BAB II

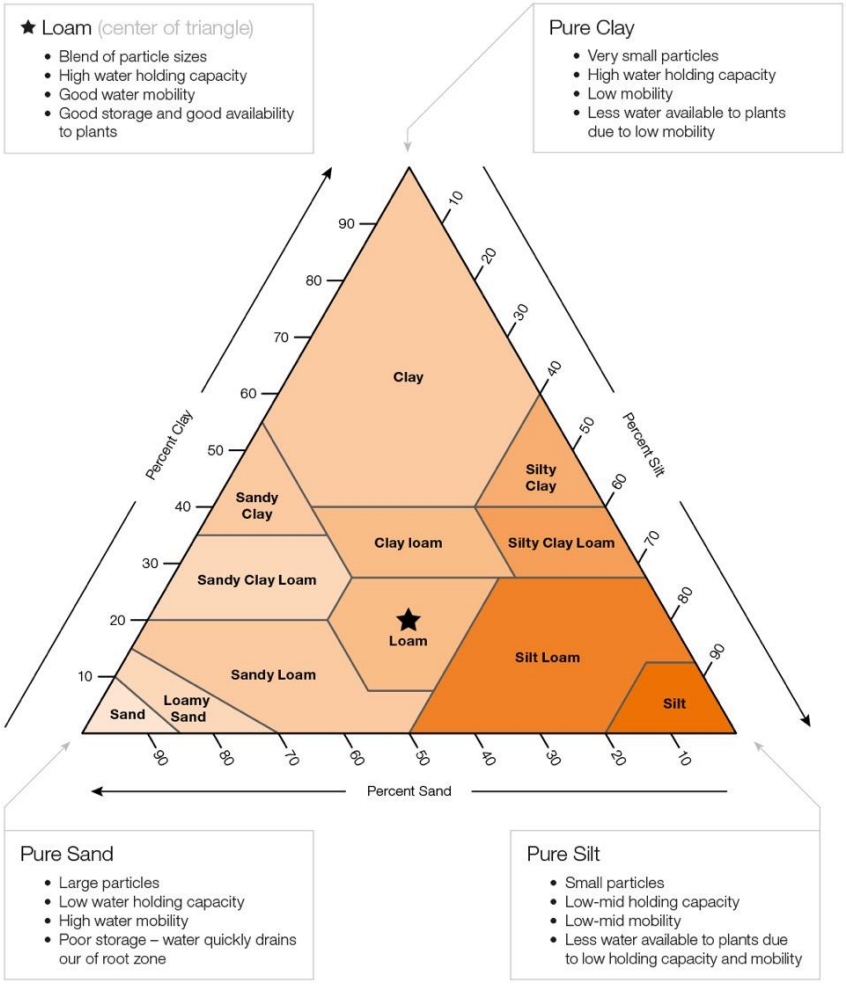
LANDASAN TEORI

2.1 Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah yang berada diatas *watertable*[7]. Kelembapan tanah sering juga disebut dengan lengas tanah, atau uap-uap air yang menempati partikel tanah. Kelembapan tanah merupakan komponen kecil dalam siklus hidrologi biologi dan biogeokimia namun memiliki peran penting dalam pertumbuhan sebuah tanaman. Kelembapan yang kurang akan mengakibatkan hasil produksi yang berkurang dan kematian tanaman, begitupun dengan kelembapan yang terlalu banyak akan menyebabkan berbagai efek pada tanaman tersebut. Informasi mengenai tingkat kelembapan tanah sangatlah penting dalam pertanian khususnya untuk informasi dini kekeringan, seperti yang telah dijelaskan bahwa apabila kelembapan kurang bisa mengakibatkan kematian, bahkan menurunkan produktivitas tanaman[8] .

Air yang berada diseluruh pori-pori tanah selalu bergerak mengikuti kekuatan gravitasi, dimana air tersebut bergerak kebawah menjauhi jangkauan tanaman. Terdapat kekuatan yang dapat mencegah pergerakan air menuju kebawah tanah, dimana air tersebut menempel pada partikel tanah, kekuatan tersebut dinamakan tegangan permukaan. Maka dari itu perbedaan jenis tanah dapat berpengaruh pada kemampuan air untuk bergerak melalui partikel tanah[9]. Untuk jenis tanah berpasir, hanya sedikit jumlah air yang menempel pada partikel tanah, hal ini dikarenakan tanah berpasir memiliki kapasitas menahan air yang rendah. Berbeda dengan tanah liat yang memiliki volume partikel yang kecil

namun memiliki luas permukaan yang besar, memungkinkan air yang masuk tidak akan cepat mengalir kebawah karena tanah liat memiliki kapasitas menahan air yang tinggi. Hal ini dapat ditunjukan pada gambar 2.1 mengenai segitiga tekstur tanah dibawah ini.



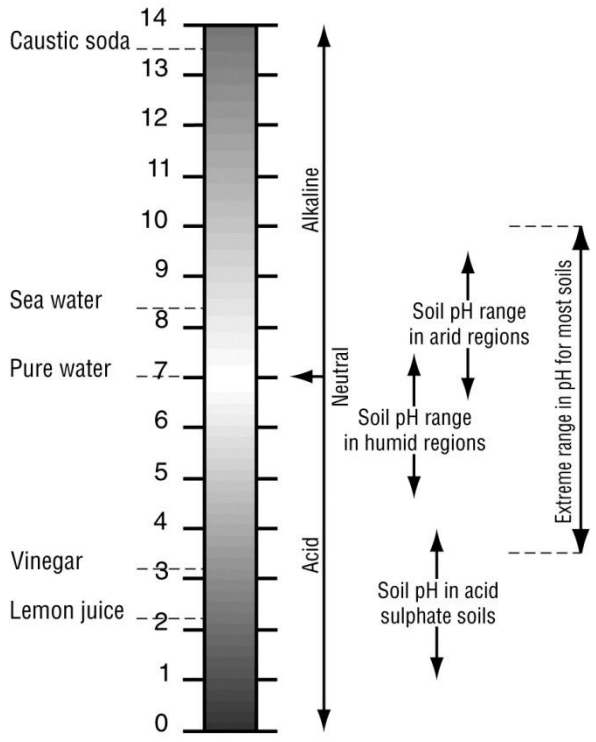
Gambar 2.1 *Segitga Tekstur Tanah* [9]

Faktor kelembapan tanah merupakan hal yang penting untuk diketahui informasinya. Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan masing-masing untuk konsumsi air nya, seperti tanaman tomat yang akan diteliti memiliki tingkat

kelembapan ideal antara 60-80%[10], hal tersebut harus diperhitungkan pula jenis tanah apa yang cocok dengan tanaman tomat untuk ditanam.

2.2 pH Tanah

pH tanah adalah salah satu sifat tanah yang dapat mempengaruhi ketersediaan hara, aktivitas mikroorganisme, dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Kualitas kapur tergantung pada 1) daya netralisasi, 2) kandungan Mg, 3) derajat kehalusan, 4) reaktivitas, dan 5) kelembapan [11]. Selain itu pH tanah juga dianggap sebagai variabel utama dalam tanah karena mempengaruhi proses banyak proses kimia, secara khusus mempengaruhi ketersediaan nutrisi tanaman dengan mengendalikan bentuk kimia dari nutrisi yang berbeda dan mempengaruhi reaksi kimia yang alami. Kisaran pH tanaman yang optimum berada di kisaran 5,5 dan 7,5 [12] namun ada pula tanaman yang dapat menyesuaikan nilai pH diluar nilai tersebut, dan gambar 2.2 menunjukan kisaran nilai pH disebuah tanah. Tabel 2.1 menampilkan klasifikasi kisaran pH dalam bentuk tabel. pH tanah tergantung pada komposisi mineral yang terkandung didalam tanah, dan reaksi pelapukan yang dialami oleh bahan tersebut. Dalam lingkungan yang hangat, lembap, pengasaman tanah sering terjadi karena produk pelapukan tanah tercuci oleh air yang bergerak ke arah lateral atau ke bawah melalui tanah. Dan pada iklim yang kering, pelapukan tanah dan pencucian kurang intens dan pH tanah sering netral bahkan basa[14] .



Gambar 2.2 *Kisaran nilai pH sebuah tanah* [13]

Tabel 2.1 *Nilai Kisaran pH* [13]

Denominasi	Kisaran pH
Sangat asam 1	<3.5 pH
Sangat asam 2	3.5 – 4.4 pH
Asam Kuat 1	4.5 – 5.0 pH
Asam Kuat 2	5.1 – 5.5 pH
Cukup Asam	5.6 – 6.0 pH
Sedikit Asam	6.1 – 6.5 pH
Netral	6.6 – 7.3 pH
Sedikit Basa	7.4 – 7.8 pH
Cukup Basa	7.9 – 8.4 pH
Basa kuat 2	8.5 – 9.0 pH
Basa kuat 1	> 9.0 pH

Sumber : (Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual 1993 Chapter 3)

2.3 Suhu

Suhu sering disebut juga dengan temperatur adalah ukuran suatu besaran panas atau dinginnya keadaan ataupun zat baik itu padat, cair, maupun gas yang bereaksi dengan keadaan sekitarnya. Perubahan suhu udara biasanya diukur

dengan alat ukur yang dinamakan thermometer. Empat macam satuan suhu yang banyak dikenal saat ini yaitu Celsius, Fahrenheit, Kelvin dan Reamur namun untuk penggunaan pada kehidupan sehari-hari kita lebih sering menggunakan satuan derajat Celsius.

Sebenarnya satuan internasional untuk pengukuran sebuah temperatur atau suhu yaitu menggunakan Kelvin, maka dari itu untuk memudahkan pengukuran dan menyesuaikan dengan standar yang berlaku disuatu tempat dibuatlah konversi nilai suhu seperti yang dijelaskan di tabel 2.2

Suhu merupakan komponen penting penunjang pertumbuhan tanaman, sebuah tanaman memiliki karakteristik masing-masing dalam menyesuaikan dengan suhu lingkungannya. Contohnya apabila sebuah tanaman yang biasanya hidup di dataran tinggi ditanam di dataran rendah, hal tersebut akan mempengaruhi pertumbuhan, dan begitupun sebaliknya apabila tanaman dataran rendah tidak akan bisa tumbuh baik apabila ditanam di dataran tinggi. Tanaman tomat sendiri merupakan tanaman yang dapat menghasilkan buah yang baik apabila ditanam di temperatur sekitar 24 – 26 derajat celsius[10], temperatur tersebut lebih mudah didapat di dataran tinggi daripada dataran rendah.

Tabel 2.2 *Konversi Satuan Suhu*

Dari / ke	Celsius	Reamur	Fahrenheit	Kelvin
Celsius		$\frac{4}{5}C$	$\frac{9}{5}C + 32$	$C + 273$
Reamur	$\frac{5}{4}R$		$\frac{9}{4}R + 32$	$\frac{5}{4}R + 273$
Fahrenheit	$\frac{5}{9}(F - 32)$	$\frac{4}{9}(F - 32)$		
Kelvin	$K - 273$	$\frac{4}{5}(K - 273)$		

Sumber: (Wikipedia)

Curah hujan dan suhu memang tidak bisa dipisahkan, jika curah hujan suatu daerah tinggi biasanya suhu daerah tersebut akan rendah, seperti yang sering ditemukan di daerah dataran tinggi. Contoh kasus ditemuka di dataran tinggi Dieng, dimana telah terjadi peningkatan jumlah hari hujan pada bulan basah[15] yang berpengaruh pada kehidupan para petani disana.

2.4 Internet of Things (IoT)

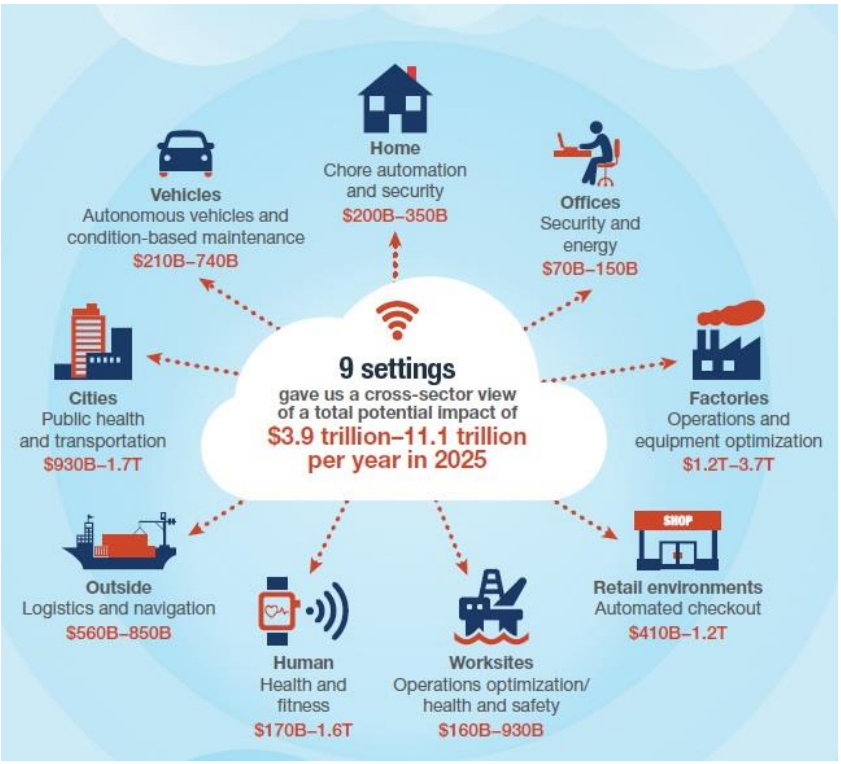
Internet of Things atau dikenal dengan singkatan IoT merupakan sebuah frasa yang merujuk pada sebuah ekosistem jaringan global yang terbangun dari sebuah sistem yang mengintegrasikan beberapa perangkat seperti sensor, kamera, perangkat lunak, dan objek-objek fisis lain agar terhubung satu sama lain dalam sebuah jaringan internet. Konsep dasar dari IoT sendiri merupakan gabungan dari layanan web, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Global Positioning System* (GPS), dan beberapa sensor yang berkomunikasi melalu protokol tertentu untuk berkomunikasi agar saling bertukar data, bertukar informasi, melacak, memantau dan mengelola jaringan. Berikut visualisasi sederhana sistem IoT pada gambar 2.3. Implementasi sistem IoT ini dapat bermacam-macam tergantung kehendak para pengembang dan kebutuhan apa yang ingin dipenuhi. Potensi total keuntungan yang didapat dari pengimplementasian IoT bisa mencapai US$ 3.9 triliun hingga US$ 11.1 triliun per tahun pada 2025[16]. Pada gambar 2.4 merupakan 9 peluang pengimplementasian IoT menurut McKinsey Global Institute.



Gambar 2.3 *Visualisasi sistem IoT* [5]

Penerapan aplikasi IoT pada bidang industri dapat dilihat potensial keuntungannya yang sangat tinggi hingga US$ 3.7T, hal ini merupakan peluang bagi para pengembang sistem IoT maupun untuk para *stakeholder* terkait agar berperan serta dalam riset dan pengembangan yang berkelanjutan. Pengaplikasian IoT pada bidang pertanian juga merupakan kesempatan yang baik dan menjanjikan baik untuk para pengembang maupun para petani.

Beberapa tahun terakhir ini terdapat peningkatan terhadap permintaan produk agrikultur yang aman dan berkualitas tinggi, maka untuk itu sistem IoT hadir menyediakan seluruh piranti untuk membangun infrastruktur dan pelayanan yang baik, terlebih untuk dirancang agar dapat mendukung sistem rantai pasok pada bidang agrikultur[17] .



Gambar 2.4 *Sembilan peluang pengimplementasian IoT* [16]

2.5 Greenhouse

Aplikasi *greenhouse* merupakan salah satu cara dalam pembudidayaan tanaman untuk memberikan lingkungan yang mendekati kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman. Pada awalnya penggunaan *greenhouse* ditujukan untuk melindungi tanaman dari suhu udara dingin yang ekstrim, karena awalnya *greenhouse* dikembangkan dikawasan subtropis. *Greenhouse* merupakan suatu bangunan untuk budidaya tanaman, yang memiliki struktur dinding dan atap yang bersifat tembus terhadap cahaya[18]. Pengertian lain *greenhouse* yaitu struktur bangunan dengan atap kaca atau plastik dan dinding samping yang digunakan untuk produksi tanaman hias dan tanaman pangan digunakan secara musiman atau tahunan[19]. Definisi ilmiah dari *greenhouse* yaitu merupakan struktur tertutup yang melindungi tanaman dari kondisi iklim dan penyakit eksternal yang luas,

menciptakan lingkungan mikro yang optimal, dan menawarkan solusi fleksibel untuk budidaya berkelanjutan[20].

Keperluan *greenhouse* untuk komersil biasanya diklasifikasikan menjadi dua yaitu *free-standing greenhouse* (*greenhouse* berdiri sendiri) dan *gutter-connected greenhouse* (*greenhouse* terhubung dengan selokan). Berikut ini beberapa keuntungan menggunakan kedua jenis *greenhouse* tersebut[19] .

1. *Free-standing Greenhouse*
    - *Greenhouse* jenis ini memiliki sistem pendingin dan pemanas sendiri karena lingkungannya terpisah.
    - Mudah dirawat.
    - Dapat ditutup sesuai keinginan apabila tidak digunakan.
    - Cocok untuk kondisi iklim dingin seperti salju.
2. *Gutter-connected greenhouse*
    - Lahan yang dibutuhkan lebih sedikit.
    - Lebih hemat biaya untuk area yang luas lebih dari 1858 m^2.
    - Panas terpusat.

Gambar 2.5 yang menunjukan perbedaan jenis *greenhouse* untuk keperluan komersil. Gambar kiri menunjukan *gutter-connected greenhouse*, dan gambar kanan menunjukan *free-standing greenhouse*



Gambar 2.5 *Perbedaan Greenhouse komersil*[20]

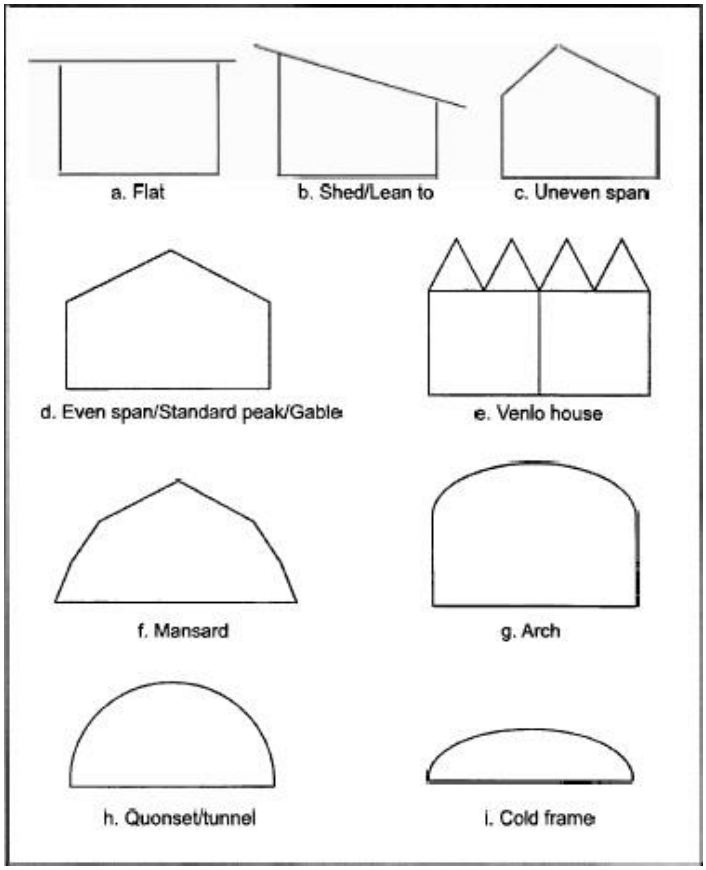
Untuk menciptakan iklim sekitar *greenhouse* yang stabil, seperti parameter cahaya matahari, suhu, kelembapan, nutrisi dll, maka pemilihan tipe atap *greenhouse* dan bahan atap *greenhouse* nya haruslah diperhatikan. Gambar 2.6 menunjukan tipe atap *greenhouse*[21]

a. Tipe flat *greenhouse* banyak digunakan untuk persemaian, memiliki penampang yang melintang dan memiliki bentuk yang sangat sederhana.
b. Tipe Shed *greenhouse* juga banyak digunakan untuk persemaian, hanya perbedaannya yaitu atap nya yang miring.
c. Uneven span *greenhouse* merupakan pengembangan dari tipe shed, hanya sajakemiringan atap berbeda tiap sudut, ini dimaksudkan agar lebih efektif dalam transmisivitas radiasi matahari.
d. Even span *greenhouse* merupakan konstruksi yang banyak digunakan selain tipe flat dan shed, atap nya terlihat dari depan seperti segitiga sama sisi.

e. Venlo *greenhouse* memiliki konstruksi mirip dengan even span, haya saja memiliki banyak segitiga atap ditopang dengan tiang.

f. Mansard *greenhouse* dirancang untuk memaksimalkan radiasi matahari yang ditransmisikan kedalam *greenhouse*. Penampang atap melintang berbentuk kurva lengkung menjadi ciri khasnya.

g. Arch *greenhouse* dibangun bukan untuk memaksimalkan cahaya matahari, melainkan untuk menekan biaya konstruksi[22] . Tipe ini memudahkan dalam pemasangan plastik film untuk atap, konstruksi nya dapat diubah menjadi bentuk seperti Tunnel(h) dan Cold Frame(i) tergantung kebutuhan dan keadaan lokasi.



Gambar 2.6 *Tipe atap Greenhouse*

Bahan atap *greenhouse* haruslah dipertimbangkan sedemikian rupa seperti faktor karakteristik termal, fisik, optik, dan harga bahan tersebut[21] . karakteristik termal atap terhadap radiasi matahari meliputi *transmissivity*, *absorptivity*, dan *reflectivity*. Di segi optic bahan atap *greenhouse* perlu memiliki karakteristik dapat meneruskan sebanyak mungkin sinar tampak yang diperlukan untuk fotosintesis tanaman. Tabel 2.3 merupakan karakteristik fisik bahan atap *greenhouse*. Sedangkan tabel 2.4 merupakan karakteristik termal atap *greenhouse*

Tabel 2.3 *Karakteristik fisik bahan atap greenhouse*[23]

Uraian		Kaca	PE	PVC
Karakteristik fisik	Transparansi	4	3	4
	Kekuatan	3	2	3
	Resistansi panas	4	1	3
	Anti Debu	3	3	1
	Anti Droplet	3	1	3
	Toleran Cuaca	4	2	3
Kemudahan Pemasangan		1	3	3
Biaya		1	4	2

Keterangan : 1. Kurang, 2. Cukup, 3. Baik, 4. Baik sekali.

Sumber : (Takakura. 1998. *Climate Under Cover: Digital Dynamic Simulation in Biological and Agricultural Science*)

Tabel 2.4 *Karakteristik termal bahan atap greenhouse*[23]

Jenis bahan	Ketebalan (mm)	Absorptivitas	Transmisivitas	Refleksivitas
Kaca	3.0		0.95	0.05
PE	0.05	0.05	0.85	0.1
	0.1	0.15	0.75	0.1
PVC	0.05	0.45	0.45	0.1
	0.1	0.65	0.25	0.1

Sumber : (Takakura. 1998. *Climate Under Cover: Digital Dynamic Simulation in Biological and Agricultural Science.*)

2.6 Parameter Penelitian Tanaman Tomat

Tomat merupakan komoditas sayuran yang sangat sering dijumpai. Selain sebagai sayuran yang bermanfaat tomat juga memiliki nilai ekonomi tinggi yang dapat digunakan sebagai alternatif mata pencaharian petani. Kandungan yang dimiliki sayuran tomat ternyata memang baik bagi kesehatan seperti karbohidrat, protein, vitamin, kalsium, fosfor, besi, natrium, kalium, serat dan juga air[24]. Parameter penting dalam pertumbuhan tanaman tomat yaitu tingkat kelembapan tanah, pH, dan suhu. Namun terdapat juga faktor eksternal lain yang menjadi pertimbangan dalam pertumbuhan, seperti pencahayaan serta media tanam.

1. Tingkat Kelembapan Tanah

   Faktor pertama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat yaitu kelembapan tanah. Kelembapan tanah merupakan uap air yang terdapat pada pori – pori tanah. Kecenderungan tanah yang terlalu lembap akan mengakibatkan berbagai efek pada tanaman tomat, begitupun dengan tanah yang kurang lembap akan berdampak kematian bahkan produksi yang berkurang. Oleh karena itu kelembapan tanah haruslah tetap terjaga, agar efek yang tidak diinginkan dapat dicegah. Kelembapan tanah dapat dijaga agar tetap stabil dengan cara pemberian air (disiram) dengan tepat. Perbedaan jenis tanah dapat mempengaruhi tingkat kelembapannya, tabel 2.5 merupakan ciri – ciri perbedaan jenis tanah. Tentu saja dapat dilihat dari perbedaan cirinya, tanah gembur sangat cocok untuk bertanam, memiliki kapasitas menahan air yang baik menandakan bahwa tanah jenis ini memiliki kelembapan tanah yang pas untuk bertanam. Selain pertimbangan tersebut pemilihan tanah untuk bercocok tanam tanaman

tomat haruslah tanah yang mengandung humus, dan sedikit berpasir[10]. Sedangkan pada tabel 2.6 menunjukan beberapa jenis tanaman dengan nilai kelembapan tanah yang berbeda antara satu dengan yang lain. Tidak semua kelembapan tanah untuk jenis tanaman akan sama, dikarenakan faktor kelembapan tanah ditentukan oleh suhu dan iklim serta curah hujan.

Tabel 2. 5 *Ciri – ciri jenis tanah*[9]

Jenis Tanah	Ciri – ciri
Tanah Liat Murni	1. Partikel tanah yang kecil 2. Kapasitas menahan air yang tinggi. 3. Mobilitas rendah 4. Sedikit air yang tersedia bagi tanaman, karena mobilitasnya rendah
Tanah Gembur	1. Perpaduan jenis partikel tanah 2. Kapasitas menahan air tinggi. 3. Mobilitas air yang baik 4. Penyimpanan air baik, bagus untuk bercocok tanam.
Tanah Berpasir Murni	1. Partikelnya besar 2. Kapasitas menahan air kurang. 3. Mobilitas air yang tinggi. 4. Penyimpanan kurang, air cepat kering di zona akar.
Tanah Endapan Murni	1. Partikel kecil 2. Kapasitas menahan air menengah ke rendah. 3. Mobilitas menengah 4. Sedikit tersedia air untuk bertanam, kapasitas menahannya rendah.

Sumber : (Pitts, Larry. 2016. *Monitoring Soil Moisture for Optimal Crop Growth*)

Tabel 2.6 Kelembapan tanah untuk beberapa jenis tanaman[25] [26]

Jenis Tanaman	Kelembapan Tanah Relatif (%)
Cabai	60 – 80
Tomat	60 – 80
Jagung	40 – 80
Kacang Tanah	50 – 60

Sumber: (1. Ir. Bambang Cahyono. Cabai Rawit, Teknik Budi Daya & Analisis Usaha Tani. 2. Drupadi Ciptaningtyas. Pengaruh Water Stress Treatment Pada Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Tomat)

2. Derajat Keasaman (pH)

   Selain faktor kelembapan tanah dan jenis tanah, pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah tingkat derajat keasaman tanah (pH tanah), beberapa jenis tanah tentu memiliki perbedaan tingkat pH satu dengan lainnya. Begitupun dengan jenis tanaman, memerlukan pH tanah yang berbeda dengan jenis lain. Namun pH ideal untuk tanaman adalah sekitar 5.5 – 7 [12]. Untuk jenis tanaman tomat, pH yang disarankan untuk bercocok tanam adalah 5 – 6[10], maka dapat diklasifikasikan bahwa tanah yang cocok untuk pertumbuhan tanaman tomat merupakan tanah yang sedikit asam.

3. Suhu Ruangan

   Parameter penentu selanjutnya adalah suhu, dimana pengaruh suhu terhadap tanaman sangatlah besar, beberapa tanaman memang memiliki karakter tumbuh tersendiri, ada yang cocok di suhu tinggi, dan adapula yang cocok di suhu rendah.

   Tanaman tomat sendiri sebenarnya dapat ditanam baik itu dataran tinggi atau dataran rendah, namun pengaruhnya adalah warna buah menjadi

tidak teratur. Ditanam di dataran rendah dengan suhu panas, warna buah tomat cenderung kuning[12] sedangkan apabila suhu tidak teratur maka warna buah cenderung berbeda – beda, hak tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Persebaran warna tomat yang tidak merata*

Keadaan temperatur dan kelembapan yang terlalu tinggi mengakibatkan kurang baiknya pertumbuhan tanaman dan produksi tomat. Kondisi ideal sebuah tanaman sebenarnya bersifat relatif artinya untuk jenis tanaman yang berbeda tentunya memiliki tingkat masing-masing, untuk itu apabila perlakuan untuk tanaman tomat disamakan dengan perlakuan kepada contohnya buah apel, atau buah manga tentunya hal tersebut berdampak tidak baik bagi tanaman tersebut, untuk itu tabel 2.7 menunjukan parameter ideal bagi berbagai jenis tanaman agar dapat diketahui perlakuan seperti apa yang dirasa perlu untuk tanaman tersebut, terlebih kepada seperti yang dijelaskan diatas.

4. Pengaruh Media Tanam

Tanah sebagai media tanam yang dipilih pada penelitian merupakan tanah yang bersifat gembur, dan juga memiliki tingkat organik yang tinggi. Karena tanaman tomat ditanam didalam pot, maka tentunya perlakuan yang dilakukan akan berbeda dengan ditanam di lahan biasa. Namun menanam tomat didalam pot memiliki keuntungan dimana tidak memerulukan banyak tenaga kerja, pengontrolan terhadap hama serta pemeliharaan lebih dapat dengan mudah dilakukan.

Sayuran tomat yang ditanam didalam pot atau polibag dikenal sebagai solusi bertani bagi masyarakat yang hidup di kawasan urban. Karena ditanam didalam sebuah pot, maka kedalaman tanah media tanam tidak terlalu dalam, namun hal tersebut tidak terlalu berpengaruh karena sudah banyak diluar sana yang menanam didalam sebuah pot menunjukan hasil yang baik, buah yang matang dan pertumbuhan yang tetap terjaga.

Pemasangan sensor pH dan kelembapan tanah untuk tanaman tomat didalam pot harus sesuai dengan kebutuhan, jangan sampai pemasangan sensor menghalangi pertumbuhan baik itu akar atau media tanam nya (tanah), maka pemasangannya dianjurkan untuk tidak terlalu dalam, yang terpenting dapat mewakili nilai yang didapat.

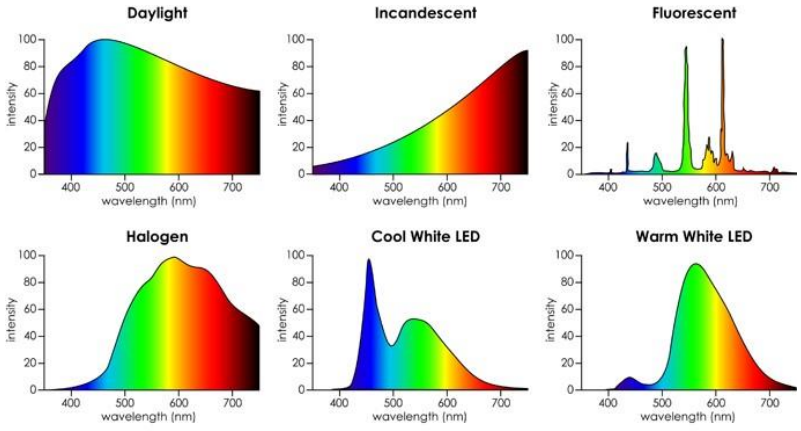
Tabel 2.7 Parameter suhu, kelembapan udara dan pH yang ideal terhadap beberapa jenis tanaman[27]

Tanaman	Suhu udara (°C)			Kelembapan udara (% RH)			pH tanah		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Tomat	18 – 26	26 – 30 16 – 18	30 – 35 13 – 16	24 – 80	80 – 90 20 – 24	> 90 < 24	6.0 – 7.5	5.5 – 6.0 7.5 – 8.0	< 5.5 > 8.0
Jagung	20 – 26	16 – 30	16 – 20 30 – 32	> 42	36 – 42	30 – 36	5.8 – 7.8	5.5 – 5.8 7.8 – 8.2	< 5.5 > 8.2
Padi Sawah	14 – 29	22 – 24 29 – 32	18 – 22 32 – 35	33 – 90	30 – 33	< 30 > 90	5.5 – 7.0	4.5 – 5.5 7.0 – 8.0	< 4.5 > 8.0
Apel	16 – 20	20 – 25 13 - 16	25 – 27 10 – 13	> 42	36 – 42	25 – 36	5.5 – 7.8	5.0 – 5.5 7.8 – 8.0	<5.0 > 8.0
Mangga	22 – 28	28 – 34 18 – 22	34 – 40 15 – 18	> 42	36 – 42	30 – 36	5.5 – 7.8	5.0 – 5.5 7.8 – 8.0	< 5.0 > 8.0
Keterangan	S1 = Ideal. Tidak memiliki faktor penghalang yang signifikan, tidak akan mengurangi produktivitas lahan secara nyata. Sangat cocok untuk dimanfaatkan S2 = Cukup ideal dan sesuai namun memiliki faktor penghalang produktivitas dan memerlukan tambahan aktivitas namun masih bisa dilakukan oleh petani. Cocok untuk dimanfaatkan. S3 = Tidak ideal. Produktivitas akan sangat terbatas, memerlukan aktivitas yang lebih dari S2. Faktor penghalang memerlukan intervensi *stakeholder* seperti pemerintah dan investor untuk memperbaiki.								

Sumber: (Juknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian)

5. Penerangan Eksternal (Lampu Tanaman)

Seperti yang sudah dijelaskan, tanaman tomat memerlukan intensitas cahaya matahari 10 – 12 jam per hari untuk mendukung proses fotosintesis dan tumbuh kembang tanaman. Pada kenyataan dilapangan, untuk mendapat intensitas cahaya matahari sampai 10 jam dirasa akan sangat sulit mengingat sebagian besar wilayah di Indonesia hanya menerima cahaya matahari lebih dari 8 jam itupun pada saat musim panas, berbeda apabila pada saat musim penghujan dimana terkadang matahari tidak muncul sama sekali. Untuk itu penambahan cahaya eksternal yang dapat menggantikan peran cahaya matahari dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan. Agar fotosintesis berjalan baik, tanaman sebenarnya hanya membutuhkan spektrum merah dan biru pada cahaya *daylight*. Tanaman lebih banyak menyerap cahaya biru dengan panjang gelombang 440 – 470 nm dan merah antara 640 – 660 nm, pada spektrum inilah proses fotosintesis bagi klorofil berjalan efektif. Gambar 2.8 merupakan jenis lampu dan spektrum cahaya yang dimiliki.



Gambar 2.8 *Spektrum cahaya lampu*

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa lampu LED memiliki spesifikasi yang cukup untuk penerangan tanaman didalam ruangan (*greenhouse*). Dibandingkan dengan lampu *incandescent* (pijar) yang memiliki spektrum merah yang banyak, hal demikian mengakibatkan panas yang tidak baik untuk tanaman. Apabila dibandingkan dengan lampu neon (*fluorescent*) spektrumnya kurang mewakili kebutuhan tanaman.

2.7 Perangkat (Hardware & Software)

Untuk membangun sebuah sistem monitoring dan penyiraman tanaman tomat, diperlukan komponen penting dalam pengerjaannya, yaitu komponen perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Bagian yang merupakan perangkat keras yaitu terdiri dari 3 bagian penting yaitu

1. Bagian masukan (*input*)

   Bagian masukan terdiri dari beberapa sensor
2. Bagian pemroses (*processing*)

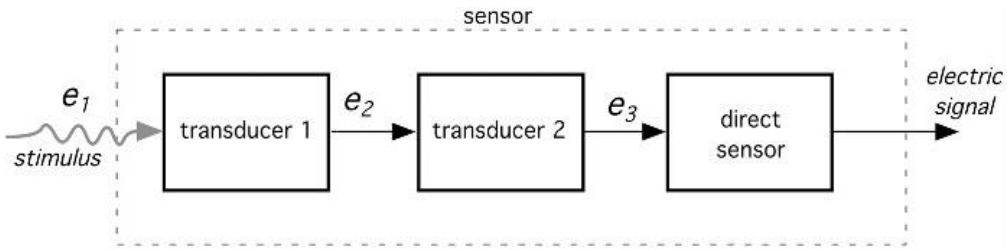
   Bagian pemroses yaitu mikrokontroler unit, modul WiFi, access point, dan webserver
3. Bagian keluaran(*output*)

   Bagian keluaran yaitu perangkat *smartphone* dan beberapa komponen seperti relay, motor dan lampu

2.7.1 Sensor

Sensor adalah perangkat yang dapat menerima rangsangan dan meneruskannya sebagai sinyal-sinyal listrik. Rangsangan maksudnya adalah

kuantitas, sifat ataupun kondisi yang dapat dirasakan dan diubah menjadi sinyal listrik. Dapat pula dikatakan bahwa sensor merupakan penerjemah dari sesuatu yang tak bernilai listrik menjadi bernilai listrik. Listrik disini maksudnya adalah sesuatu yang dapat disalurkan, dikuatkan atau bahkan dimodifikasi oleh perangkat elektronik. Besaran yang keluar dari sebuah sensor bisa berupa tegangan, arus, atau muatan[28] .Berikut ini gambaran mengenai sensor.



Gambar 2.9 *sensor*[28]

Dari gambar diatas terdapat sensor dan transduser, dua hal tersebut merupakan hal yang berbeda. Dari gambar diatas dapat diambil perbedaan bahwa transduser merupakan converter atau peubah suatu energi ke energi lain, sedangkan sensor merupakan peubah rangsangan atau energy yang diterima menjadi sinyal listrik[28]. Maka kesimpulannya yaitu terdapat dua jenis sensor, pertama sensor langsung (*direct*) dan kompleks (*complex*) dimana sensor *direct* merubah rangsangan menjadi sinyal listrik atau memodifikasi sinyal listrik dengan menggunakan efek yang sesuai, sedangkan sensor *complex* pada penggunaannya membutuhkan satu atau lebih transduser agar dapat mengeluarkan sinyal listrik[28].

Berikut ini merupakan jenis sensor yang digunakan dalam perancangan sistem,

2.7.1.1 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah adalah sensor yang dapat mendeteksi intensitas air didalam tanah(*moisture*). Pengukuran kelembapan tanah dengan cara gravimetri membutuhkan cara lama seperti tanahnya diambil, lalu dikeringkan, dan pengambilan sampel. Hal tersebut membutuhkan waktu lama, maka dari itu digunakan cara mengukur kandungan air lain dengan cara tidak langsung yaitu memanfaatkan sifat lain dari tanah, seperti hambatan listrik, konstanta dielektrik, atau interaksi atomik dengan neutron sebagai gambaran kandungan air didalam tanah. Pengukuran tingkat kelembapan tanah dapat bergantung pada banyak hal, yaitu seperti jenis-jenis tanah, temperatur sekitar, atau konduktivitas dielektrik.

Berikut ini beberapa aplikasi yang dapat dimanfaatkan dengan adanya sensor kelembapan tanah.

1. Pertanian

   Dengan mengetahui tingkat kadar air, para petani dapat dengan mudah menentukan sistem irigasi yang tepat untuk tanamannya. Dan juga dapat meningkatkan kualitas tanaman pertanian.

2. Irigasi Lansekap

   Didaerah perkotaan, sensor kelembapan dapat digunakan sebagai pengontrol irigasi. Terhubung dengan area-area yang membutuhkan irigasi seperti taman dan lahan terbuka bahkan

lapangan golf menggunakan sensor ini, agar kualitas tanah tetap terjaga.

3. Riset

   Pada beberapa disiplin ilmu khususnya pertanian, sensor kelembapan tanah sangat penting digunakan sebagai alat yang menunjang analisis.

Gambar 2.10 merupakan contoh beberapa jenis sensor kelembapan tanah yang biasanya digunakan dalam pengembangan riset, pertanian dll.



Gambar 2.10 *Jenis-jenis sensor kelembapan tanah.*

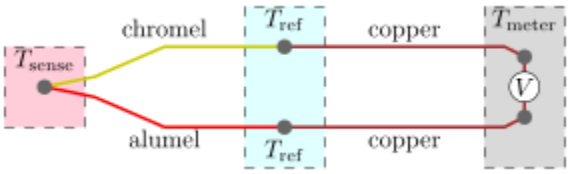
(Kiri : Soil pH Meter 3 in 1. Tengah : RK Rika520-01 Soil Moisture. Kanan : YL69 Soil Moisture Sensor)

2.7.1.2 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan sensor yang dapat mengubah besaran suhu dan kelembapan udara menjadi parameter pengukuran. Sensor suhu terdiri dari berbagai jenis, untuk jenis sensor suhu elektrik terdiri dari empat jenis, yaitu 1. Termokopel 2. Termistor 3. Resistance Temperature Detector (RTD), dan 4. IC Sensor.

1. Termokopel

   Termokopel adalah perangkat yang terdiri dari dua konduktor berbeda yang membentuk sambungan listrik pada temperatur yang berbeda. Termokopel menghasilkan tegangan yang bergantung pada pada suhu akibat efek termoelektrik, tegangan inilah yang akan ditafsirkan sebagai suhu[29]. Pengaplikasian termokopel biasanya terdapat di Industri dan Sains terapan, seperti untuk mengukur temperatur mesin diesel, gas buang turbin dan industri proses lainnya.



Gambar 2.11 *Prinsip Termokopel*

   Prinsip termokopel seperti gambar diatas dapat didefinisikan bahwa untuk mendapat nilai T_{sense} maka dicari dengan 3 variabel input, yaitu karakteristik E(T) termokopel, tegangan V yang diukur, dan suhu referensi T_{ref}. Maka persamaannya adalah

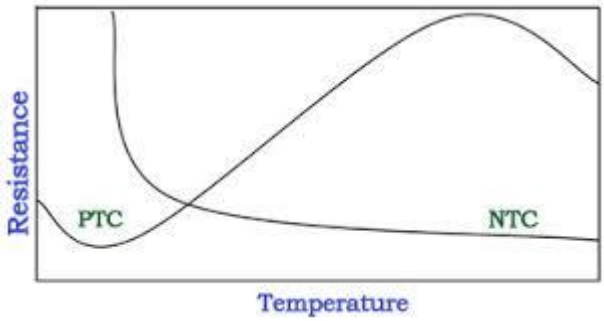
$$E(Tsense) = V + E\ (Tref)$$

2. Thermistor

   Thermistor merupakan resistor yang nilainya berubah sesuai dengan perubahan nilai suhu. Terdapat dua jenis thermistor, yaitu.

   - PTC Thermistor, dimana nilai resistansi nya meningkat seiring naik nya temperatur

- NTC Thermistor, dimana nilai resistansi nya menurun seiring dengan naik nya temperatur.



Gambar 2.12 *Karakteristik Kurva Thermistor*

Operasi dasar matematis sebuah thermistor dapat dijelaskan sebagai berikut

$$\Delta R = k\Delta T$$

dimana

ΔR = perubahan resistansi

ΔT = perubahan temperatur

k = nilai koefisien resistansi thermistor

Gambar 2.13 merupakan jenis thermistor PTC dan NTC

3. *Resistance Temperature Detector* (RTD)

Merupakan sensor untuk mengukur nilai temperatur, RTD terbuat dari logam, biasanya platinum, nikel atau tembaga. RTD memiliki keakurasian yang cukup baik hingga dibawah 600ºC yang perlahan menggantikan peran termokopel pada dunia industri[30].



Gambar 2.13 *PTC dan NTC Thermistor*

Logam jenis nikel memiliki rentang suhu yang terbatas karena jumlah perubahan dalam tahanan per derajat perubahan suhu menjadi non-linear pada suhu >300ºC. lalu tembaga memiliki tingkat linearitas yang tinggi, namun akan mengoksidasi di suhu sedang dan tidak dapat digunakan lebih dari suhu 150ºC. Sedangkan platinum merupakan logam terbaik untuk RTD karena hubungan resistansi sangat linear, rentang temperatur nya luas yaitu diantara - 272ºC hingga 961,78ºC.

Berikut ini keuntungan menggunakan RTD.

- Akurasi tinggi
- Rentang yang lebar
- Kesesuaian untuk aplikasi yang presisi

4. Sensor IC

Sensor suhu jenis IC merupakan jenis sensor yang sudah sangat familiar di kalangan pecinta elektronika, karena kemudahan dan keandalan yang dimiliki nya, disamping masih banyak pula kekurangan nya. Sensor suhu adalah transduser IC dua terminal

yang menghasilkan keluaran arus yang sesuai dengan suhu absolutnya[31] . Memiliki respon waktu yang cepat dan ukuran yang proporsional menjadikan IC sensor ini sangat dapat diterima dan digunakan.

Tabel 2.8 merupakan keunggulan dan kekurangan menggunakan IC sensor suhu sebagai pendeteksi temperatur. Gambar 2.14 merupakan jenis-jenis sensor suhu IC yang sering digunakan. Gambar paling kiri merupakan jenis sensor DHT11, tengah merupakan IC LM35, dan paling kanan merupakan IC AD590.

Tabel 2.8 *Keunggulan dan Kekurangan IC Sensor*[31]

Keunggulan	Kekurangan
1. Keluaran A / D 2. Murah 3. Tidak perlu sirkuit tambahan 4. Output Linear 5. Varian Antarmuka Komunikasi 6. Pembacaan langsung suhu	1. Rentang suhu tidak lebar 2. Akurasi model satu dengan lainnya berbeda. 3. Ukuran yang kecil terkadang menjadi penghalang pengaplikasian 4. Panas dari dalam. 5. Butuh catu daya

Sumber: (Omega's Web. 2015. IC Sensor)



Gambar 2.14 *Jenis Sensor Suhu IC*

(Kiri : Sensor DHT11. Tengah : LM35. Kanan : AD59)

2.7.1.3 Sensor pH

Sensor pH merupakan sensor yang dapat mengetahui karakteristik derajat keasaman, apakah asam (*acidic*) atau basa (*alkaline*). Sensor pH atau pH meter memiliki definisi yang sama, yaitu untuk mengukur derajat keasaman. Selain digunakan untuk dunia industri, pH meter atau sensor sering digunakan pula didunia pertanian. pH meter digunakan sebagai pengukur derajat keasaman sebuah tanah. Kisaran pH optimum untuk tanah adalah 5.5 – 7.5 [12]. Karakteristik tanah yang berbeda sesuai dengan topografi lahan menjadikan tidak semua lahan siap untuk dijadikan sebagai media tanam, maka dari itu penggunaan pH meter ini berguna sebagai apabila akan membangun lahan pertanian.

pH meter biasanya memiliki elektroda(*probe*) yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang nantinya hasil pembacaan tersebut akan ditampilkan. Gambar dibawah ini merupakan jenis sensor pH yang sering digunakan untuk pengukuran.

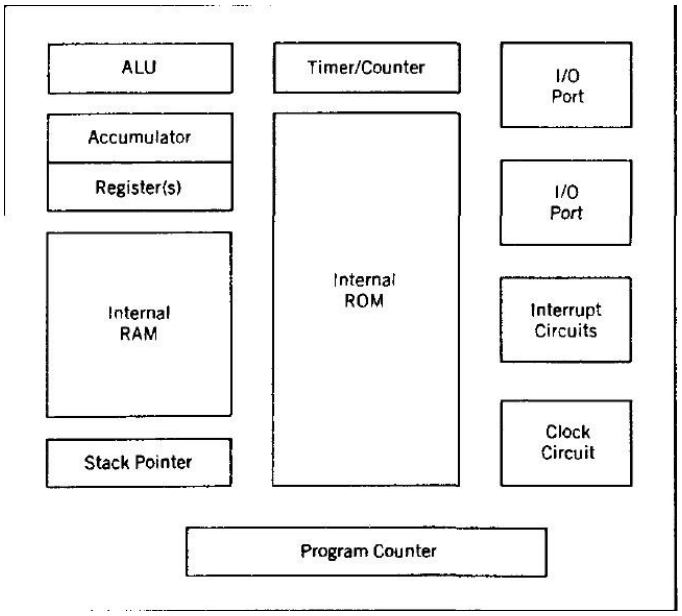


Gambar 2.15 *Sensor pH*

(Kiri: DFRobot pH Meter. Kanan : Vernier pH Sensor)

2.7.2 Mikrokontroller

Mikrokontroller merupakan sebuah *personal computer* yang ditanam dalam sebuah chip[32]. Desainnya menggabungkan seluruh fitur yang terdapat dalam sebuah CPU mikroprosesor seperti ALU, *stack pointer*, dan *register*. Juga terdapat fitur lain yang membuatnya seperti komputer keseluruhan seperti RAM, ROM, I/O parallel, I/O serial, *counters*, dan *clock-circuit*[32]. Mikrokontroler juga memiliki fungsi untuk mengambil data, melakukan komputasi, dan mengontrol keseluruhan data didalam lingkungannya. Penggunaan utama mikrokontroler yaitu untuk mengontrol pengoperasian mesin menggunakan program tetap yang disimpan didalam ROM dan tidak berubah selama sistem tersebut masih dipakai[32]. Gambar 2.16 merupakan blok diagram mikrokontroler.



Gambar 2.16 *Blok diagram mikrokontroler*[32]

Banyak sekali varian mikrokontroler yang dijual di pasaran, terdiri dari keluarga pabrikan seperti AVR, MCS51, dan PIC. Beberapa keluarga

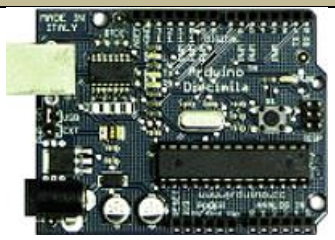
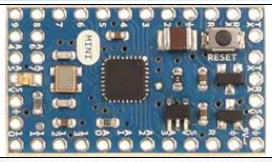
mikrokontroler tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Namun untuk penelitian kali ini, penulis menggunakan mikrokontroler pabrikan AVR yaitu jenis Atmel. Mikrokontroler tersebut sudah memiliki sistem minimum sendiri, atau lebih popular dikenal sebagai Arduino.

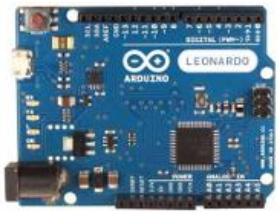
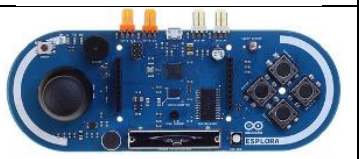
Pada tahun 2005, Massimo Banzi dan David Cuartielles menciptakan Ardunio, perangkat interaktif yang dapat digunakan dengan mudah untuk kepentingan proyek interaktif di sebuah sekolah desain bernama Interactive Design Institute Ivrea, Italia. Lalu kemudian David Mellis mengembangkan perangkat lunak Arduino, berdasarkan wiring. Lalu Gianluca Martino dan Tom Igoe bergabung dengan proyek ini, dan akhirnya kelima orang inilah yang dikenal sebagai pendiri asli Arduino[33].

Definisi dari Arduino sendiri adalah *platform* fisik komputasi *open-source* berbasis *input/output* sederhana pada sebuah papan dengan pengembangan lingkungan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan[34]. Filosofi arduino berbicara tentang pembuatan desain, daripada hanya membicarakan itu semua. Arduino merupakan solusi cepat dan terbaik yang dapat digunakan dalam membuat desain *prototype* yang baik[34]. Pengembangan desain yang terus berlanjut dari tahun ke tahun telah menghasilkan banyak sekali produk Arduino. Papan Arduino pertama yang dirilis pada tahun 2007 yaitu Arduino Diecimilia. Waktu berlalu seiring dengan pengembangan yang terus menerus dilakukan Arduino, hingga saat ini sudah banyak perangkat papan Arduino versi baru dengan kekuatan proses yang jauh lebih baik dengan peningkatan jumlah I/O dan memori. Tabel 2.9 merupakan

garis waktu beberapa produk yang dikeluarkan Arduino pada saat tahun 2007 menciptakan Arduino pertama yaitu Diecimilia.

Tabel 2.9 *Arduino Timeline Product*[33]

Nama	Tahun	Mikrokontroler	
Diecimilia	2007	ATMega168V	
Nano	2008	ATMega328 / ATMega168	
Mini	2008	ATMega168	
Mini Pro	2008	ATMega328	
Duemilanove	2008	ATMega328 / ATMega168	
Mega	2009	ATMega1280	
Mega 2560	2010	ATMega2560	
Uno	2010	ATMega328P	

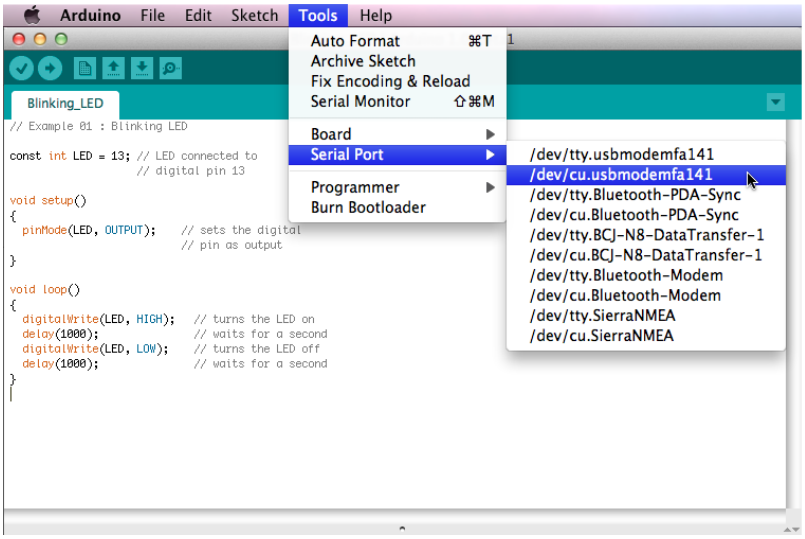
Ethernet	2011	ATMega328	
Leonardo	2012	ATMega32U4	
Esplora	2012	ATMega32U4	
Yun	2013	ATMega32U4 + Linino	

Sumber: (Hughes. J.M. 2016. Arduino : A Technical Reference 1st Edition)

Spesifikasi teknis dari setiap papan Arduino dengan Mikrokontroler yang berbeda pasti akan berbeda pula, seperti perbedaan pada I/O, memori, *clock* dan lainnya. Contohnya saja apabila dengan ukuran yang berbeda yaitu Arduino Uno dan Arduino Nano, perbedaan signifikan terlihat di ukuran, Uno memiliki ukuran yang lebih besar daripada Nano, pin analog lebih banyak terdapat di Arduino Nano dan perbandingan lainnya.

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah program khusus yang berjalan di komputer yang memungkinkan para *developer* untuk menulis sketsa untuk papan Arduino dalam bahasa sederhana yang dimodelkan setelah pemrosesan. Ditulis dalam bahasa C, dan diteruskan oleh *compiler* avr-gcc lalu diterjemahkan oleh mikrokontroler sebagai perintah yang

dimengerti[33]. Gambar 2.17 merupakan gambar tampilan IDE Arduino yang terinstal disebuah komputer Macintosh.



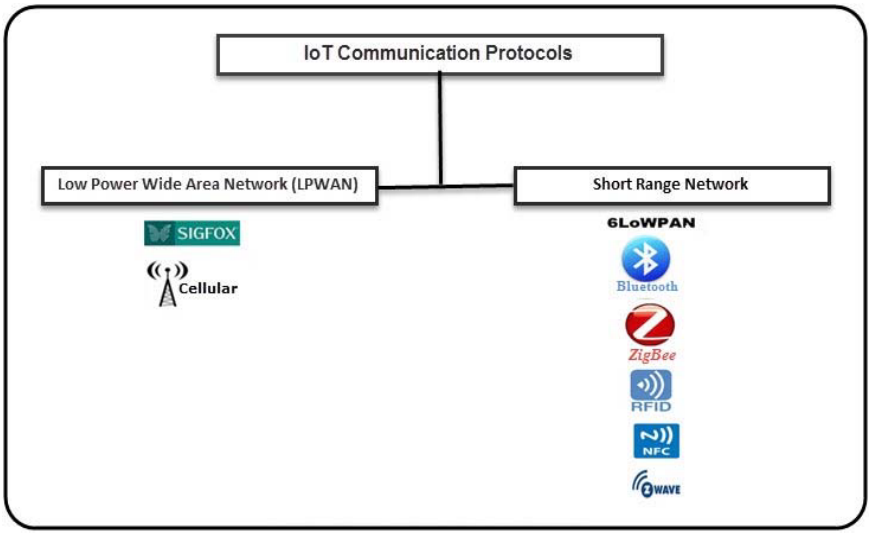
Gambar 2.17 *IDE Arduino*[33]

2.7.3 Internet of Things Connection

Penerapan aplikasi Internet of Things diharapkan dapat menjadi solusi pertukaran data antara manusia, mesin, dan *things*. Ekosistem IoT terdiri dari beberapa perangkat pintar. Kemampuan penyimpanan dalam skala volume yang besar, dan jangkauan komunikasi terkadang menjadi kendala, oleh karena itu pengimplementasian IoT membutuhkan protokol komunikasi yang mengelola informasi secara efisien dan tepat, , karena implementasi IoT sendiri merupakan kehendak para *developer* akan seperti apa aplikasi serta sistem IoT yang dibuat[35].

Protokol komunikasi IoT sendiri terbagi menjadi dua kategori, yaitu 1. LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) dan 2. *Short Range Network*,

seperti dijelaskan di gambar 2.18[36] . Akan dijelaskan mengenai definisi masing-masing protokol dihalaman selanjutnya.



Gambar 2.18 *Protokol komunikasi IoT*[36]

2.7.3.1 Low Power Wide Area Network

1. SigFox

   SigFox merupakan teknologi komunikasi *wireless* hemat daya yang biasa digunakan pada pengaplikasian sensor dan M2M(*Machine-to-Machine*). Data yang kecil dapat dikirimkan dengan rentang jarak sampai 50km. Menggunakan teknologi *Ultra Narrow Band* (UNB) yang mana teknologi ini hanya dirancang untuk menangani kecepatan transfer data rendah 10 hingga 1,000 bit per detik[36].

2. Cellular

   Teknologi seluler menjadi pilihan yang tepat dalam rangka memenuhi kebutuhan data yang tinggi dan rentang operasi yang sangat luas. Dapat memanfaatkan komunikasi GSM/3G/4G yang berkecepatan tinggi yang dapat diandalkan[36]. Namun teknologi ini

memerlukan banyak daya, jadi dirasa tidak cocok untuk penggunaan seperti aplikasi M2M seperti SigFox[36].

2.7.3.2 Short Range Network

1. 6LoWPAN

   6LoWPAN merupakan akronim dari "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network" merupakan standar pertama dan yang paling umum digunakan sebagai protokol komunikasi IoT karena berbasis standar IP protokol dan dapat dihubungkan langsung dengan jaringan IP lain tanpa entitas menengah seperti gateway atau proksi[36]. Komunikasi jaringan standar IEEE802.15.4 berdaya rendah, biaya rendah, dan konsumsi bandwidth yang tidak besar[36].

2. ZigBee

   ZigBee merupakan protokol komunikasi yang dibuat oleh ZigBee Alliance berbasis *wireless low-power* berstandar IEEE802.15.4 sama seperti 6LoWPAN. ZigBee dibuat sebagai standar tingkat tinggi protokol komunikasi IoT biaya rendah dengan jaringan ukuran kecil, dan radio digital yang memancarkan data ke jarak yang lebih jauh. Digunakan pada aplikasi yang membuthkan data rate rendah, kapasitas batre yang lama, dan jaringan yang aman[36].

3. Bluetooth *low-energy*

   Dikenal sebagai Bluetooth pintar yang memiliki protokol signifikan untuk aplikasi IoT. Didesain dan ditingkatkan untuk aplikasi jarak pendek, bandwidth rendah, latensi rendah untuk aplikasi IoT[36].

Kelebihan BLE dari Bluetooth klasik biasa terdapat pada penggunaan daya yang rendah, waktu *setup* rendah, dan mendukung topologi jaringan dengan node yang tak terbatas[37]

4. Radio Frequency Identification (RFID)

   RFID sistem terdiri dari perangkat pembaca disebut reader, dan transponder frekuensi radio rendah disebut RF tags. Tag elektronik ini diprogram memiliki informasi yang unik yang dapat dibaca sesuai jarak[36]. Ada dua teknologi sistem tag RFID. Pertama yaitu *active tag reader* dan kedua yaitu *passive tag reader.* Tag aktif harus dicatu daya, lebih mahal, dan menggunakan frekuensi yang tinggi, sedangkan tag pasif tidak memerlukan catu daya dan berfrekuensi rendah. Pengaplikasian IoT menggunakan RFID seperti *smart-shopping,* kesehatan, keamanan dan pertanian[36].

5. *Near Field Communication* (NFC)

   NFC memiliki teknologi yang sama dengan RFID, namun jika RFID digunakan hanya untuk identifikasi NFC bisa digunakan sebagai komunikasi dua arah yang rumit[36]. NFC memiliki tag yang berisi data didalam tag, tag ini dapat dibaca (seperti identifikasi RFID) atau dapat ditulus ulang dan diubah oleh perangkat lain. Terdapat tiga mode kartu yaitu mode emulasi kartu (pasif), mode pembaca/penulis(aktif) dan mode peer-to-peer[36].

6. Z-Wave

   Z-Wave merupakan protokol komunikasi MAC berdaya rendah yang dikembangkanoleh Zensys yang biasa digunakan sebagai

aplikasi *wireless home automation* yang dapat menghubungkan 30-50 node, dimana aplikasi nya seperti *smart-home* dan komersil skala kecil[36]. Dirancang hanya untuk paket data kecil dengan harga yang relatif rendah dengan kecepatan 100kbps. Sangat cocok untuk aplikasi seperti menghidupkan lampu, kontrol daya, dan kesehatan[36].

Untuk lebih jelasnya, di tabel 2.10 spesifikasi dari setiap protokol komunikasi IoT.

Tabel 2.10 *IoT Communication protocols*[36]

Characteristic	6LoWPAN			RFID
Standard	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	RFID
Frequency Bands	868MHz (EU) 915MHz (USA) 2.4GHz9 (Global)	2.4GHz	2.4 GHz	125kHz, 13.56MHz90 2-928MHz
Network	WPAN	WPAN	WPAN	Proximity
Topology	Star, Mesh	Star, Mesh Cluster	Star- Bus	P2P
Power	(1-2 years lifetime on batteries) Low Power Consumption	30mA Low Power	30mA Low Power	Ultra-Low Power
Data Rate	250 kbps	250 kbps	1Mbps	4Mbps
Range	Short range 10-100m	Short range 10-100m	Short Range ~15-30m	Short Range Up to 200m
Security	AES	AES	E0 Stream AES-128	RC4
Spreading	DSSS	DSSS	FHSSS	DSSS
Modulaion Type	BPSK O-QPSK	BPSK/ BPSK O-QPSK	TDMA	FSK PSK
Features	Commonly Used Internal Access	Mesh Network	Low Power version available	Low Cost
Common Application	Monitor and Control via internet	Home Industry monitoring and controlling	Wireless headsets, Audio Application	Tracking Inventory, Access

Characteristics				
Standard	ISO/IEC 14443 A&B, JIS X-6319-4	SigFox	3GPP, GSMA, GSM/GPRS/ EDGE/UMT S/HSPA/LTE	Z-Wave
Frequency Bands	125kHz, 13.56MHz 860MHz	868MHz (EU) 902MHz (USA)	Common Cellular Bands	868 MHz 908MHz
Network	P2P Network	LPWAN	WNAN	WPAN
Topology	P2P	Start	NA	Mesh
Power	50mA low power Very Low	10mW – 100mW	High Power Consumption	2.5mA low power consumption
Data Rate	106 212 or 424 kbps	100 bps (UL) 600 bps (DL)	NA	40kbps
Range	Short Range 0-10cm 0-1m 10cm-1m	Long Range 10km (URBAN) 50km (RURAL)	Several km	30m(indoors) 100(outdoor)
Security	RSA AES	Partially adressed	RC4	AES-128
Spreading	GSMA	DSSS	DSSS	No
Modulation Type	ASK	UNB, DBPSK (UL) GFSK(DL)	BPSK OFDM	BFSK
Feature	Security	Long Battery life (up to 20 yrs) Low coast	Longer Range	Simple Protocol
Common Application	Payment, Access	Street Lighting Energy Meters	M2M	Home monitorinf and control

Sumber: (Al-Sarawi, Shadi. et al. 2017. Internet of Things Communication Protocol 8th Conference on Information Technology (ICIT).