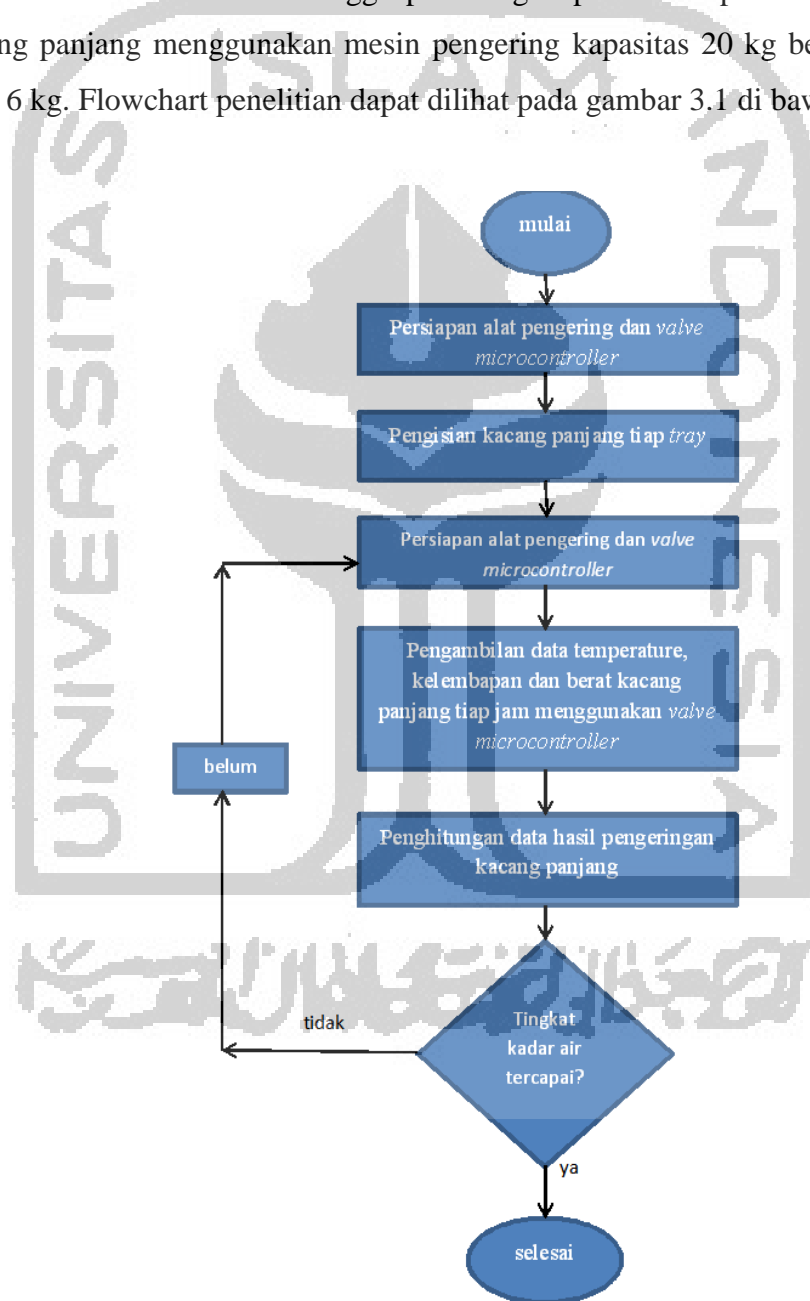


BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

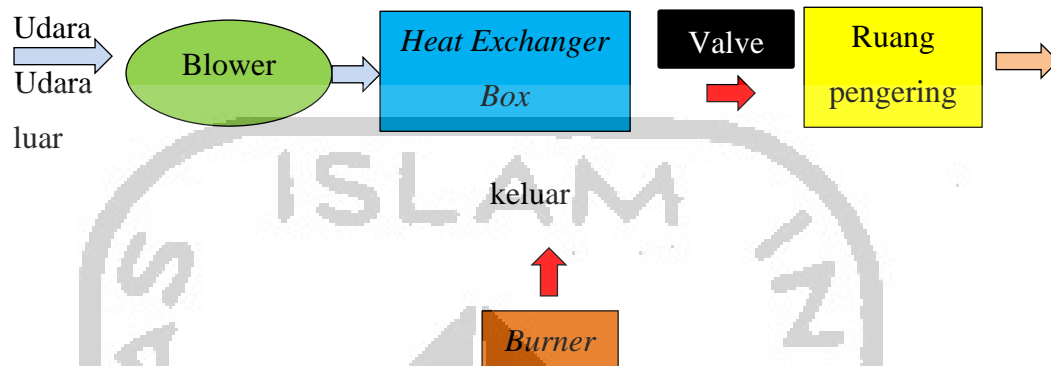
Penelitian dilaksanakan mulai dari persiapan alat pengering, *valve microcontroller* dan bahan hingga perhitungan persentase penurunan kadar air kacang panjang menggunakan mesin pengering kapasitas 20 kg berbahan bakar LPG 6 kg. Flowchart penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Alur penelitian

3.2 Alur Proses Pengeringan Kacang Panjang

Berikut adalah gambar diagram yang menerangkan alur proses pengeringan kacang panjang yang dilakukan saat penelitian.



Gambar 3. 2 Diagram alur proses pengeringan kacang panjang

Alur proses pengeringan kacang panjang menggunakan alat pengering ini dapat ditunjukkan dengan diagram pada gambar 3.1. Blower menjadi alat utama penggerak aliran udara dan *valve microcontroller* sebagai pengatur aliran udara. Udara luar yang terhisap oleh blower akan mengalir menuju *heat exchanger box* yang kemudian akan terjadi perlakuan panas oleh *burner* melalui plat besi ataupun sirip di dalam *heat exchanger box*. Selanjutnya *valve microcontroller* akan mengatur aliran udara yang akan masuk ke dalam ruang pengering.

Setelah udara mengalami peningkatan suhu maka udara akan mengalir menuju ruang pengering yang terbagi melalui lubang-lubang plat sehingga udara dapat merata keseluruh ruang. Di dalam ruang pengering udara akan menguapkan kandungan air pada kacang panjang dan keluar melalui lubang *exhaust*. Secara terus menerus hal ini akan mengurangi kadar air kacang panjang secara signifikan. Disaat waktu pengeringan sensor yang berada didalam ruang pengering akan membaca temperature dan kelembapan yang nantinya akan disalurkan ke program dan diolah, kemudian akan menggerakkan *actuator/valve*.

3.3 Bahan Penelitian

Sebagai bahan yang dikeringkan adalah 20 kg kacang panjang yang masih basah.



Gambar 3. 3 Proses panen kacang panjang (Bagas, 2018)

Jenis kacang panjang yang dijadikan bahan penelitian yaitu KP-1000. Jenis kacang panjang tahan virus ini di produksi PT. Raja Pilar Agrotama. Kemampuan tumbuh pada dataran rendah sampai menengah menjadi nilai tersendiri serta panjang polong yang mencapai 60-70 cm. potensi hasil panen jenis ini bisa mencapai 20-25 kg/ha. Para petani umumnya menjual hasil panen yang digunakan sebagai bahan sayur, akan tetapi beberapa bagian sengaja disisihkan untuk dikeringkan guna menjadi benih kacang panjang pada masa tanam selanjutnya.

3.4 Peralatan Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini tercantum pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam proses pengeringan

| No. | Nama Alat | Keterangan | Jumlah |
|-----|---|------------------------------------|--------|
| 1. | Alat pengering kacang panjang | Kapasitas 20 kg | 1 |
| 2. | <i>Burner</i> | | 2 |
| 3. | <i>Blower 2''</i> | 150 Watt | 2 |
| 4. | LPG | Kapasitas 12 kg | 1 |
| 5. | Selang gas | 5 meter cabang 2 | 1 |
| 6. | Regulator | Inlet 0,5-10 Bar Outlet 0-2 Bar | 2 |
| 7. | <i>Thermometer</i> | 0-100°C | 1 |
| 8. | Timbangan digital | 0-10 kg | 1 |
| 9. | Pemantik | | 1 |
| 10. | <i>Stopwatch</i> | | 1 |
| 11 | Perangkat lunak (hardware dan software) | | 1 |
| 12. | <i>Valve</i> | | 2 |

3.5 Spesifikasi Alat Pengering Kacang Panjang

Alat pengering kacang panjang yang telah dibuat merupakan alat pengering yang memiliki 8 *tray* atau rak dan proses pemanasannya menggunakan bahan bakar LPG 6kg. Alat pengering ini memanfaatkan kalor dari Pembakaran gas LPG dengan kontak secara tidak langsung dengan kacang panjang.

Pada saat alat ini mulai proses pengeringan atau dapat dikatakan bekerja. Hal yang perlu diperhatikan adalah kestabilan suhu pengeringan yang berada didalam ruang pengering. Alat ini dimodifikasi untuk mempertahankan suhu pengeringan dengan cara menambahkan *valve microcontroller* diantara *box exchanger* dan inlet ruang pengering. Ketika blower mendorong udara ke ruang pengering yang sebelumnya akan melewati *box exchanger* dan *valve microcontroller* yang berubah menjadi udara panas. *Valve microcontroller* akan bekerja ketika sensor yang berada didalam ruang pengering membaca suhu. Kemudian data dari sensor tersebut akan diolah oleh arduino mega sebelum akan menggerakkan *valve*. Apabila sensor membaca suhu di ruang pengering rata-rata lebih dari 50 derajat

celcius maka arduino akan memerintahkan valve untuk menutup atau mengurangi bukaan valve. Dari gerakan valve ini akan membatasi udara panas yang masuk didalam ruang pengering. Sehingga akan menurunkan suhu yang berada didalam ruang pengering. Begitu juga sebaliknya apabila sensor membaca suhu yang berada diruang pengering kurang dari 40-50 derajat celcius maka akan diolah oleh arduino untuk menggerakkan *valve* supaya valve terbuka atau menambah derajat bukaan. Siklus dari *valve microcontroller* ini akan terus berlangsung sampai sensor suhu membaca kelembapan yang ada diruang pengering 22%. Karena dengan kelembapan tersebut sudah mendekati pengeringan yang ideal. Saat semua sudah tercapai maka arduino akan memerintahkan *buzzer* untuk peringatan kepada operator bahwa pengeringan sudah selesai.



Gambar 3. 4 Alat pengering kacang panjang sebelum ada *valve microcontroller*

3.5.1 Kapasitas

Dengan dimensi ruang pengering 1200x1200x2000 mm alat pengering ini mampu menampung 20 kg kacang panjang. Alat ini dilengkapi 8 *tray* atau rak pengering yang digunakan untuk meletakkan kacang panjang yang akan diuji, sehingga pada masing-masing rak pengering dapat menampung kurang lebih 2,5 kg kacang panjang.

3.5.2 Bahan Bakar

Alat pengering ini menggunakan gas LPG sebagai sumber bahan bakar. Gas LPG akan dialirkan melalui selang ke *burner* atau pembakar sebagai sumber utama kalor. Panas dari burner akan mengakibatkan proses terjadinya perpindahan panas udara pada *heat exchanger box*.

3.5.3 Kontrol Suhu

Suhu dalam proses pengeringan merupakan hal yang sangat penting. Maka dari itu pada alat ini kontrol suhu dilakukan secara manual dengan cara mengatur besaran bukaan regulator pada tabung gas dan pada sirip *inlet blower*. Dengan begitu maka akan memudahkan operator dalam mengontrol besarnya suhu yang diinginkan. Untuk proses pengeringan kacang panjang suhu yang digunakan adalah 50°C. Dari kekurangan yang ada dalam control suhu secara manual ini maka di dalam siklus aliran udara ini dibuat rangkaian khusus untuk memudahkan pengaturan suhu sehingga suhunya selalu 40°C-50°C dengan cara menambahkan *valve microcontroller*.

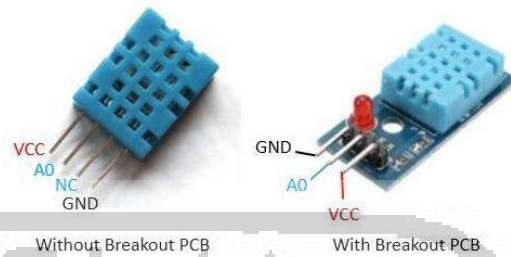


Gambar 3. 5 Rangkaian kontrol suhu

3.5.3.1 Sensor DHT11

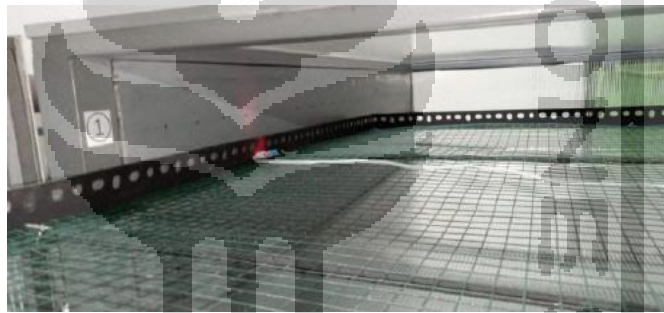
Sensor DHT11 ini digunakan alat ini sebagai pembaca suhu dan kelembapan yang ada didalam ruang pengering. Hal yang lain untuk memilih sensor ini selain bisa membaca suhu dan kelembapan adalah tahan terhadap

panas. Dan juga sensor ini dapat membaca perubahan suhu dan kelembapan dengan cepat.



Gambar 3. 6 Sensor DHT11 (Tutorial,2017)

Penempatan sensor diruang pengering sangat penting untuk mewakili rata-rata suhu diruang tersebut. Ada 4 sensor yang digunakan untuk alat pengering ini yang diletakan di *tray* 1,4,5 dan 8.



Gambar 3. 7 Sensor DHT11 di *tray* 1

3.5.3.2 *Ball valve*

Pada alat pengering ini yang digunakan adalah ball valve berbahan PVC. *Valve* ini berfungsi mengatur banyak sedikitnya udara yang masuk ke dalam ruang pengering. Dengan cara membuka atau menutup aliran udara yang melewati *valve*.



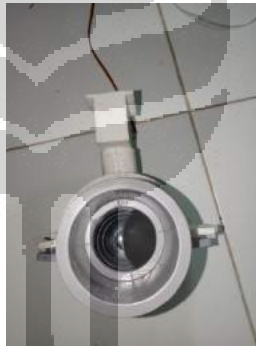
Gambar 3. 8 Pemasangan *valve* di rangkaian pengering

3.5.3.3 Arduino Mega 2560

Pada alat ini menggunakan arduino mega karena lebih banyak memiliki pin yang dibutuhkan untuk rangkaian *valve microcontroller*. Arduino ini akan diprogram untuk mengolah data yang dibaca oleh sensor DHT11 sebelum diteruskan ke motor servo untuk menggerakkan *valve*.

3.5.3.4 Motor servo

Motor servo pada alat pengering ini ada 2 karena alat pengering ini memiliki 2 inlet. Motor servo ini akan bekerja menunggu perintah dari arduino untuk bekerja menggerakkan *valve*. Seberapa besar bukaan *valve* tergantung dari sinyal yang diberikan oleh arduino kepada motor servo.



Gambar 3. 9 *Ball valve* dan motor servo

3.5.4 Aliran udara

Aliran udara yang terjadi pada alat pengering ini dikarenakan tekanan udara yang dihasilkan blower. Udara akan mengalir dari blower menuju *heat exchanger box* untuk perlakuan panas. Sebelum mengalir ke ruang pengering *valve microcontroller* mengatur berapa udara panas yang dibutuhkan kemudian dipecah atau dibagi menggunakan plat berlubang pada setiap tingkat *tray* atau rak, sehingga udara akan merata pada ruang pengering.

3.6 Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lakukan penimbangan berat terlebih dahulu pada bahan bakar LPG awal dan bahan kacang panjang basah total 20 kg (2,5 kg untuk setiap rak pengeringnya).
2. Kacang panjang basah 2,5 kg diletakkan pada tiap *tray* / rak pengering, ratakan permukaan kacang panjang agar didapatkan hasil pengeringan yang merata.
3. Pastikan lubang *exhaust* dan *inlet blower* terbuka penuh. Lakukan pengecekan terlebih dahulu sebelum proses pengeringan dimulai.
4. Merangkai *valve microcontroller* dibagian antara heat exchanger box dan saluran inlet mesin pengering.
5. Siapkan bahan bakar LPG lalu pasang regulator, selang penghubung dicabang 2 ke *burner* atau tungku bakar. Buka penuh katup aliran pada *burner* dan buka sedikit katup regulator gas kemudian nyalakan dengan pemantik.
6. Lakukan pemanasan pada alat pengering. Lakukan pemanasan sampai mencapai temperatur kurang lebih dari 50 °C. Jaga ketetapan temperatur agar tidak melebihi batas pemanasan dengan mengatur aliran udara yang masuk menggunakan *valve microcontroller*.
7. Setiap 5 menit dilakukan pengecekan temperatur pada ruang pengeringan utama agar tidak melebihi batas yang diijinkan dengan cara melihat dari monitor *controller*.
8. Lakukan penimbangan pada kacang panjang setiap 1 jam. Catat perubahan berat dan suhu pada setiap penimbangan.
9. Lakukan kembali proses (6 dan 7) hingga kacang panjang mencapai kekeringan yang diinginkan.

BAB 4

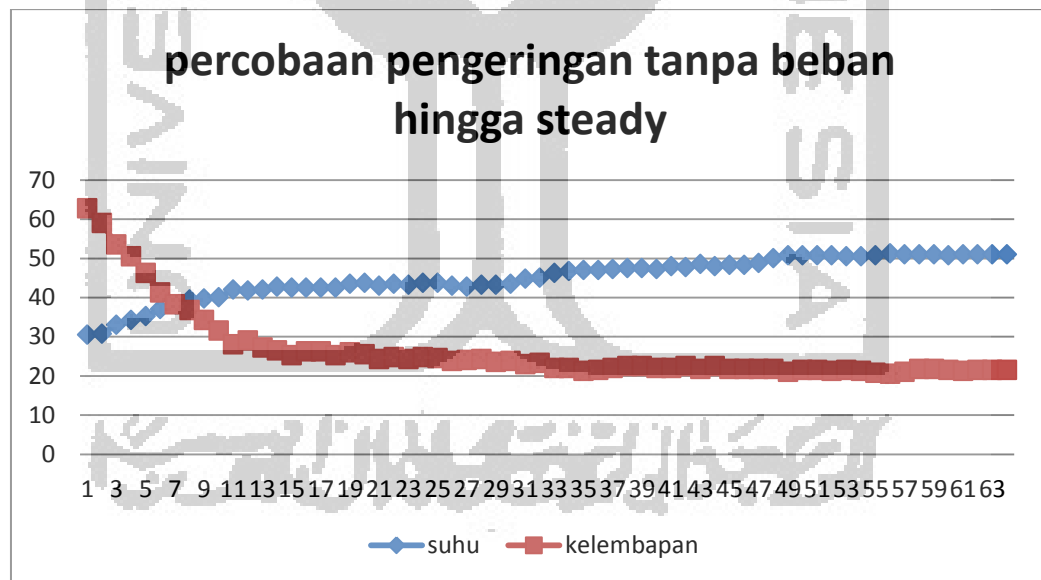
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Pengering Tanpa Beban

Sebelum dilakukan proses pengeringan kacang panjang, penulis melakukan unjuk kerja alat pengering kacang panjang terlebih dahulu untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur ruang pemanas yaitu 40-50 °C.

4.1.1 Pengujian alat *valve microcontroller* tanpa beban

Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui kerja *valve microcontroller* ketika saat proses pengeringan berlangsung. Bukaan *valve* yang tersedia yaitu 25%, 50%, 75% dan 100%. Dimana nanti pengaturan dari *valve* ini dilakukan oleh *microcontroller* setelah mendapatkan data dari sensor yang berada didalam ruang pengering.



Gambar 4. 1 Grafik percobaan pengeringan tanpa beban hingga *steady*

Gambar 4.1 adalah percobaan awal tanpa beban dengan bukkaan *valve* penuh hingga mencapai *steady* atau konstan. Dengan interval waktu pencatatan 2 menit dari suhu ruangan di menit pertama hingga suhu *steady* yaitu 126 menit.

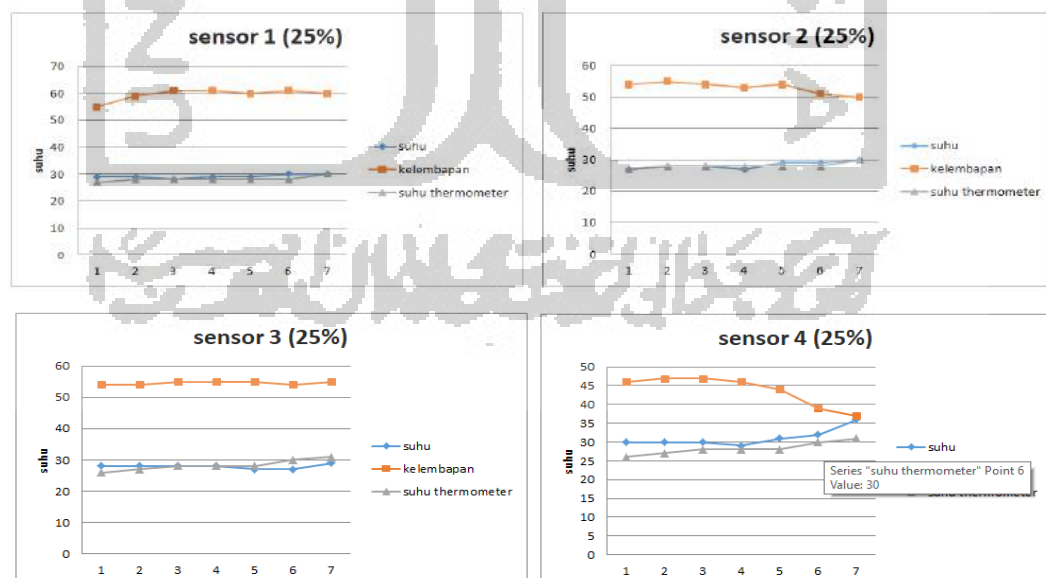
4.1.1.1 Kondisi valve 25%

Dalam percobaan ini dilakukan sama seperti tanpa beban sebelumnya, tetapi untuk kondisi valve ini diambil data suhu dan kelembapan setiap sensor. Sensor 1,2,3 dan 4 yang diambil adalah pembacaan sensor sampai menit ke 30 dengan interval waktu kelipatan waktu 2 menit.

Tabel 4. 1 Tabel percobaan valve 25% tanpa beban

| Bukaan Katup % | Sudut | No | Interval (menit ke-) | Sensor 1 | | | Sensor 2 | | | Sensor 3 | | | Sensor 4 | | | Rata-rata suhu | |
|-------------------|-------|----|-------------------------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------------|--|
| | | | | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | | |
| 25 | 22 | 1 | 2 | 29 | 55 | 27 | 27 | 54 | 27 | 28 | 54 | 26 | 30 | 46 | 26 | 27.5 | |
| | | 2 | 4 | 29 | 59 | 28 | 28 | 55 | 28 | 28 | 54 | 27 | 30 | 47 | 27 | 28.125 | |
| | | 3 | 6 | 28 | 61 | 28 | 28 | 54 | 28 | 28 | 55 | 28 | 30 | 47 | 28 | 28.25 | |
| | | 4 | 8 | 29 | 61 | 28 | 27 | 53 | 28 | 28 | 55 | 28 | 29 | 46 | 28 | 28.125 | |
| | | 5 | 10 | 29 | 60 | 28 | 29 | 54 | 28 | 27 | 55 | 28 | 31 | 44 | 28 | 28.5 | |
| | | 6 | 12 | 30 | 61 | 28 | 29 | 51 | 28 | 27 | 54 | 30 | 32 | 39 | 30 | 29.25 | |
| | | 7 | 14 | 30 | 60 | 30 | 30 | 50 | 30 | 29 | 55 | 31 | 36 | 37 | 31 | 30.875 | |
| | | 8 | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 11 | 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | 24 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | 28 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | 30 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 4.1 tidak sampai percobaan menit 30 karena di percobaan ini sudah terbakarnya valve bagian permukaan. Sehingga untuk mengantisipasi hal yang tidak diinginkan maka dihentikan pada saat setengah percobaan.



Gambar 4. 2 Grafik valve 25% pembacaan sensor dan data thermometer

Gambar 4.2 grafik pembacaan sensor dapat kita baca bahwa di sensor 4 sudah mulai terjadi penurunan kelembapan dan kenaikan suhu. Sedangkan untuk sensor yang lain belum begitu terlihat perubahan kelembapan dan suhu.

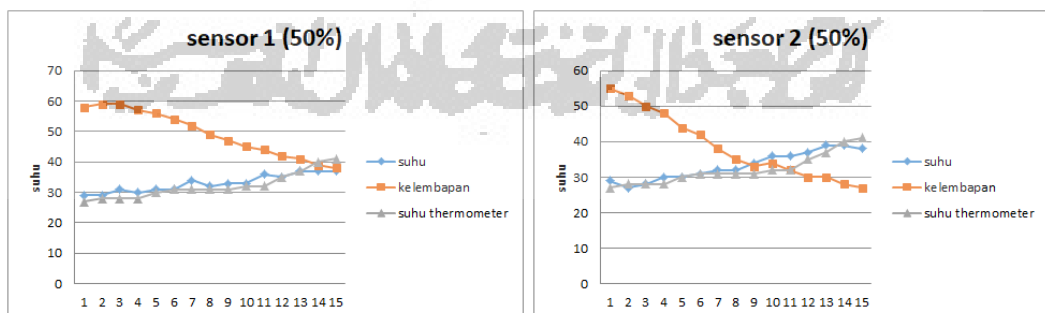
4.1.1.2 Kondisi valve 50%

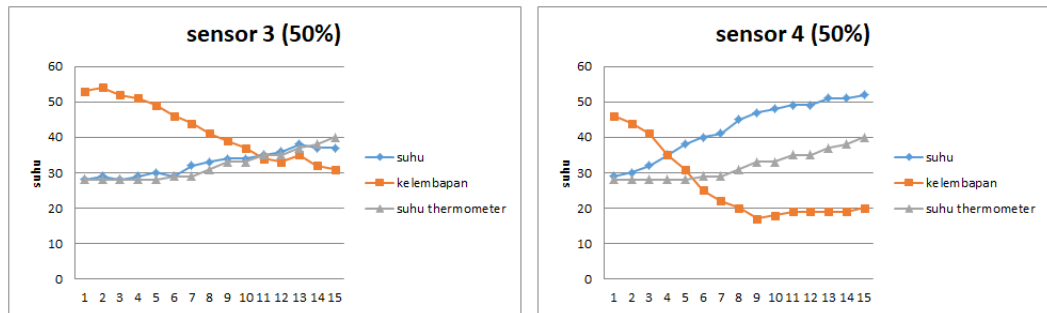
Pada kondisi valve 50% ini dimana didalam valve membuka hanya setengah dari ruangan valve. Yang mengakibatkan aliran udara yang masuk ke dalam ruang pengering hanya dibatasi oleh valve. Percobaan ini dilakukan hingga menit 30 setiap 2 menit dilakukan pembacaan dan mencatat pembacaan sensor.

Tabel 4. 2 Tabel percobaan valve 50% tanpa beban

| Bukaan Katup % | Sudut | No | Interval (menit ke-) | Sensor 1 | | | Sensor 2 | | | Sensor 3 | | | Sensor 4 | | | Rata-rata suhu |
|----------------|-------|----|----------------------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------------|
| | | | | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | |
| 50 | 44 | 1 | 2 | 29 | 58 | 27 | 29 | 55 | 27 | 28 | 53 | 28 | 29 | 46 | 28 | 28.125 |
| | | 2 | 4 | 29 | 59 | 28 | 27 | 53 | 28 | 29 | 54 | 28 | 30 | 44 | 28 | 28.375 |
| | | 3 | 6 | 31 | 59 | 28 | 28 | 50 | 28 | 28 | 52 | 28 | 32 | 41 | 28 | 28.875 |
| | | 4 | 8 | 30 | 57 | 28 | 30 | 48 | 28 | 29 | 51 | 28 | 35 | 35 | 28 | 29.5 |
| | | 5 | 10 | 31 | 56 | 30 | 30 | 44 | 30 | 30 | 49 | 28 | 38 | 31 | 28 | 30.625 |
| | | 6 | 12 | 31 | 54 | 31 | 31 | 42 | 31 | 29 | 46 | 29 | 40 | 25 | 29 | 31.375 |
| | | 7 | 14 | 34 | 52 | 31 | 32 | 38 | 31 | 32 | 44 | 29 | 41 | 22 | 29 | 32.375 |
| | | 8 | 16 | 32 | 49 | 31 | 32 | 35 | 31 | 33 | 41 | 31 | 45 | 20 | 31 | |
| | | 9 | 18 | 33 | 47 | 31 | 34 | 33 | 31 | 34 | 39 | 33 | 47 | 17 | 33 | |
| | | 10 | 20 | 33 | 45 | 32 | 36 | 34 | 32 | 34 | 37 | 33 | 48 | 18 | 33 | |
| | | 11 | 22 | 36 | 44 | 32 | 36 | 32 | 32 | 35 | 34 | 35 | 49 | 19 | 35 | |
| | | 12 | 24 | 35 | 42 | 35 | 37 | 30 | 35 | 36 | 33 | 35 | 49 | 19 | 35 | |
| | | 13 | 26 | 37 | 41 | 37 | 39 | 30 | 37 | 38 | 35 | 37 | 51 | 19 | 37 | |
| | | 14 | 28 | 37 | 39 | 40 | 39 | 28 | 40 | 37 | 32 | 38 | 51 | 19 | 38 | |
| | | 15 | 30 | 37 | 38 | 41 | 38 | 27 | 41 | 37 | 31 | 40 | 52 | 20 | 40 | |

Tabel 4.2 dapat kita simpulkan bahwa untuk mencapai suhu pengeringan ideal dengan bukaan valve 50% membutuhkan waktu 12 menit yang di tunjukan oleh data sensor 4.





Gambar 4. 3 Grafik *valve* 50% pembacaan sensor dan data *thermometer*

Gambar 4.3 grafik untuk setiap sensor membaca perubahan kenaikan suhu dan penurunan kelembapan. Untuk *thermometer* sebagai data pembandingan sensor membaca bahwa yang dibaca sensor dan *thermometer* hampir sama. Dan sensor 4 membaca bahwa diruangan yang diwakilkan oleh sensor 4 terjadi perubahan suhu dan kelembapan yang cukup cepat.

4.1.1.3 Kondisi *valve* 75%

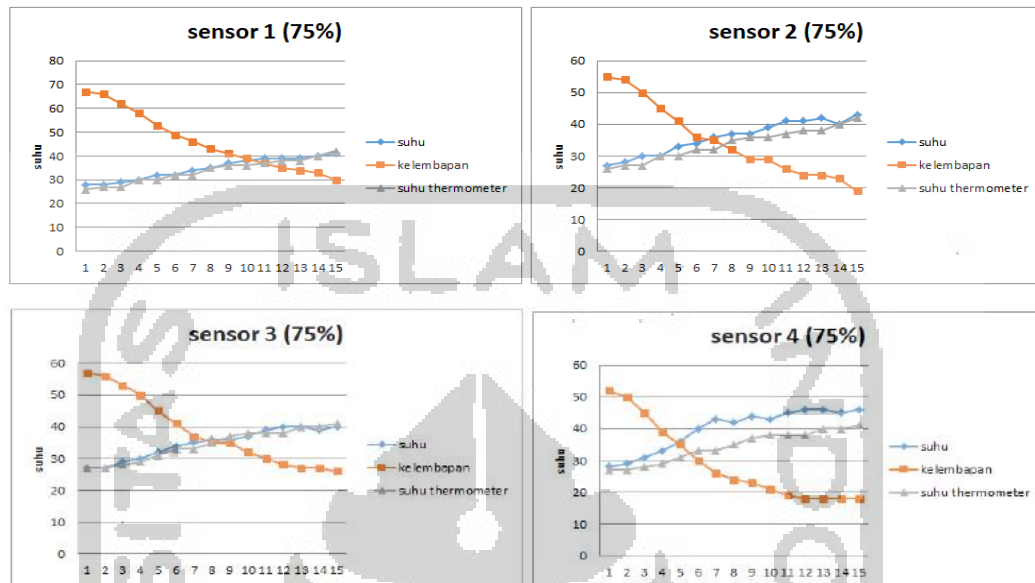
Pada kondisi *valve* 75% ini aliran udara yang menuju ruangan pengering dibatasi hanya 75% saja yang masuk ke ruang pengering. Sehingga akan menghambat lamanya proses pengeringan. Karena udara panas yang masuk dibatasi oleh *valve* sehingga tidak akan maksimal.

Tabel 4. 3 Tabel percobaan *valve* 75% tanpa beban

| Bukaan Katup % | Sudut | No | Interval (menit ke-) | Sensor 1 | | | Sensor 2 | | | Sensor 3 | | | Sensor 4 | | | Rata-rata suhu |
|----------------|-------|----|----------------------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------------|
| | | | | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | |
| 75 | 66 | 1 | 2 | 28 | 67 | 26 | 27 | 55 | 26 | 27 | 57 | 27 | 28 | 52 | 27 | 27 |
| | | 2 | 4 | 28 | 66 | 27 | 28 | 54 | 27 | 27 | 56 | 27 | 29 | 50 | 27 | 27.5 |
| | | 3 | 6 | 29 | 62 | 27 | 30 | 50 | 27 | 29 | 53 | 28 | 31 | 45 | 28 | 28.625 |
| | | 4 | 8 | 30 | 58 | 30 | 30 | 45 | 30 | 30 | 50 | 29 | 33 | 39 | 29 | 30.125 |
| | | 5 | 10 | 32 | 53 | 30 | 33 | 41 | 30 | 32 | 45 | 31 | 36 | 35 | 31 | 31.875 |
| | | 6 | 12 | 32 | 49 | 32 | 34 | 36 | 32 | 34 | 41 | 33 | 40 | 30 | 33 | 33.75 |
| | | 7 | 14 | 34 | 46 | 32 | 36 | 35 | 32 | 35 | 37 | 33 | 43 | 26 | 33 | 34.75 |
| | | 8 | 16 | 35 | 43 | 35 | 37 | 32 | 35 | 36 | 35 | 35 | 42 | 24 | 35 | |
| | | 9 | 18 | 37 | 41 | 36 | 37 | 29 | 36 | 36 | 35 | 37 | 44 | 23 | 37 | |
| | | 10 | 20 | 38 | 39 | 36 | 39 | 29 | 36 | 37 | 32 | 38 | 43 | 21 | 38 | |
| | | 11 | 22 | 39 | 37 | 37 | 41 | 26 | 37 | 39 | 30 | 38 | 45 | 19 | 38 | |
| | | 12 | 24 | 39 | 35 | 38 | 41 | 24 | 38 | 40 | 28 | 38 | 46 | 18 | 38 | |
| | | 13 | 26 | 39 | 34 | 38 | 42 | 24 | 38 | 40 | 27 | 40 | 46 | 18 | 40 | |
| | | 14 | 28 | 40 | 33 | 40 | 40 | 23 | 40 | 39 | 27 | 40 | 45 | 18 | 40 | |
| | | 15 | 30 | 41 | 30 | 42 | 43 | 19 | 42 | 40 | 26 | 41 | 46 | 18 | 41 | |

Data tabel 4.3 dapat kita simpulkan bahwa pada pembacaan semua sensor dalam waktu 30 menit percobaan di setiap ruangan yang diwakilkan sensor sudah

mencapai suhu pengeringan ideal. Lebih tepatnya dalam waktu 28 menit semua sensor sudah membaca bahwa telah mencapai suhu ideal.



Gambar 4. 4 Grafik *valve* 75% pembacaan sensor dan data *thermometer*

Gambar 4.4 grafik dapat kita simpulkan bahwa di bukaan *valve* 75% ini kenaikan suhu di setiap ruangan merata. Dan untuk mencapai suhu ideal pengeringan sangat cepat apabila dibandingkan dengan bukaan *valve* sebelumnya.

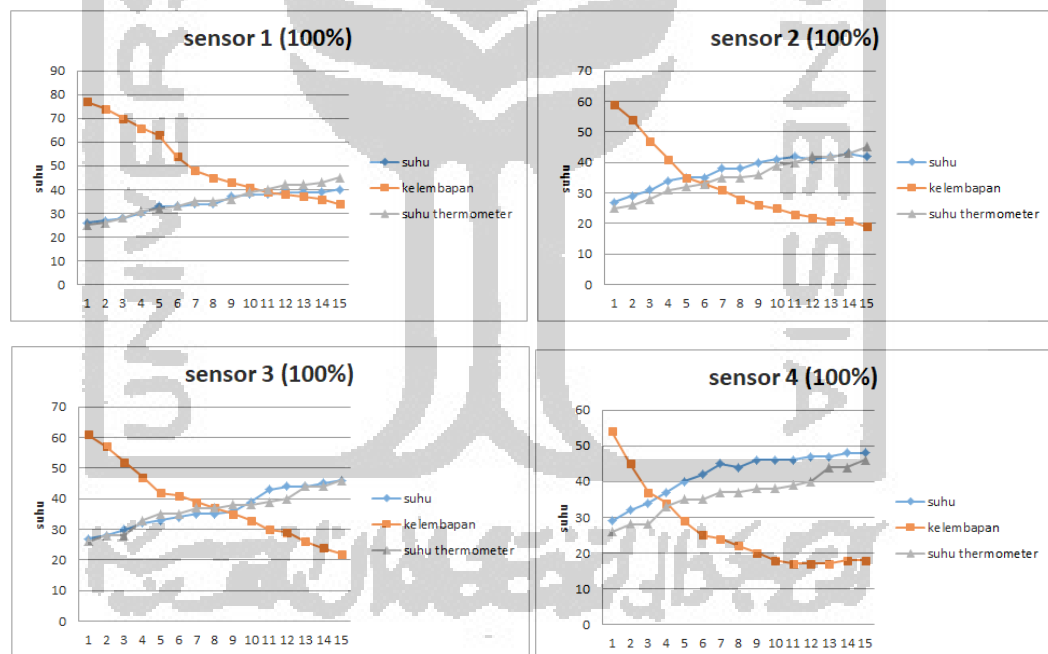
4.1.1.4 Kondisi *valve* 100%

Pada kondisi *valve* 100% ini sama seperti dengan aliran udara yang masuk ke dalam ruang pengering tidak ada hambatan. Sehingga untuk mencapai suhu ideal di seluruh bagian ruangan lebih cepat dibandingkan dengan kondisi *valve* sebelumnya.

Tabel 4. 4 Tabel percobaan *valve* 100% tanpa beban

| Bukaan Katup % | Sudut | No | Interval (menit ke-) | Sensor 1 | | | Sensor 2 | | | Sensor 3 | | | Sensor 4 | | | Rata-rata suhu |
|-------------------|-------|----|-------------------------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------------|
| | | | | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | T(°C) | Hum | Ther(°C) | |
| 100 | 88 | 1 | 2 | 26 | 77 | 25 | 27 | 59 | 25 | 27 | 61 | 26 | 29 | 54 | 26 | 26.375 |
| | | 2 | 4 | 27 | 74 | 26 | 29 | 54 | 26 | 28 | 57 | 28 | 32 | 45 | 28 | 28 |
| | | 3 | 6 | 28 | 70 | 28 | 31 | 47 | 28 | 30 | 52 | 28 | 34 | 37 | 28 | 29.375 |
| | | 4 | 8 | 30 | 66 | 31 | 34 | 41 | 31 | 32 | 47 | 33 | 37 | 34 | 33 | 32.625 |
| | | 5 | 10 | 33 | 63 | 32 | 35 | 35 | 32 | 33 | 42 | 35 | 40 | 29 | 35 | 34.375 |
| | | 6 | 12 | 33 | 54 | 33 | 35 | 33 | 33 | 34 | 41 | 35 | 42 | 25 | 35 | 35 |
| | | 7 | 14 | 34 | 48 | 35 | 38 | 31 | 35 | 35 | 39 | 37 | 45 | 24 | 37 | 37 |
| | | 8 | 16 | 34 | 45 | 35 | 38 | 28 | 35 | 35 | 37 | 37 | 44 | 22 | 37 | 37 |
| | | 9 | 18 | 37 | 43 | 36 | 40 | 26 | 36 | 36 | 35 | 38 | 46 | 20 | 38 | 38 |
| | | 10 | 20 | 38 | 41 | 39 | 41 | 25 | 39 | 39 | 33 | 38 | 46 | 18 | 38 | 38 |
| | | 11 | 22 | 38 | 39 | 40 | 42 | 23 | 40 | 43 | 30 | 39 | 46 | 17 | 39 | 39 |
| | | 12 | 24 | 39 | 38 | 42 | 41 | 22 | 42 | 44 | 29 | 40 | 47 | 17 | 40 | 40 |
| | | 13 | 26 | 39 | 37 | 42 | 42 | 21 | 42 | 44 | 26 | 44 | 47 | 17 | 44 | 44 |
| | | 14 | 28 | 39 | 36 | 43 | 43 | 21 | 43 | 45 | 24 | 44 | 48 | 18 | 44 | 44 |
| | | 15 | 30 | 40 | 34 | 45 | 42 | 19 | 45 | 46 | 22 | 46 | 48 | 18 | 46 | 46 |

Data tabel 4.4 dapat kita simpulkan bahwa pada pembacaan semua sensor, dalam waktu 30 menit percobaan. Disetiap ruangan yang diwakilkan sensor sudah mencapai suhu pengeringan ideal. Lebih tepatnya dalam waktu 24 menit semua sensor sudah membaca bahwa telah mencapai suhu ideal.

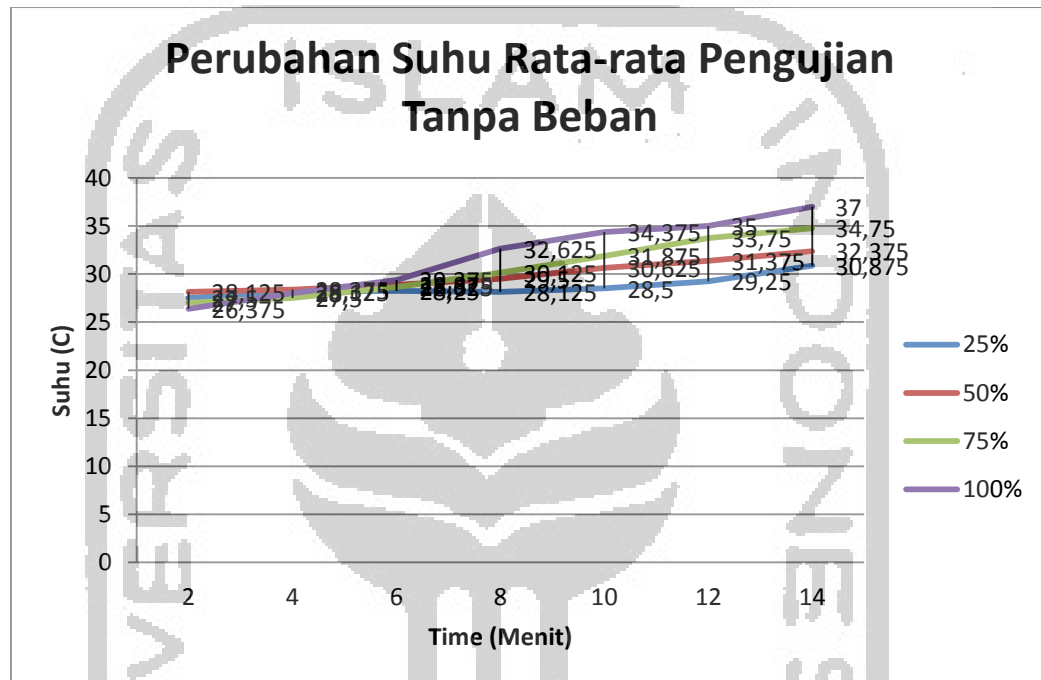


Gambar 4. 5 Grafik *valve* 100% pembacaan sensor dan data *thermometer*

Gambar 4.5 grafik dapat kita simpulkan bahwa di bukaan *valve* 100% ini kenaikan suhu di setiap ruangan merata. Dan untuk mencapai suhu ideal pengeringan sangat cepat apabila dibandingkan dengan bukaan *valve* sebelumnya.

4.1.1.5 Suhu rata-rata tiap bukaan *valve* selama 14 menit

Karena untuk bukaan *valve* 25% mengalami masalah maka untuk membandingkan perubahan suhu yang terjadi pada setiap bukaan *valve*. Dapat dibuat dengan membandingkan kenaikan suhu setiap *valve* selama 14 menit, seperti yang terlihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4. 6 Rata-rata kenaikan suhu tiap bukaan *valve* dalam 14 menit

Kesimpulan dari gambar 4.6 ini adalah pada setiap bukaan *valve* sangat berpengaruh pada perubahan suhu. Semakin besar bukaan *valve* maka semakin cepat juga perubahan suhunya.

4.2 Pengujian Alat Pengering Dengan Beban

Pengujian alat mesin pengering *valve microcontroller* ini bertujuan untuk mengetahui kadar air awal kacang panjang dan kadar air kacang panjang yang telah dikeringkan. Pengujian ini menggunakan beban 20kg kacang panjang tiap rak mempunyai beban 2,5 kg kacang panjang basah. Dari proses pengeringan ini juga akan didapatkan besar konsumsi bahan bakar LPG serta biaya yang harus dikeluarkan dalam satu periode pengeringan.

4.2.1 Persiapan Awal Pengujian

Persiapan awal pengujian dengan beban kacang panjang 20kg yaitu menimbang kacang awal dan membagi 20 kg kacang panjang. Karena mesin ini memiliki 8 rak maka disetiap rak terdapat 2,5 kg kacang panjang. Kemudian, timbang berat gas LPG untuk mengetahui berat awal sebelum digunakan. Sehingga nantinya akan diketahui berapa banyak gas yang digunakan untuk pengeringan ini. Setelah itu merangkai mesin pengering ini dari blower, pemanas, *valve microcontroller*, menata rak yang ada di dalam ruang pengering seperti yang ditunjukkan oleh gambar dibawah 4.7.



Gambar 4. 7 Proses penataan rak ruang pengering

4.2.2 Proses Pengeringan

Proses pengeringan ini dilakukan dengan menjaga temperatur ruang pengering 40-50°C. Cara untuk menjaga agar temperatur tetap konstan yaitu dengan mengatur bukaan *valve* secara otomatis oleh *microcontroller*. Ketika sensor yang berada didalam ruang pengering membaca maka akan diteruskan ke *microcontroller* kemudian akan diolah dan akan memerintahkan *valve* membuka berapa persen (%) seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 *Valve microcontroller*

4.2.3 Pengambilan Data Proses Pengeringan

Untuk melakukan pengambilan data berat kacang panjang seperti pada gambar 4.9 proses pengeringan dilakukan dengan interval waktu 1 jam selama proses pengeringan. Dari data yang di dapat nantinya akan menentukan tingkat penurunan kadar air kacang panjang saat proses pengeringan. Dengan menggunakan sensor suhu dan kelembapan ini dapat kita ambil perubahan suhu yang terjadi dan menjaga suhu ideal didalam ruang pengering dengan bantuan *microcontroller*.



Gambar 4. 9 Proses penimbangan berat kacang panjang

4.2.4 Pengambilan Hasil Pengeringan

Pengambilan hasil pengeringan kacang panjang setelah proses pengeringan selama 13jam (780 menit). Kacang panjang berubah menjadi berwarna coklat tua dan kering maka kacang panjang sudah dinyatakan kering. Setelah pengeringan selesai maka harus segera mematikan api dan mekanisme *valve microcontroller*. Serta tidak lupa mematikan sumber listrik yang digunakan oleh mesin pengering. Setelah semua sudah dikondisikan maka kita bisa mengambil kacang panjang yang berada didalam mesin pengering.



Gambar 4. 10 Kacang panjang setelah proses pengeringan

Untuk mengetahui jumlah gas LPG yang digunakan maka harus dilakukan penimbangan berat akhir gas LPG. Dan tidak lupa keluarkan rak dari dalam mesin pengering untuk melihat dan menimbang berat akhir kacang panjang setelah dikeringkan seperti pada gambar 4.10 ini. Penurunan berat kacang panjang yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Penurunan Berat Kacang Panjang} &= \text{Berat Awal Kacang Panjang} - \text{Berat Akhir} \\ &\text{Kacang Panjang} \\ &= 20 \text{ kg} - 3,22 \text{ kg} \\ &= 16,78 \text{ kg}\end{aligned}$$

4.3 Menghitung Penurunan Kadar Air Kacang Panjang

Dari tabel 4.5 maka kita dapat melihat penurunan berat kacang panjang setelah dilakukan proses pengeringan.

Tabel 4. 5 Penurunan berat kacang panjang

| No | Penurunan Berat Kacang Panjang tiap jam (kg) | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Rak 1 | 2.33 | 2.25 | 1.95 | 1.755 | 1.38 | 1.265 | 1.075 | 0.82 | 0.715 | 0.645 | 0.59 | 0.46 | 0.405 |
| | 93.2 | 90 | 78 | 70.2 | 55.2 | 50.6 | 43 | 32.8 | 28.6 | 25.8 | 23.6 | 18.4 | 16.2 |
| | 2.25 | 2.135 | 1.905 | 1.74 | 1.455 | 1.235 | 1.045 | 0.915 | 0.785 | 0.71 | 0.62 | 0.52 | 0.47 |
| Rak 2 | 90 | 85.4 | 76.2 | 69.6 | 58.2 | 49.4 | 41.8 | 36.6 | 31.4 | 28.4 | 24.8 | 20.8 | 18.8 |
| | 2.205 | 2.16 | 1.81 | 1.68 | 1.31 | 1.035 | 0.89 | 0.725 | 0.69 | 0.43 | 0.395 | 0.37 | 0.35 |
| Rak 3 | 88.2 | 86.4 | 72.4 | 67.2 | 52.4 | 41.4 | 35.6 | 29 | 27.6 | 17.2 | 15.8 | 14.8 | 14 |
| | 2.23 | 1.98 | 1.74 | 1.41 | 1.09 | 0.975 | 0.815 | 0.73 | 0.63 | 0.59 | 0.515 | 0.46 | 0.385 |
| Rak 4 | 89.2 | 79.2 | 69.6 | 56.4 | 43.6 | 39 | 32.6 | 29.2 | 25.2 | 23.6 | 20.6 | 18.4 | 15.4 |
| | 2.315 | 2.18 | 1.875 | 1.585 | 1.41 | 1.3 | 1.015 | 0.94 | 0.76 | 0.575 | 0.54 | 0.49 | 0.42 |
| Rak 5 | 92.6 | 87.2 | 75 | 63.4 | 56.4 | 52 | 40.6 | 37.6 | 30.4 | 23 | 21.6 | 19.6 | 16.8 |
| | 2.275 | 2.01 | 1.86 | 1.66 | 1.47 | 1.345 | 1.195 | 1.06 | 0.89 | 0.68 | 0.63 | 0.54 | 0.495 |
| Rak 6 | 91 | 80.4 | 74.4 | 66.4 | 58.8 | 53.8 | 47.8 | 42.4 | 35.6 | 27.2 | 25.2 | 21.6 | 19.8 |
| | 2.265 | 1.96 | 1.78 | 1.435 | 1.195 | 0.97 | 0.815 | 0.74 | 0.63 | 0.495 | 0.41 | 0.365 | 0.315 |
| Rak 7 | 90.6 | 78.4 | 71.2 | 57.4 | 47.8 | 38.8 | 32.6 | 29.6 | 25.2 | 19.8 | 16.4 | 14.6 | 12.6 |
| | 2.25 | 1.975 | 1.66 | 1.185 | 1.05 | 1.17 | 0.975 | 0.79 | 0.7 | 0.57 | 0.52 | 0.41 | 0.38 |
| Rak 8 | 90 | 79 | 66.4 | 47.4 | 42 | 46.8 | 39 | 31.6 | 28 | 22.8 | 20.8 | 16.4 | 15.2 |

4.3.1 Kandungan Air Kacang Panjang

Pada data hasil pengujian tersebut dapat diketahui berat awal kacang panjang sebelum pengeringan yaitu 20 kg, dan jumlah berat akhir total kacang panjang setelah pengeringan yaitu 3,22 kg.

Perhitungan jumlah kadar air kacang panjang menggunakan data *tray* 7 karena memiliki tingkat kekeringan yang lebih maksimal mencapai berat akhir 0,315 kg dari berat awal 2,5 kg dibanding dengan *tray* atau rak yang lain.

Perhitungan kadar air awal kacang panjang sebagai berikut :

Analisa jumlah kadar air kacang panjang

Tray 7

Berat kacang panjang awal (W_1) = 2,5 kg

Berat kacang panjang akhir (W_2) = 0,315 kg

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan Kadar Air} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\ &= \frac{2,5 \text{ kg} - 0,315 \text{ kg}}{2,5 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 87,4 \%\end{aligned}$$

Jadi, berat awal kandungan air total pada kacang panjang 20 kg (20000 gram) yaitu $20000 \text{ gr} \times 87,4 \% = 17480 \text{ gram}$ atau 17,48 kg.

Tabel 4. 6 Berat kandungan air kacang panjang hasil pengeringan

| <i>Tray</i> | Berat Kacang Panjang Awal (w_1) | Berat Kacang Panjang Akhir (w_2) | Berat Air Diupkan |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| <i>Tray</i> 1 | 2,5 kg | 0,405 kg | 2,095 kg |
| <i>Tray</i> 2 | 2,5 kg | 0,470 kg | 2,030 kg |
| <i>Tray</i> 3 | 2,5 kg | 0,350 kg | 2,150 kg |
| <i>Tray</i> 4 | 2,5 kg | 0,385 kg | 2,115 kg |
| <i>Tray</i> 5 | 2,5 kg | 0,420 kg | 2,080 kg |
| <i>Tray</i> 6 | 2,5 kg | 0,495 kg | 2,005 kg |
| <i>Tray</i> 7 | 2,5 kg | 0,315 kg | 2,185 kg |
| <i>Tray</i> 8 | 2,5 kg | 0,380 kg | 2,120 kg |

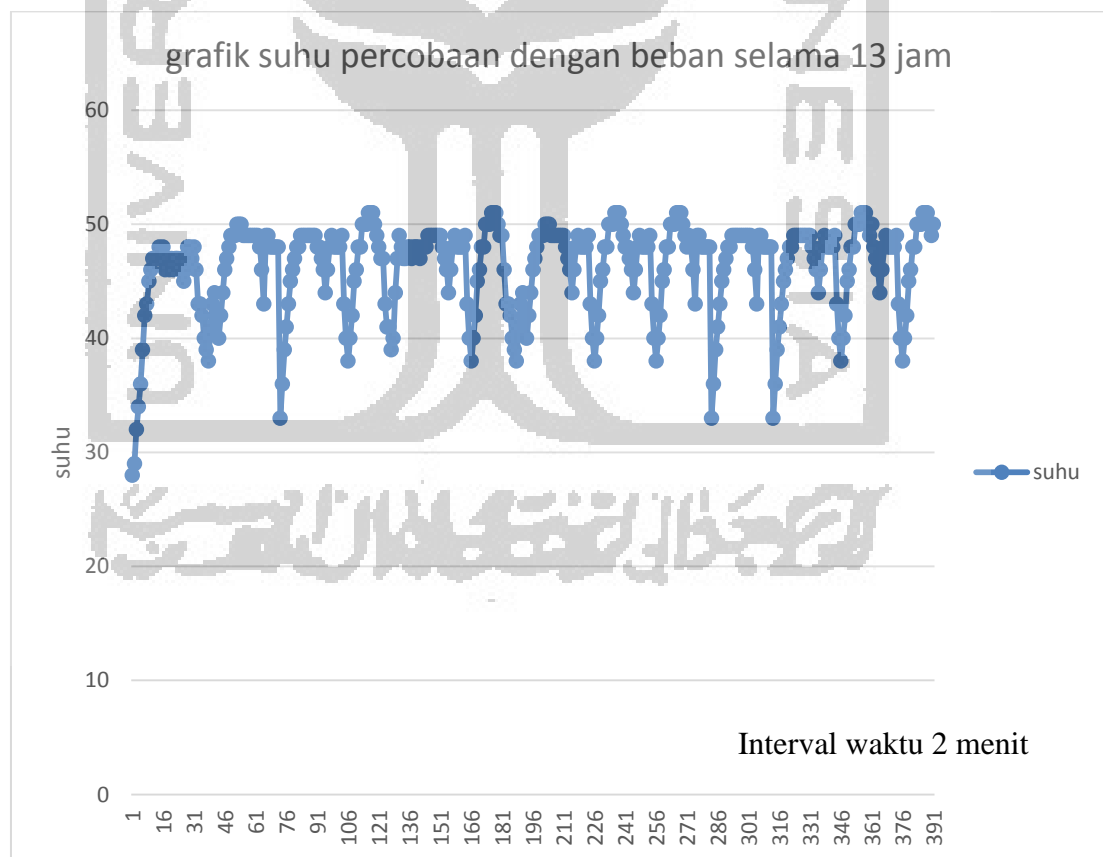
Persentase penurunan berat kacang panjang total adalah :

$$= \frac{83,8 \% + 81,2 \% + 86 \% + 84,6 \% + 83,2 \% + 80,2 \% + 87,4 \% + 84,8 \%}{\text{jumlah tray}}$$

$$= \frac{671,2 \%}{8}$$

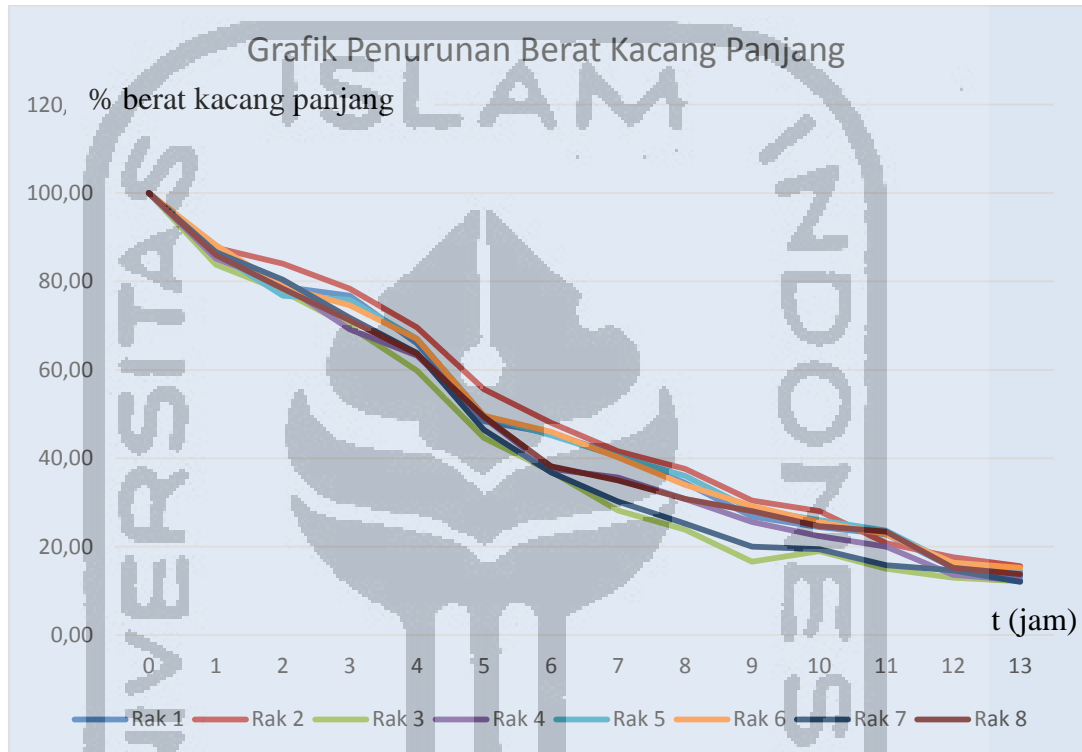
$$= 83,9 \%$$

Hasil penurunan kadar air akhir pengeringan kacang panjang basah dalam waktu 780 menit (13 jam) yaitu 83,9 % atau perhitungan secara berat air yang berhasil diuapkan yaitu $20000 \text{ gr} \times 83,9 \% = 16780 \text{ gram}$ atau 16,78 kg. Jadi, selisih dari berat kandungan air awal dan berat kandungan air yang berhasil diuapkan adalah $17,48 \text{ kg} - 16,78 \text{ kg} = 0,7 \text{ kg}$ atau hanya selisih 4,17 % dari kandungan air awal. Hasil tersebut telah memenuhi kriteria kurang dari 20 % kandungan air untuk memasuki tahap pengeringan selanjutnya dengan menggunakan blower atau kipas angin setelah biji kacang panjang dilepas dari kulitnya.



Gambar 4. 11 Grafik suhu percobaan dengan beban selama 13 jam

Gambar 4.10 menunjukkan pada saat melakukan pengeringan selama 13 jam mengalami kenaikan suhu dan penurunan suhu. Untuk titik yang bawah atau suhu turun itu karena dilakukannya penimbangan berat kacang panjang. Saat dilakukan penimbangan itu banyak kalor panas yang keluar sehingga suhu didalam ruang pengering menjadi turun kembali.



Gambar 4. 12 Grafik penurunan berat kacang panjang

Gambar 4.11 dapat kita simpulkan bahwa pengeringan dengan mesin pengering ini lebih baik dibandingkan dengan pengeringan menggunakan cahaya matahari. Karena apabila menggunakan cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap cuaca dan perubahan cuaca. Jika cuaca hujan atau mendung maka pengeringan akan tidak maksimal dan membutuhkan waktu yang lama. Tidak hanya itu saja dengan terjadinya perubahan secara mendadak ini mengakibatkan benih kacang panjang akan mati.

4.3.2 Penurunan Kadar Air Kacang Panjang

Jika berat kacang panjang dengan kadar air terendah atau sampai kering = 0,315 kg (*tray* 7) atau 87,4% dari berat awal 2,5 kg, Maka kandungan air pada setiap rak adalah $87,4\% \times 2,5 \text{ kg} = 2,185 \text{ kg}$ air. Sehingga penurunan kadar air setiap raknya dapat dihitung sebagai berikut:

Analisa penurunan kadar air kacang panjang setelah 1 jam pengeringan

Tray 1

Berat kacang panjang 1 jam pengeringan (W_1) = 2,330 kg (Tabel 4.5)

Berat kacang panjang kering (W_k) = 0,315 kg

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan Kadar Air} &= W_1 - W_k \\ &= 2,330 \text{ kg} - 0,315 \text{ kg} \\ &= 2,015 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan Kadar Air} &= \frac{2,015 \text{ kg}}{2,185 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 92,2 \%\end{aligned}$$

Jadi, sisa kadar air setelah proses pengeringan selama 1 jam pada *tray* 1 adalah 92,2 % atau 2,015 kg air.

Dari perhitungan tersebut maka dapat dibuat tabel penurunan kadar air sebagai berikut :

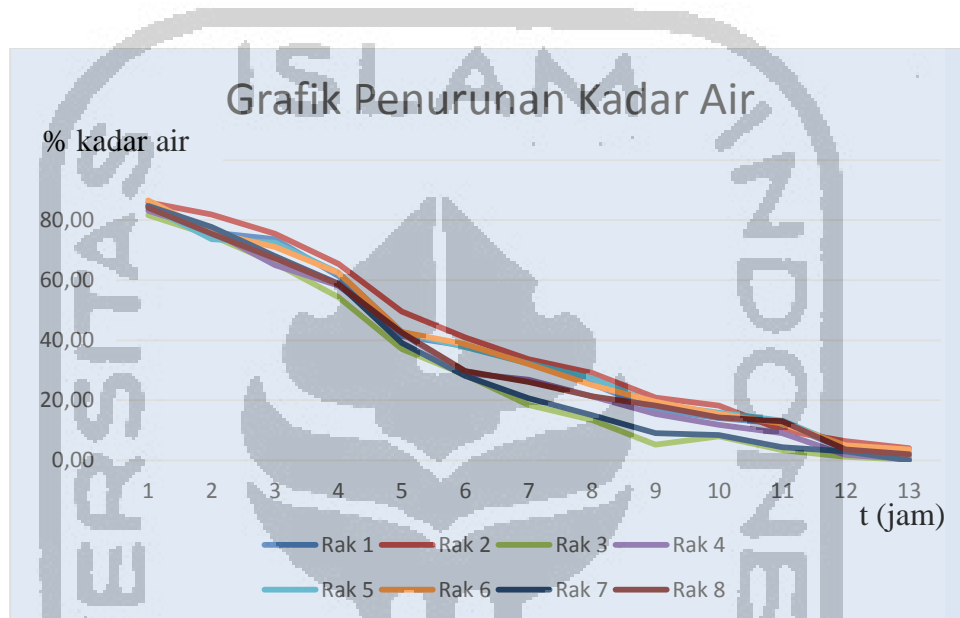
Tabel 4. 7 Penurunan kadar air kacang panjang

| No | Penurunan Kadar Air tiap jam (kg) | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Rak 1 | 2.015 | 1.935 | 1.635 | 1.44 | 1.065 | 0.95 | 0.76 | 0.505 | 0.4 | 0.33 | 0.275 | 0.145 | 0.09 |
| | 92.21968 | 88.55835 | 74.82838 | 65.90389 | 48.74142 | 43.47826 | 34.78261 | 23.11213 | 18.30664 | 15.10297 | 12.58581 | 6.636156 | 4.118993 |
| | 1.935 | 1.82 | 1.59 | 1.425 | 1.14 | 0.92 | 0.73 | 0.6 | 0.47 | 0.395 | 0.305 | 0.205 | 0.155 |
| Rak 2 | 88.55835 | 83.29519 | 72.76888 | 65.21739 | 52.17391 | 42.10526 | 33.40961 | 27.45995 | 21.5103 | 18.0778 | 13.95881 | 9.382151 | 7.093822 |
| | 1.89 | 1.845 | 1.495 | 1.365 | 0.995 | 0.72 | 0.575 | 0.41 | 0.375 | 0.115 | 0.08 | 0.055 | 0.035 |
| Rak 3 | 86.49886 | 84.43936 | 68.42105 | 62.4714 | 45.53776 | 32.95195 | 26.31579 | 18.7643 | 17.16247 | 5.263158 | 3.661327 | 2.517162 | 1.601831 |
| | 1.915 | 1.665 | 1.425 | 1.095 | 0.775 | 0.66 | 0.5 | 0.415 | 0.315 | 0.275 | 0.2 | 0.145 | 0.07 |
| Rak 4 | 87.64302 | 76.20137 | 65.21739 | 50.11442 | 35.46911 | 30.20595 | 22.8833 | 18.99314 | 14.41648 | 12.58581 | 9.153318 | 6.636156 | 3.203661 |
| | 2 | 1.865 | 1.56 | 1.27 | 1.095 | 0.985 | 0.7 | 0.625 | 0.445 | 0.26 | 0.225 | 0.175 | 0.105 |
| Rak 5 | 91.53318 | 85.35469 | 71.39588 | 58.12357 | 50.11442 | 45.08009 | 32.03661 | 28.60412 | 20.36613 | 11.89931 | 10.29748 | 8.009153 | 4.805492 |
| | 1.96 | 1.695 | 1.545 | 1.345 | 1.155 | 1.03 | 0.88 | 0.745 | 0.575 | 0.365 | 0.315 | 0.225 | 0.18 |
| Rak 6 | 89.70252 | 77.57437 | 70.70938 | 61.55606 | 52.86041 | 47.13959 | 40.2746 | 34.09611 | 26.31579 | 16.70481 | 14.41648 | 10.29748 | 8.237986 |
| | 1.95 | 1.645 | 1.465 | 1.12 | 0.88 | 0.655 | 0.5 | 0.425 | 0.315 | 0.18 | 0.095 | 0.05 | 0 |
| Rak 7 | 89.24485 | 75.28604 | 67.04805 | 51.25858 | 40.2746 | 29.97712 | 22.8833 | 19.4508 | 14.41648 | 8.237986 | 4.347826 | 2.28833 | 0 |
| | 1.935 | 1.66 | 1.345 | 0.87 | 0.795 | 0.855 | 0.66 | 0.475 | 0.385 | 0.255 | 0.205 | 0.095 | 0.065 |
| Rak 8 | 88.55835 | 75.97254 | 61.55606 | 39.81693 | 33.63844 | 39.13043 | 30.20595 | 21.73913 | 17.62014 | 11.67048 | 9.382151 | 4.347826 | 2.974828 |

Dari perhitungan dan data hasil percobaan tabel 4.6 maka dapat dikatakan bahwa kandungan kadar air kacang panjang pasca panen sekitar 80%. Dan pada tray 7 dapat dilihat dan dihitung bahwa kandungan kadar air yang dimiliki

sebesar 87,4 % sebelum dilakukannya proses pengeringan hingga mencapai titik paling kering.

Data dan perhitungan diatas membuktikan bahwa penurunan kadar air tiap tray berbeda atau tidak merata. Jika dilihat dari data tingkat urutan pengeringan terbaik yaitu 3-4-1-2 dan 7-8-5-6. Selain dari factor mesin pengering ini, factor yang mempengaruhi lainnya adalah umur kacang panjang yang berbeda.



Gambar 4. 13 Grafik penurunan kadar air pengeringan kacang panjang

Gambar 4.12 grafik ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air tiap rak berbeda-beda. Tetapi perbedaan ini tidak terlalu signifikan karena tidak terlalu banyak. Faktor yang mempengaruhi perbedaan ini adalah kualitas tiap kacang panjang, sirkulasi udara panas didalam ruang pengering dan banyaknya udara panas yang diterima tiap rak. Faktor tersebut sangat berpengaruh dalam perbedaan tingkat penurunan kadar air.

4.4 Laju Pengeringan

Berikut tabel rata-rata banyaknya penguapan kandungan air kacang panjang pada tray setiap jam selama proses pengeringan berlangsung:

Tabel 4. 8 Laju pengeringan setiap jam

| Waktu (jam) | Laju Pengeringan |
|-------------|------------------|
| 1 | 0.550 kg |
| 2 | 0.183 kg |
| 3 | 0.258 kg |
| 4 | 0.266 kg |
| 5 | 0.261 kg |
| 6 | 0.133 kg |
| 7 | 0.183 kg |
| 8 | 0.138 kg |
| 9 | 0.115 kg |
| 10 | 0.138 kg |
| 11 | 0.059 kg |
| 12 | 0.075 kg |
| 13 | 0.049 kg |

Tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa rata-rata pada 1 jam pertama pengeringan, kadar air kacang panjang berkurang sebanyak 0.301 kg. Sedangkan untuk jam selanjutnya pengurangan kadar air tidak dapat berkurang secara konstan ataupun mempunyai selisih yang sama. Setiap jam pengeringan memiliki tingkat pengurangan kadar air yang berbeda-beda.

4.5 Perbandingan Kinerja Alat Pengering Kacang Panjang

Perbandingan mekanisme kerja alat pengering kacang panjang dengan alat sebelumnya yang tidak memakai *valve microcontroller*. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan masing-masing alat pengering. Terutama pada pengambilan data dan hasil dari pengeringan yang dilakukan dengan beban kacang panjang ini.

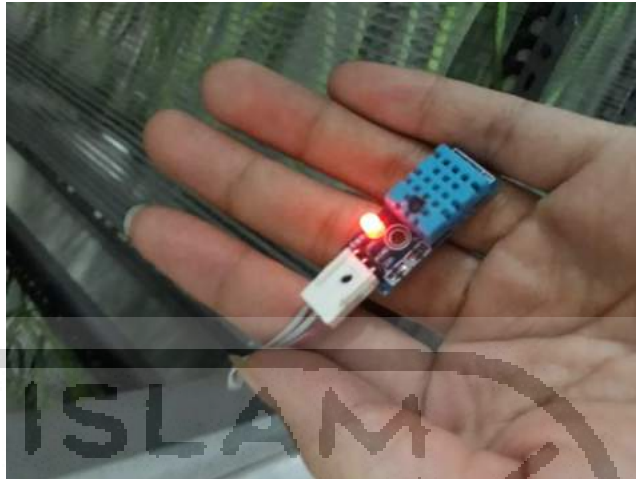
4.5.1 Mesin pengering menggunakan *valve microcontroller*

Mesin pengering ini menggunakan tambahan perangkat yang dinamakan *valve microcontroller*. Yang dimana nantinya akan membantu dalam pengoperasian mesin pengering ini. Terutama dalam hal pemantauan suhu dan kelembapan didalam ruang pengering ini. Dengan diatur secara otomatis sehingga nantinya operator alat ini atau yang menggunakan alat ini dapat terbantu.



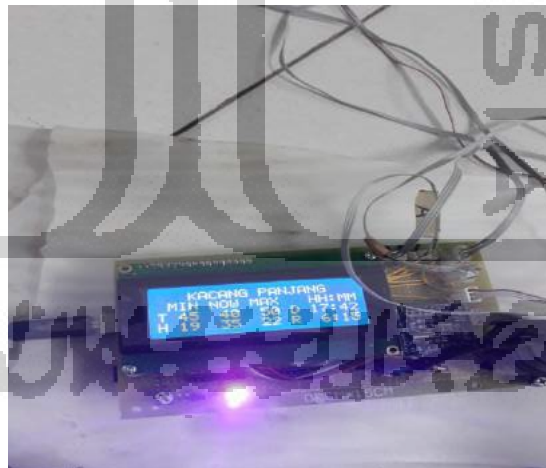
Gambar 4. 14 pengering dengan *valve microcontroller*

Gambar 4.13 dapat kita lihat bahwa setelah pemanas ada rangkaian *valve microcontroller*. Sistem kerja dari alat ini yaitu pada saat mesin menyala atau bekerja pertama-tama blower menyala yang berfungsi mendorong udara dari luar untuk meniumpan atau mengalirkan kedalam *heat exchanger* sebelum masuk dan melewati *valve*. Fungsi utama dari *valve* ini adalah mengatur banyaknya udara panas yang masuk kedalam ruang pengering sehingga suhu dan kelembapan yang ada didalam mesin pengering dapat diatur. Tujuan dari ini adalah mempertahankan suhu ideal pengeringan yaitu 40-50 derajat celcius. Data dari suhu ideal ini diambil dari rata-rata suhu penjemuran dengan cahaya matahari.



Gambar 4. 15 Sensor DHT11

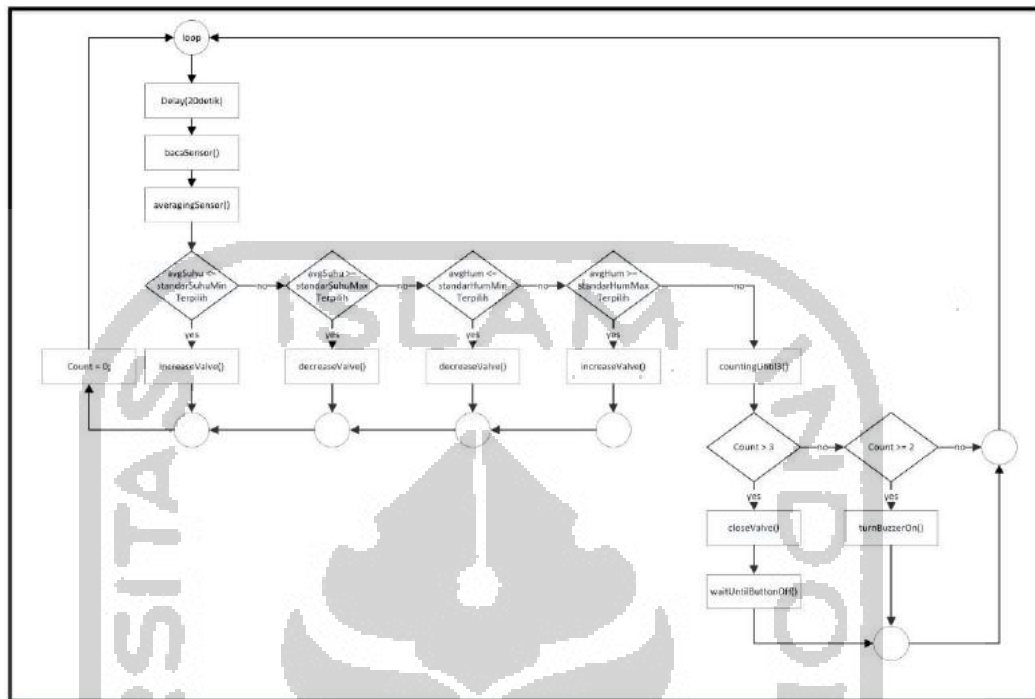
Selain dari *valve* komponen utama lainnya adalah sensor DHT11 sama seperti gambar diatas. Sensor ini nantinya akan membaca keadaan suhu dan kelembapan pada saat pengeringan. Pembacaan dari sensor inilah yang akan diolah oleh *microcontroller* sebelum dilakukan tindakan oleh actuator. Pertama-tama pembacaan suhu dan kelembapan yang akan ditampilkan di LCD. Untuk mengetahui informasi yang diberikan oleh sensor DHT11 ini.



Gambar 4. 16 LCD dan *microcontroller*

Gambar 4.15 adalah LCD dan *microcontroller* yang dimana untuk LCD berfungsi untuk menampilkan data yang dibaca sensor dan yang diolah oleh

microcontroller. untuk *microcontroller* ini sendiri adalah rangkaian control dari berbagai komponen yang berfungsi sebagai otak dari sistem ini.



Gambar 4. 17 alur kerja valve microcontroller

Dari gambar 4.16 dapat kita lihat yaitu alur dari alat *valve microcontroller* ini. Inti dari alur tersebut adalah pertama-tama ketika mesin pengering sudah berjalan maka sensor akan membaca suhu dan kelembapan. Setelah itu data dari sensor akan dikirim ke *controller* yang kemudian diolah untuk mengambil tindakan menampilkan ke LCD dan memerintahkan *valve* untuk bergerak membuka berapa persen. Bukaannya *valve* ini tergantung dengan suhu yang dibaca, apabila suhu masih kurang dari suhu ideal maka akan membuka penuh. Dan begitu juga sebaliknya apabila suhu melebihi batas atas suhu ideal yaitu 50 derajat celsius maka *valve* akan menutup sebagian. Untuk menurunkan suhu yang berada didalam ruang pengering.

4.5.2 Mesin pengering tidak menggunakan *valve microcontroller*

Mesin pengering yang tidak menggunakan *valve microcontroller* masih memerlukan usaha dalam pengoperasian mesin pengering ini. Dari hal yang kecil sampai hal yang perlu diperhatikan. Contohnya adalah untuk menjaga suhu yang

ada didalam ruang pengering tetap ideal adalah mengatur besaran api dengan cara memutar regulator gas. Hal ini berdasarkan kira-kira untuk berapa putaran yang harus diberikan untuk membesar dan mengecilkan api.



Gambar 4. 18 Rangkaian tanpa *valve microcontroller*

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa tidak ada pengatur aliran udara panas dari *heat exchanger* yang di alirkan oleh blower. Sehingga untuk mengatur suhu didalam ruang pengering agar tetap pada suhu ideal adalah dengan cara memutar regulator gas. Untuk mengecilkan atau membesarkan nyala api sehingga suhu akan naik atau turun. Hal seperti ini sangat merepotkan operator mesin ini karena harus selalu memperhatikan nyala api supaya tetap pada suhu ideal.



Gambar 4. 19 Thermometer

Pada pengeringan ini juga operator harus selalu melihat thermometer yang berada didalam ruang pengering. Sehingga membutuhkan tenaga yang lebih karena selalu melihat thermometer supaya suhu didalam tetap pada suhu pengeringan ideal. Tidak hanya itu saja dengan sering membukanya pintu pada alat ini berarti suhu agar drop karena akan bercampur dengan suhu diluar mesin pengering. Sehingga harus membutuhkan waktu lagi untuk mengembalikan suhu panas yang hilang keluar. Yang artinya berdampak pada efisien bahan bakar LPG dan pekerjaan dari operator alat ini atau pengguna alat ini.

4.6 Menghitung Biaya Pengeringan

Pada alat pengering ini dirancang menggunakan 2 blower dengan kapasitas daya 150 watt untuk masing-masing blower dan 1 tabung gas LPG. Penggunaan daya yang tidak terlalu besar ini akan memudahkan petani kacang panjang yang menggunakan golongan listrik rendah di rumahnya. Biaya kebutuhan listrik dalam satu periode pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Biaya listrik per jam} &= \text{tarif/kWh} \times \text{wattage} \\ &= \text{Rp } 1.352 \times 0,3 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp } 405,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total pemakaian 13 jam} &= \text{Rp } 405,6 \times 13 \text{ jam} \\ &= \text{Rp } 5.300 \end{aligned}$$

Dengan tarif listrik Rp 1.352 per kWh (TDL data PLN Januari 2018)

Selain itu pada satu periode pengeringan alat ini menghabiskan gas LPG dengan berat awal 27,1 kg dan berat akhir 19,164 kg. biaya penggunaan gas LPG dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya konsumsi gas LPG selama 13 jam} &= 7,936 \text{ kg} \times \text{Rp } 12.000 \\ &= \text{Rp } 95.000 \end{aligned}$$

Dengan asumsi harga gas LPG 12 kg Rp 145.000.

Total biaya yang diperlukan dalam satu periode pengeringan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Listrik} + \text{Gas LPG} \\ &= \text{Rp } 5.300 + \text{Rp } 95.000 \\ &= \text{Rp } 100.300 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung biaya yang diperlukan pada proses pengeringan perkg kacang panjang sebagai berikut :

$$\text{Berat basah} = \frac{\text{Rp } 100.300}{20 \text{ kg}} = \text{Rp } 5.015 \text{ perkg}$$

$$\text{Berat kering} = \frac{\text{Rp } 100.300}{2,72 \text{ kg}} = \text{Rp } 36.875 \text{ perkg}$$

Jadi biaya pengeringan yang dibutuhkan adalah Rp 5.015 perkg kacang panjang basah atau Rp 36.875 perkg kacang panjang kering.