



Rancang Bangun Alat *Grading* Buah Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*) Mekanis

Santosa^{1*}, Ashadi Hasan², & Ali Ibrahim Munthe²

¹ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia

² Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun alat *grading* buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) mekanis. Jeruk nipis banyak digunakan dalam industri jamu, kosmetika, minuman, makanan, cairan pembersih, selain itu jeruk nipis dipakai sebagai bahan ramuan obat tradisional karena khasiatnya sebagai penurun demam, pereda batuk, anti inflamasi, dan antiseptik. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang dan melakukan evaluasi teknis serta evaluasi ekonomi alat *grading* buah jeruk nipis. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi solusi dari permasalahan pengkelasan (*grading*) buah jeruk nipis hasil panen juga dapat membantu pedagang maupun tengkulak yang ingin melakukan pengkelasan (*grading*) jeruk nipis. Penelitian yang dilakukan yaitu perancangan alat sekaligus pengamatan kinerja alat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dan studi literatur. Pengujian dan pengamatan yang dilakukan yaitu: persentase hasil *grading*, persentase sesuai *grade* dan salah *grade*, tingkat kerusakan hasil *grading*, kapasitas kerja alat *grading*, kebisingan alat, kecepatan putaran, dan analisis ekonomi. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan 2 perlakuan yaitu berat buah jeruk nipis sebanyak 5 kg dan berat 10 kg dengan tiga ulangan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh persentase rata-rata hasil *grading* pada berat 5 kg yaitu *grade* A 18,7 %, *grade* B 40,7 %, *grade* C 28,4 %, dan tersangkut 12,2 %. Persentase rata-rata hasil *grading* pada berat 10 kg yaitu *grade* A 12,7 %, *grade* B 39,1 %, *grade* C 38,1 %, dan tersangkut 10,1 %. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* pada berat 5 kg *grade* A yaitu sesuai *grade* 82,6 %, salah *grade* 17,4 %, *grade* B yaitu sesuai *grade* 81,9 %, salah *grade* 18,1 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* pada berat 10 kg *grade* A yaitu sesuai *grade* 78,8 %, salah *grade* 21,2 %, *grade* B yaitu sesuai *grade* 85,7 %, salah *grade* 14,3 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %. Nilai persentase kerusakan hasil *grading* dengan alat dengan berat 5 kg sebesar 0 %, dan dengan berat 10 kg sebesar 1,851 %, dengan kapasitas kerja alat dengan berat 5 kg sebesar 817,2kg/jam, dengan berat 10 kg sebesar 912,6 kg/jam. Dari analisis ekonomi didapatkan biaya tetap pada alat *grading* jeruk nipis sebesar Rp 1.065.000,00/tahun, sedangkan biaya tidak tetap sebesar Rp 14.494,15/jam, sedangkan biaya pokok *grading* jeruk nipis dengan berat 5 kg sebesar Rp 18,87/kg dan berat 10 kg sebesar Rp 16,73/kg.

KATA KUNCI

Alat *Grading*; buah jeruk nipis; mekanis; uji teknis.

PENULIS KORESPONDEN

Alamat e-mail penulis koresponden: santosa@ae.unand.ac.id

1. Pendahuluan

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) adalah salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh dan dikembangkan di Indonesia. Buah jeruk nipis banyak digunakan dalam industri jamu, obat-obatan, kosmetika, minuman, makanan, cairan pembersih, dan lain-lain. Potensi sumber daya alam di dalam negeri memberikan peluang untuk meningkatkan produksi aneka jenis buah-buahan [1].

Usaha budidaya jeruk nipis mempunyai prospek yang baik, ada sebagian petani di daerah tersebut membudidaya jeruk nipis sebagai salah satu usaha tani mereka dengan harapan dapat memberi keuntungan dan pendapatan yang lebih baik dari usaha tani yang mereka tekuni. Potensi pengembangan tanaman buah jeruk nipis di dukung oleh banyak faktor Diantaranya adalah faktor pasar dan dapat memberi nilai tambah bagi produsen (petani) dan industri pengguna serta dapat memperbaiki *grading* jeruk nipis skala yang lebih besar [2]. Pembangunan perkebunan Indonesia pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani, memperluas kesempatan kerja, memperbesar ekspor, mendukung pembangunan industri.

Jeruk nipis memiliki ukuran yang beragam mulai dari yang kecil sampai yang paling besar. Buah jeruk nipis yang sudah dipanen oleh petani tentunya harus melewati proses pascapanen seperti halnya proses *grading*, supaya pemasaran buah



jeruk nipis optimal. Pastinya buah jeruk nipis yang telah melewati proses *grading* akan memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan tidak mengecewakan konsumen di pasar. *Grading* merupakan suatu hal yang penting dalam proses pengkelasan jeruk nipis. *Grading* adalah proses untuk memisahkan jeruk nipis berdasarkan ukurannya (*grade*) [3].

Permintaan jeruk nipis di berbagai kota di Indonesia sangat beragam di antaranya Jakarta lebih dari 1 ton per hari, di Purwokerto dan sekitarnya mulai dari 3 mencapai 6 ton per bulan, di Malang dan Surabaya masing-masing tidak kurang dari 1 ton per minggu, sedangkan di Bali dan Kalimantan mencapai 10 ton per minggu. *Golden Trully* dan *Hero* Pasar Swalayan di kota-kota besar mempunyai daya serap minimal 1 ton per minggu [4]. Peluang pasar jeruk nipis tidak hanya terbuka lebar di pasar domestik, tetapi juga pasar luar negeri. Negara-negara yang memesan jeruk nipis antara lain Belanda, Rusia, Singapura, Taiwan, dan Inggris. Permintaan Singapura mencapai 1,5 ton setiap 3 hari, Taiwan 5 ton per minggu, dan Inggris 20 ton per bulan, namun belum semua permintaan terpenuhi [5].

Salah satu kegiatan utama yang harus dilakukan setelah panen buah jeruk nipis adalah pengkelasan (*grading*). Pada jeruk nipis, pengkelasan dilakukan di tingkat petani dan diulang oleh pedagang, terutama jika jeruk nipis akan disimpan untuk periode waktu cukup lama. Masalah dalam penanganan pasca panen buah jeruk nipis yang terjadi adalah kurangnya kualitas dalam pengkelasan berdasarkan ukuran. Dalam proses pengkelasan (*grading*) masih dilakukan oleh tenaga manusia, proses *grading* dengan menggunakan tenaga manusia (manual) tidak akan efisien, dikarenakan pemisahan jeruk nipis tidak ter-*grading* secara sempurna serta memerlukan tenaga yang cukup besar apabila pengkelasan (*grading*) dilakukan dalam skala yang besar. Berdasarkan hal di atas dan juga sudah mencari dari berbagai sumber belum menemukan alat pengkelasan (*grading*) jeruk nipis, maka dilakukan penelitian Rancang Bangun Alat *Grading* Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Mekanis.

2. Metode Penelitian

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April – Juni 2022, terdiri dari kegiatan pembuatan alat dan kegiatan pengujian alat. Tempat pelaksanaan penelitian yaitu di Laboratorium Produksi dan Manajemen Alsintan Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Besi siku dan besi *stalbus* digunakan menjadi kerangka alat yang berfungsi sebagai penopang beban dari alat *grading* buah
- 2) Pelat besi digunakan sebagai penahan beban pada alat *grading* buah
- 3) Besi bulat berfungsi sebagai bahan yang dapat meloloskan buah berdasarkan ukurannya, dan memisahkan buah jeruk nipis dari kotoran atau benda asing
- 4) Motor listrik, *pulley*, dan sekaligus *v-belt* memberikan goyangan pada rak *grading*
- 5) Cat yang digunakan untuk melindungi kerangka alat dari korosi, dan
- 6) Buah jeruk nipis yang akan digunakan sebagai bahan pengujian kinerja alat, buah jeruk nipis yang digunakan dipanen langsung dari lahan petani yang berada di Lubuk Minturun Kota Padang.

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mesin las digunakan untuk menyatukan kerangka alat
- 2) Gerinda untuk memotong bahan yang akan digunakan



- 3) Meteran untuk mengukur panjang atau lebar bahan yang akan digunakan
- 4) Mistar siku untuk mengukur sudut dari kerangka alat
- 5) *Rolling* plat untuk melekkukan pelat besi yang akan digunakan
- 6) Amplas untuk menghaluskan permukaan alat
- 7) Kunci pas untuk mengencangkan baut
- 8) Kuas yang digunakan untuk mengecat kerangka alat
- 9) *Stopwatch* untuk menghitung waktu pada pengujian alat
- 10) Kalkulator yang digunakan untuk membantu perhitungan pada perancangan alat, dan
- 11) Kamera yang digunakan untuk dokumentasi penelitian.

2.3. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tahap rancang bangun dan pembuatan alat *grading* jeruk nipis. Perencanaan penelitian rancang bangun alat ini dilaksanakan melalui dua tahap yaitu:

- 1) Tahap pembuatan alat *grading* jeruk nipis meliputi:
 - a. Perencanaan
 - b. Penentuan dimensi dan perhitungan gaya yang dilakukan
 - c. Rancang alat
 - d. Persiapan alat dan bahan
 - e. Proses pembuatan alat
- 2) Tahap pengujian alat
Tahap pengujian alat dilakukan sebagai berikut:
 - a. Pengujian fungsional untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya alat yang dibuat dengan membandingkan dengan kapasitas *grading* manual.
 - b. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja alat rancang bangun. Pada pengujian alat digunakan sudut kemiringan rak *grading* $9,6^\circ$. Buah jeruk nipis dikelompokkan secara teliti dengan menggunakan jangka sorong sehingga diperoleh 3 kelompok ukuran. Ukuran kelompok jeruk nipis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Kelompok Jeruk Nipis

Grade	Ukuran
A	$d \geq 5 \text{ cm}$
B	$4 \text{ cm} \leq d < 5 \text{ cm}$
C	$3 \text{ cm} \leq d < 4 \text{ cm}$

Pengujian tingkat keberhasilan proses *grading* dilakukan dengan mengukur diameter jeruk nipis pada perlakuan pertama dengan berat 5 kg dan pada perlakuan kedua dengan berat 10 kg terlebih dahulu dengan menggunakan jangka sorong kemudian hasil pengukuran tersebut dikelompokkan sesuai dengan *grade* jeruk nipis masing-masing. Setelah itu jeruk nipis dicampurkan kembali dan dilakukan *grading* sebanyak 3 kali pengulangan.



2.3.1. Identifikasi Masalah

Masalah yang perlu diperhatikan adalah masalah teknis yang harus disesuaikan dengan kondisi petani jeruk nipis yang memakai alat, karena biasanya petani jeruk nipis melakukan pemisahan ukuran dan sampah atau benda asing secara manual.

2.3.2. Inventarisasi Ide

Berdasarkan hasil penelusuran yang dilakukan penulis, ternyata masih terdapat gudang jeruk nipis milik petani yang tidak melakukan pemisahan jeruk nipis berdasarkan *grade*, di mana hal tersebut dapat mempengaruhi nilai ekonomis penjualan jeruk nipis. Oleh karena itu timbul ide dalam pembuatan alat *grading* jeruk nipis mekanis yang dapat memudahkan petani dan menambah *value* jeruk nipis tersebut.

2.3.3. Penyempurnaan Ide

Penyempurnaan ide dilakukan dengan merangkum ide-ide yang sudah diambil, mencari sumber referensi, menuangkan ke dalam bentuk sketsa dan menjadikan suatu konsep yang sesuai dengan tujuan penelitian. Ide yang didapatkan kemudian disempurnakan dengan membuat suatu bentuk rancangan struktural dilengkapi dengan rancangan fungsional.

2.3.4. Kapasitas *Grading* Manual

Pengambilan data ini dilakukan untuk membandingkan nilai kapasitas *grading* secara manual dengan kapasitas *grading* dengan menggunakan alat. Pengambilan data *grading* secara manual dilakukan dengan menggunakan sampel jeruk nipis dengan berat 5 kg, di mana percobaan *grading* secara manual tersebut dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Kapasitas *grading* manual dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas *Grading* Manual

Jumlah (kg)	Ulangan	Waktu (menit)
5 kg	Ulangan 1	2,8 menit
	Ulangan 2	2,12 menit
	Ulangan 3	2,6 menit
Rata – Rata		2, 507 menit

2.3.5. *Angle of Friction*

Pengambilan data *angle of friction* dilakukan agar dapat mengetahui tingkat kemiringan pada rak *grading*, sehingga jeruk nipis dapat menuju corong pengeluaran pada alat untuk proses selanjutnya. *Angle of friction* dari percobaan perhitungan langsung pada jeruk nipis dengan menggunakan pelat besi yang sesuai dengan jenis pelat yang digunakan pada rancangan alat *grading* jeruk nipis [6].

Pengambilan data ini dilakukan diawal untuk mengetahui nilai sudut yang sesuai pada saat pembuatan alat *grading* jeruk nipis mekanis. Hasil yang digunakan untuk menentukan sudut rak *grading* pada rancangan alat ini yaitu 9,6° yang didapatkan dari nilai rata-rata dari 3 kali pengulangan dengan menggunakan 3 buah jeruk nipis saat pengambilan data [7]. Nilai sudut *angle of friction* dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 3. Angle of Friction Jeruk Nipis

Jumlah (buah)	Ulangan	Angle of friction
3 buah jeruk nipis	Ulangan 1	10°
	Ulangan 2	9°
	Ulangan 3	10°
Rata – Rata		9,6°

2.3.6. Pengamatan dan Uji Kinerja Alat *Grading*

a. Persentase hasil *grading*

Parameter yang di amati adalah persentase buah jeruk nipis yang masuk ke kamar *grading* dan buah jeruk nipis yang tersangkut. Persentase hasil *grading* adalah persentase buah jeruk nipis yang masuk ke kamar *grading* setelah melalui corong pengeluaran.

$$HG = \frac{MT}{MD} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

HG : hasil *grading* (%)

MT : jumlah jeruk nipis tertampung (buah)

MD : jumlah jeruk nipis yang di-*grading* (buah)

Jeruk nipis tersangkut yaitu jeruk nipis yang tidak berhasil di-*grading*.

$$JT : \frac{TR}{MD} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

JT : jeruk nipis tersangkut (%)

TR : jumlah jeruk nipis tersangkut di rak (buah)

MD : jumlah jeruk nipis yang di-*grading* (buah)

b. Persentase sesuai *grade* dan salah *grade*

Parameter yang di amati adalah persentase buah jeruk nipis yang sesuai *grade* dan buah jeruk nipis yang salah *grade*. Persentase buah jeruk nipis yang sesuai *grade* adalah persentase buah jeruk nipis yang berhasil di-*grading* sesuai *grade*.

$$SG : \frac{MSG}{MT} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

SG : jeruk nipis sesuai *grade* (%)

MSG : jumlah jeruk nipis sesuai *grade* (buah)

MT : jumlah jeruk nipis tertampung (buah)

Jeruk nipis salah *grade* yaitu jeruk nipis yang masuk ke *grade* lain

$$TSG : \frac{MTSG}{MT} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$



dengan:

TSG : jeruk nipis salah *grade* (%)

MTSG : jumlah jeruk nipis salah *grade* (buah)

MT : jumlah jeruk nipis tertampung (buah)

c. Tingkat kerusakan hasil *grading*

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang diakibatkan oleh proses *grading* setelah buah jeruk nipis selesai di-*grading*. Kerusakan mekanis yang akan diamati berupa rusak, memar, gores, pecah, terpotong, sobek dan hancur.

d. Kapasitas kerja alat *grading*

Kapasitas kerja alat *grading* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KK = \frac{MD}{t} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

dengan :

KK : kapasitas kerja alat *grading* (%)

MD : berat jeruk nipis yang di-*grading* (kg)

t : waktu *grading* (jam)

2.3.7. Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk menentukan biaya pokok alat *grading* jeruk nipis (*citrus aurantifolia*) mekanis. Menurut Santosa biaya pokok adalah biaya yang diperlukan untuk memproduksi satu unit output. Penentuan biaya pokok *grading* terlebih dahulu menghitung biaya tetap dan biaya tidak tetap [8]. Menurut Santosa, dijelaskan beberapa rumus mengenai analisis ekonomi [9] sebagai berikut:

2.3.7.1 Biaya Tetap

$$BT = D + I \dots \dots \dots (6)$$

dengan :

BT = Biaya tetap (Rp/tahun)

D = Biaya penyusutan alat (Rp/tahun)

I = Bunga modal (Rp/tahun)

Biaya Penyusutan

$$D = \frac{(P-S)}{N} \dots \dots \dots (7)$$

dengan :

D = Biaya penyusutan alat (Rp/tahun)

P = Harga alat (Rp)

S = Harga akhir alat setelah *N* tahun (Rp)

N = Umur ekonomis alat (tahun)

Biaya Bunga Modal

$$I = \frac{r \times (P + S)}{2} \dots \dots \dots (8)$$

dengan :



- I = Bunga modal (Rp/tahun)
r = Suku bunga pada bank (%/thn)
P = Harga alat (Rp)
S = Harga akhir alat setelah N tahun (Rp)

2.3.7.2 Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang dapat berubah dan dapat dihitung berdasarkan biaya perawatan, biaya pemakaian listrik, biaya operator dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

1. Biaya perawatan dan perbaikan alat (Rp/tahun)

$$PP = \frac{2\% \times (P - S)}{100 \text{ jam}} \dots (9)$$

dengan :

- P = Harga alat (Rp)
S = Harga akhir alat setelah n tahun (Rp)

2. Biaya Listrik

$$BL = PI \times HL \dots (10)$$

dengan :

- BL = Biaya listrik (Rp/jam)
PI = Pemakaian listrik saat pengkelasan (*grading*) (kW)
HL = Harga tarif listrik (Rp/kWh)

3. Biaya operator

Perhitungan biaya operator dalam pengkelasan (*grading*) jeruk nipis dapat dicari dengan persamaan di bawah ini :

$$Bo = \frac{wop}{wt} \dots (11)$$

dengan :

- Bo = Biaya operator (Rp/jam)
Wop = Upah tenaga kerja (Rp/hari)
Wt = Jam kerja per hari (Rp/kwh)

Sehingga dapat diperoleh persamaan biaya tidak tetap sebagai berikut :

$$BTT = PP + BL + BO \dots (12)$$

dengan :

- BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)
PP = Biaya Pemeliharaan dan Perbaikan (Rp/jam)
BB = Biaya Listrik (Rp/jam)
BO = Biaya operator (Rp/jam)

2.3.7.3 Biaya Pokok



Biaya pokok dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$BP = \frac{\frac{BT}{n} + BTT}{Kp} \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

BP = Biaya pokok (Rp/kg)

BT = Biaya tetap (Rp/tahun)

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

KP = Kapasitas *grading* (kg/jam)

n = Total jam kerja (jam/tahun)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penelitian Pendahuluan

3.1.1 Karakteristik Jeruk Nipis

Buah jeruk nipis yang dijadikan bahan penelitian yaitu buah jeruk nipis yang baru dipanen dari perkebunan masyarakat. Buah jeruk nipis di ambil dengan berat 5 kg dan 10 kg tanpa adanya kerusakan pada buah jeruk nipis tersebut. Karakteristik buah jeruk nipis yang di ambil diameternya dengan rata-rata yang didapatkan saat pengambilan data yaitu 3 – 6 cm. Buah jeruk nipis dikelompokkan secara teliti dengan menggunakan jangka sorong, sehingga diperoleh 3 kelompok ukuran [10].

3.1.2 Analisis Rancangan Fungsional

Alat *grading* jeruk nipis memiliki beberapa komponen utama yang memiliki fungsi dan peran tersendiri terhadap kinerja alat *grading* [11]. Berikut ini merupakan analisis rancangan fungsional dari komponen – komponen tersebut:

1. Rangka Utama

Rangka utama merupakan kerangka dasar alat yang berfungsi untuk mendukung dan sekaligus sebagai dudukan dari komponen-komponen, sehingga haruslah kuat.

2. Rak *Grading*

Rak *grading* merupakan tempat terjadinya proses pengkelasan jeruk nipis berdasarkan ukuran dan rak *grading* haruslah kuat agar pemisahan jeruk nipis berdasarkan ukuran berjalan lancar.

3. Gantungan Rak

Gantungan rak berfungsi untuk menggantungkan rak *grading*.

4. *Hopper*

Hopper berfungsi sebagai tempat masuknya hasil buah jeruk nipis yang akan di- *grading*.

5. Penghubung

Penghubung berfungsi untuk meneruskan daya ke rak *grading* , sehingga dapat menarik dan mendorong rak *grading*.

6. Corong Pengeluaran

Corong pengeluaran sebagai tempat keluarnya jeruk nipis hasil *grading*.

7. *V belt* dan *Pulley*

V belt dan *Pulley* untuk mentransmisikan daya dari motor penggerak ke rak *grading*.

3.1.3 Analisis Rancangan Struktural

1. Rangka utama

Rangka utama dibuat dari besi siku dengan ukuran panjang rangka 110 cm, tinggi rangka 90 cm, dan lebar rangka 80 cm. Penggunaan besi siku pada rangka utama bertujuan agar rangka utama dapat lebih kokoh menahan berat rak *grading* juga sebagai tempat motor penggerak dan *speed reducer*. Desain rangka utama dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangka Utama

2. Rak Grading

Rak *grading* yang menggunakan besi plat dan besi bulat. Rangka rak *grading* dirancang dengan panjang 120 cm, tinggi 60 cm, dan lebar 52 cm menggunakan besi plat. Penggunaan besi plat ini bertujuan agar alat dapat menahan beban saat *grading* jeruk nipis tersebut dilakukan dan tidak terjadi tumpahan pada saat pengkelasan. Rak *grading* tersebut juga memiliki 3 jenis *grading* menggunakan besi bulat dengan diameter 10 mm yaitu *grade A* dengan panjang 100 cm dengan diameter antara besi bulat 5 cm, *grade B* dengan panjang 110 cm dengan diameter antara besi bulat 4 cm, dan *grade C* dengan panjang 120 cm dengan diameter antara besi bulat 3 cm yang bertujuan untuk tempat memisahkan jeruk nipis berdasarkan ukurannya [12]. Rak *grading* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rak Grading

3. Gantungan Rak

Gantungan rak berfungsi untuk menggantung dan mengayunkan rak *grading*, ukuran gantungan rak adalah 15 cm. Gantungan rak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gantungan Rak

4. *Hopper*

Hopper merupakan tempat yang digunakan untuk memasukkan jeruk nipis yang akan di - *grading*. *Hopper* dirancang dengan ukuran panjang 50 cm, tinggi 35 cm, dan lebar 30 cm. *Hopper* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Hopper*

5. Penghubung

Penghubung berfungsi meneruskan daya ke rak *grading* sehingga dapat menarik dan mendorong rak *grading* dengan ukuran penghubung adalah 30 cm. Penghubung dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penghubung

6. Corong Pengeluaran

Corong pengeluaran merupakan tempat keluarnya jeruk nipis yang sudah di - *grading* sesuai dengan ukuran masing-masing. Pada alat *grading* ini terdapat 3 buah corong pengeluaran yang terdapat pada sisi depan alat *grading*. Landasan corong pengeluaran dibuat dengan kemiringan 9,7° sesuai dengan *angel of friction grading* jeruk nipis agar mempermudah proses pengambilan hasil. Ukuran corong pengeluaran sendiri yaitu memiliki lebar 10 cm, dan panjang 68 cm. Corong pengeluaran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Corong pengeluaran

7. Pulley

Putaran pada poros *pulley* yang terakhir yang direncanakan adalah 16 rpm, sedangkan putaran motor penggerak yaitu 1400 rpm. Untuk menghasilkan 16 rpm dari motor penggerak 1400 rpm maka :

$$\frac{1400 \text{ rpm}}{16 \text{ rpm}} = 87,5$$

Jadi putaran motor perlu dilakukan pengurangan kecepatan atau direduksi sebesar 87,5 kali, perbandingan reduksi ini sangat besar, sehingga untuk dapat mengurangi kecepatan putaran motor tersebut maka digunakan *Speed reducer* 1 : 50. Diameter Pulley yang digunakan pada motor listrik yaitu 2 Inchi sedangkan diameter pulley yang digunakan pada *input speed reducer* yaitu 2 Inchi. Untuk mengetahui kecepatan putaran yang masuk ke *speed reducer* dihitung dengan rumus :

$$N_1 d_1 = N_2 d_2$$

$$1400 \times 2 = N_2 \times 2$$

$$\frac{2800}{2} = N_2$$

$$N_2 = 1400 \text{ rpm}$$

Putaran yang masuk ke *speed reducer* yaitu sebesar 1400 rpm, sedangkan perbandingan reduksi *speed reducer* yang digunakan yaitu 1 : 50. Sehingga kecepatan putaran yang dihasilkan *speed reducer* adalah :



$$\text{Rpm} = \frac{1400}{50}$$

$$\text{Rpm} = 28$$

Kecepatan putaran yang keluar dari *speed reducer* adalah 28 rpm, sedangkan kecepatan putaran yang diinginkan adalah 16 rpm. Diameter *pulley* yang digunakan pada output *speed reducer* yaitu 3 inci. Untuk mendapatkan kecepatan putaran sebesar 16 rpm, maka diameter *pulley* adalah:

$$N_1 d_1 = N_2 d_2$$

$$28 \times 3 = 16 \times d_2$$

$$\frac{28}{16} \times 3 = \frac{84}{16}$$

$$d_2 = 5,25 \text{ inci}$$

Pulley dan *belt* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Pulley* dan *Belt*

8. Motor Penggerak

Pada penelitian ini digunakan motor listrik untuk menghasilkan daya penggerak. *Speed reducer* yang digunakan memiliki rasio 1:50 untuk mengurangi kecepatan motor listrik. Spesifikasi Motor Penggerak dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Motor Penggerak

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Merk</i>	MODERN Motor 1 Phase
2	<i>Type</i>	JY2A – 4
3	<i>Power</i>	745,7watt = 1 HP
4	Frekuensi Putar	1400 RPM
5	<i>Voltage</i>	220 V
6	Kuat Arus Listrik	7,27 A

9. Hasil Rancangan

Hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Rancangan

3.1.4 Pengujian

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk menguji apakah alat bisa atau tidak untuk dioperasikan dan untuk mengetahui kinerja alat *grading* jeruk nipis setelah alat selesai dibuat. Pengujian pendahuluan bertujuan untuk memastikan fungsi alat sesuai dengan yang direncanakan, dan apabila tidak sesuai dengan yang direncanakan maka harus dilakukan perbaikan [13]. Pengujian meliputi keberhasilan jeruk nipis ter-*grading* dengan baik sesuai dengan ukurannya. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan berat 1 kg jeruk nipis. Ulangan pertama tidak terdapat kendala pada saat *grading* jeruk nipis tetapi ada beberapa buah jeruk nipis yang sempat tersangkut pada rak, namun karena adanya goyangan dari motor penggerak dan dorongan dari jeruk nipis lainnya, maka pengkelasan (*grading*) lancar kembali sesuai dengan *grade*-nya [14].

Ulangan kedua terdapat kendala yaitu ada 1 buah jeruk nipis tersangkut, hal ini dikarenakan dari bentuk jeruk nipis itu sendiri yang kurang bulat, sehingga mempengaruhi saat buah jeruk nipis tersebut di-*grading*. Ulangan ketiga mendapatkan hasil pengujian lebih baik dari dua ulangan sebelumnya, buah jeruk nipis ter-*grading* sempurna secara keseluruhan tanpa adanya yang tersangkut dan masuk ke *grade*-nya masing-masing melalui corong pengeluaran hingga ke penampungan buah jeruk nipis. Dari hasil pengujian tersebut maka alat *grading* dapat digunakan untuk pengujian utama yaitu pengkelasan (*grading*) jeruk nipis dengan berat 5 kg sebanyak 3 kali ulangan dan jeruk nipis dengan berat 10 kg dengan 3 kali ulangan [15].

Pengujian selanjutnya yang dilakukan yaitu mengukur frekuensi putaran poros *grading* dengan menggunakan alat ukur *Tachometer* serta pengujian kebisingan alat dengan menggunakan alat ukur *Sound level meter*. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi Putaran Poros *Grading*

Pengukuran putaran poros *grading* dilakukan dengan menggunakan alat *Tachometer* [16]. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada kondisi alat tanpa beban dan dengan beban, putaran yang diukur pada *pulley* motor dengan diarahkan pada arah *pulley*. Frekuensi putaran poros *grading* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Frekuensi Putaran Poros *Grading*

Ulangan	Tanpa Beban (rpm)	Dengan Beban (rpm)	
		5 kg	10 kg
1	17,4	16,4	15,9



2	17,8	16,9	16,2
3	16,9	15,7	15,8
Rata-rata	17,37	16,33	15,97

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditampilkan pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa frekuensi putaran tanpa beban lebih besar dibandingkan dengan frekuensi putaran dengan beban. nilai yang didapatkan kecepatan putaran tanpa beban yaitu dengan rata-rata 17,37 rpm dan kecepatan putaran dengan adanya beban dengan berat 5 kg yaitu dengan rata-rata 16,33 rpm, sedangkan kecepatan putaran dengan adanya beban dengan berat 10 kg didapatkan yaitu dengan rata-rata 15,97 rpm [17]. Hal ini dikarenakan pengkelasan (*grading*) berat 10 kg buah lebih banyak di - *grading* pada rak *grading* daripada dengan berat 5 kg, sehingga semakin besar beban yang diberikan maka semakin lambat putaran *pulley* yang dihasilkan. Dengan hasil demikian dapat diketahui bahwa nilai kecepatan putaran *grading* tanpa beban lebih besar dibandingkan dengan kecepatan putaran dengan menggunakan beban. Hal ini terjadi karena saat alat dalam kondisi kosong atau tanpa beban, maka alat akan bekerja secara bebas tanpa adanya gaya dari bahan yang mempengaruhi. Ketika alat diberikan beban, maka akan ada gaya yang mempengaruhi, sehingga frekuensi putaran akan sedikit rendah [18].

2. Kebisingan

Pengukuran kebisingan alat dilakukan dengan menggunakan alat ukur *sound level meter*. *Sound level meter* mempunyai 2 karakteristik yaitu A dan C. A digunakan untuk mengukur kebisingan lingkungan dan C digunakan untuk mengukur kebisingan alat atau mesin yang sedang diuji. Pengukuran kebisingan alat sangatlah penting agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia. Tingkat kebisingan dengan berat 5 kg dapat dilihat pada Tabel 6 dan tingkat kebisingan dengan berat 10 kg dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Tingkat Kebisingan dengan Berat 5 kg

		A						C					
		1 m		2 m		3 m		1 m		2 m		3 m	
Perlakuan	Ulangan	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB
5 kg	1	60,2	74,4	55,7	59,1	53,4	62	63,1	76,5	59,4	56,2	56,4	66,7
	2	61,6	69,1	56,1	56,2	53,9	65,1	63,5	71,7	58,2	55,8	56,2	67,1
	3	59,4	71,9	56,4	59,4	53,1	62,2	64	74,9	59,2	57,1	57,7	69,2
Rata-rata		60,4	71,8	56,1	58,2	53,5	63,1	63,5	74,4	58,9	56,4	56,8	67,7

Tabel 7. Tingkat Kebisingan dengan Berat 10 kg

		A						C					
		1 m		2 m		3 m		1 m		2 m		3 m	
Perlakuan	Ulangan	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB	TB	DB
10 kg	1	60,2	72,8	55,7	59,9	53,4	62,5	63,1	75,4	59,4	58	56,4	69,7
	2	61,6	74,9	56,1	59,9	53,9	64,2	63,5	76,9	58,2	56,8	56,2	67,1
	3	59,4	69,5	56,4	59,5	53,1	65,7	64	73,1	59,2	57,3	57,7	69,4
Rata-rata		60,4	72,4	56,1	59,8	53,5	64,1	63,5	75,1	58,9	57,4	56,8	68,7

Berdasarkan Tabel 6 dan 7, rata-rata tingkat kebisingan dengan beban lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa beban. Hal ini dikarenakan pada saat alat dalam kondisi dengan beban maka alat bekerja dengan *grading* jeruk nipis yang dimulai dengan dimasukkannya buah jeruk nipis melalui *hopper* dan jatuh di rak *grading* selanjutnya ke corong pengeluaran, sehingga hal tersebut menimbulkan bunyi, ditambah dengan adanya gaya yang mempengaruhi. Jika alat tanpa beban, maka tingkat kebisingan akan sedikit menurun, karena bunyi hanya berasal dari mesin penggerak dan rak *grading* tanpa adanya beban [19].

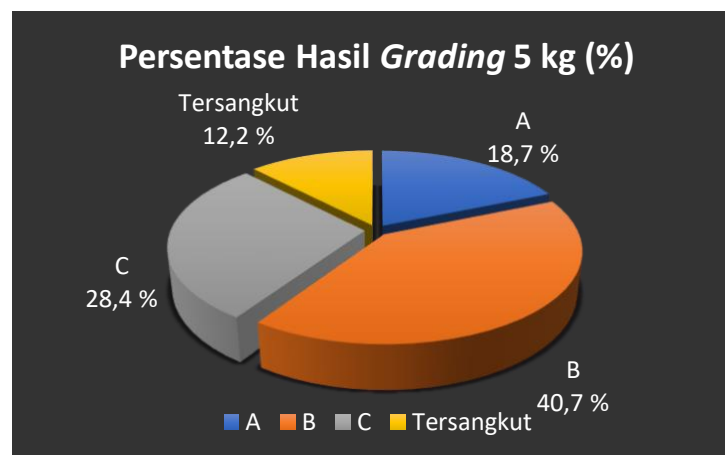
Tingkat kebisingan juga dipengaruhi oleh jarak. Pada pengujian di atas, dilakukan pengambilan data dari jarak yang berbeda yaitu dari jarak 1 meter, 2 meter, dan 3 meter, dapat dilihat dari nilai rata-rata yang diperoleh, tingkat kebisingan tertinggi berada pada perlakuan dengan berat 10 kg dengan jarak 1 meter yaitu 72,4 dB (A) dan 75,1 dB (C), sedangkan tingkat kebisingan pada perlakuan dengan berat 5 kg yaitu 71,8 dB (A) dan 74,4 dB (C) dengan jarak 1 meter. Hal ini dikarenakan dengan berat 10 kg buah lebih banyak di - *grading* di rak *grading* daripada berat 5 kg, sehingga semakin banyak buah yang di - *grading* , maka bunyi yang dihasilkan lebih besar. Jarak 1 meter lebih besar dibandingkan dengan jarak lainnya dikarenakan semakin dekat jarak ke sumber suara maka tingkat kebisingan juga semakin meningkat. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, pada Daerah Industri atau Pabrik, tingkat kebisingan maksimal yang diperbolehkan adalah 110 dB dan paling rendah adalah 70 dB. Jika dilihat dari Tabel 6 dan 7, maka rata – rata tingkat kebisingan dari alat *grading* jeruk nipis tidak melebihi 110 dB, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat kebisingan alat *grading* jeruk nipis ini tergolong aman untuk pendengaran manusia.

3.2 Penelitian Utama

Penelitian utama terdapat dua perlakuan berbeda terhadap berat bahan, yaitu jeruk nipis dengan berat 5 kg dan jeruk nipis dengan berat 10 kg.

3.2.1 Persentase Hasil *Grading*

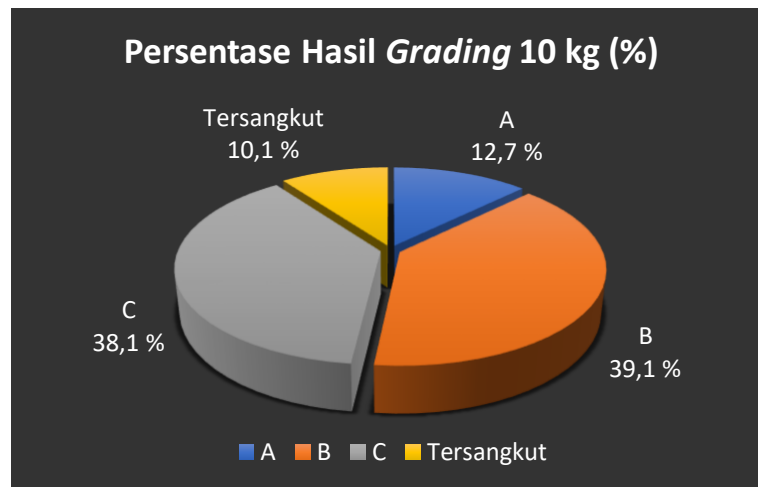
- Persentase rata-rata hasil *grading* 5 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Persentase rata-rata hasil *grading* 5 kg

Pada perlakuan berat 5 kg, persentase rata – rata hasil *grading* yaitu *grade* A 18,7 %, *grade* B 40,7 %, *grade* C 28,4 %, dan tersangkut 12,2 %.

- b. Persentase rata-rata hasil *grading* 10 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 10.



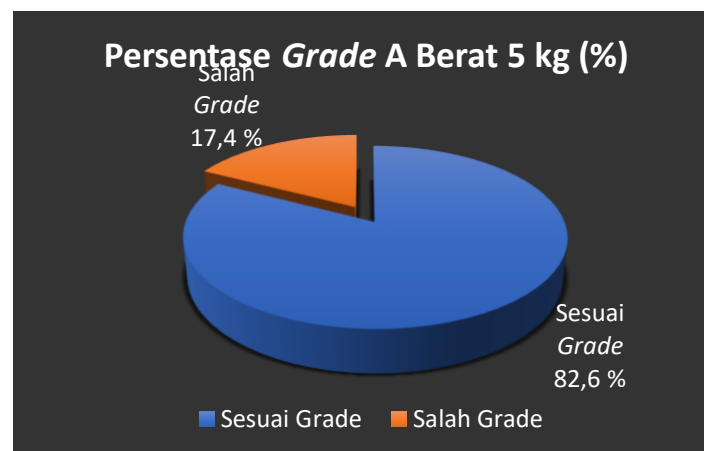
Gambar 10. Persentase rata-rata hasil *grading* 10 kg

Pada perlakuan berat 10 kg, persentase rata – rata hasil *grading* yaitu *grade* A 12,7 %, *grade* B 39,1 %, *grade* C 38,1 %, dan tersangkut 10,1 %.

3.2.2 Persentase Sesuai *Grade* dan Salah *Grade*

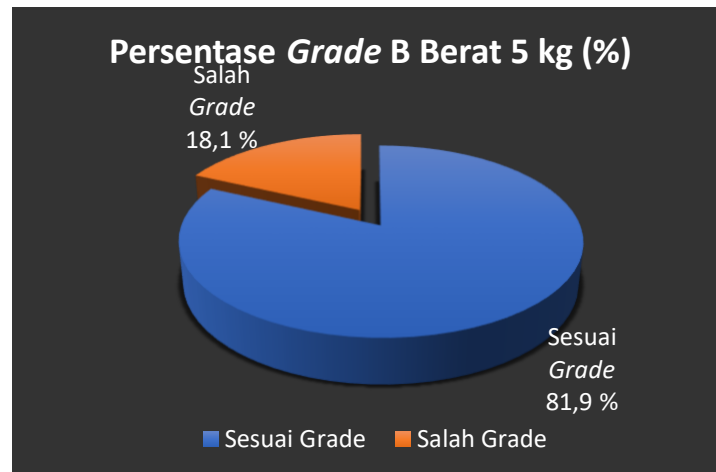
Jeruk nipis salah *grade* disebabkan oleh bentuk buah jeruk nipis yang berbeda-beda. Diameter buah jeruk nipis berkisar antara 3 cm sampai dengan 6 cm tergantung dari tempat pengambilan jeruk nipis itu sendiri, sedangkan pada penelitian ini menggunakan jeruk nipis yang memiliki ukuran diameter 3 cm sampai dengan 6 cm.

- a. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* A berat 5 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 11.



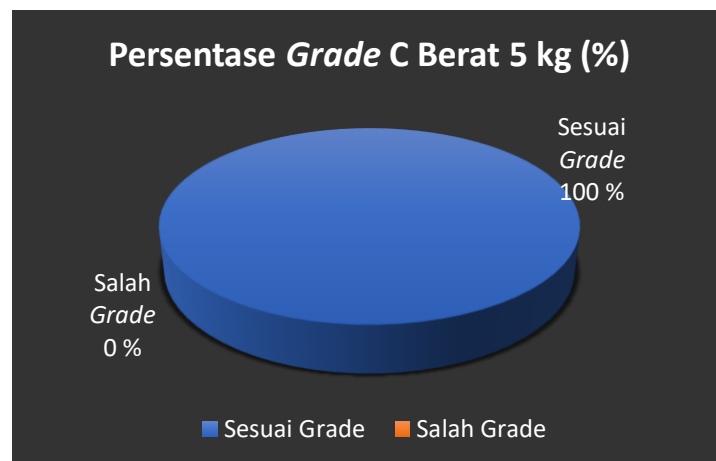
Gambar 11. Persentase rata-rata *grade* A berat 5 kg

- b. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* B berat 5 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Persentase rata-rata *grade* B berat 5 kg

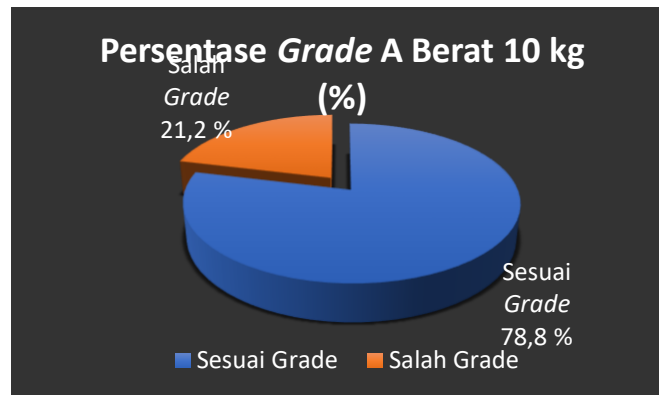
- c. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* C berat 5 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Persentase rata-rata *grade* C berat 5 kg

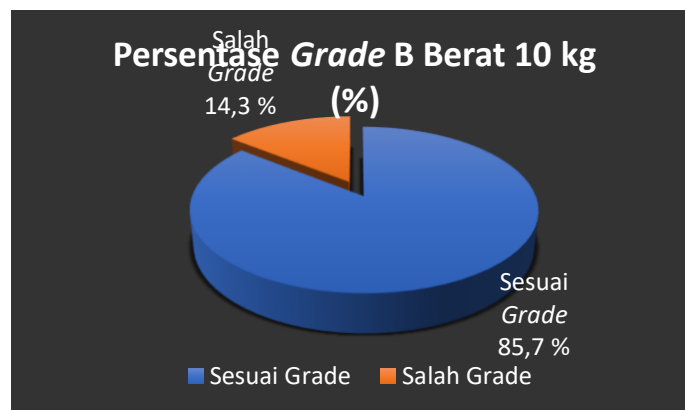
Pada perlakuan berat 5 kg, persentase rata – rata *grade* A yaitu sesuai *grade* 82,6 %, salah *grade* 17,4 %, *grade* B yaitu sesuai *grade* 81,9 %, salah *grade* 18,1 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %.

- d. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* A berat 10 kg ,buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 14.



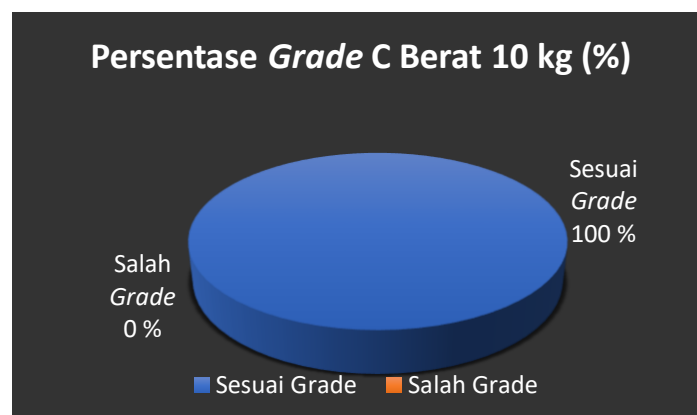
Gambar 14. Persentase rata-rata *grade* A berat 10 kg

e. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* B berat 10 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Persentase rata-rata *grade* B berat 10 kg

f. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* C berat 10 kg buah jeruk nipis dapat dilihat pada Gambar 16.



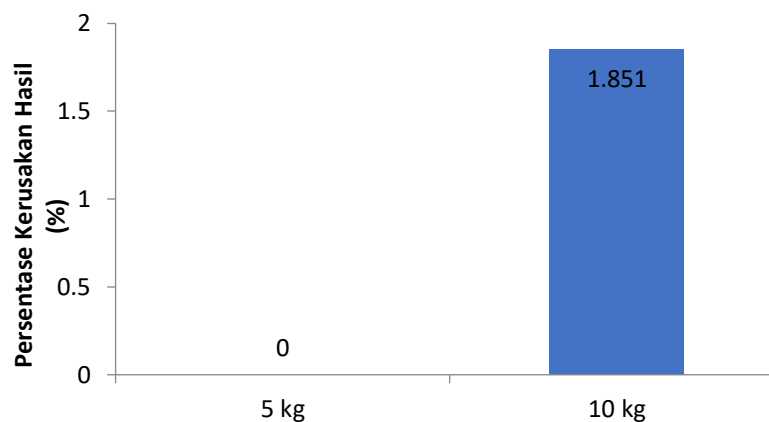
Gambar 16. Persentase rata-rata *grade* C berat 10 kg



Keberhasilan *grading* diartikan sebagai parameter yang menunjukkan banyak atau tidaknya persentase rata-rata yang sesuai grade yang masuk dalam kamar *grading*. Pada perlakuan berat 10 kg, persentase rata – rata *grade* A yaitu sesuai *grade* 78,8 %, salah *grade* 21,2 %, *grade* B yaitu sesuai *grade* 85,7 %, salah *grade* 14,3 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %.

3.2.3 Tingkat Kerusakan Hasil *Grading*

Tingkat kerusakan hasil *grading* dapat dilihat pada Gambar 17.

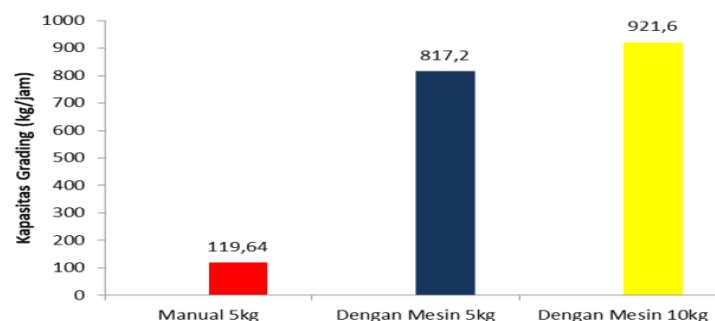


Gambar 17. Kerusakan Hasil *Grading*

Persentase kerusakan didapatkan dengan membagi jumlah buah jeruk nipis yang rusak dengan jumlah buah jeruk nipis yang di-*grading* dikalikan dengan 100% [20]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka persentase kerusakan hasil dapat dilihat pada Gambar 17. Berdasarkan grafik, nilai persentase kerusakan hasil alat pada perlakuan dengan berat 5 kg lebih rendah daripada perlakuan dengan berat 10 kg. Nilai persentase kerusakan hasil *grading* dengan alat pada perlakuan dengan berat 5 kg sebesar 0,000 % dan perlakuan dengan berat 10 kg sebesar 1,851 %. Kerusakan hasil pada saat proses pengkelasan (*grading*) dipengaruhi oleh terbenturnya jeruk nipis dengan besi pada saat proses pemisahan dilakukan.

3.2.4 Kapasitas Kerja Alat *Grading*

Kapasitas kerja alat *grading* jeruk nipis diperoleh dengan cara membagikan berat jeruk nipis yang di-*grading* dengan lamanya proses pengkelasan (*grading*) [10]. Grafik kapasitas kerja alat *grading* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Kapasitas Kerja Alat *Grading*



Kapasitas kerja alat *grading* diartikan sebagai banyaknya jeruk nipis ter-*grading*/jam. Pada Gambar 18, dapat diketahui bahwa kapasitas *grading* jeruk nipis manual dengan berat 5 kg sebesar 119,64 kg/jam, dengan berat 5 kg dengan mesin didapatkan sebesar 817,2 kg/jam, sedangkan dengan berat 10 kg dengan mesin didapatkan sebesar 912,6 kg/jam [21].

3.3 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi bertujuan untuk menghitung biaya yang dikeluarkan untuk pengkelasan (*grading*) jeruk nipis menggunakan alat *grading* jeruk nipis.

3.3.1 Biaya Tetap

Biaya tetap dihitung untuk mengetahui jumlah biaya tetap dari alat yang dirancang meskipun terjadi perubahan jam kerja per tahunnya. Biaya tetap dihitung dari jumlah biaya penyusutan dan biaya modal. Biaya penyusutan didapatkan sebesar Rp 900.000,00/tahun dan biaya bunga modal sebesar Rp 165.000,00/tahun. Dari hasil penjumlahan biaya penyusutan dan biaya modal, maka didapatkan biaya tetap sebesar Rp 1.065.000,00/tahun.

3.3.2 Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya operasional alat yang dibutuhkan untuk memenuhi keperluan alat demi menjaga kelancaran operasi dan produksi alat tersebut. Biaya tidak tetap diperoleh dari jumlah biaya pemeliharaan dan perbaikan sebesar Rp 900,00/jam, biaya listrik Rp 1.094,15/jam dan biaya operator Rp 12.500,00/jam. Dari penjumlahan biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya listrik, dan biaya operator, maka didapatkan biaya tidak tetap sebesar Rp 14.494,15/jam.

3.3.3 Biaya Pokok

Biaya pokok dihitung berdasarkan biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya pokok wajib dikeluarkan selama produksi berlangsung. Biaya pokok dihitung berdasarkan waktu pengkelasan (*grading*) jeruk nipis dengan berat 5 kg dan 10 kg. Biaya yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan dengan berat 5 kg pengkelasan (*grading*) sebesar Rp18,87/kg. Biaya pokok dengan berat 10 kg sebesar Rp 16,73/kg. Analisis ekonomi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Ekonomi

No	Uraian	Keterangan
1	Biaya Tetap (Rp/tahun)	1.065.000,00
2	Biaya Tidak Tetap (Rp/jam)	14.494,15
3	Biaya Pokok untuk berat <i>grading</i> 5 kg (Rp/kg)	18,87
4	Biaya Pokok untuk berat <i>grading</i> 10 kg (Rp/kg)	16,73

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Telah dihasilkan alat *grading* buah jeruk nipis yang dapat memisahkan buah jeruk nipis menjadi 3 *grade* berdasarkan prinsip bidang miring dan pemanfaatan tarikan serta dorongan pada rak *grading*. Persentase rata-rata hasil *grading* pada berat 5 kg yaitu *grade* A 18,7 %, *grade* B 40,7 %, *grade* C 28,4 %, dan tersangkut 12,2 %. Persentase rata-rata hasil *grading* pada berat 10 kg yaitu *grade* A 12,7 %, *grade* B 39,1 %, *grade* C 38,1 %, dan tersangkut 10,1 %. Persentase rata-rata sesuai



grade dan salah *grade* pada berat 5 kg *grade* A yaitu sesuai *grade* 82,6 %, salah *grade* 17,4 %, *grade* B yaitu sesuai *grade* 81,9 %, salah *grade* 18,1 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %. Persentase rata-rata sesuai *grade* dan salah *grade* pada berat 10 kg *grade* A yaitu sesuai *grade* 78,8%, salah *grade* 21,2%, *grade* B yaitu sesuai *grade* 85,7 %, salah *grade* 14,3 %, *grade* C yaitu sesuai *grade* 100 %, salah *grade* 0 %. Nilai persentase kerusakan hasil *grading* dengan alat dengan berat 5 kg sebesar 0 %, dan dengan berat 10 kg sebesar 1,851 %, dengan kapasitas kerja alat dengan berat 5 kg sebesar 817,2kg/jam, dengan berat 10 kg sebesar 912,6 kg/jam.

4.2 Saran

Pada proses *grading* masih ada buah jeruk nipis yang tersangkut di rak *grading* dan buah jeruk nipis yang tidak sesuai *grade* yang ditunjukkan dengan persentase rata-rata sesuai *grade* pada berat 5 kg *grade* A yaitu 82,6 %, *grade* B yaitu 81,9 %, *grade* C yaitu 100 %. Persentase rata-rata sesuai *grade* pada berat 10 kg *grade* A yaitu 78,8 %, *grade* B yaitu 85,7 %, *grade* C yaitu 100 %, sehingga diharapkan penelitian ini dapat diteruskan dengan menganalisis lebih dalam terhadap setiap komponen alat ini di antaranya adalah desain rak *grading* dan penyalur daya untuk memberikan gaya pada rak *grading*, sehingga dihasilkan alat *grading* buah jeruk nipis dengan kinerja optimal.

5. Referensi

- [1] A. Ariyantoro, *Budidaya Tanaman Buah-Buahan*. Yogyakarta: Citra Aji Permana, 2006.
- [2] S. K. Chakraborty *et al.*, "Development of an Optimally Designed Real-Time Automatic Citrus Fruit Grading–Sorting Machine Leveraging Computer Vision-Based Adaptive Deep Learning Model," *Eng Appl Artif Intell*, vol. 120, p. 105826, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.engappai.2023.105826.
- [3] D. H. Londhe, S. M. Nalawade, G. S. Pawar, V. T. Atkari, and S. V. Wandkar, "Grader: A Review of Different Methods of Grading for Fruits and Vegetables," *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 217–230, Aug. 2013, Accessed: Mar. 09, 2025. [Online]. Available: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2520>
- [4] R. Rukmana, *Jeruk Nipis: Prospek Agribisnis, Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [5] A. Rahayuningtyas, M. Furqon, and D. Sagita, "Rancang Bangun Perangkat Sortasi Tomat Berdasar Sensor Berat Tipe Strain Gauge dan Pengolahan Citra Warna," *65 JRTI*, vol. 14, no. 1, pp. 65–78, 2020.
- [6] C. A. Siregar, A. M. Siregar, A. F. Amri, Z. Zainal, and R. Ramadhani, "Rancang Bangun Mesin Buah Sortir Jeruk Berdasarkan Ukuran Standart Buah Jeruk dengan Kapasitas Penyortiran 500kg/Jam," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 7, no. 1, pp. 176–183, Jan. 2024, doi: 10.30596/RMME.V7I1.18331.
- [7] S. Cubero *et al.*, "Optimised Computer Vision System for Automatic Pre-Grading of Citrus Fruit in The Field Using a Mobile Platform," *Precis Agric*, vol. 15, no. 1, pp. 80–94, Feb. 2014, doi: 10.1007/S11119-013-9324-7/FIGURES/8.
- [8] Z. Zuraidah, W. Widiyari, and W. Oviana, "Antibacterial Potential of Leaf and Fruit of Citrus Extract (*Citrus Aurantifolia*) against *Klebsiella Oxytoca*," *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, vol. 8, no. 1, pp. 106–114, Apr. 2023, doi: 10.31932/jpbio.v8i1.2261.
- [9] S. Santosa, *Evaluasi Finansial untuk Manager, dengan Software Komputer*. Bogor: IPB Press, 2010.
- [10] Q. A. Showkat, D. Majid, H. A. Makroo, and B. N. Dar, "Physico-Mechanical Characterization of Different Grades of Lotus Rhizome (*Nelumbo Nucifera Gaertn*) for Valorisation and Smart Post-Harvest Management," *Applied Food Research*, vol. 1, no. 1, p. 100002, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.afres.2021.100002.



- [11] M. C. Strano *et al.*, "Postharvest Technologies of Fresh Citrus Fruit: Advances and Recent Developments for the Loss Reduction during Handling and Storage," *Horticulturae*, vol. 8, no. 7, p. 612, Jul. 2022, doi: 10.3390/horticulturae8070612.
- [12] E. Kurniawan, "Rancang Bangun Alat Sortasi dan Grading Biji Kakao Berbasis Sensor RGB," UGM, Yogyakarta, 2022.
- [13] B. O. Olorunfemi, N. I. Nwulu, O. A. Adebo, and K. A. Kavadias, "Advancements in Machine Visions for Fruit Sorting and Grading: A Bibliometric Analysis, Systematic Review, and Future Research Directions," *J Agric Food Res*, vol. 16, p. 101154, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.jafr.2024.101154.
- [14] M. A. Baihaqi, "Rancang Bangun Alat Sortir dan Penghitung Mangga Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino," *INTRO : Journal Informatika dan Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 17–23, Aug. 2023, doi: 10.51747/intro.v2i1.1567.
- [15] F. A. Giawa, Z. Siambaton, and T. Haramaini, "E-Monitoring pada Alat Penyortiran Buah Jeruk Nipis Otomatis Berdasarkan Ukuran dan Jenis Warna Berbasis Internet of Things," *sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 41–59, May 2024, doi: 10.56211/sudo.v3i1.406.
- [16] H. Santosa, Y. Yuliaty, and Ig. J. Mulyana, "Rancang Bangun Alat Sentrifugal Pencuci Daging Buah Kelapa Menggunakan Cairan Air Kelapa (Pre-Processing Metode Sentrifugasi)," *Jurnal METRIS*, vol. 21, no. 01, pp. 31–36, Jun. 2020, doi: 10.25170/metris.v21i01.2430.
- [17] M. Massaguni and W. Mudriadi, "Rancang Bangun Mesin Grading Buah Kopi dengan Metode Back Wash Circulation pada Proses Pengolahan Basah," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, vol. 9, no. 1, pp. 290–294, Dec. 2022, Accessed: Mar. 09, 2025. [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/341>
- [18] N. M. Baneh, H. Navid, J. Kafashan, H. Fouladi, and U. Gonzales-Barrón, "Development and Evaluation of a Small-Scale Apple Sorting Machine Equipped with a Smart Vision System," *AgriEngineering*, vol. 5, no. 1, pp. 473–487, Feb. 2023, doi: 10.3390/agriengineering5010031.
- [19] W. A. H. Champa and K. G. N. M. Gamage, "Postharvest Dip Application of Putrescine and Salicylic Acid Delayed Postharvest Quality Deterioration and Extended the Storage Life of Lime (*Citrus Aurantifolia* Swingle) Fruit," *International Journal of Fruit Science*, vol. 20, no. S3, pp. S1629–S1638, Sep. 2020, doi: 10.1080/15538362.2020.1822268.
- [20] F. A. Zainalabidin, M. S. Sagrin, W. N. Wan Azmi, and A. S. Ghazali, "Optimum Postharvest Handling-Effect of Temperature on Quality and Shelf Life of Tropical Fruits and Vegetables," *Journal of Tropical Resources and Sustainable Science (JTRSS)*, vol. 7, no. 1, pp. 23–30, May 2019, doi: 10.47253/jtrss.v7i1.505.
- [21] E. Sucipto, A. Fanani, and J. Hendariyono, "View of Rancang Bangun Alat Grading Pemilah Berdasarkan Ukuran pada Pembuatan Pupuk Granul Organik Mikro Organisme Lokal (MOL)," in *Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat*, Jember: Politeknik Negeri Jember, 2022, pp. 308–312. Accessed: Mar. 09, 2025. [Online]. Available: <https://proceedings.polije.ac.id/index.php/ppm/article/view/76/pdf>