depan. Kegiatan pengawasan yang efektif dan efisien harus ditunjukan ke arah pencegahan penyimpangan perencanaan yang akan terjadi baik pada waktu sekarang maupun pada masa yang akan datang.

### 2.2.5 Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang realtime. Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem monitoring terbagi ke dalam tiga proses besar seperti yang terlihat pada gambar 2.6. [7].



Gambar 2.7. Sistem monitoring

## 2.3 Hidroponik

### 2.3.1 Defenisi Hidroponik

Budidaya tanaman hidroponik merupakan metode pertanian yang dikembangkan tidak memerlukan tanah sebagai sumber nutrisinya. Bahan dasar yang digunakan pada tanaman hidroponik ini adalah air [6].

Beberapa alasan penggunaan teknik hidroponik:

1. Alasan Ekonomi dan Kesehatan

Seperti yang kita ketahui untuk tanaman tertentu teknik hidroponik lebih ekonomis dan menguntungkan daripada tanaman yang ditanam di tanah. Dengan menggunakan hidroponik, kita dapat memperoleh hasil yang lebih banyak dalam yang lebih sedikit daripada pertanian tradisional.

## 2. Alasan Rekreasi

Hidroponik dapat menjadi rekreasi yang menyenangkan bagi semua orang dan sebagai sumber kepuasan. Beberapa hal yang lebih menyenangkan pada saat menanam tanaman dan melihat hasil dari upaya sendiri dalam waktu beberapa minggu dan dapat dilakukan di ruang kecil di rumah.

## 3. Alasan Penggunaan Waktu Luang

Hidroponik keluarga merupakan teknik yang tidak memerlukan waktu penuh. Meskipun harus memperhatikan perawatan tanaman, dalam hal bahwa tanaman terhidrasi penuh, pemberian nutrisi yang tepat, dan memantau perkembangtanaman untuk mendeteksi perubahan. Merawat tanaman merupakan tugas yang mudah dan menghibur.

## 4. Alasan yang Berkaitan dengan Ruang

Dalam setiap rumah atau apartemen yang kecil selalu ada ruang untuk mendirikan sebuah taman hidroponik keluarga. Taman hidroponik sangat dekoratif, jika ditempatkan di sebuah lorong atau balkon, hal itu akan selalu mempesona dan mengejutkan tamu.

## 5. Alasan yang Berkaitan dengan Iklim

Di beberapa negara, perubahan iklim di sepanjang tahun sangat membatasi kegiatan pertanian. Penggunaan hidroponik memungkinkan untuk menanam semua tanaman sepanjang tahun. Dalam produksi hidroponik keluarga, tidak membutuhkan peralatan yang canggih atau rumah kaca. Rumah kaca berguna untuk memproduksi sayuran di tempat-tempat dengan cuaca sangat ekstrem, karena lebih mudah untuk mengontrol nutrisi tanaman dan perawatannya. Demikian juga, menjaga standar kesehatan tanaman penggunaan rumah kaca dapat membantu mencegah tanaman terinfeksi dan serangan serangga. Namun, tidak benar jika dalam hidroponik hanya dapat memperoleh hasil yang baik dengan jika menggunakan rumah kaca. Contohnya seledri, selada,

peterseli, lobak, tomat, lobak, lobak Swiss, ketumbar (ketumbar) dan sayuran lainnya bisa ditanam tanpa tutup pelindung, selama lingkungan kondisinya tepat. Beberapa tanaman yang lebih cocok untuk satu iklim atau lainnya. Misalnya, Swiss chard, kacang panjang, tomat, daun ketumbar, mentimun dan bit yang lebih baik disesuaikan dengan iklim ringan (tidak sangat dingin atau sangat panas). Lainnya seperti stroberi, kentang, atau artichoke lebih cuaca dingin. Tanaman yang menikmati panas termasuk semangka, melon, paprika, cabai, kemangi dan labu. Beberapa tanaman seperti bawang, selada, tanaman aromatik, dan kubis dapat beradaptasi dengan baik panas dan iklim dingin.

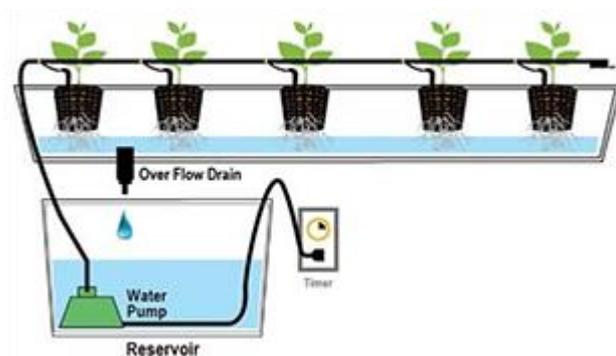
### **2.3.2 Jenis Sistem Hidroponik**

Sistem hidroponik dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu sistem hidroponik substrat dan tanpa substrat atau kultur air (*water culture*). Sistem hidroponik substrat menggunakan substrat atau media yang berfungsi sebagai pengganti tanah. Pada sistem hidroponik tanpa substrat atau kultur air akar tanaman langsung bersentuhan dengan larutan nutrisi.

#### **2.3.1.1 Sistem Hidroponik Substrat**

##### **1. Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation)**

Sistem irigasi tetes atau drip system adalah salah satu sistem hidroponik yang menggunakan teknik yang menghemat air dan pupuk dengan meneteskan larutan secara perlahan langsung pada akar tanaman (Gambar 2.7). Sistem irigasi tetes (drip sistem) disebut juga sistem Fertigasi karena pengairan dan pemberian nutrisi dilakukan secara bersamaan.



Gambar 2.8. Sistem hidroponik irigasi tetes

Sistem drip berasal dari Israel yang diterapkan langsung ke tanah berpasir. Sistem irigasi tetes (drip sistem atau fertigasi) adalah sistem hidroponik yang paling sering digunakan di dunia, mulai dari hobi hingga skala komersil. Teknik ini bisa dirancang sesuai kebutuhan dan lahan, bisa dari skala kecil maupun skala besar. Akan tetapi lebih efektif cara ini untuk tanaman yang agak besar yang membutuhkan ruang yang lebih untuk pertumbuhan akar.

Kelebihan sistem irigasi tetes:

1. Waktu pemberian nutrisi harus sesuai dengan umur tanaman.
2. Akar tanaman lebih mudah tumbuh dan berkembang.
3. Terjamin kebersihan dan bebas dari penyakit.
4. Penggunaan nutrisi atau pupuk yang tepat.

Kekurangan sistem irigasi tetes:

1. Modal yang dibutuhkan untuk menyiapkan instrumen atau komponen perancang relatif tinggi.
2. Diperlukan wawasan lebih luas dan mendalam mengenai tanaman.
3. Perawatan harus intensif
4. Permasalahan pada sistem pengairan, maka akan berpengaruh terhadap hasil pertanian.

Cara kerja sistem irigasi tetes:

1. Rotating Drip System (sistem tetesputar)

Sistem tetes putar/sirkulasi/rotasi ini pada prinsipnya mengalirkan nutrisi ke tanaman di netpot secara berulang memakai air yang dialirkan dari penampungan ke tanaman dan kembali ke penampungan.

Kelemahan dari drip sistem ini adalah pH air yang cenderung berubah pada kurun waktu tertentu, maka harus dilakukan pengecekan pH air secara rutin agar tidak merusak tanaman.

## 2. Static Drip System (Sistem tetes statis/nonsirkulasi)

Hidroponik Sistem Tetes non-Sirkulasi bekerja dengan prinsip tetes tapi air yang digunakan tidak kembali ke penampungan, melainkan hanya dialirkan ke tanaman saja.

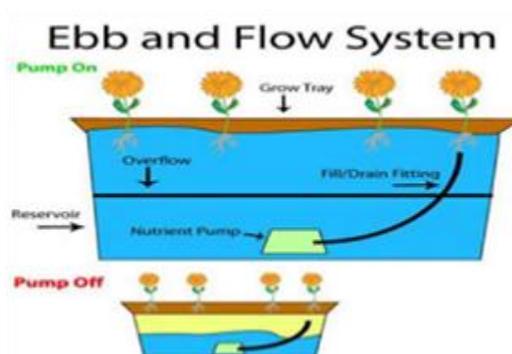
Prinsip irigasi untuk mendistribusikan nutrisi, Untuk mendistribusikan nutrisi menggunakan selang dengan didorong oleh pompa yang telah dipasang timer sebagai pengatur. Nutrisi diteteskan didekat tanaman sehingga media taman dan akar akan cepat basah sehingga nutrisi lebih efektif diserap oleh akar. Sedangkan tanaman ditempatkan pada media tanam yang ditempatkan pada pot. Prinsip kerja irigasi tetes ada dua, yaitu:

- a. Sistem recovery drip prinsip kerjanya sangat sederhana dimana larutan nutrisi ditempatkan pada tandon kemudian dipompa dan dialirkan menggunakan selang untuk membasahi media tanam dan akar sehingga lebih mudah diserap akar tanaman. Sisa nutrisi yang tidak terserap oleh tanaman akan ditampung dan dikembalikan ke tandon nutrisi. Nutrisi sisa akan disirkulasikan kembali secara berulang ulang sehingga sistem ini diberi nama recovery drip (tetes sirkulasi). Untuk aliran nutrisi dikontrol menggunakan timer yang dipasang pada pompa. Nutrisi yang disirkulasikan membuat penggunaan nutrisi menjadi lebih hemat dan efisien sehingga tidak ada nutrisi yang terbuang.
- b. Prinsip kerja pada hidroponik nonrecovery drip hampir sama dengan decovery drip, hanya berbeda pada nutrisi yang telah digunakan tidak ditampung atau dibuang.

## 2. Sistem Pasang Surut (EBB Flow)

Ebb and Flow System atau disebut juga Flood and Drain System atau Sistem Pasang Surut merupakan salah satu sistem hidroponik dengan prinsip kerja yang cukup unik. Dalam sistem hidroponik ini, tanaman mendapatkan air, oksigen, dan

nutrisi melalui pemompaan dari bak penampung yang dipompakan ke media yang nantinya akan dapat membasahi akar (pasang). Selang beberapa waktu air bersama dengan nutrisi akan turun kembali menuju bak penampungan (surut). Waktu pasang dan surut dapat diatur menggunakan timer sesuai kebutuhan tanaman sehingga tanaman tidak akan tergenang atau kekurangan air.



Gambar 2.9. Sistem hidroponik EBB dan flow

Prinsip kerja sistem ini ada dua fase yaitu fase pasang dimana tanaman dibanjiri larutan nutrisi, dan fase surut dimana tanaman tidak diberi nutrisi (nutrisi di surutkan). Sistem seperti ini umumnya dilakukan dengan pompa air yang ditanamkan dalam larutan nutrisi (submerged pump) yang di hubungkan dengan timer (pengatur waktu). Ketika timer menghidupkan pompa, larutan nutrisi akan dipompa ke grow tray (keranjang/tempat/pot tanaman). Ketika timer mematikan pompa air, larutan nutrisi akan mengalir kembali ke bak penampungan. Timer diatur dapat hidup beberapa kali dalam sehari, tergantung ukuran dan tipe tanaman, suhu, kelembaban, dan tipe media pertumbuhan yang digunakan. Teknik ini menggunakan sistem sirkulasi yaitu larutan nutrisi yang telah digunakan akan digunakan kembali secara berulang ulang. Dalam melakukan sirkulasi dilakukan dengan cara bertahap, menggunakan irigasi yang memungkinkan untuk pasang dan surut.

Sistem hidroponik ini sudah banyak dikembangkan dalam skala hobi maupun komersil. Struktur hidroponik ebb flow tergolong sederhana, pembuatannya mudah dan hemat energi. Sistem hidroponik ini dapat digunakan untuk beberapa media

pertumbuhan. Media yang dapat menyimpan air cukup baik untuk sistem hidroponik ini seperti rockwool, vermiculite, coconut fiber.

Sistem hidroponik pasang surut sangat bagus untuk menumbuhkan tanaman yang berukuran kecil hingga berukuran sedang. Bahkan bisa juga didesain untuk menumbuhkan tanaman yang berukuran lebih besar dengan desain sistem yang tentunya lebih besar.

Kelebihan sistem hidroponik Ebb and Flow/Flood and Drain/pasang surut:

1. Tanaman mendapat suplai air, oksigen, dan nutrisi secara periodik.
2. Suplai oksigen lebih baik karena terbawa air pasang dan surut.
3. Mempermudah perawatan karena tidak perlu melakukan penyiraman.

Kekurangan sistem hidroponik Ebb and Flow/Flood and Drain/pasang surut:

1. Biaya pembuatan cukup mahal.
2. Tergantung pada listrik.
3. Kualitas nutrisi yang sudah dipompakan berkali-kali tidak sebaik awalnya.

Prinsip Kerja Sistem Ebb and Flow/Flood and Drain/pasang surut:

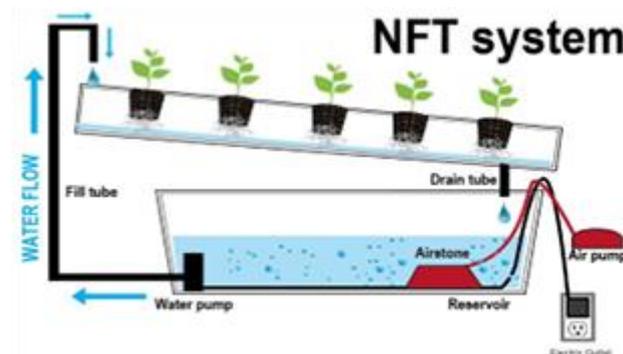
Merupakan salah satu sistem hidroponik dengan prinsip kerja yang cukup unik. Dalam sistem hidroponik ebb and flow, tanaman mendapatkan air, oksigen, dan nutrisi melalui pemompaan dari bak penampung yang dipompakan ke media yang akan dapat membasahi akar (pasang). Selang beberapa waktu air bersama dengan nutrisi akan turun kembali menuju bak penampungan (surut). Waktu pasang dan surut dapat diatur menggunakan timer sesuai kebutuhan tanaman sehingga tanaman tidak akan tergenang atau kekurangan air. Hidroponik sistem ebb and flow umumnya dilakukan dengan pompa air yang ditenagai dalam larutan nutrisi (submerged pump) yang di hubungkan dengan timer (pengatur waktu). Ketika timer menghidupkan pompa, larutan nutrisi hidroponik akan dipompa ke grow tray (keranjang/tempat/pot tanaman). Ketika timer mematikan pompa air, larutan nutrisi akan mengalir kembali ke bak penampungan. Timer diatur dapat hidup beberapa kali dalam sehari, tergantung ukuran dan tipe tanaman, suhu, kelembaban, dan tipe media pertumbuhan yang digunakan.

### 2.3.1.2 Sistem Hidroponik Kultur Air

#### 1. Sistem Nutrient Film Technique (NFT)

Sistem NFT pertama kali dikembangkan oleh Dr. A.J. Cooper di Glasshouse Crops Research Institute, Inggris. Konsep dasar NFT ini adalah suatu metode budidaya tanaman dengan akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman dapat memperoleh cukup air, nutrisi, dan oksigen.

Tanaman tumbuh dalam lapisan polyethylene dengan akar tanaman terendam dalam air yang berisi larutan nutrisi yang disirkulasikan secara terus menerus dengan pompa. Daerah perakaran dalam larutan nutrisi dapat berkembang dan tumbuh dalam larutan nutrisi yang dangkal sehingga bagian atas akar tanaman berada di permukaan antara larutan nutrisi dan Styrofoam, adanya bagian akar dalam udara ini memungkinkan oksigen masih bisa terpenuhi dan mencukupi untuk pertumbuhan secara normal.



Gambar 2.10. Sistem hidroponik NFT

Nutrisi yang disediakan untuk tanaman akan diterima oleh akar secara terus menerus menggunakan pompa air yang ditempatkan pada penampung nutrisi yang disusun sedemikian rupa agar pengaliran menjadi efektif. Juga diperlukan timer untuk mengatur air yang mengalir, dan aerator untuk menunjang pertumbuhan akar. Kelebihan Sistem NFT:

1. Sangat cocok untuk tanaman yang membutuhkan banyak air. Alasannya, sistem NFT akan membuat aliran air dapat terpenuhi dengan mudah, stabil dan baik. Pemenuhan air dalam NFT memungkinkan akar tanaman untuk

menyerap nutrisi lebih banyak sehingga terjadi proses fotosintesis yang lebih baik.

2. Dengan sistem NFT, masa tanam tanaman menjadi lebih singkat sehingga kita bisa melakukan penanaman tanaman lebih banyak dibanding sistem hidroponik konvensional. Dengan cara bercocok tanam hidroponik NFT, dapat memperoleh untung lebih besar karena dalam satu waktu bisa panen hasil berkali-kali.
3. Perawatan, pengontrolan dan pemantauan aliran maupun kondisi nutrisi lebih mudah dikarenakan nutrisi ditempatkan dalam satu tempat atau wadah sehingga tidak perlu mengecek berulang kali karena dengan sekali melihat, maka kita akan mengetahui kondisi nutrisi secara keseluruhan.
4. Sistem NFT mendapatkan aliran yang stabil dalam satu jalur nutrisi sehingga kondisi nutrisi di semua bagian menjadi seragam. Nutrisi yang seragam akan membuat tumbuhan memperoleh asupan kebutuhan secara merata dan seragam. Akan diperoleh hasil pertanian yang lebih baik dan merata dikarenakan pertumbuhan tanaman berlangsung secara optimal tanpa ada tanaman yang dominan memperoleh nutrisi lebih banyak.

Kekurangan sistem NFT:

1. Perlengkapan untuk membuat hidroponik NFT tergolong sangat mahal meskipun banyak bahan alternatif yang bisa digunakan. Hal ini, dikarenakan komponen peralatan untuk merancang sistem hidroponik NFT yang cukup banyak, seperti pompa, persediaan nutrisi, tempat penanaman, dan lain sebagainya.
2. Tidak cocok untuk pemula. NFT membutuhkan ilmu, kemampuan, dan ketelitian agar dapat berhasil. Kerumitan dalam pengoperasian, seperti pengecekan air dan nutrisi tidak bisa dilakukan oleh orang yang baru belajar karena khawatir mengalami risiko kegagalan yang lebih besar.
3. Bergantung pada listrik. Beberapa alat memerlukan listrik yang stabil dan terus menyuplai agar sistem hidroponik yang telah dirancang terus berjalan.
4. Rentan terhadap penyakit apabila beberapa tanaman terkena penyakit. Akar tanaman yang terintegrasi dengan aliran nutrisi akan lebih mudah

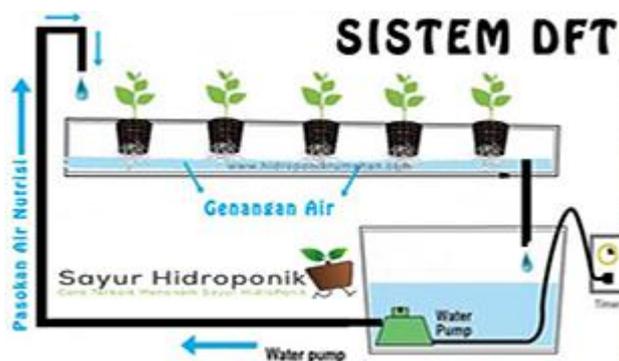
menyebarkan penyakit ke tanaman lain yang berada pada jalur atau wadah tersebut. Kondisi semacam ini bisa menimbulkan kerugian.

#### Prinsip Kerja Sistem NFT:

Larutan (air dan nutrisi) yang mengalir akar tanaman dengan dipompa dari reservoir, dengan tebal aliran/arus 2-3 mm, bersirkulasi secara kontinu selama 24 jam pada talang dengan kemiringan 5 %. Kecepatan aliran yang masuk diatur berkisar antara 0.3-0.75 liter/menit saat pembukaan kran. Aliran dalam sistem tersebut boleh berhenti dengan batas waktu maksimal selama 10 menit dan setelah itu harus diari larutan lagi, karena perakaran tanaman tidak boleh terlalu lama kering. Pada sistem NFT, komponen inti yang menunjang diantaranya talang (bed), tanki penampung (menampung larutan nutrisi) dan pompa air.

#### 2. Sistem Deep Flow Technique

Deep Floating Technique (DFT) cara kerja metode ini hampir sama dengan NFT perbedaannya rangkaian instalasi dibuat datar dan perakaran terendam 3-6 cm.

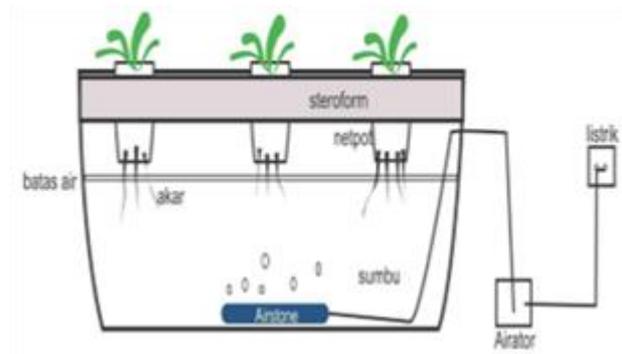


Gambar 2.11. Sistem hidroponik DFT

#### 3. Sistem Rakit Apung

Sistem Rakit Apung (Water culture system) merupakan cara bercocok tanam hidroponik modern yang dikembangkan oleh Massantini pada tahun 1976 di Italia dan Jensen pada tahun 1980 di Arizona. Sistem rakit apung adalah yang sistem paling sederhana dari semua sistem hidroponik aktif, cukup mudah digunakan karena tidak membutuhkan alat yang terlalu banyak, yang dibutuhkan box atau wadah yang dapat terbuat dari bahan plastik, styrofoam dan aerator. Hidroponik rakit apung merupakan pengembangan dari sistem bertanam hidroponik yang dapat

digunakan untuk kepentingan komersial dengan skala besar ataupun skala rumah tangga.



Gambar 2.12. Sistem hidroponik takit apung

Kelebihan sistem rakit apung:

1. Biaya pembuatan yang murah dikarenakan tidak memerlukan alat yang menunjang sistem hidroponik mengalami keberlangsungan.
2. Bahan yang diperlukan untuk pembuatan mudah dicari dari lingkungan sekitar.
3. Perawatannya tidak sulit.
4. Tidak bergantung pada kondisi kestabilan berikut ketersediaan listrik, sehingga bisa lebih hemat pengeluaran.
5. Lebih hemat air dan nutrisi.

Kekurangan sistem rakit apung:

1. Rancangan hidroponik tanaman dengan sistem rakit apung lebih cocok dilakukan di dalam ruangan, bukan ditempatkan di luar ruangan.
2. Akar tanaman lebih rentan mengalami pembusukan karena terus tergenang dalam air larutan nutrisi.
3. Kadar oksigen yang sedikit, meskipun ada sebagian akar tanaman yang tidak terendam dalam larutan nutrisi sehingga memungkinkan ada oksigen untuk membantu proses fotosintesis.

Prinsip Kerja Sistem Rakit Apung:

Sistem Rakit Apung hampir serupa dengan sistem sumbu, yaitu berupa sistem statis dan sistem hidroponik sederhana. Perbedaannya dalam sistem ini tidak

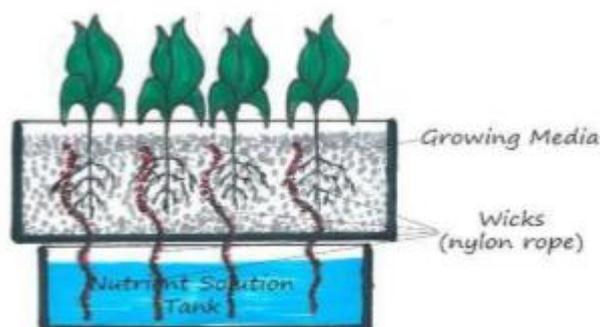
menggunakan sumbu sebagai pembantu kapiler air, tetapi media tanam dan akar tanaman langsung menyentuh air nutrisi. Wadah tempat tanaman berada dalam kondisi mengapung dan bersentuhan langsung dengan air nutrisi. Secara prinsip kerja, sistem rakit apung memiliki kelebihan dan kekurangan yang serupa dengan sistem sumbu. Hanya saja dalam sistem rakit apung penggunaan air lebih banyak dari sistem sumbu.

Sistem rakit apung dapat digunakan untuk tanaman sayuran yang membutuhkan air banyak dengan jangka waktu tanam relatif singkat seperti Kangkung, Caisim, Pakcoy, dan Petsai.

#### 4. Sistem Sumbu (Wick System)

Sistem sumbu (Wick System) merupakan salah satu sistem yang paling sederhana dari semua sistem hidroponik karena tidak memiliki bagian yang bergerak sehingga tidak menggunakan pompa atau listrik. Sistem sumbu merupakan sistem pasif dalam hidroponik karena akar tidak bersentuhan langsung dengan air. Dinamakan sistem sumbu karena dalam pemberian asupan nutrisi melewati akar tanaman disalurkan dengan media atau bantuan berupa sumbu.

Beberapa bahan umum yang digunakan untuk sistem sumbu seperti, kain flanel, tali fibrosa, jenis propylene, sumbu obor tiki, tali rayon atau mop helai kepala, benang poliuretan dikepang, wol tebal, tali wol atau strip, tali nilon, tali kapas, stripe kain dari pakaian atau selimut tua.



Gambar 2.13. Sistem hidroponik sumbu

Sistem sumbu kurang efektif untuk tanaman yang membutuhkan banyak air. Sistem sumbu cocok untuk pemula atau yang baru mencoba menggunakan sistem hidroponik. Beberapa media tanam yang paling umum digunakan untuk sistem sumbu ialah seperti coco coir, Vermiculite atau perlite. Alat yang dibutuhkan pun mudah hanya larutan nutrisi, kain flanel (bahan lain sebagai sumbu), aerator (opsional) dan media untuk menjaga kelembaban seperti sekam bakar, cocopeat, hidroton.

Kelebihan sistem sumbu:

1. Biaya untuk mengumpulkan bahan yang diperlukan tergolong sangat murah.
2. Bentuk yang sederhana dan pembuatannya yang mudah memungkinkan hidroponik sistem sumbu dapat dilakukan bagi pemula.
3. Frekuensi penambahan nutrisi lebih jarang, dikarenakan menggunakan sumbu sebagai media penyalur nutrisi.
4. Tidak tergantung listrik sehingga biaya relatif lebih murah.
5. Mudah untuk dipindahkan.

Kekurangan sistem sumbu:

1. Jumlah tanaman yang dihidroponikkan apabila berjumlah banyak maka akan sedikit sulit dalam mengontrol pH air.
2. Hanya cocok untuk jenis tanaman yang tidak memerlukan banyak air. Hal ini disebabkan oleh kemampuan kapiler sumbu dalam menyalurkan nutrisi bersifat terbatas.

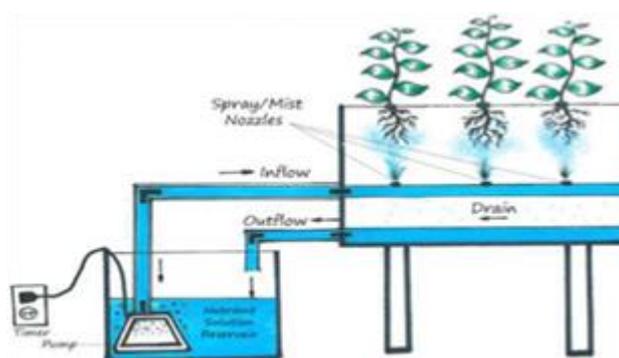
Prinsip kerja sistem sumbu:

Sistem wick menggunakan prinsip kapilaritas, yaitu dengan menggunakan sumbu sebagai penyambung atau jembatan pengalir air nutrisi dari wadah penampung air ke akar tanaman. Sumbu yang digunakan dalam system ini biasanya berupa kain flanel atau bahan lain yang menyerap air.

## 5. Sistem Aeroponik

Teknik menanam tanaman dengan aeroponik berasal dari katanya “aero” yang berarti udara, dan “phonic” yang berarti cara menanam. Jadi, aeroponik merupakan

cara bertanam dengan media perakarannya udara. Sistem Aeroponik merupakan cara bercocok tanam dengan menyemprotkan nutrisi ke akar tanaman. Nutrisi yang disemprotkan mempunyai bentuk seperti kabut. Aeroponik adalah suatu sistem penanaman sayuran yang paling baik dengan menggunakan udara dan ekosistem air tanpa menggunakan tanah. Teknik ini merupakan metode penanaman hidroponik dengan menggunakan bantuan teknologi. Desain aeroponik merupakan desain yang paling canggih dari semua sistem hidroponik. Akar tanaman menggantung ke dalam wadah dan hara disemprotkan terus menerus dengan semburan bergantian secara kontinu (misalnya satu menit “on”, satu menit “off”).



Gambar 2.14. Sistem hidroponik aeroponik

Proses pengkabutan berasal dari sebuah pompa air yang diletakkan di bak penampungan dan disemprotkan dengan menggunakan nozzle, sehingga dengan begitu nutrisi yang diberikan ke tanaman akan lebih cepat diserap akar tanaman yang menggantung. Sistem aeroponik merupakan langkah yang tepat dan baik dalam pembudidayaan tanaman sebab dari teknik ini tanaman akan mendapatkan dua hal yaitu nutrisi serta oksigen secara bersamaan. Kualitas sayuran yang ditanam dengan teknik ini terbukti mempunyai kualitas yang baik, higienis, segar, renyah, beraroma dan disertai juga dengan citarasa yang tinggi.

Kelebihan Sistem Aeroponik:

1. Mampu mengendalikan akar tanaman.
2. Mampu memenuhi kebutuhan air dengan baik dan juga mudah.
3. Keseragaman nutrisi dan juga kadar konsentrasi nutrisi dapat diatur sesuai dengan umur dan jenis tanaman.

4. Tanaman dapat diproduksi hingga beberapa kali dengan periode yang pendek.
5. Dapat dijadikan sebagai media eksperimen sebab adanya variabel yang dapat dikontrol sehingga dapat memungkinkan hasil tanaman high planting density.

Kekurangan Sistem Aeroponik:

1. Memerlukan investasi dan biaya perawatan yang sangat mahal.
2. Sangat tergantung pada energilistrik.
3. Mudah terserang penyakit apabila tidak dirawat dengan baik dan benar.

Prinsip Kerja Sistem Aeroponik:

Penggunaan sprinkler dapat menjamin ketepatan waktu penyiraman, jumlah air dan keseragaman distribusi air di permukaan akar tanaman secara terus-menerus selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Cara tersebut dapat menciptakan uap air di udara sekeliling tanaman serta memberikan lapisan air pada akar, sehingga menurunkan suhu sekitar daun dan mengurangi evapotranspirasi. Sistem pancaran atau pengabutan dapat diatur secara bergantian nyala-mati (on-off) bergantian menggunakan timer. Pemompaan dilakukan selama 15 sampai 20 menit.

### **2.3.3 Perbedaan Bercocok Tanam Hidroponik dan Konvensional**

Perbedaan yang mendasar antara tanaman hidroponik dan tanaman konvensional adalah dari media tanamnya. Tanaman hidroponik tidak menggunakan media tanam tanah, tapi menggunakan media tanam air yang dicampur dengan larutan AB Mix dibantu media tanam rockwool atau hidrotan untuk sistem dutch bucket sedangkan konvensional adalah menanam dengan menggunakan media tanah.

## **2.4 Nutrisi Hidroponik**

### **2.4.1 Defenisi**

Nutrisi tanaman adalah kandungan nutrisi atau unsur hara berupa zat-zat kimia yang dibutuhkan tanaman untuk melanjutkan siklus hidup atau Nutrisi tanaman adalah inti dari pertanian modern dengan kenyataan produktivitas tanaman yang

sangat tergantung pada ketersediaan unsur hara pada tanaman. Larutan nutrisi adalah salah satu faktor paling vital yang mempengaruhi kualitas dan hasil panen. Sistem hidroponik mengandung terutama larutan berair elemen penting senyawa organik atau anorganik. Unsur hara adalah sejumlah unsur kimia yang dibutuhkan oleh tanaman untuk keperluan pertumbuhan tanaman. Tanaman dapat memperoleh nutrisi dari tanah, udara maupun air.

Dasar yang paling penting dari sistem budidaya secara hidroponik adalah kandungan hara dalam air berupa larutan yang diberikan secara terus-menerus sebagai nutrisi. Nutrisi tanaman terlarut dalam air yang digunakan dalam hidroponik sebagian besar anorganik dan dalam bentuk ion. Nutrisi utama tersebut diantaranya dalam bentuk kation terlarut (ion bermuatan positif), antara lain  $\text{Ca}^{2+}$  (kalsium),  $\text{Mg}^{2+}$  (magnesium), dan  $\text{K}^{+}$  (kalium); dan larutan nutrisi utama dalam bentuk anion adalah  $\text{NO}_3^{-}$  (nitrat),  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfat), dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$  (dihidrogen fosfat). Nutrisi tersebut akan berikatan menjadi senyawa kompleks berupa garam-garam mineral membentuk formula-formula yang akan digunakan dalam sistem hidroponik. Kualitas air yang mengandung nutrisi sebagai pupuk tergantung pada konsentrasi garam-garam tersebut.

Sebagian besar formula tersebut menggunakan berbagai kombinasi bahan yang biasa digunakan sebagai sumber hara makro dan mikro. Ada tujuh belas unsur-unsur penting (makro dan mikro) yang dipertimbangkan untuk tanaman. Adapun unsur hara makro dan mikro tersebut antara lain Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Sulfur (S), Boron (B), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Besi (Fe), Molibdenum (Mo), Mangan (Mn), Klor (Cl), Natrium (Na), Kobalt (Co), Silikon (Si), Nikel (Ni). Adapun fungsi, Kekurangan dan kelebihan unsur hara tersebut adalah sebagai berikut:

## **2.4.2 Jenis-Jenis Unsur Hara**

### **2.4.2.1 Nitrogen (N)**

Nitrogen termasuk ke dalam unsur hara makro yang memegang peran penting bagi pertumbuhan tanaman. Unsur hara berupa nitrogen sangat diperlukan untuk

pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar.

Fungsi Nitrogen:

1. Dapat menunjang peningkatan pertumbuhan tanaman.
2. Dapat meningkatkan kadar protein, asam amino dan klorofil dalam tanaman.
3. Dapat meningkatkan perkembangbiakkan mikroorganisme di dalam tanah untuk kelangsungan proses pelapukan bahan organik.
4. Dapat meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan.
5. Mendukung pembuatan enzim-enzim yang dapat membentuk daun dan produksi bahan kering.

Kelebihan Nitrogen:

1. Daun dan batang yang dihasilkan berjumlah banyak.
2. Batang lemah dan rentan sekali roboh.
3. Perkembangan buah terganggu sehingga hasil panen sedikit.
4. Dapat menghambat pematangan biji atau buah.

#### **2.4.2.2 Pospor (P)**

Fosfor atau phospat merupakan nutrisi hidroponik yang diperlukan tanaman dalam jumlah besar, termasuk ke dalam unsur hara makro. Jumlah fosfor pada tanaman lebih sedikit dibandingkan nitrogen dan kalium. Meskipun demikian, pada kenyataannya fosfor dianggap sebagai kunci keberlangsungan setiap tanaman. Unsur hara fosfor berasal dari bahan organik, pupuk buatan, dan mineral-mineral di dalam tanah.

Fungsi Fosfor:

1. Pembentukan bunga, buah, dan biji.
2. Pembentukan albumin.
3. Pembelahan sel.
4. Mendukung kinerja nitrogen untuk mempercepat pematangan buah.
5. Perkembangan akar.
6. Memperkuat batang.

7. Memperbaiki kualitas tanaman secara keseluruhan.
8. Metabolisme karbohidrat.
9. Membentuk nucleoprotein untuk menyusun RNA dan DNA.
10. Menyimpan dan memindahkan energi seperti ATP.
11. Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.

Kekurangan Fosfor:

1. Sama seperti nitrogen yang menghambat pertumbuhan sehingga tumbuhan atau hasil buahnya menjadi kerdil.
2. Warna daun menjadi kemerahan dan berubah tua.
3. Daun yang berwarna merah keunguan secara perlahan akan berubah menjadi kuning.
4. Ukuran buah kecil dan cepat matang.
5. Memperlambat pemasakan biji dan buah.
6. Perkembangan akar tidak bagus.

Kelebihan Fosfor:

1. Pertumbuhan tanaman akan terganggu akibat terjadinya ikatan unsur nitrogen dan fosfor yang mengakibatkan tanaman sulit untuk menyerap unsur hidrogen.
2. Apabila fosfor yang diserap tanaman berlebih juga membuat daun menjadi pucat layu dan kering.

#### **2.4.2.3 Kalium (K)**

Setelah nitrogen dan fosfor, ada kalium yang menjadi nutrisi hidroponik alami nomor tiga. Unsur hara makro berupa kalium biasa dibuat pupuk dengan menggabungkan kedua unsur penting lain dengan tujuan untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas hasil tanaman, yakni nitrogen dan fosfor.

Fungsi Kalium:

1. Mendukung proses fotosintesis tanaman.
2. Penggunaan air menjadi lebih efisien.
3. Memperkuat batang dan akar tanaman sehingga tidak mudah rebah serta daya tahan tanaman terhadap penyakit turut meningkat.

4. Mempertahankan turgor.
5. Sebagai aktivator bermacam-macam sistem enzim baik secara langsung maupun tidak.
6. Dapat memproduksi dan memindahkankarbohidrat.
7. Sebagai katalisator dalam proses pembentukanprotein.
8. Mengatur pergerakan stomata.
9. Mengatur kegiatan beragam unsur mineral.
10. Menetralkan reaksi sel dari asamorganik.
11. Meningkatkan pertumbuhan jaringan meristem.
12. Meningkatkan kualitas buah yang berwarna, berbentuk, dan berkadar lebih baik.

#### Kekurangan Kalium:

1. Tepi daun berwarna kuning kecokelatan disertai titik-titik bercak warna jingga, terutama untuk daun yang tua.
2. Pertumbuhan tanaman terhambat sehingga tanaman tumbuh kerdil dan daun-daun menjadi terkulai.
3. Rentan rebah karena rasio natrium-kalium yang tinggi.
4. Penuaan daun lebih cepat (leafsenescence).
5. Akar akan banyak yang busuk karena kehilangan daya oksidasi akibat pertumbuhan yang tidaksehat.
6. Penyerapan unsur hara terganggu.
7. Tanaman rentan terhadap penyakit seperti mengalami batang busuk, bercan daun, dan selainnya.

#### **2.4.2.4 Magnesium**

Unsur hara makro pada tanaman berikutnya yang tergabung ke dalam macam-macam nutrisi hidroponik adalah magnesium. Magnesium merupakan bagian penting yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses metabolisme fosfat, pembentukan klorofil, respirasi tanaman, dan aktivitas enzim.

Fungsi Magnesium:

1. Berkemampuan untuk mengoreksi keasaman tanah, kolam, ataupun tambak agar mendapatkan pH yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman yang baik.
2. Meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara lain yang berasal dari bahan organik ataupun penambahan pupuk.
3. Menjaga persediaan unsur hara mikro yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.
4. Mengaktifkan berbagai jenis enzim yang baik untuk tanaman.

#### Kekurangan Magnesium:

1. Menyebabkan sejumlah zat hara tidak terangkut karena energi yang dimiliki tidak banyak.
2. Jaringan menjadi lemah dan jarak antar ruas menjadi panjang.
3. Muncul bercak-bercak berwarna kuning pada permukaan daun yang sudah tua atau dikenal dengan sebutan klorosis.

#### Kelebihan Magnesium:

Hingga kini belum ditemukan gejala khusus pada tanaman yang memperoleh magnesium dalam jumlah banyak. Meskipun begitu, tetap apabila kelebihan dalam jumlah yang sangat besar akan memengaruhi pertumbuhan tanaman.

#### **2.4.2.5 Kalsium (Ca)**

Di samping Nitrogen, Fosfor, Kalium, dan Magnesium, Kalsium juga termasuk nutrisi hidroponik yang tergabung dalam unsur hara makro bagi tanaman. Unsur kalsium biasanya tidak dianggap sebagai unsur pupuk, sehingga penggunaan kalsium dalam jumlah yang tidak sebanyak seperti unsur nitrogen, fosfor, dan kalium.

#### Fungsi Kalsium:

1. Mempercepat pembentukan dan pertumbuhan akar.
2. Memperbaiki ketegakkan tanaman.
3. Memengaruhi pengangkutan air dan unsur hara lain.
4. Mendukung proses sintesa protein, pembelahan sel dan pemanjangan sel.
5. Mengatur translokasi karbohidrat, kemasaman, dan permeabilitas sel.

6. Mereduksi dan menetralkan asam-asam organik yang mempunyai sifat bertoksin.

Kekurangan Kalsium:

1. Berkurangnya pertumbuhan jaringan meristem (ujung tangkai daun, bunga, dan akar).
2. Daun-daun dan akar-akar muda sering berlekuk-lekuk dan keriting, berkerut-kerut pendek, dan berdekatan satu sama lain.
3. Pada tanaman jagung akan dicirikan dengan perlambatan pemunculan dan pemekaran daun-daun baru.

#### **2.4.2.6 Belerang atau Sulfur (S)**

Belerang atau sulfur merupakan hara makro yang bakal diserap oleh tanaman dalam bentuk ion sulfat. Ion sulfat sendiri merupakan bagian dari protein yang terkandung dalam cystein, methionin, dan thiamine.

Fungsi Sulfur:

1. Warna daun akan terlihat menjadi lebih hijau karena sulfur bekerja membentuk butir hijau.
2. Meningkatkan keberadaan protein dan vitamin untuk memberikan hasil panen yang berkualitas.
3. Memperbanyak hasil anakan seperti pada tanaman padi.
4. Membantu proses pembulatan zat gula.
5. Bisa memperbaiki warna, aroma, kelenturan daun, mengurangi penyusutan selama penyimpanan, dan memperbesar umbi pada beberapa jenis tanaman.

Kekurangan Sulfur:

1. Menurunkan produksi protein padatanaman.
2. Rentan terhadap serangan hama penyakit karena terjadi penumpukan asam amino yang merusak aktifitas fisiologis tanaman.
3. Produksi butir hijau akan menurun sehingga warna daun menguning (klorosis).
4. Proses asimilasi dan sintesis karbohidrat terhambat.

Kelebihan Sulfur:

Pada tanah yang mengandung unsur hara sulfur berlebih, tingkat keasamannya akan meningkat sehingga berbahaya untuk tanah dan juga tanaman berpotensi mengalami kerusakan.

#### **2.4.2.7 Boron (B)**

Boron dapat membantu siklus hidup tanaman dengan meningkatkan mobilitas gula dan kalsium. Unsur boron juga memainkan fungsi dalam pembelahan sel dan pembuatan protein. Pada proses penyerbukan, pembentukan bunga, buah, dan biji, semua mempunyai ketergantungan atau setidaknya memperoleh pengaruh besar dari unsur boron. Meskipun boron kelihatannya penting bagi tanaman, tapi untuk nutrisi tanaman hidroponik dibutuhkan dalam jumlah sedikit.

**Kekurangan Boron:**

Unsur hara berupa boron memang diperlukan dalam jumlah sedikit, akan tetapi jika benar-benar tidak mempunyai porsi cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman, maka akan timbul gejala-gejala seperti tanaman akan tumbuh kerdil disertai bercak atau lubang-lubang hitam pada umbi dan akar. Setiap gejala yang disebabkan oleh defisiensi unsur boron berbeda tergantung jenis tanamannya.

**Kelebihan Boron:**

Boron yang mengendap dalam jumlah banyak pada tubuh tanaman akan menjadi racun yang membahayakan hampir seluruh bagian tanaman.

#### **2.4.2.8 Tembaga (Cu)**

Tembaga menjadi komponen esensial yang mengaktifkan enzim-enzim pendukung pertumbuhan seperti diamin oksidase, askorbat oksidase, dan sitokrom-coksidase.

**Fungsi Tembaga:**

Unsur tembaga yang membantu enzim diamin oksidase dan polifenol oksidase berperan besar dalam sintesis lignin, yakni senyawa pembentuk dinding sel yang menopang tanaman agar tumbuh dengan tegak. Sedangkan tembaga yang terlibat dalam aktivitas reaksi redoks akan menghasilkan energi untuk sintesis protein, lemak, membran sel, dan penyerapan hara secara aktif.

#### Kekurangan Tembaga:

Kegiatan bercocok tanaman dengan konsep hidroponik membutuhkan semua unsur nutrisi hidroponik yang diperlukan tanaman, termasuk tembaga. Kekurangan zat tembaga pada tanaman akan berdampak terhadap tanaman itu sendiri. Seringkali ditemukan daun muda akan menguning dan kecil tatkala tanaman kekurangan pasokan tembaga.

Selain itu, daun juga layu dan muncul warna hijau kebiruan atau hijau gelap pada daun tanaman yang sudah berukuran besar. Pengaruh lain yang cukup mengkhawatirkan adalah tanaman menjadi mudah rebah dan rentan terserang penyakit. Kekurangan unsur tembaga juga membawa dampak nyata pada pembentukan biji dan buah dibandingkan dengan pertumbuhan vegetatif. Bagian ranting tanaman akan berwarna cokelat, lalu secara perlahan mati dari atas ke bawah, dan buah-buahan berukuran kecil.

#### Kelebihan Tembaga:

Gejala kelebihan unsur tembaga seperti keracunan unsur yang lain pada tanaman. Kelebihan tembaga juga dapat memperlambat pertumbuhan tanaman, terutama bagian akar.

#### **2.4.2.9 Zinc/Seng (Zn)**

Zinc merupakan nutrisi untuk tumbuhan yang sangat penting dalam proses pembentukan klorofil dan aktivitas fotosintesis. Ketika tumbuhan mengalami pertumbuhan, efektifitasnya juga dipengaruhi oleh unsur seng yang memegang peran untuk memproduksi hormon pertumbuhan serta sebagai katalisator dalam reaksi oksidasi.

#### Kelebihan dan Kekurangan Zinc:

Jumlah seng yang tidak memadai akan membuat tanaman bermasalah pada saat ditanam secara hidroponik. Seperti pada tanaman jagung, defisiensi unsur seng akan menyebabkan penyakit pucuk putih. Sedangkan kelebihan unsur hara seng bisa menjadi racun terhadap beberapa jenis tanaman.

#### **2.4.2.10 Zat Besi (Fe)**

Selama ini mungkin kita hanya mengenal zat besi sebagai salah satu nutrisi untuk tubuh. Padahal, zat besi juga termasuk nutrisi hidroponik yang mempunyai andil cukup penting untuk proses pertumbuhan tanaman. Zat besi pada tanaman berguna dalam proses pembentukan klorofil serta pembawa elektron pada reaksi oksidasi dan reduksi dalam respirasi.

Akibat Kekurangan dan Kelebihan Zat Besi:

Hampir sama dengan beberapa unsur makro tanaman sebelumnya, zat besi yang tidak cukup pada tanaman akan membuat daun muda mengalami klorosis. Sementara kelebihan zat besi tidak terlalu memengaruhi pertumbuhan tanaman (dalam tanda kutip jumlah yang lebih tersebut tidak terlalu besar).

#### **2.4.2.11 Molibdenum (Mo)**

Molibdenum merupakan unsur hara tanaman berjenis mineral yang diperlukan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur molibdenum menjadi unsur hara esensial yang paling sedikit dibutuhkan oleh tanaman. Walaupun hanya sedikit, molibdenum mempunyai pengaruh cukup pada proses sintesis protein dan termasuk ke dalam enzim yang mereduksi nitrat ke nitrit.

Akibat Kekurangan Molibdenum:

Timbulnya butir-butir kuning di antara tulang daun pada daun tua yang dilanjut dengan terbentuknya warna coklat pada pinggir daun merupakan gejala yang ditimbulkan akibat tanaman mengalami defisiensi molibdenum. Selain itu, daun-daun juga berkerut, lalu mengering, dan mati apabila kebutuhan molibdenum tidak terpenuhi. Yang lebih parah lagi, molibdenum yang sedikit bisa membuat pertumbuhan tanaman tidak normal, terutama pada tanaman berjenis sayuran sehingga dampaknya akan terasa sekali ketika proses panen.

#### **2.4.2.12 Mangan (Mn)**

Mangan diperlukan oleh setiap tanaman sebagai nutrisi hidroponik dalam reaksi respirasi dan proses sintesis vitamin riboflavin dan asam askorbin. Pada

kegiatan fotosintesis, mangan juga berperan dalam pengurangan zat karbondioksida.

Akibat Kekurangan dan Kelebihan Mangan:

Kekurangan mangan menimbulkan gejala yang hampir sama dengan kekurangan zat besi, seperti menyebabkan klorosis pada tulang daun secara tidak teratur dan tampak belang-belang yang kasusnya terjadi pada tanaman dengan defisiensi magnesium. Untuk pengaruh kelebihan mangan pada tanaman tidak begitu banyak, jadi tidak perlu khawatir berlebih tanaman akan bermasalah.

#### **2.4.2.13 Klorin (Cl)**

Klor diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Cl (Chlor). Unsur hara atau zat nutrisi tanaman hidroponik ini juga membantu peran nutrisi lain dalam proses sintesis. Kebutuhan tanaman akan unsur hara mikro ini tidak sebanyak dengan unsur hara mikro lain.

Akibat Kekurangan dan Kelebihan Klorin:

Ada beberapa tanaman yang sensitif terhadap klorin, seperti kentang dan tembakau. Pada kedua jenis tumbuhan tersebut, klorin akan membuat daun menebal dan menggulung serta produktifitas tanaman ikut menurun. Untuk gejala kekurangan klorin sendiri, seperti pada tomat yang ditanam dengan cara bercocok tanam hidroponik akan bermasalah pada bagian akar dan daun.

Kelebihan nutrisi tanaman tidak selalu berdampak buruk pada tanaman. Seperti pada tembakau, tomat, kol, wortel, kentang, dan jagung, keenam tanaman tersebut memperlihatkan respon positif setelah mendapatkan asupan tambahan berupa zat klorin.

#### **2.4.2.14 Natrium (Na)**

Unsur kimia dengan simbol Na dan nomor atom 11, Natrium, merupakan zat hara bagi tanaman yang berperan dalam pembukaan stomata, pembentukan umbi, dan mencegah busuk bagian tengah umbi. Natrium mempunyai kemampuan untuk mengganti peranan unsur kalium.

Keberadaan natrium dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman yang mengalami gejala kekurangan kalium. Selain itu, natrium juga menjadi pencegah

tanaman menyerap kalium secara berlebihan. Dengan demikian, kehadiran natrium akan memperkecil kemungkinan tanaman mengalami masalah pertumbuhan yang disebabkan oleh unsur hara kalium.

#### **2.4.2.15 Kobalt (Co)**

Kobalt merupakan unsur hara esensial yang termasuk dalam elemen mikro yang memengaruhi tanaman. Pada media tanam yang terdapat unsur kobalt, tanaman seperti kacang-kacangan akan menciptakan efek menguntungkan karena keberadaannya diperlukan untuk fiksasi nitrogen oleh bakteri di nodul akar.

Unsur kobalt bisa diperoleh tanaman dengan pemberian pupuk organik dan pupuk majemuk dalam jumlah yang kecil. Kobalt akan membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman ke arah yang lebih baik, asalkan jumlah kobalt yang tersedia sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sebab apabila mengalami kekurangan atau kelebihan porsi, unsur kobalt justru menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terganggu.

#### **2.4.2.16 Silikon (Si)**

Silikon biasa dijadikan bahan dasar untuk pembuatan pupuk. Material ini diperoleh dari hasil ledakan (ratusan juta meter kubik abu vulkanik) gunung merapi. Silikon membawa pengaruh yang cukup penting untuk tanaman, baik yang ditanam dengan media tanam tanah ataupun air pada konsep hidroponik.

Nutrisi hidroponik berupa silikon dapat menguatkan tanaman agar tidak mudah roboh, menurunkan cekaman kekurangan air, dan membentuk benteng untuk menahan serangan hama dan penyakit. Kekurangan silikon akan ditampakan pada sifat mekanis sel yang berada di dalam dinding sel, apakah menjadi kaku atau justru elastis. Selain itu, dampak lain yang terlihat ketika tanaman mengalami defisiensi silikon adalah lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit.

#### **2.4.2.17 Nikel (Ni)**

Macam-macam nutrisi hidroponik terakhir adalah nikel yang mempunyai fungsi sebagai aktivator enzim urease yang berperan dalam proses metabolisme

nitrogen untuk proses perombakan urea sehingga dapat digunakan oleh tanaman. Kekurangan unsur nikel pada tanaman dapat menyebabkan kegagalan dalam menghasilkan benih yang layak. Tanaman akan tumbuh dengan subur apabila memperoleh asupan dari macam-macam nutrisi hidroponik tersebut.

### 2.4.3 Tahapan Pemberian Nutrisi

Berikut ini merupakan tahapan pemberian nutrisi bagi tanaman selada dengan budidaya hidroponik. Tahapan pemberian nutrisi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tahapan pemberian nutrisi tanaman selada hidroponik

	PPM Maksimal	Panen (hari)	Takaran	Pemberian Nutrisi Per Minggu Setelah Pindah Tanam ( $\pm$ 1 Minggu)								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
Selada	560-840	65-90	ppm	500	600	700	840	840	840	840	840	840
			ml	1.5A+	3A+	3A+	3.5A+	3.5A+	3.5A+	3.5A+	3.5A+	3.5A+
			(A+B)/L	1.5B	3B	3B	3.5B	3.5B	3.5B	3.5B	3.5B	3.5B

### 2.5 pH Nutrisi

Pada tanaman budidaya tanaman selada hidroponik, pH memiliki dampak yang sangat kuat. Pengaruh pentingnya pH pada tanaman selada hidroponik yaitu pertama, tanaman tidak mampu menyerap nutrisi dari larutan apabila pH larutan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. Kedua, tanaman akan layu karena nutrisi makro dan mikro tidak masuk. Ketiga, pH > 7 akan mengurangi ketersediaan zat besi, magnesium, tembaga dan boron sedangkan pH < 6 berdampak pada menurunnya daya larut terhadap asam pospat, kalsium, magnesium dan pH 3-5 di atas suhu 260 menyebabkan pertumbuhan dan penyebaran penyakit disebabkan oleh jamur [6].

Jenis pH dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat dalam tabel 2.1 dari air pH asam dapat ditemukan di jus lemon yang berkisar 2.4 – 2.5 pH sampai dengan cairan yang paling basa yaitu cairan pembersih porselen berkisar 13 pH.

Tabel 2.2. Nilai pH dalam kehidupan sehari-hari

No	Substansi	pH Aproximasi
1	Jus Lemon	2,4 - 2,6
2	Cola	2,5
3	Cuka	2,5 - 2,9
4	Jus Jeruk	3,5
5	Bir	4,5
6	Kopi	5,0
7	Teh	5,5
8	Susu	6,5
9	Air Minum	7,0
10	Darah	7,38 - 7,42
11	Air Asin	8,0
12	Sabun	9,0 - 10,0
13	Porselen	13

## 2.6 Selada

### 2.6.1 Defenisi

Selada merupakan salah satu tanaman sayuran yang sering ditanam secara hidroponik. Selain mudah dibudidayakan, masyarakat Indonesia juga sering mengkonsumsi selada sebagai menu pelengkap, lalapan, salad. Oleh karena itu, selada bernilai ekonomi tinggi karena permintaan pasar yang juga tinggi. Bahkan dapat memajukan ekonomi keluarga bagi yang berusaha dalam membudidayakannya. Ada beberapa macam selada, diantaranya selada telur/kepala, selada rapuh, selada daun, selada batang[9]. Tanaman selada merupakan komoditas pertanian yang umumnya dikonsumsi dalam bentuk segar sehingga ke higienisan tanaman selada dari residu pestisida dan mikroorganisme yang berbahaya bagi kesehatan manusia merupakan prioritas utama. Pemanfaatan teknologi hidroponik untuk produksi tanaman selada merupakan solusi untuk menghasilkan komoditas yang bebas residu pestisida, bebas mikroorganisme berbahaya dan kualitas produk yang dihasilkan lebih beragam [8].

### 2.6.2 Syarat Pertumbuhan

#### 2.6.2.1 Iklim

1. Tanaman selada membutuhkan lingkungan tempat tumbuh yang beriklim dingin dan sejuk, yakni pada suhu udara antara 15-20 derajat C. Di daerah

yang suhu udaranya tinggi (panas), tanaman selada tipe kubis (berkrop) akan gagal membentuk krop. Meskipun demikian, dengan adanya kemajuan teknologi di bidang pembenihan, dewasa ini telah banyak diciptakan varietas selada yang tahan terhadap suhu panas. Kebutuhan cahaya tanaman selada antara 200-400 footcandle (2152,78-4305,56 lux).

2. Persyaratan iklim lainnya adalah faktor curah hujan. Tanaman selada tidak atau kurang tahan terhadap hujan lebat. Oleh karena itu, penanaman selada dianjurkan pada akhir musim hujan.

#### **2.6.2.2 Media Tanam**

1. Pada dasarnya tanaman selada dapat ditanam di lahan sawah maupun tegalan. Jenis tanah yang ideal untuk tanaman selada adalah liat berpasir seperti tanah Andosol maupun Latosol.
2. Syaratnya tanah tersebut harus subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, tidak mudah menggenang (becek).
3. Keasaman tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman ini pH antara 5.0-6.8.

#### **2.6.2.3 Ketinggian Tempat**

Di Indonesia, selada dapat ditanam di dataran rendah sampai dataran tinggi/pegunungan, sedangkan Andewi umumnya cocok ditanam di dataran tinggi. Hal yang terpenting adalah memperhatikan pemilihan varietasnya yang cocok dengan lingkungan setempat. Untuk dataran rendah sampai menengah, sebaiknya dipilih selada varietas yang "heat tolerant" (tahan terhadap suhu panas) seperti varietas Kaiser, Ballade dan Gemini.

Di beberapa daerah produsen sayuran yang mulai banyak mengembangkan selada, tanaman ini tumbuh dan berproduksi pada ketinggian antara 600-1.200 m dpl seperti di Pacet dan Cipanas (Cianjur) serta Lembang (Bandung). Syarat tumbuh demikian identik untuk tanaman kubis dan selada.

### 2.6.3 Jenis-Jenis Selada

Varietas selada yang ditanam di Indonesia pada umumnya berasal dari luar negeri (impor). Ketersediaan varietas dan tipe selada cukup banyak, diproduksi oleh berbagai perusahaan benih di dunia.

1. Takii Seed Jepang memproduksi: varietas Kaiser (selada kubis), New Red Fire (selada daun-kriting merah), Green Wave (selada daun-kriting hijau), Celtuce (selada batang).
2. Sakata Seed Jepang: varietas Gemini (selada kubis), Red Wave (selada daun-kriting merah), Vulcan (selada daun-kriting hijau), Babylon (selada kubis).
3. Hungnong Seed Korea: varietas Summer Ace (selada daun), Sunshine (selada daun-kriting merah hijau), Green Orient (selada daun), Oriental Redcurl (selada daun-merah hijau), Seoul Green (selada daun-kriting hijau), Seoul Ruby (selada daun-kriting merah).
4. Known You Seed Taiwan: varietas Celtuce (selada batang), Grand Rapid (selada daun-kriting hijau).
5. Petoseed U.S.A.: varietas Bounty (selada kubis), Red Sails (selada daun-kriting merah).
6. Nunhems Holland: varietas Dabora (selada kubis), Vit (selada daun), Axon (selada daun-kriting merah), Benol (selada daun merah).

Beberapa varietas selada yang menurut deskripsinya tahan (heat toleran) terhadap suhu panas, antara lain: Kaiser, Ballade, Okayama Salad, Sunshine, Seoul Green, Oriental Redcurl, Ontario, Red Wave dan Gemini.

## 2.7 Thingspeak

### 2.7.1 Definisi

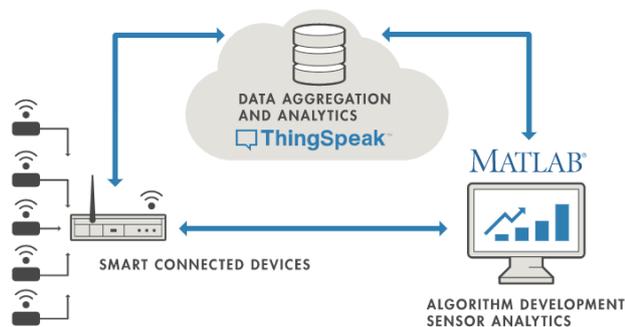
ThingSpeak adalah layanan platform analitik IoT yang memungkinkan Anda mengumpulkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data langsung di cloud. ThingSpeak menyediakan visualisasi instan dari data yang diposting oleh perangkat Anda ke ThingSpeak. Dengan kemampuan untuk mengeksekusi kode

MATLAB di ThingSpeak, pengguna dapat melakukan analisis online dan pemrosesan data saat data masuk. ThingSpeak sering digunakan untuk membuat prototipe dan pembuktian konsep sistem IoT yang memerlukan analitik [10].

Internet of Things (IoT) menggambarkan tren yang muncul di mana sejumlah besar perangkat yang disematkan (things) terhubung ke Internet. Perangkat yang terhubung ini berkomunikasi dengan orang dan hal lain dan sering kali menyediakan data sensor ke penyimpanan cloud dan sumber daya komputasi awan tempat data diproses dan dianalisis untuk mendapatkan wawasan penting. Daya komputasi awan yang murah dan konektivitas perangkat yang meningkat memungkinkan tren ini.

Solusi IoT dibuat untuk banyak aplikasi vertikal seperti pemantauan dan kontrol lingkungan, pemantauan kesehatan, pemantauan armada kendaraan, pemantauan dan kontrol industri, dan otomatisasi rumah.

Pada tingkat tinggi, banyak sistem IoT dapat digambarkan menggunakan diagram di bawah ini:



Gambar 2.15. Diagram alur kerja thingspeak

Di sebelah kiri, kami memiliki perangkat pintar ("sesuatu" di IoT) yang hidup di tepi jaringan. Perangkat ini mengumpulkan data dan mencakup hal-hal seperti perangkat yang dapat dikenakan, sensor suhu nirkabel, monitor detak jantung, dan sensor tekanan hidrolik serta mesin di lantai pabrik.

Di tengah, kami memiliki cloud tempat data dari banyak sumber dikumpulkan dan dianalisis secara real time, seringkali oleh platform analitik IoT yang dirancang untuk tujuan ini.

Sisi kanan diagram menggambarkan pengembangan algoritma yang terkait dengan aplikasi IoT. Di sini seorang insinyur atau ilmuwan data mencoba untuk mendapatkan wawasan tentang data yang dikumpulkan dengan melakukan analisis historis pada data tersebut. Dalam hal ini, data ditarik dari platform IoT ke lingkungan perangkat lunak desktop untuk memungkinkan insinyur atau ilmuwan membuat algoritma prototipe yang pada akhirnya dapat dijalankan di cloud atau di perangkat pintar itu sendiri.

Sistem IoT mencakup semua elemen ini. ThingSpeak cocok di bagian cloud dari diagram dan menyediakan platform untuk mengumpulkan dan menganalisis data dengan cepat dari sensor yang terhubung ke internet.

### **2.7.2 Fitur Utama Thingspeak**

ThingSpeak memungkinkan Anda untuk menggabungkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data langsung di cloud. Beberapa kemampuan utama ThingSpeak mencakup kemampuan untuk:

1. Konfigurasi perangkat dengan mudah untuk mengirim data ke ThingSpeak menggunakan protokol IoT populer.
2. Visualisasikan data sensor Anda secara real-time.
3. Gabungkan data sesuai permintaan dari sumber pihak ketiga.
4. Gunakan kekuatan MATLAB untuk memahami data IoT Anda.
5. Jalankan analitik IoT Anda secara otomatis berdasarkan jadwal atau acara.
6. Membuat prototipe dan membangun sistem IoT tanpa menyiapkan server atau mengembangkan perangkat lunak web.
7. Secara otomatis bertindak berdasarkan data Anda dan berkomunikasi menggunakan layanan pihak ketiga seperti twitter.

## **2.8 Internet of Things (IoT)**

Internet of Thing (IoT) adalah sebuah konsep sekenario dimana suatu objek yang menggunakan pemanfaatan internet yang tersambung dengan jaringan komputer secara terus menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data kendali, dan termasuk juga pada benda dunia nyata. Bahan pangan, elektronik, peralatan apa

saja, koleksi, termasuk benda hidup, yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor tertanam dan selalu aktif.

Interaksi antara manusia dengan manusia sudah sangat biasa sejak zaman dahulu kala. Interaksi antara manusia dengan mesin sudah biasa pula, sejak adanya penemuan teknologi seperti komputer atau gadget devices lainnya. Namun, Menurut analisa McKinsey Global Institute, internet of things adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. Sebuah publikasi mengenai Internet of things in 2020 menjelaskan bahwa internet of things adalah suatu keadaan ketika benda memiliki identitas, bisa beroperasi secara intelijen, dan bisa berkomunikasi dengan sosial, lingkungan, dan pengguna.

Teknologi Internet of Things sangat luar biasa. Jika sudah direalisasikan, teknologi ini tentu akan sangat memudahkan pekerjaan manusia. Manusia tidak akan perlu lagi mengatur mesin saat menggunakannya, tetapi mesin tersebut akan dapat mengatur dirinya sendiri dan berinteraksi dengan mesin lain yang dapat berkolaborasi dengannya. Hal ini membuat mesin-mesin tersebut dapat bekerja sendiri dan manusia dapat menikmati hasil kerja mesin-mesin tersebut tanpa harus repot-repot mengatur mereka.

Cara kerja dari internet of things setiap benda harus memiliki sebuah IP Address. IP Address adalah sebuah identitas dalam jaringan yang membuat benda tersebut bisa diperintahkan dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, IP address dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan internet. Saat ini, koneksi internet sudah sangat mudah kita dapatkan. Dengan demikian, kita dapat memantau benda tersebut bahkan memberi perintah kepada benda tersebut. Setelah sebuah benda memiliki IP address dan terkoneksi dengan jaringan internet, pada benda tersebut juga dipasang sebuah sensor. Sensor pada benda memungkinkan benda tersebut memperoleh informasi yang dibutuhkan. Setelah memperoleh informasi, benda tersebut dapat mengolah informasi itu sendiri,

bahkan berkomunikasi dengan benda-benda lain yang memiliki IP address dan terkoneksi dengan jaringan internet. Akan terjadi pertukaran informasi dalam komunikasi antara benda-benda tersebut. Setelah pengolahan informasi selesai, benda tersebut dapat bekerja dengan sendirinya, atau bahkan memerintahkan benda lain juga untuk ikut bekerja.

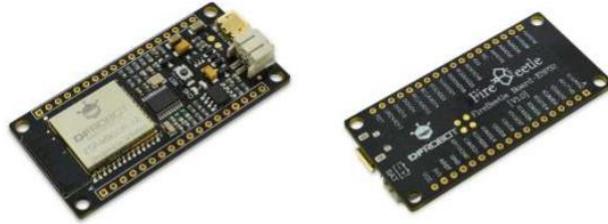
Jadi, Dapat kita simpulkan bahwa internet of things membuat suatu koneksi antara mesin dengan mesin, sehingga mesin-mesin tersebut dapat berinteraksi dan bekerja secara independen sesuai dengan data yang diperoleh dan diolahnya secara mandiri. Tujuannya adalah untuk membuat manusia berinteraksi dengan benda dengan lebih mudah, bahkan supaya benda juga bisa berkomunikasi dengan benda lainnya. Dengan begitu manusia dalam internet of things akan bertindak sebagai pengguna yang akan dilayani oleh benda-benda elektronik disekitarnya. Pengaruh ekonomi dari industri internet of things menempati posisi ketiga terbesar setelah mobile internet and automation of knowledge work. Hal ini membuktikan bahwa suatu hari nanti teknologi internet of things benar-benar akan berkembang dan menjadi tren di dunia.

## **2.9 ESP32**

### **2.9.1 Definisi**

FireBeetle Board-ESP32 adalah salah satu seri FireBeetle dan chip dari master control board adalah ESP32. Ditujukan untuk Internet of Things, SOC menggabungkan Wi-Fi, Bluetooth, dan MCU. Papan kontrol utama menggunakan desain perangkat keras eksternal konsumsi daya yang sangat rendah (pengukuran aktual arus listrik di bawah mode konsumsi daya rendah adalah 10 A), mendukung pengisian baterai lithium onboard. Pilihan terbaik untuk perangkat seluler, perangkat elektronik yang dapat dikenakan, dan aplikasi IoT. Ini dapat langsung digunakan untuk proyek konsumsi daya rendah.

Selain itu, FireBeetle Board-ESP32 memiliki peralatan periferan yang melimpah, misalnya ADC, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S SPI, UART dll. Dan pemrograman sepenuhnya kompatibel dengan Arduino IDE.[11]



Gambar 2.16. Board ESP32

### 2.9.2 Karakteristik ESP32

ESP32 memiliki karakteristik yang ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

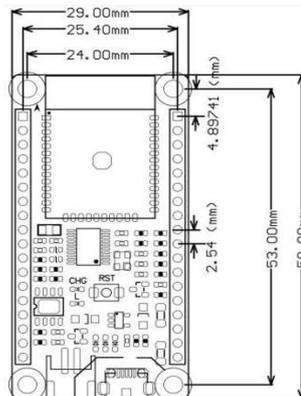
Tabel 2.3. Karakteristik ESP32

No	Karakteristik	Batasan dan Satuan
1	Tegangan kerja	3.3V
2	Tegangan masukan	3.3V-5V
3	Mendukung arus listrik dengan konsumsi daya rendah	10 A
4	Mendukung arus debit maksimum	600mA
5	Mendukung arus pengisian maksimum	500mA
6	Mendukung pengisian USB.	-
7	Pemroses	Pemroses inti ganda Tensilica LX6 (Satu untuk koneksi berkecepatan tinggi, satu untuk pemrograman independen).
8	Frekuensi	240MHz
9	SRAM	520KB
10	Flash	16Mbit
11	Standar Wi-Fi FCC/CE/TELEC/KCC	-
12	Protokol Wi-Fi: 802.11 b/g/n/d/e/I/k/r (802.11n, kecepatan tinggi bisa mencapai 150 Mbps), konvergen A-MPDU dan A-MSDU, mendukung interval perlindungan 0.4us.	-
13	Rentang frekuensi	2.4-2.5 GHz
14	Protokol Bluetooth	Mematuhi standar BR/EDR/BLE Bluetooth v4.2.
15	Audio Bluetooth	Arus di bawah konsumsi daya rendah CVSD dan SBC adalah 10 $\mu$ A
16	Bekerja saat ini	Rata-rata 80mA
17	Rentang frekuensi	2.4-2.5GHz
18	Mendukung pengunduhan satu tombol.	-

No	Karakteristik	Batasan dan Satuan
19	Mendukung mikropython.	-
20	Jam dalam chip	Kristal 40MHz dan kristal 32.768 KHz.
21	Digital I/O	10 (pengaturan default arduino)
22	Input simulasi	5 (pengaturan default arduino)
23	SPI	1 (pengaturan default arduino)
24	I2C	1 (pengaturan default arduino)
25	I2S	1 (pengaturan default arduino)
26	LED_BUILTIN	D9
27	Antarmuka	Kompatibel dengan seri FireBeetle
28	Suhu kerja	-40°C±85°C
29	Dimensi	24 × 53(mm)/0,94 x 2,09(inci)
30	Dimensi lubang pemasangan	Diameter dalam 3.1mm; diameter luar 6mm.
31	Bagian bawah setel ulang terpasang	
32	Visi perangkat keras	V1.0

### 2.9.3 Spesifikasi

Motherboard FireBeetle Board-ESP32 sepenuhnya kompatibel dengan rentang FireBeetle, parameter dimensinya ditunjukkan seperti di bawah ini.



Gambar 2.17. Spesifikasi ESP32

Tabel 2.4. Keterangan spesifikasi ESP32

No	Keterangan	Satuan
1	Jarak dari pin ke pin	2.54mm.
2	Jarak antara dua lubang pemasangan	24mm/53mm.
3	Dimensi lubang pemasangan	3.1mm.
4	Dimensi motherboard	29.00×58.00mm
5	Ketebalan papan	1.6mm



No	Nama Pin	Keterangan
18	VCC	The Vi/Vo is 5V charged by USB and 3.7V charged by lithium battery.
19	IO36/A0	A0 (Arduino), analog input, connect to IO36 of ESP32.
20	IO39/A1	A1 (Arduino), analog input, connect to IO39 of ESP32.
21	IO34/A2	A2 (Arduino), analog input, connect to IO34 of ESP32.
22	IO35/A3	A3 (Arduino), analog input, connect to IO35 of ESP32.
23	IO15/A4	A4 (Arduino), analog input, connect to IO15 of ESP32.
24	NC	Not connected
25	IO0	Digital interface, connect to IO0 of ESP32.
26	SCK	Clock pin of SPI, connect to IO18 of ESP32
27	MOSI	SPI's MOSI data-wire, connect to IO23 of ESP32.
28	MISO	SPI's MOSO data-wire, connect to IO19 of ESP32.
29	SDA	I2C's data-wire, connect to IO21 of ESP32.
30	SCL	Clock pin of I2C, connect to IO22 of ESP32
31	BCLK	Clock pin of I2S, connect to IO14 of ESP32
32	MCLK	Clock pin of I2S, connect to IO12 of ESP32
33	DO	DO data-wire of I2S, connect to IO4 of ESP32
34	DI	DI data-wire of I2S, connect to IO16 of ESP32.
35	LRCK	LRCK data-wire of I2S, connect to IO17 of ESP32.
36	RST	Low level reset port.

## 2.10 Analog TDS Meter

### 2.10.1 Defenisi

TDS (Total Dissolved Solids) menunjukkan berapa miligram padatan terlarut yang dilarutkan dalam satu liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak padatan terlarut yang terlarut dalam air, dan semakin tidak bersih air tersebut. Oleh karena itu, nilai TDS dapat dijadikan sebagai salah satu titik acuan untuk mencerminkan kebersihan air.

Sensor/Meter TDS Analog mendukung input tegangan lebar 3.3-5.5V, dan output tegangan analog 0-2.3V, yang membuatnya kompatibel dengan sistem atau papan kontrol 5V atau 3.3V. Sumber eksitasi adalah sinyal AC, yang secara efektif dapat mencegah probe dari polarisasi dan memperpanjang umur probe, sementara itu dapat membantu meningkatkan stabilitas sinyal output. Probe TDS tahan air, dapat direndam dalam air untuk pengukuran waktu yang lama. Sensor/Meter TDS Analog untuk Arduino adalah Kit Pengukur TDS yang kompatibel dengan Arduino untuk mengukur nilai TDS air, untuk menggambar tingkat kebersihan air. TDS

meter dapat diterapkan untuk air hidroponik dan bidang pengujian kualitas air lainnya [12].



Gambar 2.19. Analog TDS meter

### 2.10.2 Spesifikasi

Spesifikasi dari papan pemancar sinyal dan TDS Probe dijelaskan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.6. Spesifikasi analog TDS meter

Papan Pemancar Sinyal	
Tegangan Masukkan	3.3-5V
Tegangan Keluaran	0-2.3V
Bekerja Saat Ini	3-6mA
Rentang Pengukuran TDS	0-1000ppm
Akurasi Pengukuran TDS	±10% F.S(25)
Ukuran Modul	42 * 32mm
Antarmuka Modul	PH2.0-3P
Antarmuka Elektroda	XH2.54-2P
TDS Probe	
Jumlah Jarum	2
Panjang Total	83cm
Antarmuka Koneksi	XH2.54-2P
Warna	Hitam
Lainnya	Probe Tahan Air
Gambaran Papan	
-	Daya GND (0V)
+	Daya VCC (3.3 - 5.5V)
A	Output Sinyal Analog (0-2.3V)
TDS	Konektor Probe TDS
ELD	Indikator Daya

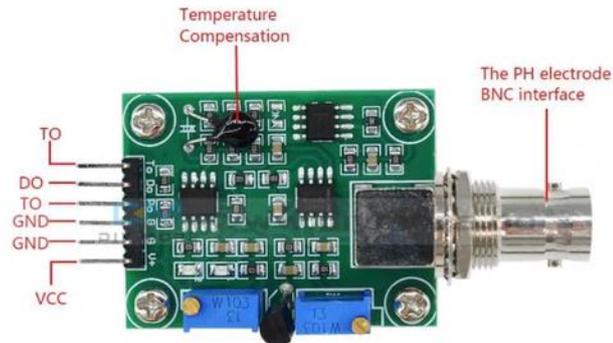
## 2.11 Sensor pH

Sensor pH (*Power of Hydrogen*) adalah jenis alat ukur untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan, pada pH meter digital terdapat elektroda khusus yang berfungsi untuk mengukur pH, elektroda (probe pengukur) terhubung sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. Probe atau Elektroda merupakan bagian penting dari pH Meter. Elektroda adalah batang seperti struktur biasanya terbuat dari kaca. Pada bagian bawah elektroda ada bohlam, bohlam merupakan bagian sensitif dari probe yang berisi sensor. Untuk mengukur pH larutan, probe dicelupkan ke dalam larutan. Probe dipasang di lengan dikenal sebagai probe lengan.



Gambar 2.20. Sensor pH PH4502C

Dapat dilihat dalam tabel pin dalam sensor pH PH4502C pin TO digunakan untuk output temperatur yang tertera dalam modul sensor, Pin DO ini digunakan untuk mengatur pH limit yang menyebabkan apabila potensiometer mendekati batas maka LED merah menyalakan sinyal DO. Pin PO digunakan untuk mendeteksi output nilai pH apabila probe BNC dan pin modul sensor telah dihubungkan dengan pin analog arduino, Pin G digunakan untuk menggroundkan tegangan, pin V+ digunakan untuk menyalurkan tegangan kedalam sensor dengan tegangan maksimal 5V [13].



Gambar 2.21. Modul PH4502C

Tabel 2.7. Pinout sensor PH-4502C

No	Nama Pin	Keterangan
1	TO	Temperature Output
2	DO	3,3 V Output
3	PO	pH Analog Output
4	G	Ground
5	G	Ground
6	V+	5V

## 2.12 Arduino IDE

### 2.12.1 Defenisi Arduino

Arduino adalah platform elektronik open-source berdasarkan perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. Papan Arduino dapat membaca input, menyalakan sensor, jari pada tombol, atau pesan Twitter dan mengubahnya menjadi output, mengaktifkan motor, menyalakan LED, menerbitkan sesuatu secara online. Pengguna dapat memberi perintah apa yang harus dilakukan dengan mengirimkan satu set instruksi ke mikrokontroler di program. Untuk melakukannya, menggunakan bahasa pemrograman Arduino (berdasarkan Pengkabelan), dan Perangkat Lunak Arduino (IDE), berdasarkan Pemrosesan.

Selama bertahun-tahun Arduino telah menjadi otak dari ribuan proyek, dari objek sehari-hari hingga instrumen ilmiah yang kompleks. Komunitas pembuat di seluruh dunia, pelajar, penghobi, seniman, pemrogram, dan profesional telah berkumpul di sekitar platform sumber terbuka ini, kontribusi mereka telah menambah sejumlah besar pengetahuan yang dapat diakses yang dapat sangat membantu baik pemula maupun ahli.

Arduino lahir di Ivrea Interaction Design Institute sebagai alat yang mudah untuk pembuatan prototipe cepat, yang ditujukan untuk siswa tanpa latar belakang elektronik dan pemrograman. Segera setelah mencapai komunitas yang lebih luas, papan Arduino mulai berubah untuk beradaptasi dengan kebutuhan dan tantangan baru, membedakan penawarannya dari papan 8-bit sederhana hingga produk untuk aplikasi IoT, perangkat yang dapat dikenakan, pencetakan 3D, dan lingkungan tertanam [15].

### **2.12.2 Dasar Penggunaan Arduino**

Berkat pengalaman penggunaannya yang sederhana dan mudah diakses, Arduino telah digunakan di ribuan proyek dan aplikasi yang berbeda. Perangkat lunak Arduino mudah digunakan untuk pemula, namun cukup fleksibel untuk pengguna tingkat lanjut. Ini berjalan di Mac, Windows, dan Linux. Guru dan siswa menggunakannya untuk membangun instrumen ilmiah berbiaya rendah, untuk membuktikan prinsip-prinsip kimia dan fisika, atau untuk memulai pemrograman dan robotika. Desainer dan arsitek membangun prototipe interaktif, musisi dan seniman menggunakannya untuk instalasi dan bereksperimen dengan alat musik baru. Pembuat, tentu saja, menggunakannya untuk membangun banyak proyek yang dipamerkan di Maker Faire, misalnya. Arduino adalah alat utama untuk mempelajari hal-hal baru. Siapa pun - anak-anak, penghobi, seniman, pemrogram - dapat mulai mengotak-atik hanya dengan mengikuti petunjuk langkah demi langkah dari kit, atau berbagi ide secara online dengan anggota komunitas Arduino lainnya.

Ada banyak mikrokontroler dan platform mikrokontroler lain yang tersedia untuk komputasi fisik. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, dan banyak lagi yang menawarkan fungsionalitas serupa. Semua alat ini mengambil detail pemrograman mikrokontroler yang berantakan dan membungkusnya dalam paket yang mudah digunakan. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, tetapi menawarkan beberapa keuntungan bagi guru, siswa, dan amatir yang tertarik dibandingkan sistem lain:

1. Papan Arduino relatif murah dibandingkan dengan platform mikrokontroler lainnya. Versi modul Arduino yang paling murah dapat dirakit dengan tangan, dan bahkan modul Arduino yang telah dirakit sebelumnya berharga kurang dari \50
2. Cross-platform - Arduino Software (IDE) berjalan pada sistem operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux. Kebanyakan sistem mikrokontroler terbatas pada Windows.
3. Lingkungan pemrograman yang sederhana dan jelas - Perangkat Lunak Arduino (IDE) mudah digunakan untuk pemula, namun juga cukup fleksibel untuk dimanfaatkan oleh pengguna tingkat lanjut. Untuk guru, ini dengan mudah didasarkan pada lingkungan pemrograman Pemrosesan, sehingga siswa yang belajar memprogram di lingkungan itu akan terbiasa dengan cara kerja Arduino IDE.

Perangkat lunak sumber terbuka dan dapat diperluas - Perangkat lunak Arduino diterbitkan sebagai alat sumber terbuka, tersedia untuk ekstensi oleh pemrogram berpengalaman. Bahasa dapat diperluas melalui pustaka C++, dan orang yang ingin memahami detail teknis dapat membuat lompatan dari Arduino ke bahasa pemrograman AVR C yang menjadi dasarnya. Demikian pula, Anda dapat menambahkan kode AVR-C langsung ke program Arduino Anda jika Anda mau. Sumber terbuka dan perangkat keras yang dapat diperluas - Rencana papan Arduino diterbitkan di bawah lisensi Creative Commons, sehingga perancang sirkuit yang berpengalaman dapat membuat versi modul mereka sendiri, memperluas dan meningkatkannya. Bahkan pengguna yang relatif tidak berpengalaman dapat membuat modul versi papan tempat memotong roti untuk memahami cara kerjanya dan menghemat uang [15].

### **2.13 PHP**

PHP merupakan singkatan dari PHP Hypertext Preprocessor yang digunakan sebagai bahasa script server-side atau skrip yang dijalankan disisi server dalam pengembangan web yang disisipkan pada dokumen HTML. PHP merupakan software open source yang disebarakan dan dilisensikan secara gratis serta dapat di

download secara bebas dari situs resminya <http://www.php.net>. Selain itu Keuntungan menggunakan PHP, kode yang menyusun program tidak perlu dibagikan kepada pemakai, yang berarti bahwa kerahasiaan kode dapat dilindungi. Secara khusus, PHP dirancang untuk membentuk web dinamis. Artinya, PHP dapat membentuk suatu tampilan berdasarkan permintaan terkini. Misalnya, anda bisa menampilkan isi database ke halaman web. Pada prinsipnya, PHP mempunyai fungsi serupa dengan skrip-skrip seperti ASP (Active ServerPage), Cold Fusion ataupun Perl [16].

## **2.14 JavaScript**

JavaScript adalah Bahasa pemrograman yang bisa disisipkan ke HTML seperti halnya PHP akan tetapi JavaScript berjalan disisi Client. JavaScript pertama kali dikembangkan oleh Brendan Eich dari Netscape di bawah nama Mocha dan pertama kali diperkenalkan oleh Netscape pada tahun 1995. Pada awalnya bahasa yang sekarang disebut JavaScript ini dahulu bernama "LiveScript" yang berfungsi sebagai bahasa sederhana untuk browser Netscape Navigator 2 yang sangat populer pada saat itu. Kemudian sejalan dengan sedang giatnya kerja sama antara Netscape dan Sun (pengembangan bahasa pemrograman Java) pada masa itu, maka Netscape memberikan nama JavaScript kepada bahasa tersebut pada tanggal 4 Desember 1995 dan pada saat yang bersamaan Microsoft sendiri mencoba untuk mengadaptasikan teknologi ini yang mereka sebut sebagai Jscript di browser milik mereka yaitu Internet Explorer 3. JavaScript sendiri merupakan modifikasi dari bahasa pemrograman C++ dengan pola penulisan yang lebih sederhana dari bahasa pemrograman C++.

Java dan JavaScript hampir tidak ada hubungannya selain dari sintaks antara dua bahasa. Bahkan mereka dikembangkan oleh dua perusahaan yang sama sekali berbeda, dengan tujuan dan pemikiran yang berbeda, Netscape mengembangkan JavaScript dan Sun Microsystems mengembangkan Java. JavaScript adalah bahasa pemrograman berbasis prototipe yang berjalan di sisi klien. Jika kita berbicara dalam konteks web, sederhananya kita dapat memahami JavaScript sebagai bahasa pemrograman yang berjalan khusus untuk di browser atau halaman web agar

halaman web menjadi lebih hidup. Jika dilihat dari suku katanya, JavaScript terdiri dari dua kata, yaitu Java dan Script. Java adalah bahasa pemrograman yang berorientasi objek, sedangkan Script adalah serangkaian instruksi program. JavaScript adalah bahasa script (bahasa pemrograman yang dapat memegang kontrol aplikasi) yang berbasis pada bahasa pemrograman Java. Namun JavaScript bukanlah bagian dari teknologi Java dari Sun. Java merupakan bahasa pemrograman berorientasi objek murni, sedangkan JavaScript digunakan secara procedural [16].

### **2.15 MySQL**

MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL (bahasa Inggris: database management system) atau DBMS yang multithread, multi-user, dengan sekitar 6 juta instalasi di seluruh dunia. MySQL AB membuat MySQL tersedia sebagai perangkat lunak gratis di bawah lisensi GNU General Public License (GPL), tetapi mereka juga menjual dibawah lisensi komersial untuk kasus-kasus dimana penggunaannya tidak cocok dengan penggunaan GPL. Pada penelitian ini MySQL digunakan sebagai platform penyimpanan data dan implementasi model rancangan database yang sudah di buat.