

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, pengeringan adalah perbuatan mengeringkan bahan tertentu yang tidak dilakukan sekaligus, melainkan secara bertahap. Menurut (Sri Rahayu, 2017) Pengeringan adalah suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari bahan dengan menggunakan energi panas. Pengeluaran air dari bahan dilakukan sampai kadar air keseimbangan dengan lingkungan tertentu dimana jamur, enzim, mikroorganisme, dan serangga yang dapat merusak menjadi tidak aktif.

Cara pengeringan terbagi menjadi dua golongan yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pada pengeringan alami, kacang panjang dijemur di bawah sinar matahari. Lamanya pengeringan secara alami 8 jam/hari selama 3 hari di daerah dengan intensitas sinar matahari tinggi. Pekerjaan penjemuran memerlukan perhatian khusus karena perubahan suhu secara drastis dapat merusak benih kacang panjang.

Pengeringan buatan dilakukan secara mekanis. Keuntungan pengeringan secara mekanis antara lain suhu, kelembaban dan kecepatan angin dapat diatur. Selain itu sanitasi dan higienitas lebih mudah dikendalikan. Namun cara ini belum memasyarakat sebab biaya alat mekanis relatif lebih mahal jika dibandingkan pengering alami (Masyamsir, 2001).

Salah satu contoh penelitian pengeringan secara mekanis dilakukan oleh (Rizki, 2016) Penelitian dan pengujian alat pengering cengkeh bertingkat tipe '*Rotating Parts of Trays*' dilakukan dengan kapasitas uji 18 kg cengkeh basah, dan total waktu proses pengeringan kurang lebih 5 jam. Tujuannya untuk mengetahui penurunan kadar air cengkeh setelah proses pengeringan, untuk mengetahui tingkat keefektifitasan pemanfaatan kalor pada saat proses pengeringan berlangsung, dan untuk mengetahui efisiensi termal dari alat pengering cengkeh tipe '*Rotating Parts of Tray*'.

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer (Ahmad Naziq, 2012). Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Arduino merupakan sebuah platform komputasi fisik yang bersifat open source dimana Arduino memiliki input/output (I/O) yang sederhana yang dapat dikontrol menggunakan bahasa pemrograman. Arduino dapat dihubungkan keperangkat seperti komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino adalah bahasa pemrograman C yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam library sehingga cukup membantu dalam pembuatan program. Ada dua bagian utama pada Arduino, yaitu *hardware* dan *software*. *Hardware* arduino merupakan papan elektronik yang biasa disebut dengan mikrokontroler sedangkan *software* arduino yang digunakan untuk memasukkan program yang akan digunakan untuk menjalankan arduino tersebut. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. Sistem kontrol derajat pembukaan dan penutupan valve sistem distribusi (Faisal, 2017).

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan penelitian ini penulis menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

2.2.1 Tanaman Kacang Panjang

Kacang panjang (*Vigna Sinensis*. L) merupakan tanaman sayuran semusim. Kacang panjang merupakan jenis sayuran yang umum dikonsumsi dalam bentuk segar maupun diolah menjadi sayur (Rasyid Panji 2012). Tanaman kacang panjang memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap (protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B dan C. Kandungan protein nabati pada sayuran kacang panjang berkisar 17-21%. Ada dua varietas kacang panjang

yang sudah banyak di budidayakan dengan produksi yang cukup tinggi, yaitu putih super dan super saina.



Gambar 2. 1 Tanaman Kacang Panjang (Yusuf, 2017)

Tanaman kacang panjang merupakan tanaman semak, menjalar, semusim dengan tinggi $\pm 2,5$ m. Batang tanaman ini tegak, silindris, lunak berwarna hijau dengan permukaan licin. Daunnya majemuk, lonjong, berseling panjang 6-8 cm lebar daun 3-4,5 cm, tepi rata, pangkal membulat, ujungnya lincip, bertulang menyirip, tangkai silindris panjang ± 4 cm, dan berwarna hijau (BP3K Lubuk Pinang, 2012).

Dengan memperhatikan luas tanam kacang panjang yang terus meningkat dan konsumsi kacang panjang oleh masyarakat Indonesia umumnya dan masyarakat petani khususnya cukup tinggi, maka hal ini akan membuka peluang yang cukup besar dalam industri perbenihan kacang panjang. Peluang agribisnis benih kacang panjang sangat cerah dan akan mencapai sukses apabila menguasai teknologinya. Sampai saat ini kebutuhan benih kacang panjang yang digunakan petani berasal dari benih asal-asalan, atau produksi dari produsen swasta seperti PT. East West, PT. Bisi dsb, yang harganya dirasa petani cukup mahal.

Dengan demikian, intensifikasi kacang panjang belum sepenuhnya terdukung oleh benih kacang panjang unggul bermutu, karena keterbatasan benih

bermutu yang tersedia dilapangan. Sejalan dengan Undang-Undang No. 12 tahun 1996 tentang Sistim Budidaya Tanaman maka konsumen pengguna benih perlu mendapat jaminan. Untuk mendorong dan mengupayakan ketersediaan benih kacang panjang unggul bermutu dengan harga yang terjangkau oleh petani serta tetap menguntungkan bagi produsen benih, sudah saatnya ditumbuhkan penangkaran benih kacang panjang melalui tatacara yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan.

2.2.2 Pengolahan Kacang Panjang Pasca Panen

Pemanenan kacang panjang yang dibudidayakan untuk keperluan penangkaran benih dapat dilakukan setelah tanaman cukup tua yaitu berumur 80-90 hari, tergantung pada varietas. Polong yang baik dibiarkan tua sampai kulitnya berwarna kuning tetapi tidak sampai terlalu kering. Panen dilakukan pada saat cuaca cerah dengan jalan memetik polong tanaman secara hati-hati dan diikat. Penanganan pasca panen polong tua untuk benih meliputi kegiatan pengumpulan hasil dan seleksi polong, pengeringan, pengambilan biji, pengemasan dan penyimpanan.

Hal pertama yang dilakukan dalam proses pengolahan kacang panjang pasca panen adalah pengumpulan hasil dan seleksi polong. Polong muda tidak dapat dijadikan benih dipanen sebagai sayur segar. Hasil panen polong tua segera dikumpulkan di tempat penampungan. Brangkasan atau polong tua lalu dikeringkan dengan cara dijemur di bawah terik matahari atau alat pengering buatan. Biji dijemur sampai kering selama 3 hari dengan sinar matahari. Biji yang terdapat di bagian ujung polong sebaiknya tidak digunakan sebagai benih.



Gambar 2. 2 Pengerinan Kacang Panjang secara alami oleh Petani (Bagas, 2017)

Setelah dilakukan pengerinan maka polong yang sudah kering dikumpulkan dalam satu wadah, kemudian dipukul-pukul secara pelan-pelan dengan alat bantu sepotong kayu. Polong yang sudah pecah ditampih untuk memisahkan kulit dan kotoran, sedangkan biji-bijinya ditampung dalam satu wadah. Biji dikeringkan kembali hingga mencapai kadar air 11-12 %

Sebelum disimpan untuk menghindari hama gudang benih diperlakukan dengan menggunakan pestisida Sevin sebanyak 1 gr untuk tiap kg benih. Kemudian benih disimpan dalam kemasan plastik atau kaleng yang rapat dan kering, benih kacang panjang tahan disimpan selama 1-2 tahun. Kondisi penyimpanan benih yang kurang baik akan cepat menurunkan daya tumbuh benih. Biji kacang panjang yang telah dimasukkan kedalam kemasan plastik atau kaleng dapat disimpan dalam ruangan yang kondisinya kering dan sirkulasi udaranya baik.

2.2.3 Kadar Air dan Bahan

Kadar air merupakan salah satu sifat fisik dari bahan yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung di dalam bahan. Kadar air biasanya dinyatakan dengan persentase berat air terhadap bahan basah atau dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan yang disebut dengan kadar air basis basah (bb). Berat

bahan kering atau padatan adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap atau konstan (Safrizal, 2010).

Selanjutnya kacang panjang dikeringkan untuk mengurangi kadar air bahan hingga mencapai kadar air kesetimbangan. Konsep kadar air kesetimbangan merupakan suatu konsep yang penting dalam studi pengeringan, karena kadar air kesetimbangan menentukan kadar air minimum yang dapat dicapai pada kondisi udara pengeringan yang tetap atau pada temperatur dan kelembaban relatif yang tetap. Kadar air kesetimbangan didefinisikan sebagai kadar air bahan setelah bahan dipaparkan atau berada dilingkungan tertentu untuk jangka waktu yang panjang yang ditentukan. Selain itu, kadar air kesetimbangan dapat pula didefinisikan sebagai kadar air dimana tekanan uap internal bahan berada dalam kondisi kesetimbangan dengan tekanan uap lingkungan. Kadar air kesetimbangan juga dipengaruhi atau tergantung pada kelembaban dan kondisi temperatur lingkungan dan bergantung pula pada varietas, spesies dan kematangan (Brooker *et al.*, 1992). Menurut Henderson and Perry (1976) Suatu bahan dalam keadaan seimbang apabila laju kehilangan air dari bahan ke udara sekelilingnya sama dengan laju penambahan air ke bahan dari udara di sekelilingnya. Kadar air pada keadaan seimbang disebut juga dengan kadar air keseimbangan atau keseimbangan higroskopis.

Kadar air dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{kadar air (KA)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

KA = Kadar air (%)

w1 = Berat awal (kg)

w2 = Berat akhir (kg)

2.2.4 Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan, yang dikeringkan oleh media pengering yang

biasanya berupa panas. Hall (1957) menyatakan proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat aktivitas biologis dan kimia sebelum bahan diolah. Parameter-parameter yang mempengaruhi waktu pengeringan adalah temperatur, kelembaban udara, laju aliran udara, kadar air awal dan kadar air bahan kering.

Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau dengan kata lain udara mempunyai kelembaban nisbi yang rendah, sehingga terjadi penguapan. Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban nisbi udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Bila udara tidak mengalir maka kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan makin jenuh sehingga pengeringan makin lambat.

Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang menyebabkan pembusukan dapat terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama. Semakin tinggi temperatur dan kecepatan aliran udara pengering, semakin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Semakin tinggi temperatur udara pengering, maka semakin besar energi panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering semakin tinggi maka semakin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer.

2.2.5 Faktor-Faktor Dalam Proses Pengeringan

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian yaitu panas harus diberikan pada bahan, dan air harus dikeluarkan dari bahan. Dua fenomena ini menyangkut pindah panas ke dalam dan pindah massa ke luar, yang dimaksudkan dengan pindah massa adalah pemindahan air keluar dari bahan

pangan. Dalam pengeringan pangan, umumnya diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimum, oleh karena itu semua usaha dibuat untuk mempercepat pindah panas dan pindah massa. Perpindahan panas dalam proses pengeringan dapat terjadi melalui dua cara yaitu pengeringan langsung dan pengeringan tidak langsung. Pengeringan langsung yaitu sumber panas berhubungan dengan bahan yang dikeringkan, sedangkan pengeringan tidak langsung yaitu panas dari sumber panas dilewatkan melalui permukaan benda padat (*conventer*) dan *conventer* tersebut yang berhubungan dengan bahan pangan.



Gambar 2. 3 Proses Perpindahan Panas (Supriyono, 2003)

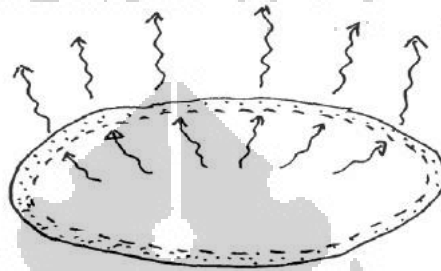
Setelah panas sampai ke bahan pangan maka air dari sel-sel bahan pangan akan bergerak ke permukaan bahan kemudian keluar. Mekanisme keluarnya air dari dalam bahan selama pengeringan adalah sebagai berikut:

1. Air bergerak melalui tekanan kapiler.
2. Penarikan air disebabkan oleh perbedaan konsentrasi larutan disetiap bagian bahan.
3. Penarikan air ke permukaan bahan disebabkan oleh absorpsi dari lapisan-lapisan permukaan komponen padatan dari bahan.
4. Perpindahan air dari bahan ke udara disebabkan oleh perbedaan tekanan uap.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam kecepatan pengeringan tersebut adalah:

2.2.5.1 Luas Permukaan

Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembas ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau diiris-iris terlebih dulu.

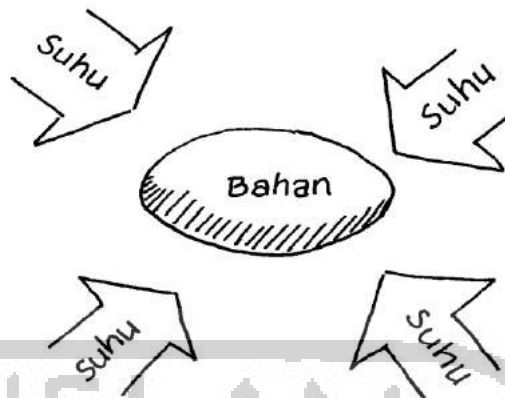


Gambar 2. 4 Proses penguapan air pada permukaan bahan
(Supriyono, 2003)

Hal ini terjadi karena yang pertama pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar, dan yang kedua potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan. Potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut.

2.2.5.2 Perbedaan Temperatur dan Udara Sekitarnya

Semakin besar perbedaan temperatur antara medium pemanas dengan bahan pangan, maka semakin cepat pemindahan panas ke dalam bahan dan semakin cepat pula penghilangan air dari bahan.



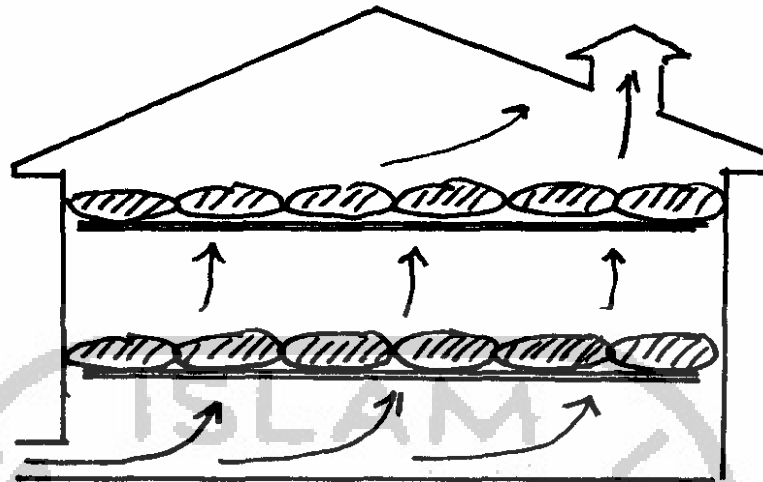
Gambar 2. 5 Proses perubahan temperatur pada bahan
(Supriyono, 2003)

Air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi temperatur air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi temperatur pengeringan maka proses pengeringan akan semakin cepat. Akan tetapi bila tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi suatu peristiwa yang disebut "*Case Hardening*", yaitu suatu keadaan dimana bagian luar bahan sudah kering sedangkan bagian dalamnya masih basah.

2.2.5.3 Kecepatan Aliran Udara

Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi, selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan pangan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air.

Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik. Proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.



Gambar 2. 6 Proses pergerakan udara pada alat pengering
(Supriyono, 2003)

2.2.5.4 Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara makin berkurang. Sehingga uap air dapat lebih banyak tertampung dan dapat disingkirkan dari bahan pangan. Sebaliknya jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar pengeringan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan.

2.2.5.5 Kelembaban

Selama proses pengeringan, tidak hanya perpindahan panas yang terjadi tetapi juga adanya penambahan uap air ke udara. Penambahan uap air dari bahan ke udara ini disebabkan oleh perbedaan tekanan uap dimana proses pengeringan terjadi dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban nisbi udara melalui aliran udara panas atau udara bertekanan sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air udara (Brooker et al., 1981).

2.2.6 Klasifikasi Proses Pengeringan

Proses pengeringan yang banyak digunakan secara umum, dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan.

2.2.6.1 Pengeringan Alami

Pengeringan alami adalah pengeringan yang dilakukan di tempat terbuka, dengan cara menghamparkan produk di suatu alas, kemudian disinari cahaya matahari dan dibantu oleh udara sekitarnya. Pada proses pengeringan jenis ini terdapat beberapa kekurangan, diantaranya :

- a. Proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh cuaca
- b. Memerlukan tempat yang luas dan tenaga yang cukup banyak
- c. Produk yang dikeringkan mudah tercemar

Proses pengeringan alami juga memiliki beberapa kelebihan, diantaranya :

- a. Biaya yang digunakan relatif lebih kecil
- b. Kapasitas pengeringan sangat tidak terbatas
- c. Proses lebih mudah

2.2.6.2 Pengeringan Buatan

Pengeringan buatan dilakukan dengan cara mensirkulasikan udara panas yang berasal dari sumber panas ke dalam ruang pengering yang berfungsi untuk menguapkan kadar air dari produk. Pada proses pengeringan buatan ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya:

- a. Proses pengeringan tidak dipengaruhi oleh keadaan cuaca, sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat
- b. Tidak memerlukan tenaga kerja yang banyak

Proses pengeringan buatan ini juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya :

- a. Kapasitas pengeringan terbatas
- b. Memerlukan investasi yang cukup besar

2.2.7 Pengeringan Kacang Panjang dengan Alat Pengering

Teknik pengeringan kacang panjang selain menggunakan panas matahari, juga dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengering. Pada metode ini, kacang panjang diletakkan pada setiap rak yang tersusun sedemikian rupa, agar dapat dikeringkan dengan sempurna. Udara panas sebagai fluida kerja diperoleh dari pembakaran bahan bakar (LPG).

Pada saat dipanen, kacang panjang mempunyai kadar air 70% - 80%. Temperatur pengeringan kacang panjang yang baik apabila menggunakan alat pengering adalah antara kurang lebih 50 °C. Nilai temperatur ini didapat dari rata-rata suhu dari panas matahari. Apabila suhu terlalu panas maka akan merusak daya tumbuh benih kacang panjang. Beberapa dibuktikan dengan penjemuran dengan suhu matahari yang sangat panas maka benih tidak dapat tumbuh atau mati. Sedangkan apabila suhu terlalu rendah maka proses pengeringan akan terlalu lama dan benih akan segera tumbuh.

Sedangkan Proses pengeringan yang selama ini digunakan oleh petani kacang panjang secara tradisional dengan memanfaatkan sinar matahari membutuhkan 2-3 hari dengan waktu pengeringan per hari antara 8-9 jam, kenyataannya proses pengeringan ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (temperatur). Terkadang pasca panen petani kacang panjang bertepatan dengan musim penghujan sehingga proses pengeringan secara tradisional menjadi kendala petani.

Penelitian yang dilakukan oleh (Davies M. R. D, 2000) menyatakan bahwa perubahan temperatur udara bebas berpengaruh terhadap bilangan Nusselt dimana semakin tinggi temperatur udara bebas di dalam *enclosure* maka semakin rendah bilangan Nusselt. Bilangan Nusselt adalah koefisien perpindahan panas konveksi dan merupakan karakteristik perpindahan panas yang terjadi. Jika bilangan Nusselt semakin besar maka efek perpindahan panasnya semakin baik dan sebaliknya.

2.2.8 Perpindahan kalor yang dihasilkan *burner*

Pada alat pengering ini, perpindahan kalor berlangsung secara radiasi dari gas hasil pembakaran gas LPG, diterima oleh plat *box exchanger*. Selanjutnya

sebagian kalor diteruskan secara konduksi ke sirip-sirip pemanas yang terbuat dari bahan plat L. Udara yang dihembuskan oleh *blower* dipanaskan oleh plat *heat exchanger box* dan sirip-sirip plat L. Selanjutnya udara panas yang dihasilkan, serta kalor konduksi melalui konstruksi, digunakan untuk memanasi kacang panjang yang ditebarkan merata di atas rak.

Kalor total yang dipergunakan pada proses pengeringan kacang panjang ini terdiri dari:

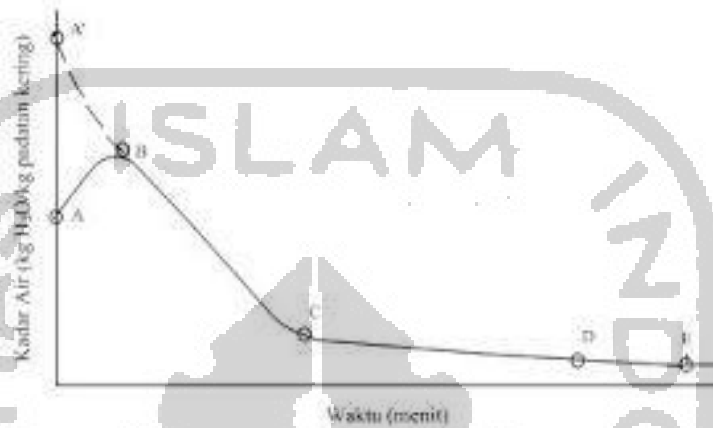
1. Kalor yang digunakan untuk memanaskan kacang panjang dari temperature atmosfer ke temperatur yang diinginkan.
2. Kalor yang digunakan untuk memanaskan kandungan air yang ada dalam kacang panjang.
3. Kalor yang digunakan untuk menguapkan (kalor laten) kandungan air yang ada dalam kacang panjang.
4. Kebocoran kalor melalui dinding alat pengering.
5. Kalor yang keluar melalui ventilasi atau cerobong gas buang.
6. Rugi kalor yang hilang pada kompor dan sekitarnya yang tak terserap oleh alat pengering.

2.2.9 Laju Pengeringan

Laju pengeringan (*drying rate*; kg/jam) adalah banyaknya air yang diuapkan tiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu. Proses pengeringan dapat dibagi menjadi dua periode yaitu periode laju pengeringan tetap dan periode laju pengeringan menurun. Periode laju pengeringan tetap akan terjadi pada sejumlah massa bahan yang mengandung banyak air sehingga membentuk lapisan air yang selanjutnya akan mengering dari permukaannya. Laju pengeringan tetap akan berhenti pada saat air bebas dipermukaan habis dan laju pengurangan kadar air akan berkurang secara progresif. Kadar air pada saat laju pengeringan tetap berhenti disebut kadar air kritis.

Pada periode laju pengeringan menurun, air yang diuapkan dari permukaan bahan lebih besar daripada perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan bahan. Proses pengeringan pada laju pengeringan menurun terjadi dua

proses yaitu pergerakan kadar air dari dalam bahan ke permukaan bahan secara difusi dan perpindahan kadar air dari permukaan bahan ke udara bebas (Hall, 1980). Pola penurunan kadar air selama pengeringan dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 7 Grafik laju pengeringan (Hall, 1980)

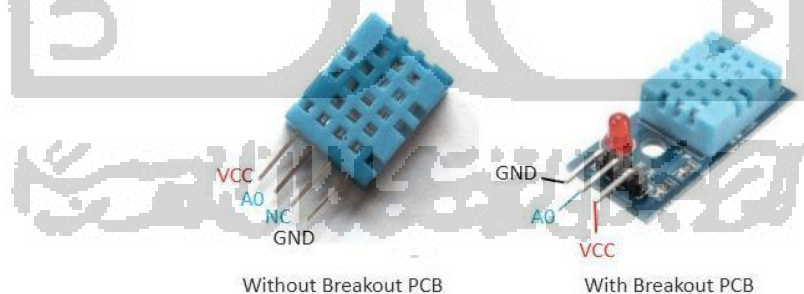
1. Tahap A – B, tahap ini merupakan periode pemanasan (*warming up period*), terjadi selama kondisi permukaan bahan menuju keseimbangan dengan udara pengering. Pada periode ini tidak banyak terjadi perubahan kadar air dari bahan yang akan dikeringkan.
2. Tahap B – C, tahap ini dikenal sebagai periode laju pengeringan tetap (*constant rate period*). Selama periode ini permukaan bahan tetap jenuh dengan air karena pergerakan air dalam bahan menuju permukaan seimbang dengan penguapan air dari permukaan bahan.
3. Titik C adalah titik kadar air kritis (*critical moisture content*). Titik kadar air terendah di mana laju pergerakan air bebas dari dalam bahan ke permukaan bahan sama dengan laju penguapan air maksimum dari permukaan bahan.
4. Tahap C – E, tahap ini dikenal sebagai periode laju pengeringan menurun (*falling rate period*), periode ini terdiri dari dua bagian yaitu periode laju pengeringan menurun pertama (*first falling rate period*) dan periode laju pengeringan menurun kedua (*second falling rate period*). Di dalam periode laju pengeringan menurun terdapat dua proses yaitu pergerakan air dari dalam bahan ke permukaan bahan dan penguapan air dari permukaan bahan.

2.2.10 Perangkat lunak *hardware* dan *software*

Dalam rangkaian valve microcontroller ini terdapat berbagai perangkat lunak pendukung yang dipergunakan.

2.2.10.1 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah module sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Module sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. Kelebihan dari module sensor ini dibanding module sensor lainnya yaitu dari segi kualitas pembacaan data sensing yang lebih responsif yang memiliki kecepatan dalam hal sensing objek suhu dan kelembaban, dan data yang terbaca tidak mudah terinterferensi. Sensor DHT11 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori program OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan breakout PCB yang terdapat hanya memiliki 3 kaki pin.



Gambar 2. 8 Sensor DHT11 (Tutorial, 2017)

Spesifikasi :

1. Tegangan masukan : 5 Vdc
2. Rentang temperatur :0-50 ° C kesalahan ± 2 ° C

3. Kelembaban :20-90% RH \pm 5% RH error

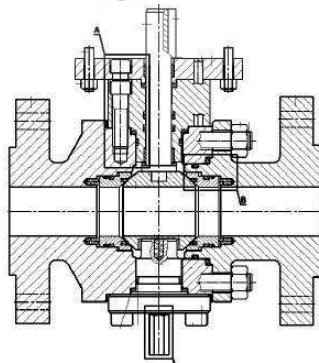
2.2.10.2 Ball Valve



Gambar 2. 9 *Ball Valve*

Ball Valve adalah sebuah Valve atau katup dengan pengontrol aliran berbentuk disc bulat (seperti bola/belahan). Bola itu memiliki lubang, yang berada di tengah sehingga ketika lubang tersebut segaris lurus atau sejalan dengan kedua ujung Valve / katup, maka aliran akan terjadi. Tetapi ketika katup tertutup, posisi lubang berada tegak lurus terhadap ujung katup, maka aliran akan terhalang atau tertutup. Ball Valve dapat terbuat dari logam , plastik atau pun dari bahan keramik. Bolanya sering dilapisi chrome untuk membuatnya lebih tahan lama. Ada 2 tipe Ball Valve yaitu :

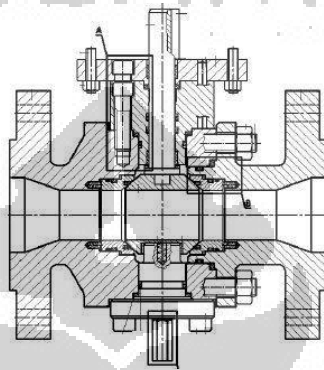
1. *Full bore ball valve*



Gambar 2. 10 *Full bore ball valve* (Hartoyo, 2012)

Full bore ball valve adalah tipe ball valve dengan diameter lubang bolanya sama dengan diameter pipa. Jenis full bore ball valves biasanya digunakan pada blow down, piggable line, production manifold, pipeline dll.

2. *Reduced bore ball valve*



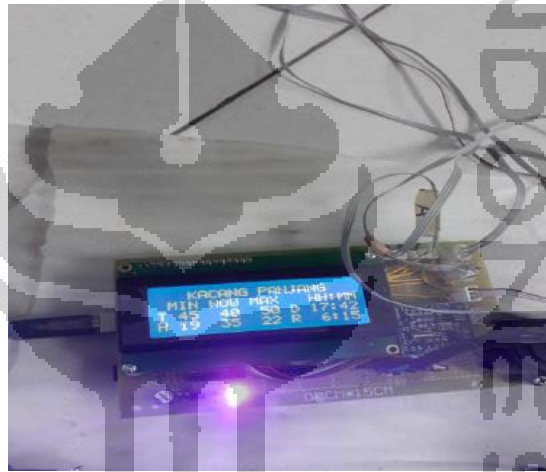
Gambar 2. 11 *Reduced bore ball valve* (Hartoyo, 2012)

Reduced bore ball valves adalah jenis ball valve yang diameter lubang bolanya tidak seukuran dengan ukuran pipa. Minimum diameter bola katup yang berkurang adalah satu ukuran lebih rendah dari ukuran diameter pipa sebenarnya. Misalnya ukuran diameter pipa 4 inci dan diameter bola valve adalah 3 inci.

2.2.10.3 LCD (liquid chrystal display)

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (liquid crystal) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi Liquid Crystal Display (LCD) atau Penampil Kristal Cair sudah banyak digunakan pada produk-produk seperti layar Laptop, layar Ponsel, layar Kalkulator, layar Jam Digital, layar Multimeter, Monitor Komputer, Televisi, layar Game portabel, layar Thermometer Digital dan produk-produk elektronik lainnya.

Teknologi Display LCD ini memungkinkan produk-produk elektronik dibuat menjadi jauh lebih tipis jika dibanding dengan teknologi Tabung Sinar Katoda (*Cathode Ray Tube* atau CRT). Jika dibandingkan dengan teknologi CRT, LCD juga jauh lebih hemat dalam mengkonsumsi daya karena LCD bekerja berdasarkan prinsip pemblokiran cahaya sedangkan CRT berdasarkan prinsip pemancaran cahaya. Namun LCD membutuhkan lampu backlight (cahaya latar belakang) sebagai cahaya pendukung karena LCD sendiri tidak memancarkan cahaya. Beberapa jenis backlight yang umum digunakan untuk LCD diantaranya adalah backlight CCFL (*Cold cathode fluorescent lamps*) dan backlight LED (*Light-emitting diodes*).



Gambar 2. 12 LCD

Sekedar mengingatkan pelajaran fisika kita mengenai cahaya putih, cahaya putih adalah cahaya terdiri dari ratusan cahaya warna yang berbeda. Ratusan warna cahaya tersebut akan terlihat apabila cahaya putih mengalami refleksi atau perubahan arah sinar. Artinya, jika beda sudut refleksi maka berbeda pula warna cahaya yang dihasilkan.

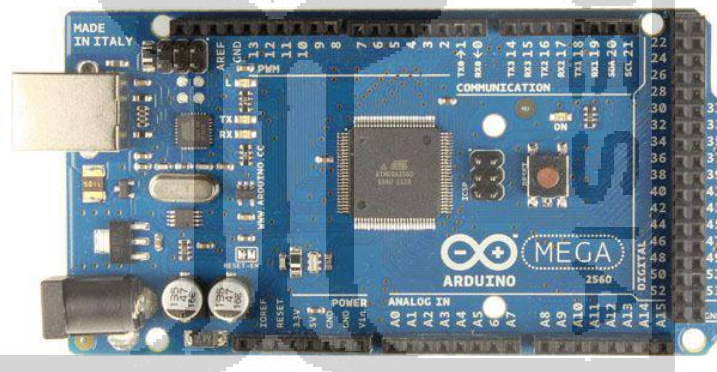
Backlight LCD yang berwarna putih akan memberikan pencahayaan pada Kristal Cair atau Liquid Crystal. Kristal cair tersebut akan menyaring backlight yang diterimanya dan merefleksikannya sesuai dengan sudut yang diinginkan sehingga menghasilkan warna yang dibutuhkan. Sudut Kristal Cair akan berubah apabila diberikan tegangan dengan nilai tertentu. Karena dengan perubahan sudut

dan penyaringan cahaya backlight pada kristal cair tersebut, cahaya backlight yang sebelumnya adalah berwarna putih dapat berubah menjadi berbagai warna.

Jika ingin menghasilkan warna putih, maka kristal cair akan dibuka selebar-lebarnya sehingga cahaya backlight yang berwarna putih dapat ditampilkan sepenuhnya. Sebaliknya, apabila ingin menampilkan warna hitam, maka kristal cair harus ditutup serapat-rapatnya sehingga tidak ada cahaya backlight yang dapat menembus. Dan apabila menginginkan warna lainnya, maka diperlukan pengaturan sudut refleksi kristal cair yang bersangkutan.

2.2.10.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah board arduino yang merupakan perbaikan dari board arduino mega sebelumnya. Arduino mega awalnya memakai chip ATmega1280 dan kemudian diganti dengan chip ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi Arduino Mega 2560 seperti dicontohkan pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Arduino Mega 2560 (Tutorial, 2017)

Pin digital Arduino Mega2560 ada 54 Pin yang dapat di gunakan sebagai Input atau Output dan 16 Pin Analog berlabel A0 sampai A15 sebagai ADC, setiap Pin Analog memiliki resolusi sebesar 10 bit.

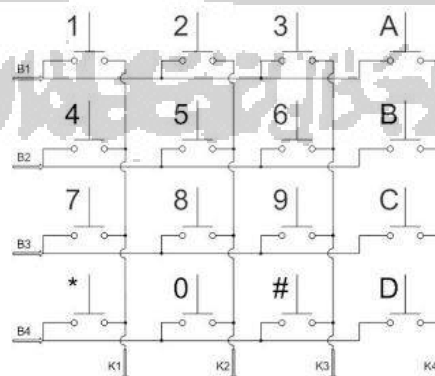
2.2.10.5 Keypad 4x4 matrix



Gambar 2. 14 Keypad 4x4 matrix (Tutorial, 2017)

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia, *keypad* berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan HMI (*Human Machine Interface*).

Keypad matriks adalah tombol – tombol yang disusun secara matriks (baris x kolom) sehingga dapat mengurangi penggunaan pin input. Sebagai contoh, keypad matriks 4x4 seperti gambar 2.14 cukup menggunakan 8 pin untuk 16 tombol. Hal ini memungkinkan karena rangkaian tombol disusun secara *horizontal* membentuk baris dan secara *vertical* membentuk kolom.



Gambar 2. 15 Alur rangkaian *keypad* (Habibullah,2018)

2.2.10.6 Motor servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

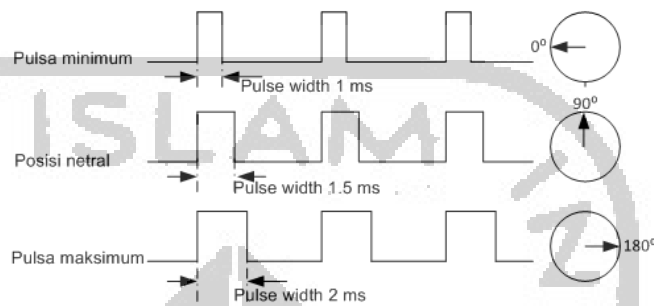
Penggunaan sistem kontrol loop tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya begini, posisi poros output akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan. Untuk lebih jelasnya mengenai sistem kontrol loop tertutup, perhatikan contoh sederhana beberapa aplikasi lain dari sistem kontrol loop tertutup, seperti penyetelan suhu pada AC, kulkas, setrika dan lain sebagainya.



Gambar 2. 16 Motor Servo (Tutorial,2017)

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5

ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2. 17 Pembacaan Pulse (Indar,2014)

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.