

PROTOTYPE SISTEM CONTROL SUHU DENGAN METODE PID PADA TRAY DRYER MIE JAGUNG HI-CALCIUM

PROTOTYPE OF TEMPERATURE CONTROLLING SYSTEM WITH PID METHOD IN MAKING HIGH POTASSIUM MAIZE NOODLE USING TRAY DRYER

Lastiko Whisnu Bramantyo¹, Andhika Sandi Panorama², Yuniar³, Robet Junaidi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Kimia Industri/Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Sriwijaya Negara, Palembang 30139, telp.0711-353414 / fax.0711-355918
e-mail : blastikowhisnu@gmail.com¹

ABSTRACT

Drying method principally is the evaporation process of water from the wet material whose the purpose to obtain the product with the certain moisture content. Researcher uses controlling method of PID (Proportional, Integrative, and Derivative) to control the heater in tray dryer unit. This controller controls the room temperature inside the dryer to make it stable so that the dried product can be obtained fast and efficiently. The controlling process of the tray dryer is able to affect the product consists of its temperature, humidity, error, output controller, rising time, the value of proportionality constants (Kp), Integrative constants (Ki) and derivative constants (Kd). The research components consist of transducer in the form of a thermocouple temperature sensor TW-N Pt 100 type K, Humidity DHT-21, microcontroller, and the final controlling element of the heating element and a booster motor which are integrated by software Arduino, then the performance of this controller is tested. Testing result shows that the controlling method of Proportional, Integrative, and Derivative (PID) has a measurement error as much as ± 0.1167 °C, variable interval is about 45 – 70 °C, rising time of 300 seconds, 100 rpm output controller, the value of proportional constants (Kp) is 9.1, Integrative constants (Ki) is 0.3 and Derivative constants (Kp) is 1.8 within the air flux is about 1.047 to 2.36 m/s. The application of temperature controlling system using tray dryer unit produces moisture contents as much as 5-10% so that by this design of temperature controlling system is able to be applied upon the tray dryer unit.

Keywords: Temperature, Humidity, Microcontroller, Tray Dryer

1. PENDAHULUAN

Jagung sebagai bahan pangan sangat potensial, jagung bisa dikembangkan secara luas karena mengandung antioksidan dan dapat meningkatkan nilai ekonomi jagung menjadi olahan mie kering atau mie siap makan yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Mie Jagung ini akan ditambahkan ikan teri, ikan teri banyak mengandung protein dan kalsium. Tiap 100gram teri segar mengandung energi 77kkal, protein 16gram, lemak 1,0gram, kalsium 500mg, fosfor 500mg, besi1,0mg, Vitamin A 47mg, dan Vitamin B 0,1mg (Ahire, 2010).

Pada proses pengolahan mie jagung, pengeringan merupakan salah satu tahap yang sangat penting untuk menghasilkan kualitas mie yang baik. Pada umumnya proses pengeringan mie dilakukan dengan secara konvensional. Untuk mengurangi kandungan air dari dalam mie kandungan air dari dalam mie jagung tersebut yang semulanya 50-52% sampai tingkat tertentu. Mie Jagung yang siap diperdagangkan adalah mie jagung yang sudah dikeringkan dan dikemas, kadar air berkisar antara 8-10% (Suarni, 2002).

Proses pengeringan menggunakan secara konvensional mempunyai banyak kekurangan diantaranya waktu pengeringan lama serta rentan

terkontaminasi polusi yang ada disekeliling area pengering akan berdampak pada kualitas mie jagung. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuat alat pengering buatan (*artificial drying*).

Tray dryer merupakan salah satu alat pengering yang berbentuk kubus dan dikenal sebagai alat pengering baki (*tray dryer*) disebut pengering *cabinet*, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta. Rak-rak yang tersusun bertingkat dan dari bawah dialirkan panas secara *zig-zag* menggunakan *fan*. Ukuran rak yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200cm² dan ada juga yang 400cm². Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Kipas yang digunakan mempunyai kapasitas aliran 7-15feet/detik (Revitasari, 2010).

Proses pengeringan dipengaruhi oleh suhu, tekanan, kelembaban udara lingkungan, kecepatan aliran udara pengering, energi pengering, kapasitas pengering, dan luas permukaan kontak antara padatan dengan fluida panas nantinya akan berpengaruh terhadap laju pengeringan.

Periode laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu : perpindahan dari dalam ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya. Dalam proses pengeringan selain terjadi perpindahan massa, juga terjadi proses perpindahan panas. Perpindahan panas yang terjadi di dalam *tray dryer* adalah perpindahan panas konveksi. Perpindahan kalor secara konveksi merupakan perpindahan antara permukaan solid dan berdekatan dengan fluida yang bergerak atau mengalir. Perpindahan panas konveksi terjadi karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin.

Untuk mengetahui kinerja pada alat *tray dryer* dilakukan penambahan pengendali mode pengendali PID pada alat *tray dryer*. Sistem pengendalian proses adalah suatu usaha untuk mengatur proses dinamis agar berjalan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Hampir semua proses yang terdapat di dunia industri membutuhkan peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter proses. Penambahan program dan pengendali PID (*Proportional, Integral, dan Derivative*) yang akan mengontrol suhu ruangan pengeringan menjadi stabil dan dapat diperoleh hasil pengeringan secara cepat dan efisien. Sinyal *control* tersebut digunakan untuk pengaturan tegangan DC pada *heater* dan motor penggerak dengan prinsip *control* sudut fasa. Sinyal *control* ini memiliki parameter-parameter pengontrol, yaitu konstanta Proporsional (K_p) dan Konstanta *Integral* (K_i) dan Konstanta *Derivative* (K_d).

Mode pengendali PID (*Proportional, Integral, dan Derivative*) bertujuan untuk mengontrol suhu, kelembaban udara, serta waktu pengeringan secara lebih baik dan efisien dari pada *system control manual* dan dapat menentukan kecepatan motor penggerak pada alat *tray dryer* (Djaeni, 2008).

Aplikasi sistem kontrol suhu dan *humidity* udara yang masuk menjadi faktor yang penting bagi keberhasilan proses pengeringan karena teknologi pengeringan produk yang sensitif terhadap panas. (Djaeni, 2008).

Tujuan penelitian ini adalah membuat rancangan sistem pengendalian PID yang diterapkan pada *tray dryer* berbasis sistem komputer, dengan melakukan uji kinerja pengendalian proses dengan menentukan parameter kontrol yang dihasilkan dan melakukan uji kinerja berdasarkan hasil pengeringan pada mie jagung. Untuk dapat mengimplementasikan sistem kendali PID pada komputer, konstanta PID harus diubah ke dalam persamaan diskrit. Kontroler PI dapat direpresentasikan oleh salah satu dari dua bentuk berikut yaitu:

1. Bentuk Kontinyu :

$$co(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) dt$$

2. Bentuk Diskrit :

$$co(k) = K_p \cdot e(k) + K_i T_s \sum e(i)$$

Dimana K_p dan K_i masing-masing adalah konstanta Proporsional, dan konstanta *Integral*, Nilai $T_i = K_p/K_i$, sering dikenal sebagai konstanta waktu integral, $\Delta e(k)$

$= e(k) - e(k-1)$, T_s adalah periode sampling dan n adalah jumlah sampel data.

Mikrokontroler Arduino

Arduino uno adalah board berbasis mikrokontroler pada AT mega 328. *Board* ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 input *analog*, 16MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke computer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Didalam arduino uno terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATMEL (Athirah, 2015).

Secara umum, arduino terdiri dari 2 bagian yaitu *hardware* berupa papan input dan output dan *software* arduino yang meliputi *software* arduino IDE untuk menulis program dan driver untuk koneksi dengan komputer. Beberapa kelebihan mikrocontroller Arduino dibandingkan *controller* lainnya, yaitu (Syahwil, 2017) : (1) Ekonomis, (2) bahasa pemrograman tidak begitu rumit, (3) Perangkat lunak dan keras bersifat *open source*, dan (4) Memiliki port USB.

Termokopel

Termokopel berasal dari kata “*Thermo*” yang berarti panas “*Couple*” yang berarti pertemuan dari dua buah benda. Sebuah termokopel terdiri dari sepasang konduktor atau kawat logam yang berbeda dihubungkan bersama-sama yang menghasilkan tegangan berbanding lurus dengan perbedaan suhu antara kedua ujung pasangan konduktor. Termokopel memiliki detektor yang dibagi menja

Sensor Humidity DHT-21

Sensor *Humidity* DHT-21 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dengan performa setinggi 8 bit mikrokontroler, kinerja sensor ini memiliki kualitas yang sangat baik dan respon yang super cepat, serta kemampuan anti jamming dan konsumsi daya yang rendah. DHT21 memiliki 4pin yaitu, terdiri dari pin pertama VCC untuk mengantarkan daya ke Node MCU ESP8266 Positif, Pin kedua yaitu untuk koneksi data DHT22 ke Node MCU ESP8266, Pin ketiga tidak memiliki fungsi atau tidak bisa mengirim data dan pin keempat yaitu GND (*Ground*) untuk mengirimkan daya ke Node MCU ESP8266 dengan aliran negatif.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu :

1. Merancang model alat pengering dengan model *tray drier* dari bahan *stainlesteel* yang ketebalannya 2mm dengan dimensi panjang, lebar, dan tinggi adalah 50cm.

- Merancang menggunakan kontrol suhu dan *humidity* dengan metode control PID.
- Melakukan simulasi pegendalian suhu ruang pengering dengan *control* dengan beberapa set point yang berbeda.
- Menganalisis hasil pengukuran terhadap karakteristik pengeringan dan performansi alat pengering yaitu waktu menuju suhu ruang pengering, laju pengeringan.

Metode selanjutnya yang digunakan adalah uji kinerja dengan melakukan proses pengeringan pada alat *tray dryer*. Bahan yang digunakan dalam uji kinerja antara lain: tepung terigu 75gram, tepung jagung 25gram, Ikan teri 100gram, baking pada 300gram dan telur 200gram. Setelah proses pembuatan mie basah selesai, dilakukan pengeringan kadar mie jagung kering untuk mengetahui kinerja sistem pengendalian proses

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem pengendalian proses pada penelitian ini dirancang dengan menggunakan konfigurasi *feedback*, yaitu output atau hasil dari suatu proses diukur, kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan set point, perbedaan antara hasil ukur dan set point kemudian digunakan untuk menggerakkan elemen kontrol akhir proses, sehingga menghasilkan output pengukuran yang mendekati atau sama dengan nilai set point. Hasil dalam penelitian ini menghasilkan alat pengering tray dryer suhu rendah dengan sistem pengendali Suhu, penurunan kadar air pada mie jagung dan

Pada penelitian ini digunakan control PID untuk mengendalikan suhu. Nilai parameter K_p , K_i , K_d sudah deklarasikan pada fungsi *my PID*. *Set Tunings (cons Kp, cons Ki, cons Kd)* dan menggunakan double cons $K_p = 9,1$, $cons K_i = 0,3$, $cons K_d = 1,8$.

Sistem Pengendalian Suhu

Pada perancangan sistem pengendalian suhu, elemen kontrol akhir yang digunakan adalah pemanas koil dan sistem pada kecepatan motor. Hasil uji kinerja sensor suhu termokopel *type K* berdasarkan parameter kontrol yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

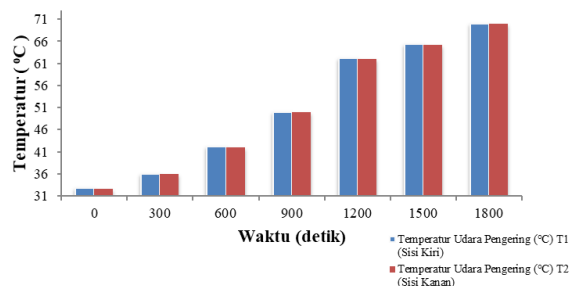
Tabel 1. Parameter Kontrol Sensor Suhu

No.	Parameter Kontrol	Hasil
1.	Rentang Variabel Kontrol	45–70°C
2.	Error (E)	±0,11167°C
3.	Rise Time	300detik
4.	Output Controller (fan)	100rpm
5.	Output Sinyal Controller	T : 70°C H ₂ (bagian dalam) : 5%
6.	K _p	9,1
7.	K _i	0,3
8.	K _d	1,8

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh harga rentang variabel kontrol berhubungan dengan *output controller* dan *output sinyal controller*. Harga pengukuran dari sinyal *controller* akan sebanding dengan nilai terendah

dan nilai tertinggi dari rentang variabel kontrol. *Output controller* memberikan pengaruh terhadap gerakan maksimum dan minimum pada elemen kontrol akhir.

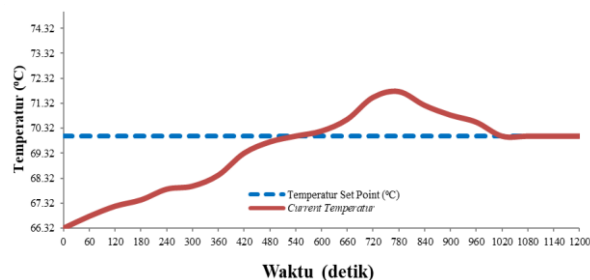
Pada penelitian ini kecepatan udara pada laju 1,0467-2,35m/s. Pengendalian ini menggunakan nilai $K_p = 9,1$, $K_i = 0,3$ dan $K_d = 1,8$ bertujuan untuk mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error*. Selanjutnya, pengujian pengendalian suhu ini diatur berdasarkan histerisis sebesar ±1 disetiap *set point*nya. Pemberian efek ini akan memberikan daerah netral dua kali harga histerisis. Hasil pengujian pengendalian suhu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengendalian Temperatur

Gambar 1 dapat dilihat bahwa pengukuran menggunakan DHT22 memiliki selisih pengukuran perbedaan waktu yang sangat sedikit pada udara pengering T₁ dan T₂. Selisih pengukuran yang sangat sedikit ini terjadi karena rangkaian *direct current* berpengaruh terhadap perubahan temperatur yang dapat menyebabkan keseimbangan pada pengukuran udara pengering T₁ dan T₂. Keseimbangan ini terjadi karena alat berupa *op-amp* yang telah diatur sebelumnya. Sehingga pada pengukuran ini walaupun terdapat kesalahan, namun kesalahan tersebut hanya sedikit dan sebatas *microvolt* yang nantinya dikonversi menjadi derajat *celcius* (Syahwil, 2017). Kesalahan pada pengukuran dapat diminimalkan dengan aksi nilai K_p , K_i , dan K_d .

Pemberian efek histerisis bertujuan untuk menjaga ketahanan umur *relay*, karena tanpa histerisis maka *relay* akan terlalu sering hidup dan mati untuk menjaga suhu tepat pada *set point*. Setelah *set point* telah diterapkan pada sistem pengendalian, maka langkah selanjutnya adalah memastikan kestabilan proses yang diberikan sistem. Namun kestabilan proses biasanya dipengaruhi oleh *control lag* Oleh karena itu, kestabilan pengendalian diilustrasikan pada *set point* 70°C dan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Kestabilan Pengendalian Suhu

Gambar 3 dapat dilihat pada temperature awal 66.32°C terjadi *rise time* waktu pengeringan. Hal ini terjadi karena transduser suhu mengukur temperatur mie di dalam *tray dryer* masih lebih rendah dari pada temperature *set point*. Untuk menguji kestabilan, mulai diamati ketika temperatur *set point* 70°C sudah mulai tercapai, dimana pengeringan yang terjadi mula-mula naik secara perlahan karena pada fan memiliki ukuran kecil dibandingkan *heater* dengan kapasita 600watt, namun sinergi yang dialirkan dari listrik ke *heater* lalu diteruskan ke umpan masih besar maka temperatur yang diukur masih tetap naik. Faktor lain yang menyebabkan kenaikan temperatur adalah pada saat pemanas sudah dalam posisi *off*, sirkulasi pendingin yang belum menyebar secara merata.

Kenaikan temperatur ini apabila melebihi batas atas maka disebut *overshoot temperature* dan apabila melebihi batas bawah disebut *undershoot temperature*. Peristiwa ini terjadi karena ada nya *control lag*, dalam rangkaian pengendali umumnya selalu memiliki *control lag*. Keterlambatan transduser, suhu dalam mengukur suhu didalam *tray dryer* akan mengakibatkan sinyal *control* yang akan dikirim ke *controller* terlambat dan berimbas juga pada perintah yang akan diberikan pada elemen *control* akhir (Syahwil, 2017). Transduser yang mengukur lonjakkkan temperatur ini akan memberikan sinyal pengukuran ke *microcontroller* dan memberi perintah kepada elemen control berupa pemanas untuk berhenti sedangkan *fan* (pendingin) hidup, pemberian efek *hystersis* bertujuan untuk menjaga ketahanan umur *relay*, karena tanpa *hystersis* maka *relay* akan terlalu sering hidup dan mati untuk menjaga suhu pada *set point*, atau dimana akurasi perangkat ini tergantung pada nilai sebelumnya dan arah variasi.

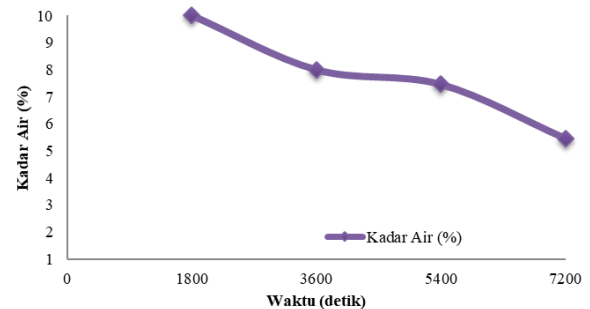
Sistem Penurunan Kadar Air pada Mie Jagung

Sistem pengendalian yang dirancang dan diterapkan pada proses pengeringan, penerapan pengendalian difokuskan pada kemampuan pengendali agar dapat menyesuaikan kondisi area dalam *tray dryer*, sehingga pada bahan tersebut akan menghasilkan *dry noodle* (mie kering) dengan kadar air dibawah 10%, dengan temperatur yang dikendalikan oleh *microcontroller* yang menghubungkan dengan *software arduino*, kecepatan motor yaitu 100rpm dengan laju udara sebesar 1,67m/s.

Proses pengeringan seperti pada umumnya tetapi di kombinasikan dengan penambahan pengendali *Propotional*, *integral*, dan *Derivative*. Jika ditinjau parameter yang lain seperti kelembaban bagian dalam *tray dryer* bekerja secara optimal sesuai dengan apa yang diinginkan, hasil dari pengendalian untuk kelembaban yaitu 5kgH₂O dengan variasi proses pengeringan 1800-7200detik.

Menurut Standart Industri Indonesia (SII) nomor 0178-90, Mie kering adalah mie yang telah mengalami pengeringan sampai kadar air mencapai 8-10% tahan untuk disimpan dalam waktu yang lama. Daya tahan simpannya ±3bulan, hal ini disebabkan karena kandungan airnya rendah sehingga sulit untuk

ditumbuhi jamur dan kapang. Hasil pengujian waktu terhadap kualitas Mie Jagung *Hi-Calcium* dengan alat *tray dryer* dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh waktu pengeringan terhadap kadar air

Gambar 4 adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampel dengan batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan bahan akibat aktivitas biologi dan kimia sebelum bahan diolah. Waktu pengeringan akan berpengaruh pada penurunan kadar air mie kering. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan, maka semakin tinggi penurunan kadar air (Rahmat, 2015). Temperatur yang dikendalikan pada *tray dryer* selama 1800-7200detik, dengan suhu konstan 70°C dan memiliki kecepatan motor sebesar 100rpm. Dalam proses pengeringan ini juga dibantu oleh kipas atau *fan* yang berguna sebagai pendingin dan mengalirkan udara panas secara merata didalam ruang pengering, agar terjadi proses pengeringan dengan cepat, Setelah mengalami proses pengeringan dengan variasi waktu berbeda didapatkan hasil proses pengeringan kadar air sebesar 10, 8, 7, 46, dan 5,47%. Hal ini menunjukkan bahwa pada sampel memiliki persen kadar akhir awal menuju kadar akhir mengalami perbedaan signifikan.

4. SIMPULAN

Dari hasil perancangan dan uji kinerja sistem pengendalian proses dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pengendalian temperatur yang dirancang memiliki sistem tambahan berupa transduser suhu, *humidity microcontroller* dan elemen akhir sebagai pelengkap alat *tray dryer*. Sistem yang dirancang juga dapat terintegrasi dengan komputer menggunakan *software arduino* dan tidak dapat beroperasi secara mandiri tanpa dihubungkan computer atau laptop.
2. Pada sistem pengendali *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative* berdasarkan parameter yang ada, pada rancangan dapat terintegrasi dengan computer menggunakan *software arduino* menghasilkan rentang variable kontrol sebesar 45-70°C, *output controller* sebesar 100rpm, error pengukuran sebesar ±0,11167°C, *set point* 70°C, dan H₂(bagian dalam) 5KgH₂O/KgUdara kering, dengan nilai pengendalian K_p = 9,1, K_i = 0,3 K_d = 1,8.

3. Termokopel Pt-100 tipe K dan Humidity DHT-21 yang diterapkan pada *tray dryer* memenuhi kelayakan uji kinerja, dengan kesalahan tertinggi sebesar 0,24°C dan rata-rata error pengukuran <1%. Pemberian efek *relay (hysteresis)* berpengaruh pada pengendalian temperatur yang diterapkan, dikarenakan dengan efek ini memberikan batas atas dan batas bawah sebesar $\pm 1^\circ\text{C}$, sehingga elemen kontrol elemen akhir akan langsung memutuskan penuh aliran pada heater, elemen kontrol akhir terdiri, pemanasan dan motor penggerak

DAFTAR PUSTAKA

- Ahire, Anne. 2010. Mengenal Manfaat Ikan Teri. (online.<http://www.anneahira.com/ikan/ikan-teri.htm> Diakses 3 Juni 2011). URL:<http://kreasiumbiku.blogspot.com/2011/08/misukun-hi-calsium.html>.
- Athirah, A. 2015. *Arduino's Spyder Robot With ir Receiver*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Djaeni, M. (2008). *Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products*. Doctoral Thesis, Wageningen University, The Netherlands, ISBN:978-90-8585-209-4,
- Kudra, T. dan Mujumdar, A.S., 2002, *Advanced Drying Technologies, 2nded*.
- Rahmat, M. R. 2015. *Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 2, No. 3, Hal. 133-148.
- Revitasari. 2010. *Jenis-Jenis Dryer*. (online. https://www.academia.edu/9404588/Jenis_jenis_dryer. Diakses tanggal 17 Mei 2015). URL: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yh5OfkNrQ8sJ:etd.repository.ugm.c.id/downloadfile/93209/potongan/S12016318859bibliography.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&l=id>
- Suarni. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia biji jagung beberapa varietas. Hasil Penelitian Balitsereal Maros.
- Syahwil, M. 2017. *Panduan Mudah Belajar Arduino menggunakan Simulasi Proteus*. Yogyakarta.