

Perancangan mesin sortasi kedelai berdasarkan warna untuk menentukan kualitas benih

Abdullah Taufiq Kharisma¹, Rustam Efendi^{2*}

¹PT Kharisma Agri Inovasi

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Tenggara

e-mail: *rustamefenditm@un-sultra.ac.id

ABSTRAK

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan terpenting di Indonesia. Setiap tahun, kebutuhan kedelai terus menerus mengalami peningkatan seiring dengan permintaan yang terus meningkat untuk bahan pangan maupun industri seperti tahu, tempe, susu kedelai, tauco dan sebagainya. Upaya untuk mendapat kualitas kedelai pun menjadi faktor utama. Penggunaan mesin sortasi kedelai berdasarkan warna merupakan salah satu pilihan untuk mendapatkan kualitas kedelai yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin sortasi kedelai berdasarkan warna. Metode penelitian dimulai dari memahami sifat fisik dan mekanik kedelai, desain pengujian, rancangan fungsional dan struktural, dan pendekatan analisis perancangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih perlu dilakukan perbaikan pada sensor warna dan disk penjatar.

Kata kunci : kedelai, kualitas kedelai, mesin sortasi, sensor warna, disk penjatar.

ABSTRACT

Soybean is one of the most important food commodities in Indonesia. Every year, the need for soybeans continues to increase in line with the increasing demand for food and industrial ingredients such as tofu, tempeh, soy milk, tauco, and so on. Efforts to get quality soybeans are also a major factor. The use of a soybean sorting machine based on color is one option to get good quality soybeans. This study aims to design a soybean sorting machine based on color. The research method starts from understanding the physical and mechanical properties of soybean, testing design, functional and structural design, and design analysis approach. The results showed that it was still necessary to make improvements to the color sensor and metering device.

Keywords: *soybean, soybean quality, sorting machine, color sensor, metering device.*

1. PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan terpenting di Indonesia. Setiap tahun, kebutuhan kedelai terus menerus mengalami peningkatan seiring dengan permintaan yang terus meningkat untuk bahan pangan maupun industri seperti tahu, tempe, susu kedelai, tauco dan sebagainya [1, 2]. Produksi kedelai nasional pada tahun 2015 adalah sebesar 963.18 ribu ton [3], Namun produksi kedelai dalam negeri sampai saat ini hanya mampu memenuhi 30-40% kebutuhan nasional, sedangkan kebutuhan nasional sekitar 3 juta ton maka perlu dilakukan impor kedelai [4].

Salah satu upaya peningkatan produktifitas kedelai yang dilakukan oleh pemerintah yakni dengan perluasan lahan tanam kedelai [5] namun, salah satu yang menjadi kendala dalam peningkatan produksi kedelai adalah benih kedelai yang kualitasnya tidak seragam sehingga hasil panen kedelai pun tidak maksimal. Usaha yang dapat dilakukan untuk menyeragamkan kualitas benih adalah dengan sortasi.

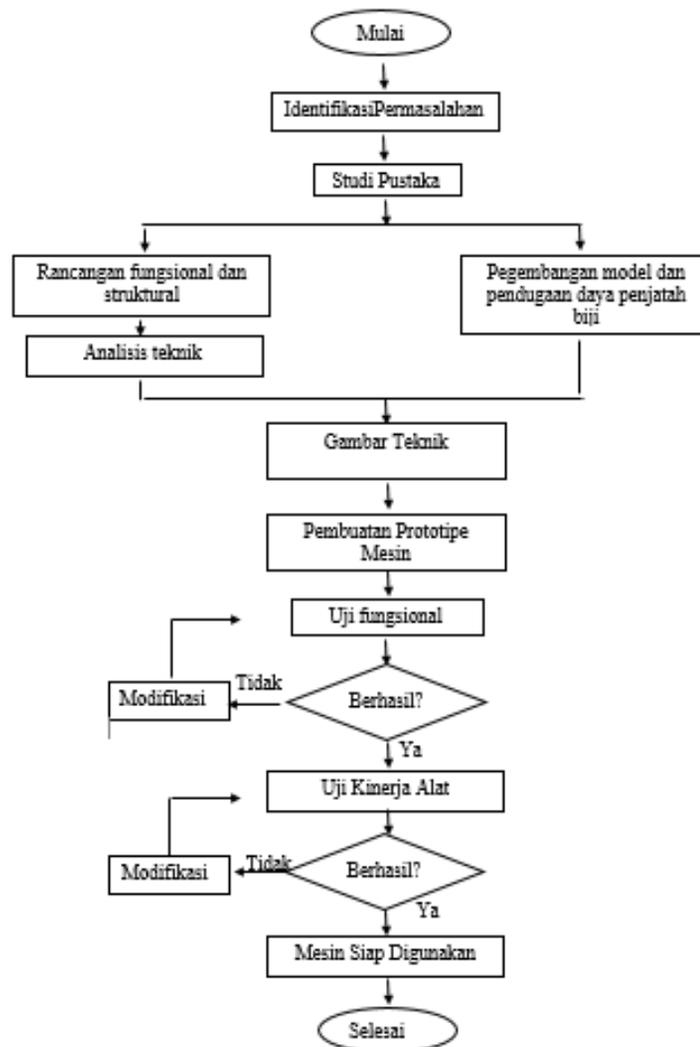
Upaya yang saat ini sudah dilakukan untuk mendapatkan hasil benih kedelai yang seragam yaitu dengan melakukan sortasi benih kedelai secara manual (menampi dan menyilir searah hembusan angin) yang membutuhkan waktu lama dan mahal. Biaya sortasi benih kedelai sekitar Rp 550/kg dengan kapasitas 40 kg/hari tenaga wanita. Untuk tujuan konsumsi biaya sortasi biji kedelai sekitar Rp 150/kg. Sedangkan sortasi yang lain menggunakan mesin sortasi benih kedelai tipe saringan lonjong model Balitkabi (GBK-11) dengan kapasitas 400-500 kg/jam [6].

Menurut Liu, et al. [7] benih kedelai dengan warna kulit yang lebih gelap cenderung lebih dorman atau tidak aktif dibandingkan benih kedelai yang berwarna terang. Perbedaan warna kulit ini menyebabkan sulitnya benih berwarna lebih gelap untuk berkecambah. Alat sortasi benih kedelai model Balitkabi (GBK-11) tidak dapat memisahkan benih yang berwarna hanya mampu berdasarkan ukuran. Alat yang sudah ada bermerk ZRWS dengan kapasitas 800-1000 kg/jam dapat di impor dari luar negeri dengan harga \$14.500 (dollar USA) belum termasuk pajak, biaya kirim, dan administrasinya [8]. Mahalnya dan sulitnya mendapatkan alat sortasi berdasarkan warna menjadi alasan diperlukannya desain dan penelitian alat sortasi benih kedelai berdasarkan warna yang murah dan mudah didapatkan di Indonesia.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, perlunya perencanaan pembuatan mesin sortasi kedelai. Dalam penelitian ini mesin sortasi kedelai yang direncanakan berdasarkan warna adalah berkapasitas 10 benih per detik (7,2 kg.jam). Mesin sortasi memisahkan biji kedelai kualitas baik (warna terang) dan kedelai reject (warna gelap).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain dan rancang bangun. Alat yang digunakan pada kegiatan perancangan ini adalah satu unit *Personal Computer* (PC) dengan program *MS Excel*, *MS Word* dan *Solidworks 2016* yang digunakan untuk perhitungan data dan pembuatan gambar teknik. Bahan yang digunakan pada alat sortasi kedelai yang telah dirancang antara lain adalah kedelai untuk pengujian, satu unit kompresor, pneumatic regulator AER 20004 ¼ inchi, selang pu 10 x 6.5 pneumatic, besi plat, akrilik, baut, besi siku, lem korea, cat semprot, nepel selang, channel low level trigger relay module Arduino load 10A modul AN87, Arduino Nano V3.0 Atmega328 Mini Usb Minsys Aa46, color sensor TCS230 Modul Sensor Warna TCS 230 For Arduino Aa58, L293 4 Channel Motor driver-H-Bridge IC L293 DIP16 AY68, RS385 central shaft 6v 9v 12v DC motor DIY model gear 81:1: AO12, sikat gigi dan solenoid valve ¼ inchi emc in & out. Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perancangan

2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Kedelai

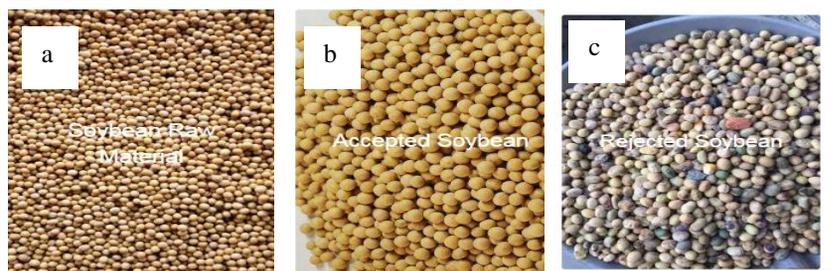
Sifat fisik dan mekanik kedelai merupakan hal yang penting untuk mendesain alat atau mesin untuk sortasi, separasi, transportasi, pengolahan, dan penyimpanan. Dalam mendesain suatu alat atau mesin tanpa mempertimbangkan sifat fisik dan mekanik kedelai, maka kemungkinan besar daya kecambah benih rendah [2].

Adapun sifat fisik kedelai meliputi: diameter, volume, massa, *true density*, *bulk density*, *terminal velocity*, *Drag coefficient*, dan koefisien gesek dapat dilihat pada Tabel 1 [2, 9, 10].

Tabel 1. Sifat fisik kedelai

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Diameter	m	6,22
Volume	mm ³	130,97-160,32
True Density	kg/m ³	1062-1086
Massa	mg/biji	134
Bulk Density	kg/m ³	696
Drag Coefficient		0,5
Terminal Velocity	m/s	14
Koefisien Gesek		0,27

Angle of repose adalah sudut yang terbentuk antar bidang datar dengan sisi miring curahan, bila sejumlah biji dituangkan dengan cepat diatas bidang datar. *Angle of repose* sangat dibutuhkan dalam mendesain suatu wadah, fasilitas penyimpanan, mesin sortasi, dan alat bantu lain dalam pengolahan biji-bijian. *Angle of repose* ditentukan dengan mengukur diameter curahan (D) dan tinggi curahan (H). *Angle of repose* kedelai sebesar 24.1°-31.5° [11]. Warna kedelai merupakan salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam menentukan benih kedelai yang mempunyai kualitas baik. Berikut kualitas kedelai berdasarkan warna disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. a) bahan baku kedelai, b) kualitas kedelai baik, c) kualitas kedelai tidak baik [12]

2.2 Desain Pengujian

Pengujian mesin sortasi dilakukan untuk menentukan kedelai kualitas baik (*accepted soybean*) dan kualitas buruk (*rejected soybean*). Sebelum di uji, kedelai disortasi dulu untuk meningkatkan keseragaman ukuran menjadi diameter sekitar 6,22 mm. Setelah benih yang akan diuji seragam ukurannya, selanjutnya baru dilakukan pengujian mesin sortasi berdasarkan warna benih. Parameter pengujian yang diinginkan dalam pengujian ini adalah :

1. Penjatah benih kedelai
Penjatah biji kedelai harus bisa memisahkan benih kedelai sehingga hanya 1 saja kedelai yang di salurkan ke saluran penjatuhan. Pengujian dilakukan dengan memutar disk penjatah lalu dihitung rata-rata jumlah benih yang jatuh pada saluran penjatuhan. Kecepatan putar disk yang digunakan adalah 1 rpm, 2 rpm, dan 3 rpm. Setiap kecepatan putar disk akan dilakukan pengujian sebanyak 10 putaran disk untuk didapatkan rata-rata jumlah benih yang dijatuhkan setiap kecepatan putar.
2. Ketepatan mekanisme pemisahan kedelai pada wadah
Ketepatan mekanisme pemisahan kedelai diuji dengan menghitung jumlah benih kualitas baik dan kualitas buruk pada masing-masing wadah benih. jumlah benih yang tidak sesuai

pada tempatnya akan dihitung persentasinya untuk menunjukkan performa dari ketepatan pemisahan kedelai

2.3 Rancangan Fungsional dan Struktural

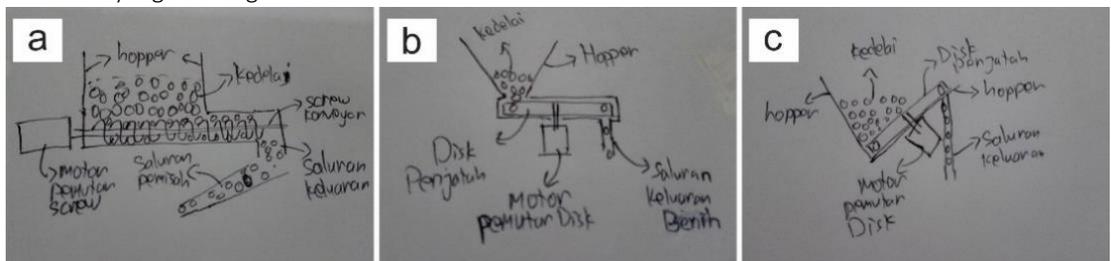
Rancangan dalam suatu kegiatan desain alat dan mesin terdiri dari dua jenis yaitu rancangan fungsional dan rancangan structural. Rancangan fungsional kegiatan rancang bangun sortasi benih kedelai berdasarkan warna kulit terdapat beberapa komponen utama yaitu :

1. Hopper

Hopper adalah bagian dari mesin yang bertugas untuk menyimpan bahan sebelum dilakukan proses pada mesin. Hopper harus dapat menyalurkan semua bahan yang masuk ke mekanisme penjatah dengan baik.

2. Mekanisme penjatah

Mekanisme penjatah diperlukan agar setiap benih kedelai dapat dievaluasi mutunya satu-persatu. Gambar 3 adalah 3 alternatif rancangan mekanisme penjatah yang menjadi pertimbangan pemilihan mekanisme penjatah. pada gambar (a) digunakan screw conveyor dan mekanisme pemisahan dengan jalur yang menyempit. Pada mekanisme (a) kemungkinan mudah terjadi penyumbatan di bagian jalur yang menyempit. Mekanisme (b) menggunakan disk penjatah horizontal berputar yang diharapkan mampu untuk mengatur untuk benih yang jatuh hanya satu. Namun, desain hopper yang langsung keluar pada disk dikhawatirkan akan menyumbat pada bagian mulut hopper. Alternative (c) terdiri dari disk yang berputar didalam hopper sehingga bisa menjatah benih satu persatu dan tidak ada penyumbatan pada keluaran hopper karena tidak keluar langsung. Alternatif (c) adalah yang akan digunakan dalam mesin sortasi benih ini.



Gambar 3. Alternatif rancangan mekanisme penjataan

3. Sensor warna

Sensor warna digunakan untuk mengevaluasi mutu dari benih kedelai. Sensor warna yang digunakan harus relatif murah agar biaya produksi alat rendah namun tetap dapat mengevaluasi benih dengan baik.

4. Saluran kedelai

Saluran digunakan untuk menyalurkan benih kedelai yang sudah dipisahkan dengan mekanisme penjatah. Saluran harus bisa menyalurkan benih dengan baik dan lancar.

5. Rangka

Rangka digunakan untuk menopang seluruh bagian dari alat. Rangka harus mampu menopang setiap bagian dengan baik.

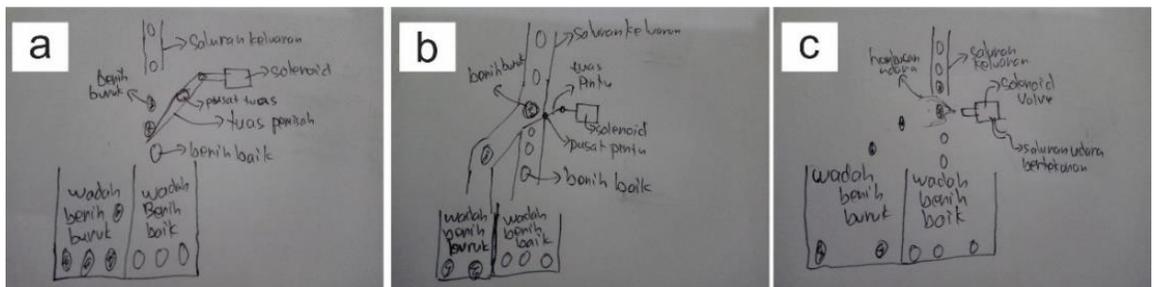
6. Pengendali

Pengendali digunakan untuk mengendalikan pergerakan dari sistem dalam mesin sortasi. Pengendali harus dapat mengendalikan putaran disk penjatah, mengaktifkan sensor warna

dan mengolah data dari sensor warna untuk digunakan untuk memberi keputusan perlakuan mekanisme sortasi pada setiap benih yang dievaluasi.

7. Mekanisme sortasi

Mekanisme sortasi digunakan untuk memisahkan benih yang baik dengan benih yang buruk. Gambar 4 menunjukkan 3 alternatif mekanisme yang dapat dilakukan untuk memisahkan benih baik dan buruk. Pada dasarnya alternative (a) dan (b) sama-sama menggunakan mekanisme tuas untuk memisahkan benih baik dengan buruk. Hanya saja alternatif (b) terdapat jalur yang mengarahkan benih ke setiap wadah. Kelemahan alternative (a) dan (b) adalah adanya waktu yang diperlukan untuk kembalinya mekanisme ke posisi semula setelah mekanisme memisahkan benih. Waktu untuk kembali ini menimbulkan terjadinya batasan kecepatan sortasi sehingga mengurangi potensi kapasitas maksimal. Alternatif (c) menggunakan hembusan udara untuk memisahkan benih. penggunaan mekanisme hembusan udara bisa tidak ada waktu untuk mekanisme kembali ke posisi semula karena hanya udara saja yang berpindah. Alternative (c) dipilih karena kelebihan dalam hal tidak ada waktu untuk mekanisme kembali.



Gambar 4. Alternatif mekanisme sortasi benih

Dari alternatif mekanisme yang sudah dipilih, dirancang mesin sortasi benih berdasarkan warna benih. Rancangan struktural dalam kegiatan rancang bangun sortasi benih kedelai berdasarkan warna kulit terdapat beberapa komponen utama yaitu :

1. Hopper

Hopper dibuat menggunakan bahan akrilik 5 mm. Dinding hopper dibuat miring dengan kemiringan 45°.

Tabel 2. Spesifikasi motor pemutar disk

Tipe produk	RS-385
Working Voltage	DC 6 – 18V
Torsi	8 Kgf cm
Rasio reduksi	81 : 1
Speed	
6V	50 RPM
9V	75 RPM
12V	100 RPM

2. Mekanisme penjatah

Mekanisme penjatah dibuat menggunakan akrilik 5 mm dan motor DC. Penjatah dibuat berbentuk disk dengan diameter 195 mm. Pada disk penjatah terdapat 20 lubang dengan diameter lubang 7 mm. Setiap lubang ditempatkan setiap 18° dengan jarak dari pusat adalah 95 mm. motor DC digunakan untuk memutar disk penjatah. Spesifikasi motor DC dapat dilihat pada tabel 3. Rancangan disk penjatah dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. Sensor warna

Sensor warna yang digunakan menggunakan module sensor warna jenis TCS 230. Spesifikasi module sensor warna TC 230 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi module sensor warna

Sensor IC	TAOS TCS 230
Input Voltage	2,7-5V DC
DC Current	>20 mA @ 5V
Input	TTL logic level
Sensor bandwidth	400nm – 950nm
Output	TTL level Square wave (50% duty cycle) 2Hz-24Hz
Interface	Dual 4 pin. Inch pitch header

4. Saluran kedelai

Saluran kedelai dibuat menggunakan akrilik 15cm x 4cm

5. Rangka

Rangka mesin sortasi kedelai ini dibuat menggunakan besi siku ukuran 4 cm x 4 cm x 2 mm. Rangka berukuran 200 mm x 300 mm x 260 mm. Rancangan rangka dapat dilihat pada Lampiran 4.

6. Pengendali

Pengendali terdiri dari Arduino dengan mikrokontroler ATmega328, komponen elektronik pengatur putaran motor DC, photodiode, LED, saklar, dan catu daya. Jenis Arduino yang digunakan adalah Arduino Nano. Spesifikasi arduino nano dapat dilihat pada tabel 5.

7. Mekanisme sortasi

Mekanisme sortasi terdiri dari beberapa komponen yaitu kompresor sebagai sumber udara bertekanan, regulator, *pressure gauge*, selang, solenoid valve, dan nozzle. Kompresor yang digunakan menggunakan energi listrik dengan spesifikasi seperti pada tabel 6. regulator harus mampu mengatur tekanan dari kompresor. *Pressure gauge* digunakan untuk mengukur tekanan sebelum dan sesudah regulator. Selang yang digunakan memiliki diameter 1/4 inch. Solenoid valve yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada tabel 7. Nozzle yang digunakan memiliki ujung berbentuk pipih untuk meningkatkan luas area hembusan udara.

Tabel 4. Spesifikasi Arduino Nano

Microcontroller	ATmega328
Architecture	AVR
Operating Voltage	5V
Flash Memory	32 KB of which 2 KB use by bootloader
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHz
Analog I/O Pins	8 pin
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	22 pin
PWM Output	6 pin
Power Consumption	19 mA
PCB Size	18 x 45 mm
Weight	7 g
Product Code	A000005

Tabel 5. Spesifikasi kompresor

Daya motor	¼ HP
Kapasitas kompresor	46 lt/menit
Tekanan udara	6 bar
Kecepatan kompresor	590 RPM
Diameter x Jumlah selinder	51 mm x 1
Panjang langkah piston	38 mm
Berat bersih	24 / 34 kg
Dimensi	750 x 300 x580
Volume tabung	30 liter

Tabel 6. Spesifikasi solenoid valve

Jenis	Solenoid valve
Merk	AirTac
Voltage coil	AC 176V – 242V
Arus normal	9 mA
Nomor model	2V025-08
Tekanan kerja	0 – 10 kgf/cm ²
Jumlah lubang	1 input, 1 output ¼ inch

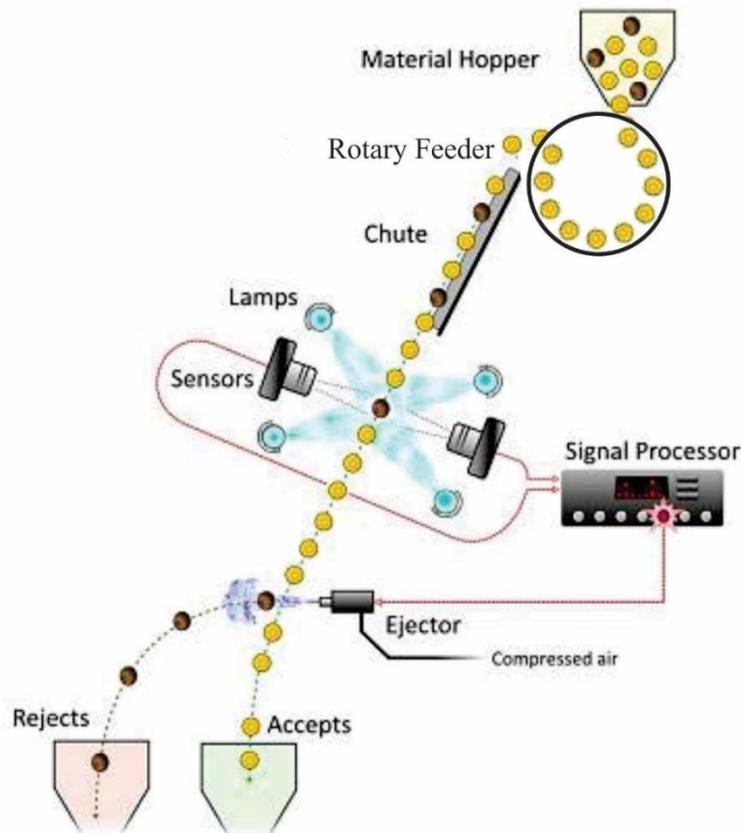
2.4 Pendekatan Analisis Rancangan

Perancangan alat ini bertujuan untuk melakukan sortasi kedelai secara otomatis berdasarkan warna kedelai, dengan harapan jauh lebih efektif ketimbang menggunakan sortasi manual. Dalam perancangan alat ini akan menggunakan sensor warna sebagai pengevaluasi mutu benih kedelai. Udara bertekanan digunakan untuk memisahkan benih baik dengan buruk. Mekanisme mesin sortasi benih ini dimulai dari bahan pada hopper di pisahkan satu-persatu oleh disk penjatah. Dari disk penjatah benih yang sudah dipisahkan akan dijatuhkan ke wadah dengan sebelumnya melewati area evaluasi mutu. Evaluasi mutu menggunakan sensor warna untuk mengevaluasi jenis warna dari benih. Jika hasil evaluasi benih memiliki kualitas baik, maka benih akan langsung jatuh ke wadah untuk benih yang baik. Jika hasil evaluasi benih memiliki kualitas buruk, benih akan dihembuskan ke wadah benih buruk. Secara garis besar, mekanisme mesin sortasi benih ini dapat dilihat pada gambar 10.

Pendekatan perancangan beban pada motor pemutar disk penjatah dengan menganggap beban *bulk* dari benih kedelai pada hopper dianggap sebuah beban solid dengan volume 5200 cm³ dan asumsi 20 benih kedelai mengisi semua lubang di disk penjatah. Dengan *bulk density* benih kedelai 696 kg/m³, maka kapasitas hopper efektifnya adalah 3,63 kg. Jika sudut elevasi disk terhadap bidang horizontal adalah 45°, maka kita dapat menghitung gaya gesek (F_{gsbb}) antara benih kedelai secara keseluruhan dengan disk dengan persamaan (1).

$$F_{gsbb} = 0.27 \times W_{sbb} \cos 45^\circ \quad (1)$$

Nilai 0.27 pada persamaan diatas adalah nilai koefisien gesek benih kedelai. Jarak antara gaya gesek F_{gsbb} dengan poros motor penggerak (r) adalah 95 mm.

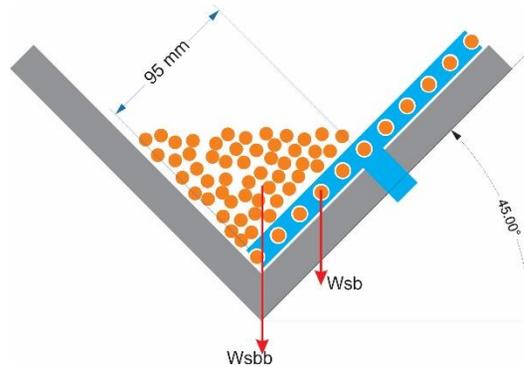


Gambar 5. Mekanisme mesin sortasi benih

Selain nilai gaya gesek antara benih kedelai secara keseluruhan dengan disk, gaya gesek antara benih yang berada pada lubang dengan hopper dihitung berdasarkan berat masing-masing benih pada lubang. Jika berat satu benih adalah 134 mg, maka gaya gesek benih pada lubang dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$F_{gsb} = 0.27 \times W_{sb} \cos 45^\circ \times 20 \text{ biji} \quad (2)$$

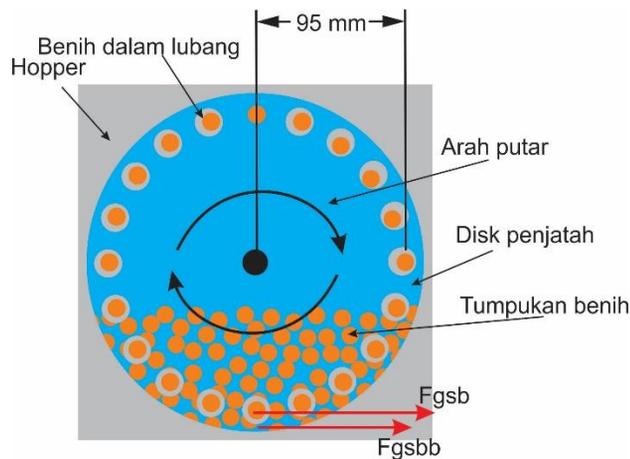
Gaya gesek benih pada lubang (F_{gsb}) berjarak 87 mm. namun, dalam perhitungan digunakan jarak 95 mm untuk faktor keamanan desain. Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan skema gaya yang bekerja pada disk penjajah.



Gambar 6. Skema gaya yang bekerja pada disk penjatah (tampak samping)

Gaya-gaya yang mungkin terjadi pada disk selain gaya gesek akibat benih dalam perancangan alat ini diabaikan. Maka total gaya yang bekerja pada disk adalah F didapatkan dengan persamaan (3) dengan jarak 95 mm terhadap poros motor atau pusat disk (r) dan jumlah biji dalam satu disk (n).

$$F = F_{gsbb} + n F_{gsb} \quad (3)$$



Gambar 7. Skema gaya yang bekerja pada disk penjatah (tampak atas)

Setelah didapatkan gaya yang bekerja pada disk, dapat dihitung torsi (τ) untuk memutar disk dengan persamaan (4).

$$\tau = F x r \quad (4)$$

Dengan desain kapasitas penjatuhan disk adalah 10 benih perdetik dan jumlah lubang pada disk adalah 20 lubang, maka dapat dihitung kecepatan putar (N) dari disk yang diperlukan yaitu 30 rpm. Selanjutnya dapat dihitung daya (P) motor yang diperlukan dengan persamaan (5).

$$P = \tau x \omega \quad (5)$$

(ω) adalah kecepatan sudut dalam radian / detik yang didapatkan dari persamaan (6).

$$\omega = 2\pi \times N/60 \quad (6)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan daya (P) motor adalah sebesar 2,04 watt dengan torsi 0,6406 Nm atau 6,6342 kg cm. Faktor keamanan 2 digunakan untuk menghitung daya (P_r) motor real dengan persamaan (7).

$$P_r = P \times 2 \quad (7)$$

$$P_r = 2.02 \times 2 = 4.04 \text{ watt}$$

Selain perancangan motor pemutar disk penjatah, perancangan mekanisme pemisahan benih baik dengan benih buruk juga diperlukan. Mekanisme pemisahan dalam alat ini digunakan sistem pemisahan dengan memanfaatkan hembusan udara bertekanan. Kebutuhan udara yang diperlukan untuk menghembuskan benih agar sampai ke wadah untuk benih yang buruk didekati dengan perhitungan *Drag Force* atau hambatan udara. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan udara di antaranya :

- 1 benih bergerak parabola dan kecepatan awal setelah ditiup dalam sumbu y diabaikan $v_y = 0 \frac{m}{s}$
- 2 kecepatan terminal benih adalah 14 m/s
- 3 ukuran benih seragam (massa (m) = 134 mg, diameter (d) = 6.22 mm)
- 4 setelah dihembuskan hambatan udara saat benih bergerak diabaikan
- 5 jarak antara mulut nozzle ke dinding wadah menurut Gambar 7 adalah 15.66 mm dan jarak vertikal antara mulut nozzle ke dinding wadah adalah 8.31 mm.

Dari asumsi diatas, dapat dihitung kecepatan minimal dari benih setelah dihembuskan dan dihitung keperluan tekanan udara yang akan digunakan.

Pendekatan diawali dari perhitungan kebutuhan kecepatan minimal agar benih buruk bisa masuk ke wadah benih buruk. Pendekatan kecepatan digunakan perhitungan gerak parabola. Persamaan yang digunakan adalah persamaan (8) dengan s adalah jarak, v adalah kecepatan, a adalah percepatan sedangkan t adalah waktu.

$$s = v_0 t \pm \frac{1}{2}at^2 \quad (8)$$

$$v_t = v_0 \pm a t \quad (9)$$

Persamaan (8) digunakan untuk menghitung kecepatan yang dibutuhkan untuk benih bergerak secara horizontal dan vertical. Persamaan (8) digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan benih untuk mencapai jarak 8.31 mm secara vertikal. 8.31 mm adalah jarak vertikal antara nozzle dengan dinding pembatas wadah. Waktu (t) dari persamaan (8) yang didapatkan adalah 1.3 detik sehingga percepatatan (a) dari persamaan (8) didapatkan 18.5 m/s². Persamaan (9) diigunakan untuk menghitung kecepatan benih setelah dihembuskan. Kecepatan (v) dari persamaan (9) didapatkan



Gambar 8. Jarak antara mulut nozzle dengan dinding wadah
 Dengan kecepatan (v) dari persamaan (9), tekanan yang dibutuhkan didapatkan dengan persamaan (10) dari hukum Bernoulli.

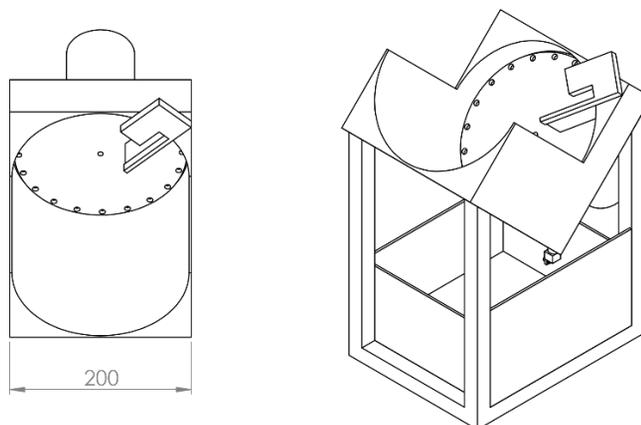
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (10)$$

Nilai h_1 dan h_2 dianggap sama dan nilai v_2 adalah kecepatan (v) dari persamaan (9). v_1 adalah kecepatan udara lingkungan dianggap tidak ada atau $v_1 = 0 \text{ m/s}$. Sehingga nilai $P_1 - P_2 = \Delta P$ adalah perbedaan tekanan dengan tekanan lingkungan. Nilai ΔP dari persamaan (10) didapatkan 376.587 Pa dan kebutuhan tekanan (P_2) adalah 101,7 KPa.

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) \quad (11)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain mesin sortasi kedelai didesain menggunakan software CAD Solidworks 2014. Desain ini didasarkan pada perancangan dan pendekatan analisis sehingga bisa didesain dengan tepat. Gambar 9 menunjukkan hasil desain yang telah dilakukan menggunakan software CAD Solidworks 2014.



Gambar 9. Desain mesin sortasi kedelai

Prototipe mesin sortasi benih kedelai berdasarkan warna kulit telah berhasil dibuat. Konstruksi prototipe ini terdiri atas rangka utama, *hopper*, disk penjajah, motor DC, sensor warna, *solenoid*, selang, *pneumatic regulator*, kompresor, kotak curah benih, saluran kedelai dan sikat penyapu benih. Konstruksi prototipe dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Instalasi pengujian mesin sortasi

Rangka utama terbuat dari besi siku dengan ketebalan 3mm dan ukuran 26cm x 20cm x 30cm, hal ini dimaksudkan agar kokoh sebagai dudukan komponen. Selain itu juga supaya mempermudah proses pembuatan mesin (sambungan dengan baut). Rangka dibuat agar benar-benar pas dengan dimensi dari *hopper*. Komponen disk penjajah terbuat dari bahan akrilik mudah dibentuk dan gesekan yang baik pula. Disk penjajah harus datar agar tidak ada kedelai yang selip masuk ke bawah. Disk penjajah dibuat sesuai hasil analisis perancangan yang telah dilakukan yang mana diameter lubang adalah 1 mm dan sudut kemiringan 45° sesuai *angle of repose* kedelai. *Hopper* dibuat model kotak dengan setengah lingkaran sebagai alur dari disk penjajah agar kedelai tetap pada alur dan mudah masuk ke dalam lubang disk penjajah. Pemilihan motor DC, sensor warna, *solenoid*, selang, *pneumatic regulator*, dipilih berdasarkan hasil analisa rancangan agar mampu memenuhi persyaratan mesin sortasi yang dibuat.

Adapun sikat penyapu yang digunakan untuk menyapu bersih dan menghindari benih kedelai agar tidak terlewat pada saat melewati lubang saluran, sedangkan saluran benih dibuat dari akrilik dengan ukuran 15cm x 4cm x 4cm dengan arah lurus ke bawah dengan harapan tidak ada kedelai yang tersumbat.

Awal pengujian dilakukan dengan menguji kemampuan sensor untuk mendeteksi benih. Dari pengujian pembacaan sensor, diketahui bahwa sensor tidak dapat mendeteksi benih dengan baik. Sehingga penggunaan sensor tidak memungkinkan untuk sortasi benih kedelai. Sebagaimana angka yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Normal	Kedelai hijau	kuning
116	117	107
116	109	112
115	118	119
115	119	103
115	119	105
117	117	104
116	106	102
116	109	100
115	109	109
115	109	97
116	107	101
115	106	113
116	106	96

Gambar 10. Tampilan pembacaan sensor

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian mesin sortasi yang telah dirancang bangun masih butuh perbaikan. Hal ini dikarenakan sensor yang belum berfungsi serta disk penjatah yang masih berat untuk diputar oleh motor listrik. Agar mesin sortasi bisa bekerja sesuai rancangan fungsional dan analisis perancangan, selanjutnya harus dilakukan perbaikan pada sensor warna dan disk penjatah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sudaryanto and D. Swastika, "Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan " in *Ekonomi kedelai di Indonesia*, Sumarno, Suyamto, Widjono A, Hermanto, and H. Kasim, Eds., ed. Bogor: BPPT 2007, pp. 1-27.
- [2] R. Polat, U. Atay, and C. Saglam, "Some Physical and Aerodynamic Properties of Soybean," *Jurnal of Agronomy* vol. 5, no. 1, pp. 74-78, 2006.
- [3] Badan Pusat Statistik. *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai 2015*, 2016.
- [4] K. Permadi and Y. Haryati, "Pemberian pupuk N , P , dan K berdasarkan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas Kedelai (Review)," *Agrotrop*, vol. 5(1), pp. 1–8, 2015.
- [5] Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. *Ketersediaan Teknologi dalam Mendukung Peningkatan Produksi Kedelai Menuju Swasembada*, BBSDLP, Jakarta (ID), 2008.
- [6] I. K. Tastra, U. Budihartid, and N. R. Patriyawaty, "Rekayasa dan uji kinerja inovasi Grader benih kedelai tipe saringan lonjong," *Seminar Hasil Akhir Penelitian Mekanisasi Pertanian Koordinatif Lintas Puslit/Balit/BPTP*, p. 24, 2011.
- [7] J. Liu *et al.*, "Metabolism variation and better storability of dark- versus light-coloured soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds," *Food Chemistry*, vol. 223, pp. 104-113, 5/15/ 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.036>.
- [8] Alibaba. "Automatic RGB Technology CCD Soybeans Color Sorter /Kidney Beans Color Sorting Machine In China." <https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/Automatic->

RGB-Technology-CCD-Soybeans-

[Color_60518298828.html?spm=a2700.7782932.0.0.ZKdo7R](http://www.metakcolorsorter.com/soybean-color-sorting-solutions.html?spm=a2700.7782932.0.0.ZKdo7R) (accessed 2017, 4 Mei).

- [9] B. Jin, H. Tao, and W. Zhong, "Flow Behaviors of Non-spherical Granules in Rectangular Hopper," *Chinese Journal of Chemical Engineering*, vol. 18, no. 6, pp. 931-939, 2010, doi: 10.1016/s1004-9541(09)60150-6.
- [10] H. Kibar and T. Ozturk, "Physical and Mechanical Properties of Soybean," *Int. Agrophysics*, vol. 22, pp. 239-244, 2008.
- [11] S. I. Manuwa, "Properties of Soybean for Best Postharvest Options," in *Soybean Physiology and Biochemistry* H. El-Shemy, Ed., ed. Europe: InTech, 2011, pp. 51-61.
- [12] MCS. "Soybean Color Sorting Machine Solution." Metak Color Sorter. <http://www.metakcolorsorter.com/soybean-color-sorting-solutions.html> (accessed 2017, 4 Mei).