

RANCANG BANGUN MESIN SORTASI UNTUK PENDUGAAN KUALITAS BIJI KEDELAI MENGGUNAKAN PENDEKATAN SIFAT AKUSTIK

Khairil Agustoria¹, Andasuryani², dan Santosa²

¹Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Pertanian dan Biositem, Universitas Andalas Padang

²Dosen Pascasarjana Program Studi Teknik Pertanian dan Biositem, Universitas Andalas Padang

Email: khairilagustoria@gmail.com

ABSTRAK

Penentuan harga jual kedelai di pasar tradisional Indonesia saat ini masih dilakukan secara manual yaitu berupa penilaian berdasarkan penampakan visual oleh tengkulak. Hal ini tentunya menyebabkan kesenjangan harga pasar kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan mesin sortasi untuk pendugaan kualitas biji kedelai menggunakan pendekatan sifat akustik dengan pengendali mikrokontroler arduino. Sensor akustik yang digunakan adalah sensor suara LM393. Mesin yang dibuat menggunakan prinsip angkut *belt conveyor* sederhana dengan tenaga penggerak motor stepper. Hasil analisis rancangan mesin menunjukkan kapasitas kerja mesin sebesar 1,431 kg/jam, torsi kerja sebesar 0,000085 Nm dan daya mesin sebesar 7,038 watt. Hasil pengujian data akustik pada kedelai dengan kadar air yang sama 10,65% dengan massa rata-rata 0,202 gram (*Grade A*) dan pengujian data akustik pada kedelai dengan massa rata-rata 0,165 gram (*Grade B*) masing-masing menghasilkan rata-rata nilai amplitudo sebesar 3671 mV dan 1993 mV. Berdasarkan uji statistik menggunakan metode *Independent T-Test* didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($P < 0.05$) menunjukkan perbedaan bobot kedelai memiliki pengaruh yang nyata terhadap data akustik biji kedelai.

Kata kunci— akustik; amplitude; kadar air; kedelai

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max*) adalah komoditas tanaman pangan terpenting ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung (Wahyudin et al., 2017). Tanaman kedelai merupakan tanaman penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dalam rangka perbaikan gizi masyarakat karena merupakan sumber protein nabati yang relatif murah bila dibandingkan sumber protein lainnya seperti daging, susu, dan ikan. Kandungan protein biji kedelai lebih kurang 35%, karbohidrat 35%, dan lemak 15%. Selain itu, kedelai juga mengandung mineral seperti kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan B (Rohmah dan Saputro, 2016).

Pada tahun 2017 konsumsi kedelai sebesar 8,78 kg/kapita/tahun, meningkat 47,50% dari tahun sebelumnya sebesar 5,95 kg/kapita/tahun. Peningkatan kebutuhan konsumsi tersebut bukan hanya dipengaruhi oleh jumlah penduduk, tetapi juga dipengaruhi perubahan preferensi konsumsi kedelai dan turunannya khususnya pada tren hidup sehat yang mulai berkembang di masyarakat. Namun meningkatnya konsumsi kedelai ternyata tidak diiringi dengan meningkatnya produksi kedelai, sehingga untuk memenuhi kebutuhan kedelai domestik pemerintah memberlakukan kebijakan impor kedelai (Kementan, 2018).

Impor kedelai segar Indonesia sejak tahun 2015-2019 didominasi oleh kedelai dari Amerika Serikat, Kanada, dan Malaysia. Pada tahun 2019 impor kedelai segar Indonesia khusus dari Amerika Serikat saja mencapai 2,513 juta ton. Besarnya jumlah impor kedelai segar Indonesia dikarenakan produksi kedelai dalam negeri sangat kecil dimana hanya mampu memenuhi kebutuhan domestik pada kisaran 15%. Oleh sebab itu sebagian besar kebutuhan kedelai sebesar 85% harus dipenuhi dari impor (BPS, 2020).

Permasalahan paling mendasar pada tingkat petani lokal saat ini sebenarnya terletak pada harga jual kedelai lokal yang masih rendah. Penetapan harga jual kedelai ditingkat petani lokal belum memiliki standar yang baku sehingga menjadi salah satu penyebab keengganan petani melakukan budidaya tanaman kedelai. Sementara itu penetapan harga di pasar lokal hanya ditentukan berdasarkan penampakan visual dengan parameter warna, bentuk dan ukuran biji kedelai saja. Tengkulak biasanya hanya mengambil sampel sebanyak satu genggam tangan dari karung berisi biji kedelai yang di anggap mewakili seluruh kualitas biji kedelai pada karung tersebut. Metode penentuan

kualitas semacam ini sangat bergantung pada subjektivitas tengkulak. Hal ini tentu saja akan menimbulkan kesenjangan harga pasar.

Berdasarkan permasalahan tersebut dibutuhkan suatu teknologi cerdas yang mampu menganalisis kualitas biji kedelai baik lokal maupun impor, dengan demikian penetapan standar harga dapat dilakukan berdasarkan tingkat kualitas biji kedelai. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah teknologi yang memanfaatkan sifat akustik bahan. Pengujian kualitas bahan pertanian dengan berdasarkan pada sifat akustik merupakan metode pengujian yang non destruktif. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan mesin sortasi untuk pendugaan kualitas biji kedelai menggunakan pendekatan sifat akustik dengan pengendali mikrokontroler.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2021. Tahap pengujian kadar air awal bahan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian. Tahap pembuatan komponen mekanik mesin dilaksanakan di Laboratorium Produksi dan Manajemen Alat Mesin Pertanian dan tahapan perancangan sistem kontrol dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Andalas, Padang.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai yang didapatkan dari pedagang di pasar tradisional kota Padang, besi hollow 15x15 mm, plat ketebalan 2 mm, wol kaca, bearing as 5 mm, akrilik 3 mm, karet belt ketebalan 1 mm, coupling as 5 mm, kabel, Nema 17 stepper motor, stepper motor driver, power supply 24V 5A dan sensor suara LM393. Alat yang digunakan adalah mesin las, gerinda potong, multimeter, oven, timbangan, solder,

C. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu (1) persiapan bahan dengan melakukan sortasi manual untuk memisahkan biji kedelai menjadi dua *grade* berdasarkan bobot bahan dan pengukuran kadar air awal, (2) perancangan dan pembuatan mesin, (3) perancangan dan pengujian sistem kontrol, (4) pengujian data akustik sampel, dan (5) analisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kadar Air

Hasil sortasi manual yang dilakukan guna mendapatkan kedelai dengan bobot berbeda menghasilkan kedelai dengan dua *grade*. Kedelai *grade* A memiliki rata-rata massa sebesar 0,202 gram, sedangkan kedelai *grade* B memiliki rata-rata massa sebesar 0,165 gram yang didapatkan dari pengukuran langsung sampel kedelai dengan jumlah sampel sebanyak 100 biji pada masing-masing *grade*. Pengujian kadar air dengan metode oven dilakukan dengan mengambil 5 g contoh kedelai yang telah digiling halus dimasukkan ke dalam cawan aluminium yang telah diketahui beratnya lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 100-105°C selama 16 jam (Ginting dan Tastra, 2016). Hasil pengujian nilai kadar air awal didapatkan sebesar 10,65% seperti yang terlihat pada Tabel 1 berikut.

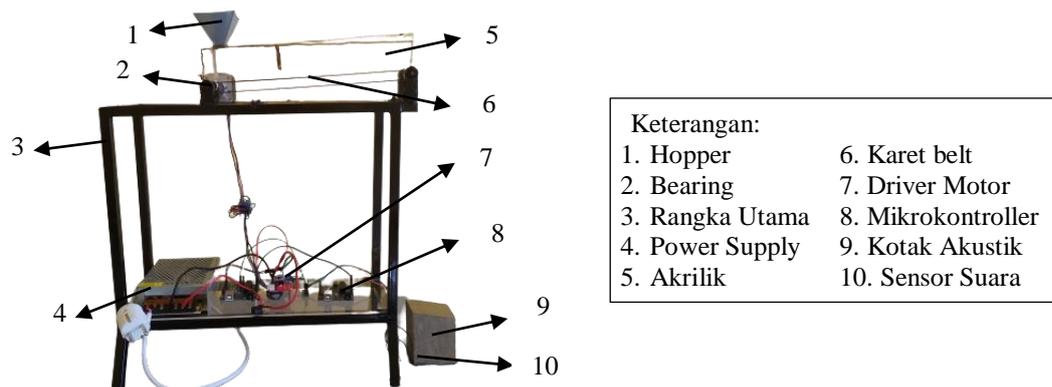
Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel

Ulangan	Berat Cawan (g)	Massa Sampel (g)	Massa Akhir Sampel (g)	Kadar Air (%)
1	5,841	5	10,338	10,06
2	5,062	5	9,521	10,82
3	5,144	5	9,622	10,44
4	4,241	5	8,708	10,66
5	4,486	5	8,921	11,30
		Rata-rata		10,65
		SD		0,46
		SEM		0,21

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar air kedelai yang diuji menggunakan metode oven adalah sebesar 10,65%. Nilai kadar air kedelai yang digunakan cenderung rendah dikarenakan sampel kedelai yang digunakan pada penelitian ini telah melewati proses pengeringan oleh petani sebelum dipasarkan. Nilai kadar air ini sendiri telah sesuai dengan persyaratan mutu kedelai utuh layak konsumsi dan pemasaran pada pedoman SNI kedelai tahun 1995 yang menyatakan batas kadar air konsumsi dan pemasaran kedelai adalah sebesar 14% (BSN, 1995)

B. Prototipe Mesin

Mesin analisis sifat akustik biji kedelai yang dibuat menggunakan prinsip angkut *belt conveyor*. Prototipe mesin yang dirancang dan dibuat disajikan pada Gambar 1 berikut ini.



Berdasarkan hasil perancangan mesin sortasi dengan analisis sifat akustik ini dibedakan menjadi 2 komponen utama yaitu komponen mekanik dan komponen elektrik dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Komponen Mekanik

Komponen mekanik berupa rangka utama dibuat menggunakan besi hollow ukuran 15x15 mm dengan hopper yang dibuat dari plat aluminium dengan sudut kemiringan sebesar 40°. Motor penggerak menggunakan motor stepper Nema 17. Karet belt yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm, lebar 8 mm dan panjang belt 48 cm untuk membuat lintasan angkut sepanjang 25 cm. Akrilik digunakan sebagai pembatas pada sisi kiri dan kanan lintasan *belt conveyor* dengan ketebalan 3 mm dengan panjang 25 cm dan tinggi 7 cm. Dimensi kotak akustik sebagai media rambatan gelombang suara dibuat sebesar 100 x 100 x 130 mm dengan ketebalan plat 2 mm, kemiringan plat tumbukan di desain sebesar 14° (Reshadsedghi dan Mahmoudi, 2012). Ketinggian penjatuhan biji kedelai dengan plat tumbukan adalah sebesar 30 cm.

2. Komponen Elektrik

Komponen elektrik yang digunakan diantaranya power supply 24V 5ADC sebagai penyalur energi listrik dari sumber listrik menuju komponen elektrik. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino UNO. Motor stepper dihubungkan ke mikrokontroller oleh driver motor DRV8825, sedangkan sensor akustik yang digunakan adalah sensor suara LM393. Berdasarkan hasil kalibrasi sensor menggunakan osiloskop, data pada osiloskop menunjukkan tegangan pada pin *output* sensor sebesar 3,8 V sama dengan tegangan yang terbaca pada program mikrokontroller sehingga sensor dianggap telah terkalibrasi.

C. Hasil Analisis Rancangan Mesin

1. Kapasitas *Belt Conveyor*

Massa jenis (γ) kedelai secara umum digunakan pada pemasaran dan konsumsi berada pada kisaran 753 kg/m³ (Aqua-Calc, 2021), sehingga nilai massa jenis inilah yang digunakan peneliti sebagai nilai massa jenis material yang dipindahkan. *Belt conveyor* yang dibuat tidak menggunakan idler sehingga *belt conveyor* tidak memiliki sisi lengkung. Karet belt dengan lebar 0,8 cm hanya berjalan lurus dengan pembatas akrilik pada kedua sisinya, pada panjang 5 cm dari lubang hopper, peneliti membuat pembatas melintang untuk membatasi pergerakan kedelai yang berhimpitan. Jarak pembatas dengan karet belt adalah sebesar 1 cm sehingga luas penampang pada belt conveyor adalah sebesar 0,8 cm² (8x1 cm).

Nilai kecepatan *belt* dapat dihitung dengan mengukur lama waktu yang dibutuhkan oleh kedelai sejak awal penjatuhan kedelai melalui corong hopper hingga berada pada ujung *belt conveyor* sesaat sebelum jatuh mengenai plat tumbukan. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada saat penelitian, rata-rata kecepatan *belt* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data kecepatan Rata-rata *Belt Conveyor*

Ulangan	Panjang Lintasan (m)	Waktu (detik)	Kecepatan (m/s)
1	0,25	38	0,0066
2	0,25	37	0,0068
3	0,25	38	0,0066
4	0,25	39	0,0064
5	0,25	37	0,0068
Rata-rata			0,0066
SD			0,0001
SEM			0,0001

Nilai kapasitas *belt conveyor* yang dibuat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 3600 \cdot A \cdot V \cdot \gamma$$

$$Q = 3600 \times (0,008 \text{ m} \times 0,001 \text{ m}) \times 0,0066 \text{ m/s} \times 753 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 3600 \times 0,00008 \text{ m}^2 \times 0,0066 \text{ m/s} \times 753 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = 1,431 \text{ kg/jam}$$

2. Gaya Tarik Efektif *Belt*

Nilai berat material bergerak (W_m) dapat dihitung dengan adanya informasi nilai kapasitas *belt conveyor* dan kecepatan *belt* dengan menggunakan persamaan:

$$W_m = (Q) / V \times 3600$$

$$W_m = (1,431 \text{ kg/jam}) / (0,0066 \text{ m/s} \times 3600)$$

$$W_m = 0,006 \text{ kg/m}$$

Beda ketinggian (H) antara poros yang terhubung pada motor stepper dengan poros di ujung *belt conveyor* adalah sebesar 1 cm dimana panjang lintasan (L) *belt conveyor* adalah sebesar 25 cm. Karet *belt* yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm sepanjang 48 cm dengan berat *belt* sebesar 10 gram per meter. Sehingga berat *belt* yang digunakan adalah sebesar 4,8 gram atau 0,0048 kg/m, sehingga gaya tarik efektif *belt* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$F_e = W_m \cdot H + 0,04 (2 \cdot W_b + W_m) \cdot L$$

$$F_e = 0,006 \text{ kg/m} \times 0,01 \text{ m} + 0,04 (2 \times 0,0048 \text{ kg/m} + 0,006 \text{ kg/m}) \times 0,25 \text{ m}$$

$$F_e = 0,00006 \text{ kg} + 0,04 (0,0156 \text{ kg/m}) \times 0,25 \text{ m}$$

$$F_e = 0,000216 \text{ kg}$$

$$F_e = 0,002 \text{ N}$$

Nilai gaya tarik *belt* berfungsi untuk menghitung kemampuan *belt* menahan beban yang diangkut. Gaya tarik *belt* sendiri dipengaruhi oleh beban angkut, ketinggian, berat *belt* dan panjang *belt* (Erinofiardi et al., 2012). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai gaya tarik efektif yang dihasilkan dari *belt conveyor* yang buat cenderung kecil yakni sebesar 0,002 N. Hal ini dikarenakan massa sampel kedelai yang diangkut cenderung ringan, begitupun dengan massa *belt* yang digunakan, ditambah jarak lintasan *belt conveyor* yang pendek.

3. Gaya dan Torsi *Belt Conveyor*

Nilai sudut kemiringan (θ) didapatkan dari perbedaan ketinggian dua buah poros, yaitu poros yang terhubung pada motor stepper dan poros pada ujung *belt* yang menghasilkan sudut sebesar 3° . Nilai koefisien gesek kedelai (μ) terhadap permukaan karet (*belt conveyor*) adalah sebesar 0,392 (Işık, 2007). Pada penelitian pendahuluan diketahui rata-rata massa kedelai terbesar adalah sebesar 0,202

gram. Setiap ulangan sampel penelitian berisi 20 biji kedelai, dengan asumsi seluruh kedelai memiliki massa yang sama, sehingga gaya yang bekerja pada *belt conveyor* adalah:

$$\begin{aligned}F &= F_a + m \cdot g (\sin \theta + \mu \cos \theta) \\F &= 0 + 0,00404 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 (\sin 3^\circ + 0,392 \cos 3^\circ) \\F &= 0,0202 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 (0,052 + 0,392) \\F &= 0,088 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \\F &= 0,018 \text{ N}\end{aligned}$$

Gaya eksternal pada *belt conveyor* berpengaruh pada kinerja mesin apabila material yang diangkat memiliki ukuran yang tinggi sehingga perlu mempertimbangkan angin. Namun pada kondisi normal gaya eksternal dapat diabaikan (Repanich, 2018). Kedelai memiliki ukuran yang relatif kecil dan pada sisi kiri dan kanan lintasan *belt conveyor* telah dipasang akrilik untuk meminimalisir gaya eksternal, sehingga pada kondisi ini gaya eksternal dapat diabaikan.

Nilai gaya yang telah diketahui sebesar 0,018 N akan mempengaruhi torsi yang bekerja pada *belt conveyor* dengan diameter poros (D) sebesar 5 mm yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}T &= 1/2 D (F + \mu \cdot W \cdot g) \\T &= 1/2 0,005 \text{ m} (0,018 \text{ N} + 0,392 \times 0,00404 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \\T &= 1/2 0,005 \text{ m} (0,018 \text{ N} + 0,016 \text{ N}) \\T &= 0,0025 \text{ m} (0,034 \text{ N}) \\T &= 0,000085 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Torsi yang dihasilkan mesin sangat kecil dikarenakan massa kedelai yang di angkut sangat ringan. Motor stepper Nema 17 memiliki kemampuan menghasilkan torsi sebesar 0,75 Nm, sehingga mampu melakukan pemutaran *belt conveyor*.

4. Daya Penggerak Belt Conveyor

Motor stepper *driver* yang digunakan adalah DRV882 dengan nilai hambatan pada sirkuit (R_{cs}) sebesar 0,1 ohm. Motor stepper Nema 17 sendiri memiliki kebutuhan arus maksimum (I_{max}) sebesar 2,2 A sehingga nilai tegangan referensi pada motor *driver* adalah sebesar:

$$\begin{aligned}V_{ref} &= 5 \cdot I_{max} \cdot R_{cs} \\V_{ref} &= 5 \times 2,2 \text{ A} \times 0,1 \Omega \\V_{ref} &= 1,1 \text{ V}\end{aligned}$$

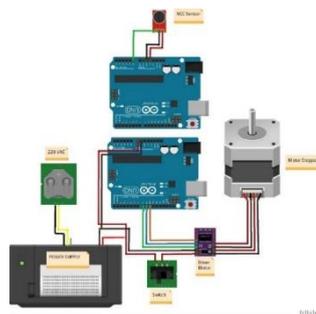
Hasil perhitungan nilai V_{ref} menunjukkan arus maksimal yang dibutuhkan adalah sebesar $1,1\text{V}/(8 \times 0,1) = 1,38\text{A}$. Hasil pengukuran tegangan dan arus langsung pada driver motor yang telah diubah ke mode *microstepping* menghasilkan nilai arus maksimal sebesar 1,38A sehingga dianggap telah mencapai nilai arus maksimal yang dibutuhkan. Motor stepper Nema 17 termasuk motor stepper bipolar sehingga dalam pengoperasiannya motor jenis ini membutuhkan 2 koil yang disalurkan tegangan listrik untuk berputar, jadi daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan motor stepper ini adalah:

$$\begin{aligned}P &= 2 \cdot V \cdot I \\P &= 2 \times 2,55\text{V} \times 1,38\text{A} \\P &= 7,038 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor stepper adalah sebesar 7,038 Watt. Daya pada mikrokontroler tidak termasuk pada perhitungan kebutuhan daya ini dikarenakan mikrokontroler akan terhubung langsung ke perangkat komputer, secara otomatis hubungan antara kabel mikrokontroler dengan perangkat komputer akan memberikan daya pada mikrokontroler. Power supply yang digunakan mampu menghasilkan daya sebesar 120 watt sehingga mampu mencukupi kebutuhan daya sebesar 7,038 watt untuk menggerakkan motor stepper.

D. Hasil Analisis Rancangan Sistem Kontrol

Hasil rancangan pada sistem kontrol pada mesin dibagi menjadi 2 bagian yaitu, perancangan bahasa program pada motor stepper Nema 17 dan perancangan bahasa program pada sensor suara LM393. Perancangan sistem kontrol dapat dilihat pada rancangan skematik elektrik pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Rancangan Skematik Elektrik Sistem Kontrol

Berdasarkan Gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa terdapat 2 buah mikrokontroller. Penggunaan dua mikrokontroller ini disebabkan pada saat penelitian akan berlangsung dua proses sekaligus, yaitu proses pemutaran *belt conveyor* dan perekaman data akustik kedelai. Mikrokontroller akan bekerja maksimal pada salah satu perintah namun tidak maksimal pada perintah yang lain. Sehingga untuk mengatasi permasalahan ini perlu diberikan perintah terpisah pada masing-masing mikrokontroller. Hasil pengujian kecepatan angkut *belt conveyor* untuk menentukan *input* bahasa program pada mikrokontroller 1 dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

```
File Edit Sketch Tools Help
Motor_Penggerak_Belt_Conveyor
#include <Wire.h>
#include <AccelStepper.h>
AccelStepper stepper(AccelStepper::FULL2WIRE, 2, 3);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  stepper.setMaxSpeed(1000);
  stepper.setSpeed(-800);
}

void loop() {
  stepper.runSpeed();
}
```

Gambar 2. Hasil *Input* Bahasa Program untuk Motor Penggerak

Nilai kecepatan motor penggerak diberikan input sebesar 800 *pulse*. Tanda negatif (-) pada *input* program digunakan untuk menunjuk arah putaran motor. Motor stepper Nema 17 adalah motor stepper dengan sudut putar sebesar $1,8^\circ$, dimana 360° sebagai nilai satu putaran penuh dibutuhkan 200 step ($360^\circ/1,8^\circ$). Nilai input sebesar 800 pulse sama dengan 4 revolusi per detik (rps), maka dalam 1 menit motor telah berputar 240 rpm (60×4). Namun nilai rpm (*revolution per minute*) ini tidak dapat sepenuhnya dijadikan acuan karena setiap pabrikan motor stepper memiliki tingkat akurasi yang berbeda. Setelah itu, pada Mikrokontroller 2 diberikan *input* bahasa program seperti yang terlihat pada Gambar 3 berikut ini.

```
Sensor_Suara_LM393
const int analogInPin = A0; // Analog input pin that the potentiometer is attached to
int sensorValue = 0; // value read from the pot

void setup() {
  // initialize serial communications at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEAR SHEET"); // clears sheet starting at row 1

  // define 5 columns named "Date", "Time", "Timer", "Counter" and "millis"
  Serial.println("LABEL,Date,Time,Timer,Amplitudo");

  // set the names for the 3 checkboxes
  Serial.println("CUSTOMBOX1,LABEL,Stop logging at 250?");
  Serial.println("CUSTOMBOX2,LABEL,Resume log at 350?");
  Serial.println("CUSTOMBOX3,LABEL,Quit at 450?");

  // check 2 of the 3 checkboxes (first two to true, third to false)
  Serial.println("CUSTOMBOX1,SET,1");
  Serial.println("CUSTOMBOX2,SET,1");
  Serial.println("CUSTOMBOX3,SET,0");
}

void loop() {
  sensorValue = map(analogRead(analogInPin), 0, 1023, 0, 5000);
  //Serial.println(sensorValue);
  if (sensorValue > 700) {
    Serial.println(String("DATA,DATE,TIME,TIMER," + sensorValue + ",AUTOSCROLL,20"));
  }
  delay(250);
}
```

Gambar 3. Hasil *Input* Bahasa Program untuk Sensor Suara

Berdasarkan hasil input bahasa program pada mikrokontroller 2, pin analog sensor berada pada posisi pin A0 pada mikrokontroller. Pada bagian void setup seluruh komponen *input* bahasa program merupakan protokol *library* yang diberikan oleh PLX-DAQ (*Parallax Data Acquisition*) agar perekaman data dapat terintegrasi dan dapat disimpan pada aplikasi Microsoft Office Excel, dimana protokol *library* pada PLX-DAQ diberikan *secara* gratis oleh pihak *developer*.

Pada bagian *sensorValue* diberikan *input* sebesar 700 *pulse* (mV). Alasan pemberian data 700 *pulse* ini berdasarkan pengujian nilai amplitudo tertinggi pada yang berkisar pada 800-900 *pulse* (mV), artinya batas data terendah yang akan direkam masih berada pada batas aman yang mewakili data akustik kedelai. *Delay* pada bahasa program mikrokontroller Arduino Uno digunakan untuk waktu tunda sebelum melakukan proses eksekusi kode program selanjutnya. Pada penelitian ini diberikan kode *delay* sebesar 250 *pulse*, artinya waktu tunda untuk eksekusi data berikutnya adalah selama 250/1000 detik. Alasan pemberian kode *delay* ini untuk mengantisipasi apabila terjadi penjatuhan 2 biji kedelai secara bersamaan.

E. Hasil Analisis Data Akustik

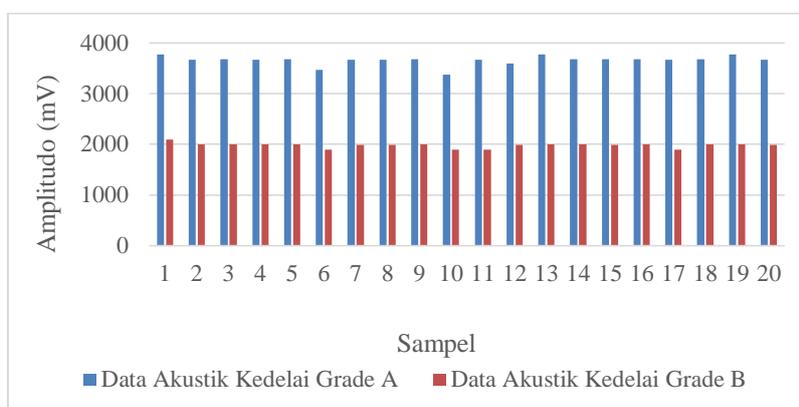
Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah kedelai dengan bobot berbeda menghasilkan kedelai dengan dua *grade*. Kedelai *grade* A memiliki rata-rata massa sebesar 0,202 gram, sedangkan kedelai *grade* B memiliki rata-rata massa sebesar 0,165 gram yang didapatkan dari pengukuran langsung sampel kedelai dengan jumlah sampel sebanyak 100 biji pada masing-masing *grade*. Berdasarkan hasil penelitian 20 sampel sebanyak 5 kali ulangan pada masing-masing *grade* didapatkan data akustik seperti yang terlihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data Akustik Kedelai

No	Kedelai	Jumlah sampel	Jumlah Ulangan	Total Sampel	Massa Rata-rata (gram)	Nilai Akustik Rata-rata (mV)
1	Grade A	20	5	100	0,202	3671
2	Grade B	20	5	100	0,165	1993

Hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa data akustik pada kedelai *grade* A lebih tinggi dibandingkan kedelai *grade* B. Hal ini disebabkan karena rata-rata massa kedelai *grade* A lebih besar dibandingkan rata-rata massa kedelai *grade* B. Saat proses penjatuhan kedelai menuju plat tumbukan terjadi energi potensial yang bekerja pada kedelai. Energi potensial sendiri dipengaruhi oleh massa bahan, percepatan gravitasi, dan ketinggian. Pada kasus ini ketinggian penjatuhan kedelai *grade* A dan B sama yaitu 30 cm dengan percepatan gravitasi yang sama.

Perbedaan massa pada kedelai akan menentukan perbedaan energi potensial pada masing-masing kedelai. Dewi et al., (2013) menyatakan bahwa massa benih kedelai yang diuji memiliki pengaruh terhadap peningkatan nilai frekuensi yang dihasilkan. Massa dan kekerasan cangkang suatu bahan berpengaruh terhadap sinyal akustik, dimana massa bahan yang lebih rendah dan cangkang almon yang lebih lunak menghasilkan sinyal akustik yang lebih lemah (Reshadsedghi dan Mahmoudi, 2012). Perbedaan nilai akustik pada masing-masing *grade* kedelai dapat digambarkan pada grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Data Akustik Kedelai

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 terlihat jelas perbedaan nilai akustik yang dihasilkan pada masing-masing *grade* kedelai. Data akustik yang didapatkan dan dianggap berbeda ini selanjutnya dilakukan uji statistik menggunakan metode *Independent T-Test* untuk melihat perbandingan dan membuktikan perbedaan data antara kedelai *grade* A yang memiliki rata-rata massa sebesar 0,202 gram dan kedelai *grade* B yang memiliki rata-rata massa sebesar 0,165 gram.

Berdasarkan uji statistik menggunakan metode *Independent T-Test* didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($P < 0.05$) menunjukkan perbedaan bobot kedelai memiliki pengaruh yang nyata terhadap data akustik biji kedelai. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa mesin sortasi untuk pendugaan kualitas biji kedelai menggunakan pendekatan sifat akustik dengan pengendali mikrokontroler yang dirancang telah mampu untuk melakukan pendugaan kualitas biji kedelai berdasarkan perbedaan massa kedelai.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, analisis rancangan mesin menunjukkan kapasitas kerja mesin sebesar 1,431 kg/jam, torsi kerja sebesar 0,000085 Nm dan daya mesin sebesar 7,038 watt. Hasil pengujian data akustik pada kedelai dengan kadar air yang sama 10,65% dengan massa rata-rata 0,202 gram (*Grade* A) dan pengujian data akustik pada kedelai dengan massa rata-rata 0,165 gram (*Grade* B) masing-masing menghasilkan rata-rata nilai amplitudo sebesar 3671 mV dan 1993 mV. Berdasarkan uji statistik menggunakan metode *Independent T-Test* didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($P < 0.05$) menunjukkan perbedaan bobot kedelai memiliki pengaruh yang nyata terhadap data akustik biji kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqua-Calc. 2021. Density of Soy beans, whole (material). Diambil dari <https://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/soy-blank-beans-coma-and-blank-whole>
- BPS. 2020. *Impor Kedelai Menurut Negara Asal Utama, 2010-2019*. Jakarta. Diambil dari <https://www.bps.go.id/statictable/2019/02/14/2015/impor-kedelai-menurut-negara-asal-utama-2010-2019.html>
- BSN. 1995. Standar Nasional Indonesia SNI-KEDELAI 01-3922-1995. *SNI 01-3922-1995*.
- Dewi, Nurul Rostami, M.R Suhartanto, dan A. M. 2014. Pemanfaatan Alat Deteksi Bunyi untuk Menduga Kadar Air dan. *Pemanfaatan Alat Deteksi Bunyi untuk Menduga Kadar Air dan*. 1(4): 45–50.
- Erinofiardi, F. Jurusan Teknik Mesin, U. Bengkulu, J. W. R. Supratman, K. Limun Bengkulu, dan ErinoFiardi. 2012. Analisa Kerja Belt Conveyor 5857-V Kapasitas 600 Ton/Jam. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 3(3): 450–458.
- Ginting, E., dan I. K. Tastra. 2016. Standar Mutu Biji Kedelai. *Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan*. (i).
- Işik, E. 2007. Some engineering properties of soybean grains. *American Journal of Food Technology*.
- Kementan. 2018. *Outlook Kedelai Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan*. Jakarta. Diambil dari <http://epublikasi.pertanian.go.id/arsip-outlook/81-outlook-tanaman-pangan/682-outlook-kedelai-2019>
- Repanich, N. 2018. Introduction to Motor Sizing. 0789(530). Diambil dari <https://www.mechatronicscenter.com/free-technical-guides.html>
- Reshadsedghi, A., dan A. Mahmoudi. 2012. Detection of walnut varieties using impact acoustics and artificial neural networks (ANNs). *Modern Applied Science*. 6(1): 43–49.
- Rohmah, E. A., dan B. Saputro. 2016. Analisis pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas grobogan pada kondisi cekaman genangan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2): 29–33.
- Wahyudin, A., F. Y. Wicaksono, A. W. Irwan, R. Ruminta, dan R. Fitriani. 2017. Respons tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Wilis akibat pemberian berbagai dosis pupuk N, P, K, dan pupuk guano pada tanah Inceptisol Jatinangor. *Kultivasi*. 16(2): 333–339.