



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN: 2085-2614; e ISSN : 2528-2654

Journal homepage: <https://jurnal.usk.ac.id/RTP>



Rancang Bangun dan Pengujian Kinerja *Bucket Elevator* pada Mesin Pengering Gabah Tipe Sirkulasi

Arif Samudiantono¹⁾, Suparlan¹⁾, Marulloh²⁾, dan Mulyani²⁾

¹⁾ Pusat Riset Teknologi Tepat Guna, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Subang, Indonesia

²⁾ Balai Besar Pengujian Standardisasi Instrumen Mekanisasi Pertanian, Banten, Indonesia

Email: drsuparlan@yahoo.com

Abstrak

Pengeringan gabah di lantai jemur pada saat musim hujan biasanya tidak dapat dilakukan secara maksimal karena terkendala oleh curah hujan. Oleh karena itu proses pengeringan harus dilakukan dengan menggunakan mesin pengering buatan agar dihasilkan mutu beras yang baik. Salah satu mesin pengering yang banyak berkembang dan digunakan di Indonesia adalah mesin pengering tipe sirkulasi. Untuk mensirkulasikan gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi diperlukan *bucket elevator* yang kapasitas angkutnya harus sesuai dengan laju aliran gabah yang keluar dari bagian rol pengatur aliran gabah (*rotary valve*). Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat dan menguji prototipe *bucket elevator* pada mesin pengering tipe sirkulasi. Metode penelitian meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian prototipe mesin. Perancangan *bucket elevator* dilakukan menggunakan *software solidwork*. dan dilanjutkan ke tahap pembuatan prototipe dan pengujian kinerja. Pengujian kinerja dilakukan pada berbagai kecepatan putar *bucket elevator* yaitu 200, 225, 250 dan 275 rpm. Hasil perancangan dihasilkan prototipe *bucket elevator* yang memiliki dimensi panjang 1330 mm, lebar 600 mm dan tinggi 5490 mm. Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa kapasitas *bucket elevator* maksimal sebesar 2683 kg/jam yang dicapai pada kecepatan putar 200 rpm. Kapasitas tersebut telah sesuai dengan kapasitas aliran gabah yang keluar dari bagian *rotary valve* dan *screw conveyor* pada mesin pengering padi tipe sirkulasi yang dikembangkan.

Kata kunci: Bucket elevator, kapasitas angkut, rancang bangun, pengujian kinerja

Design and Performance Test of Bucket Elevator on Circulation Type of Paddy Dryer

Arif Samudiantono¹⁾, Suparlan¹⁾, Marulloh²⁾, dan Mulyani²⁾

¹⁾ Research Center for Appropriate Technology, National Research and Innovation Agency, Jalan KS Tubun 5, Subang 41213, Indonesia

²⁾ Center for Testing and Standardization of Agricultural Mechanization Instruments, Jalan Sinarmas Boulevard, Situ Gadung, Kecamatan Pagedangan, Tangerang, Banten 15338, Indonesia

Email: drsuparlan@yahoo.com

Abstract

Drying of paddy on the drying floor during the rainy season usually cannot be conducted optimally because it is constrained by rainfall. Therefore, the drying process must be carried out using artificial dryers to produce the good quality of rice. One of the dryers that has been widely developed and used in Indonesia is the circulation type dryer. To circulate the paddy in the circulation type paddy dryer is needed a bucket elevator which the capacity is meet with the flow rate of paddy that comes out of the rotary valve of the grain regulator in the dryer. The purpose of this research was to design, to build and to test a prototype of bucket elevator on circulation type paddy dryer. The methods of this research include designing, manufacturing and testing of a prototype machine. The design of bucket elevator was done using solid works software, followed by prototyping and performance testing. Performance test was carried out at various bucket elevator rotational speed of 200, 225, 250, and 275 rpm. The results of the design produced a prototype bucket elevator that has dimensions length of 1330 mm, width of 660 mm, and height of 5490 mm. The result of performance test indicated that the maximum capacity of bucket elevator was 2683 kg/h which was achieved at a rotational speed of 200 rpm. This capacity is in accordance with the capacity of the grain flow out of the rotary valve and screw conveyor in the circulation type paddy dryer that was developed.

Keywords: Bucket elevator, capacity of bucket, design, performance test

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu tahapan kegiatan di dalam penanganan pascapanen hasil pertanian seperti gabah hasil panen. Proses pengeringan gabah khususnya pada saat panen di musim hujan harus dilakukan dengan menggunakan mesin pengering buatan agar mutu berasnya tidak mengalami kerusakan. Salah satu mesin pengering gabah yang banyak berkembang di Indonesia adalah mesin pengering bak vertical tipe sirkulasi (*circulation type batch dryer*).

Pada mesin pengering gabah tipe sirkulasi, gabah yang akan dikeringkan dimasukkan ke dalam bak pengering dan harus disirkulasikan secara terus menerus selama proses pengeringan berlangsung melalui bagian pengatur keluaran gabah (*rotary valve* dan *screw conveyor*), kemudian diangkat dan dinaikkan kembali menggunakan *bucket elevator*. Gabah pada bagian bak zona *tempering* bergerak ke bawah secara perlahan menuju ke zona pengeringan, kemudian gabah dikeluarkan secara kontinyu sedikit demi

sedikit melalui sistem pengatur keluaran gabah (*rotary valve*). Gabah yang keluar dari *rotary valve* kemudian diangkut oleh *conveyor* dan dinaikkan kembali ke bagian bak zone *tempering*. Untuk menaikkan atau mengangkut gabah yang ke luar dari *rotary valve* ke bagian bak zone *tempering* dibutuhkan alat pemindah bahan. Salah satu alat pemindah gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi adalah *bucket elevator*.

Bucket elevator adalah suatu alat pemindah bahan yang berfungsi untuk memindahkan suatu bahan curah berbentuk biji-bijian basah atau kering dengan jarak pemindahan secara vertical atau miring, penggunaannya lebih beragam, variasi kapasitasnya lebih luas dan bersifat kontinyu (Suhendri, *et al.*, 2014; P´erez-Aparicio, *et al.*, 2014; Theint, K. dan Thin Zar Lin, T.M.A., 2018; Harichandra, *et al.*, 2020). Menurut Hamsi (2009), *bucket elevator* adalah alat pengangkut material/bahan curah yang ditarik oleh sabuk atau rantai tanpa ujung dengan arah lintasan yang umumnya vertical/tegak lurus, dan ditopang oleh rumah (*casing*) atau rangka. Srivastava *et al.* (1993) menambahkan bahwa *bucket elevator* umumnya digunakan untuk pengangkutan vertikal bahan-bahan aliran bebas seperti biji-bijian kecil dan pelet. *Bucket elevator* terdiri dari mangkuk-mangkuk dengan jarak yang teratur yang dikaitkan pada sabuk *elevator* (*belt elevator*). Sabuk yang telah dipasang mangkuk-mangkuk tersebut dihubungkan oleh dua puli yaitu puli bagian atas (*head pulley*) dan puli bagian bawah (*boot pulley*). Poros puli bagian atas dihubungkan ke suatu motor penggerak dengan menggunakan sistem transmisi *v-belt* dan *pulley*. Motor berputar untuk memutar poros *head pulley*, kemudian *head pulley* berputar untuk menggerakkan sabuk *elevator*. Pada saat sabuk *elevator* berputar maka mangkuk-mangkuk bergerak ke atas dan membawa biji-bijian yang dimasukkan melalui lubang pemasukan di bagian bawah. Biji-bijian yang ada di dalam mangkuk setelah sampai di bagian atas akan dilemparkan keluar melalui saluran pengeluaran bijian.

Kapasitas angkut pemindahan bahan dari *bucket elevator* sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran mangkuk (*bucket*), kecepatan *bucket elevator*, jarak antar *bucket*, dan rapat jenis bahan (*bulk density*) yang dipindahkan. Panggabean (2008) telah mendesain *bucket elevator* pada mesin pengering sistem efek rumah kaca, dengan kapasitas angkutnya mencapai 612,2 kg/jam pada putaran 92 rpm dan 945,5 kg/jam pada putaran 184 rpm. Hemlata dan Bhaskar (2015) telah mempelajari desain *bucket elevator* untuk pemindahan gula dengan kapasitas 20 ton per jam. Yashaswini, *et al* (2014) telah mempelajari desain dan optimasi *bucket elevator* menggunakan analisis elemen hingga, dimana pada makalah ini *bucket* dirancang untuk membawa material pada ketinggian 10 m. Kemudian Suhendri, *et al.* (2014) melaporkan bahwa pada rancang bangun *bucket elevator* dengan menggunakan volume *bucket* 0,41 liter, jarak antar *bucket* 20 cm, dan kecepatan putaran puli 54 rpm diperoleh kapasitas angkut gabah sebesar 1200 kg/jam. Besar kecilnya kapasitas angkut *bucket elevator* tersebut harus disesuaikan dengan besarnya kapasitas aliran bahan biji-bijian pada mesin pengering tipe sirkulasi.

Oleh karena itu, agar proses sirkulasi gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi dapat berlangsung dengan lancar, maka perlu dirancang *bucket elevator* yang kapasitas angkutnya sesuai dengan kapasitas kerja dari masing-masing bagian dari sistem sirkulasi bahan pada mesin pengering, yaitu kapasitas pengeluaran gabah dari *rotary valve* dan *screw conveyor*. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, memproduksi, dan menguji *bucket elevator* pada mesin pengering gabah tipe sirkulasi dengan kapasitas angkut gabah minimal sebesar 2500 kg/jam. Kapasitas angkut *bucket elevator* disesuaikan dengan kapasitas aliran sirkulasi bahan pada mesin pengering gabah tipe sirkulasi. Laju aliran

sirkulasi gabah yang keluar dari *screw conveyor* gabah dapat diatur melalui kecepatan putar dari *rotary valve*.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Kegiatan rancang bangun, pabrikasi, dan pengujian prototipe *bucket elevator* dilaksanakan di laboratorium workshop Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) Serpong.

Bahan dan Peralatan

Bahan yang dibutuhkan dalam kegiatan ini meliputi (1) bahan rekayasa untuk pembuatan prototipe *bucket elevator* seperti *plat eser*, besi siku, pipa paralon, motor listrik, pulley, besi as, *pillow block*, *v-belt*, sabuk datar (*flat belt*), mangkuk (*bucket*), mur-baut, dan lain-lain, dan (2) bahan uji terdiri dari gabah kering panen dan karung kemasan. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian prototipe *bucket elevator* antara lain: meteran, *digital tachometer*, *grain moisture tester*, timbangan, dan *stop watch*.

Tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap perancangan dan tahap pengujian prototipe *bucket elevator*. Tahap perancangan meliputi (1) pertimbangan disain *bucket elevator*, (2) perancangan dan perhitungan teknis, (3) pembuatan gambar disain, (4) pabrikasi komponen-komponen *bucket elevator*, dan (5) perakitan komponen menjadi prototipe *bucket elevator*. Setelah tahap perancangan dan pembuatan prototipe *bucket elevator* selesai dibuat, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian baik uji fungsional maupun uji unjuk kerja.

a) Pertimbangan disain *bucket elevator*

Bucket elevator untuk mengangkat dan mensirkulasikan gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi dirancang berdasarkan pertimbangan bahwa kapasitas angkut gabah dari *bucket elevator* minimal harus sama atau lebih besar dari laju aliran gabah yang keluar dari unit sistem sirkulasi gabah pada mesin pengering. Kapasitas mesin pengering tipe sirkulasi yang telah dikembangkan adalah 2500 kg per proses, dan laju aliran gabah yang keluar dari sistem sirkulasi adalah 2500 kg/jam. Hal ini berarti bahwa dalam setiap satu jam sekali, gabah yang berada di dalam ruang pengering akan mengalami satu kali proses pemanasan atau pengeringan yaitu pada saat aliran gabah melewati zone pemanasan. Oleh karena itu kapasitas angkut dari *bucket elevator* yang dirancang adalah sebesar minimal 2500 kg/jam. Adapun tinggi *bucket elevator* disesuaikan dengan tinggi vertikal dari ruang pengering, dalam hal ini tinggi *bucket elevator* dirancang sebesar 5490 mm. Adapun sumber daya yang digunakan untuk menggerakkan *bucket elevator* adalah motor listrik.

b) Perhitungan teknis dan perancangan *bucket elevator*.

Proses perancangan *bucket elevator* dimulai dari analisis kebutuhan terhadap *bucket elevator* yang sesuai dengan konstruksi dan kapasitas sirkulasi gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi. Mengingat dimensi dan kapasitas *bucket elevator* yang ada di pasaran sangat bervariasi, maka perlu dirancang *bucket elevator* khusus sebagai alat untuk mengangkat dan mensirkulasikan gabah pada mesin pengering. Tinggi *bucket elevator* yang dirancang disesuaikan dengan tinggi pemindahan gabah pada mesin pengering yaitu

setinggi 5490 mm dengan sudut kemiringan saluran pengeluaran gabah minimal 40 derajat agar aliran gabah dari *bucket elevator* ke dalam ruang pengering berjalan lancar. Adapun kapasitas angkut *bucket elevator* yang akan dirancang untuk mensirkulasikan gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi yaitu sebesar 2500 kg/jam. Kapasitas ini ditentukan berdasarkan beberapa asumsi bahwa kadar air awal gabah 24 %, kadar air akhir gabah 14 %, lama pengeringan 10 jam, sehingga laju pengeringan sebesar 1%/jam. Dengan kapasitas mesin pengering sirkulasi sebesar 2500 kg/proses dan kapasitas *bucket elevator* 2500 kg/jam dan dengan lama pengeringan 10 jam, maka siklus sirkulasi gabah melewati zona pengeringan akan terjadi setiap satu jam sekali. Pada saat gabah melewati zone pengeringan akan terjadi proses pemanasan bahan dan penguapan kadar air dari bahan, dengan laju penguapan kadar airnya sebesar 1%/jam.

Kapasitas pengangkutan gabah dari *bucket elevator* (kg/jam) ditentukan oleh beberapa variabel yaitu (a) ukuran *bucket*, (b) jarak spasi antar *bucket*, (c) kecepatan sabuk *elevator*, dan (d) berat jenis bahan yang dipindahkan. Kapasitas angkut *bucket elevator* (Q) dihitung dengan menggunakan persamaan (1) berikut.

$$Q = Vb \cdot \rho \cdot v \cdot b \cdot 3600 \dots\dots\dots (1)$$

dimana: Q = kapasitas *bucket elevator* (kg/jam)
Vb = volume *bucket* yang terisi bahan (liter)
 ρ = berat jenis bahan (kg/liter)
v = kecepatan sabuk *elevator* (m/detik)
b = jumlah *bucket* per meter (unit/m)

Kecepatan sabuk *elevator* adalah faktor penting pertama yang perlu dipertimbangkan dalam merancang *bucket elevator*. Kecepatan sabuk *elevator* tergantung pada kecepatan putar dari puli penggerak sabuk *elevator* (*head pulley*), dan kecepatan lateral dari *head pulley* tergantung pada ukuran diameternya. Kecepatan sabuk *elevator* (v) dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} \dots\dots\dots (2)$$

dimana: v = kecepatan sabuk *elevator* (m/detik)
D = diameter *head pulley* (m)
N = putaran *head pulley* (rpm)

Agar proses penumpahan atau pembuangan gabah dari *bucket* dapat bersih dan langsung terbuang ke corong pengeluaran gabah (*head liner*), maka kecepatan sabuk *elevator* disarankan berkisar antara 1 – 2 m/detik agar terjadi gaya sentrifugal pada saat penumpahan atau pelemparan gabah dari *bucket elevator*. Jika kecepatan sabuk *elevator* atau putaran *head pulley* terlalu lambat, maka tumpahan gabah dari *bucket* akan masuk ke kaki *elevator*, sedangkan jika kecepatannya terlalu tinggi maka gabah dari *bucket* akan terlempar secara tidak teratur dan menyebabkan kerusakan pada gabah akibat benturan yang terlalu keras.

Parameter desain yang digunakan dalam perancangan *bucket elevator* ini antara lain (1) diameter puli penggerak sabuk *elevator* (*head pulley*) dirancang sebesar 180 mm (0,180 m), (2) ukuran mangkuk (*bucket*) adalah 5 inci yang memiliki panjang 150 mm dan volume mangkuk teoritis sebesar 0,6 liter, (3) volume mangkuk yang terisi gabah adalah 1/3 dari volume teoritis, (4) jarak antar mangkuk adalah 220 mm, (5) rapat jenis gabah

sebesar 0,5 kg/liter, dan (6) putaran *heat pulley* dirancang sebesar 200 rpm. Dengan menggunakan data-data tersebut, maka dapat ditentukan kapasitas angkut *bucket elevator* dengan menggunakan persamaan (1), sedangkan kecepatan sabuk *elevator* dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

Dengan diameter *heat pulley* sebesar 180 mm dan putaran *heat pulley* sebesar 200 rpm, maka kecepatan sabuk *elevator* dapat dihitung sebagai berikut.

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,180 \cdot 200}{60} = 1,884 \text{ m/detik}$$

Dengan kecepatan sabuk *elevator* sebesar 1,884 m/detik, yang berada pada kisaran 1-2 m/detik, dengan demikian diharapkan proses pengeluaran gabah dari *bucket elevator* dapat terjadi secara sentrifugal.

Dengan menggunakan rumus pada persamaan (1) maka dapat ditentukan kapasitas teoritis *bucket elevator* (Q).

$$Q = Vb \cdot \rho \cdot v \cdot b \cdot 3600$$

$$Q = (0,6 \times 1/3) \times 0,5 \times 1,884 \times (100/22) \times 3600$$

$$Q = 3083 \text{ kg/jam}$$

Dari parameter desain yang ditentukan diatas, diperoleh kapasitas angkut *bucket elevator* secara teoritis sebesar 3083 kg/jam. Hasil perhitungan kapasitas teoritis tersebut sudah memenuhi kapasitas minimal *bucket elevator* yang dibutuhkan oleh mesin pengering yaitu 2500 kg/jam.

Panjang sabuk *elevator* (L) dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$L = \left[\frac{\pi \cdot D1}{2} + \frac{\pi \cdot D2}{2} \right] + 2 C \dots\dots\dots (3)$$

dimana: L = panjang sabuk *elevator* (m)
D1 = diameter *head pulley* (m)
D2 = diameter *boot pulley* (m)
C = jarak antar pusat dari *head pulley* dan *boot pulley* (m)

Dalam perancangan *bucket elevator* ini besarnya diameter *head pulley* adalah sama dengan diameter *boot pulley*, yaitu 180 mm, sedangkan jarak antar pusat dari *head pulley* dan *boot pulley* adalah sebesar 5200 mm. Maka panjang sabuk *elevator* dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned} L &= \left[\frac{\pi \cdot D1}{2} + \frac{\pi \cdot D2}{2} \right] + 2 C \\ L &= (3,14 \times 0,180) + (2 \times 5,2) \\ L &= 10,965 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian maka panjang sabuk *elevator* ditentukan sebesar 11 m. Dengan jarak antar mangkuk adalah sebesar 220 mm (0,22 m), maka dapat ditentukan jumlah mangkuk yang harus dipasang pada sabuk *elevator*, yaitu sebanyak 50 unit mangkuk (*bucket*).

Kebutuhan daya (P) motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan rangkaian *bucket elevator* dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$P = \frac{2 \pi . N . F . r}{60 \times 1000} \text{ kW} \dots\dots\dots (4)$$

dimana, P = daya motor penggerak (kW)

N = putaran *head pulley* (rpm)

F = total beban atau gaya yang harus diteruskan dari motor penggerak (N)

r = jari-jari *head pulley*, (m)

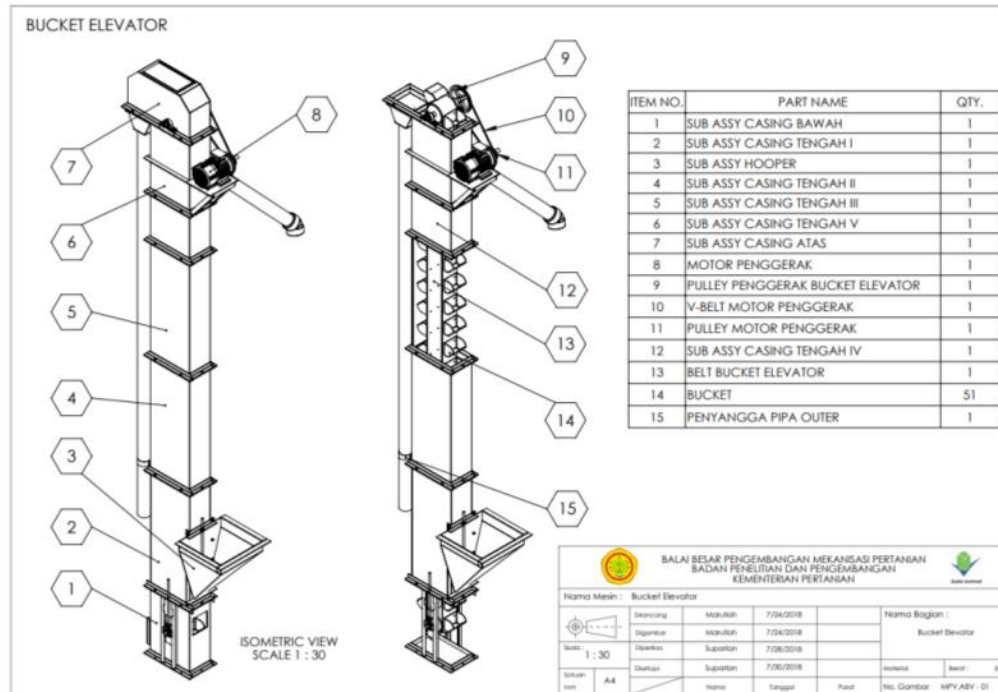
Total beban atau gaya yang harus diteruskan dari motor penggerak sebanding dengan jumlah beban dari semua komponen *bucket elevator* yang berputar, sehingga total beban dihitung dari bobot semua komponen dari *bucket elevator* yaitu (1) bobot puli penggerak sabuk atas dan bawah (*head pulley* dan *boot pulley*), (2) bobot poros puli atas dan bawah, (3) bobot sabuk *elevator*, (4) bobot mangkuk kosong, (5) bobot gabah di dalam mangkuk yang sedang diangkut. Puli penggerak sabuk elevator terbuat dari pipa besi dengan diameter 180 mm dan panjang 175 mm, dengan tebal pipa 4 mm. Masa dari masing-masing puli sekitar 3 kg sehingga bobot kedua puli atas dan bawah adalah $2 \times 3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 78,48 \text{ N}$. Poros puli penggerak sabuk elevator terbuat dari as besi 45 C berdiameter 35 mm dengan panjang 400 mm. Jumlah poros puli ada 2 unit dengan masa masing-masing poros adalah 2 kg, sehingga bobot kedua poros penggerak puli sabuk elevator adalah $2 \times 2 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 39,24 \text{ N}$. Sabuk elevator terbuat dari bahan karet berserat, dengan ukuran lebar sabuk 170 mm, tebal 7 mm (5 ply), dan panjang total adalah 1100 mm. Masa sabuk elevator sekitar 30 kg, sehingga bobot sabuk adalah $25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 245,25 \text{ N}$. Mangkuk terbuat dari bahan plastik PE dengan ukuran mangkuk sebesar 5 inci, dengan lebar sebesar 150 mm. Jarak antar *bucket* ditentukan sebesar 220 mm. Masa *bucket* kosong per unit adalah 0,20 kg dan jumlah *bucket* adalah 50 unit, maka bobot bucket kosong keseluruhan adalah $50 \times 0,20 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 98,1 \text{ N}$. Bobot gabah di dalam mangkuk dihitung berdasarkan pada jumlah satu sisi bucket yang terisi gabah. Pada saat beroperasi, jumlah bucket yang terisi gabah hanya separo dari jumlah bucket, yaitu 25 unit. Volume bucket yang terisi gabah sebesar sepertiga dari volume bucket, diasumsikan sebesar 250 gram gabah per bucket. Maka bobot gabah yang diangkut mangkuk adalah $25 \times 0,25 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 61,313 \text{ N}$. Jadi total beban atau gaya yang harus diteruskan motor penggerak adalah $78,48 \text{ N} + 39,24 \text{ N} + 245,25 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 61,313 \text{ N} = 522,383 \text{ N}$.

Berdasarkan parameter desain yang sudah ditetapkan, maka dapat dihitung kebutuhan daya motor penggerak *bucket elevator*.

$$P = \frac{2 \pi . N . F . r}{60 \times 1000} = \frac{2 \times 3,14 \times 200 \times 522,383 \times 0,0925}{60 \times 1000} = 1,012 \text{ kW}$$

Daya motor penggerak yang dibutuhkan adalah sebesar 1,012 kW atau sebesar 1,356 hp. Dalam perancangan ini digunakan penggerak berupa motor listrik sebesar 1,5 hp.

Rancangan *bucket elevator* terdiri dari beberapa komponen utama yaitu rumah *elevator*, *hopper* pemasukan gabah (*intake hopper*), saluran pengeluaran gabah (*outlet*), mangkuk (*bucket*), sabuk *elevator* (*belt elevator*), puli penggerak sabuk *elevator* (*head pulley*), poros puli penggerak (*shaft*), lubang pengeluaran gabah, motor penggerak, dan sistem transmisi. Rancangan *bucket elevator* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan *bucket elevator*

c) Pengujian Kinerja *Bucket Elevator*

Untuk pengujian kinerja *bucket elevator* digunakan bahan uji berupa gabah kering panen (GKP) yang diperoleh dari pedagang pengumpul gabah di Kabupaten Pandeglang, Banten. Kadar air gabah sekitar 22 % basis basah. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, dengan berat gabah untuk tiap-tiap ulangan sebanyak 200 kg. Pengujian dilakukan pada 4 variasi putaran poros *bucket elevator* yaitu 200, 225, 250, dan 275 rpm. Selama pengujian kinerja *bucket elevator* berlangsung, dilakukan pengukuran parameter uji meliputi kadar air gabah, density gabah, tingkat kebersihan gabah, putaran poros penggerak *bucket elevator*, kapasitas angkut *bucket elevator*, dan kebutuhan daya listrik.

Kadar air gabah diukur dengan menggunakan alat digital *grain moisture meter*. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali ulangan pada masing-masing sampel gabah, dan kemudian dirata-rata dan hasilnya dinyatakan dalam persen.

Rapat jenis (*bulk density*) gabah diukur dengan cara menimbang bobot gabah dalam setiap 1000 ml volume gabah, dan dinyatakan dalam kg/m^3 . Dalam tiap-tiap ulangan sampel gabah dilakukan 3 kali pengukuran, kemudian hasilnya dirata-rata.

Tingkat kebersihan gabah diukur dengan cara mengambil sampel gabah sebanyak 100 gram pada tiap-tiap ulangan. Tiap-tiap sampel gabah kemudian dipisahkan antar gabah berisi, gabah hampa dan kotoran. Masing-masing bagian kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Tingkat kebersihan gabah merupakan perbandingan antara bobot gabah berisi dengan bobot total sampel gabah (gabah berisi, gabah hampa dan kotoran), dan dinyatakan dalam persen.

Kecepatan putar poros penggerak *bucket elevator* diukur dengan menggunakan digital *tachometer*. Pada bagian poros yang akan diukur putarannya ditemplei dengan

kertas *spot lighth*. Pengukuran putaran poros dilakukan pada saat sebelum *bucket elevator* dikasih beban maupun setelah dikasih beban. Kecepatan putar poros penggerak *bucket elevator* dinyatakan dalam putaran per menit (rpm).

Kapasitas kerja *bucket elevator* diukur dengan cara menimbang sampel bobot gabah awal yang akan dimasukkan melalui lubang pemasukan gabah (*intake hopper*) yang terletak di bagian samping bawah *bucket elevator* dan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk pemindahan dan pengangkutan gabah dari lubang pemasukan sampai ke lubang pengeluaran gabah (*outlet*). Kapasitas kerja *bucket elevator* dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$KKBE = \frac{Wg}{T} \dots\dots\dots (5)$$

dimana, KKBE = kapasitas kerja *bucket elevator*, kg/jam

Wg = bobot sampel gabah awal yang diangkut dan dipindahkan, (kg)

T = waktu yang dibutuhkan untuk pengangkutan dan pemindahan gabah, (jam)

Besarnya tingkat kerusakan gabah selama proses pengangkutan dengan *bucket elevator* dihitung dengan cara mengambil sampel gabah yang keluar dari lubang pengeluaran *bucket elevator*. Timbang bobot sampel gabah sebanyak 100 gram (Wsg), kemudian pisahkan gabah yang terkelupas kulitnya, dan hasil pemisahan gabah yang terkelupas kulitnya ditimbang (Wgr). Tingkat kerusakan gabah dihitung dengan menggunakan persamaan (6).

$$TGR = (Wgr/Wsg) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

TGR : Tingkat kerusakan gabah (%)

Wgr : Bobot gabah yang terkelupas kulitnya (g)

Wsg : bobot sampel gabah setelah dipindahkan dengan *bucket elevator* (g)

Kebutuhan daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan *bucket elevator* dihitung dengan cara mengukur tegangan dan arus listrik yang dipakai untuk menggerakkan motor listrik. Pengukuran tegangan dan arus listrik selama pengujian kinerja berlangsung dilakukan dengan menggunakan *digital clamp ampere meter*. Kebutuhan daya listrik (P) yang digunakan untuk menggerakkan *bucket elevator* dihitung dengan menggunakan persamaan (7).

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

P : daya listrik untuk menggerakkan *bucket elevator* (Watt)

V : tegangan listrik (Volt)

I : arus listrik (Ampere)

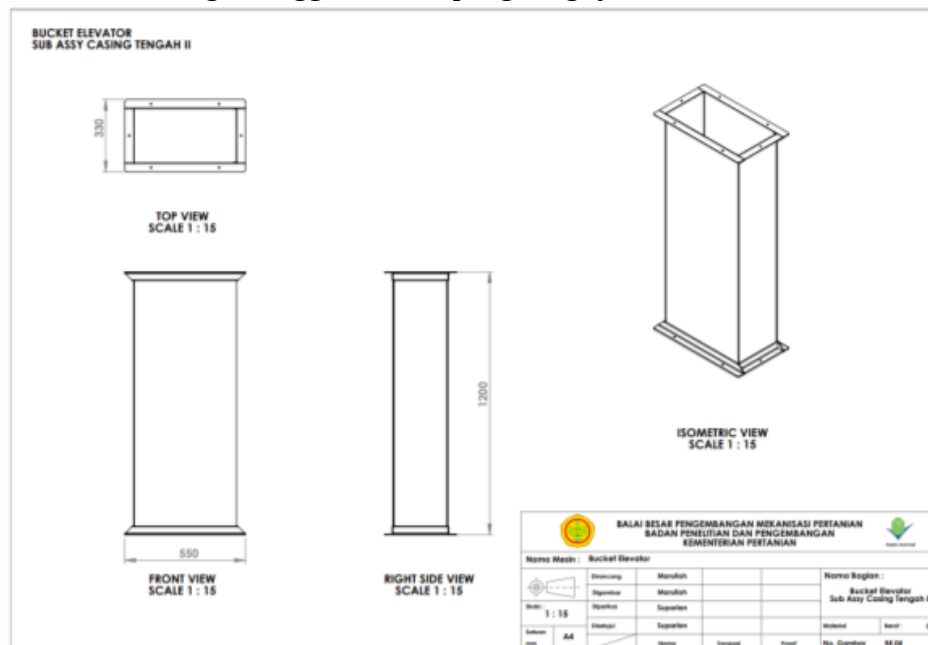
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe *Bucket Elevator*

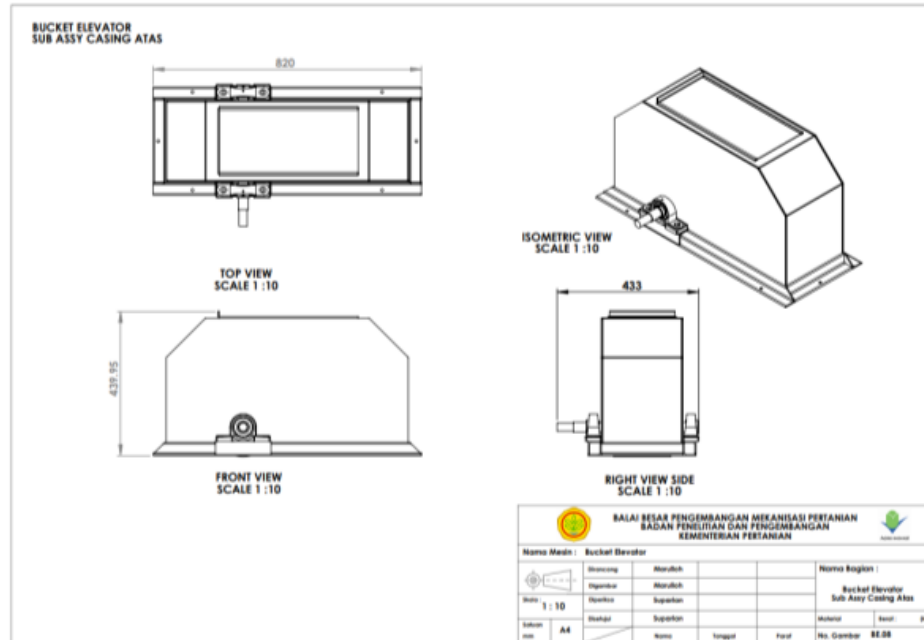
Prototipe *bucket elevator* yang telah selesai dirancang dan dipabrikan digunakan untuk menaikkan atau mensirkulasikan gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi, yaitu

pada saat pengisian (*loading*) gabah ke dalam kotak pengering, pada saat pengeluaran (*unloading*) gabah yang telah kering dari kotak pengering, dan pada saat proses pengeringan berlangsung dimana gabah yang keluar dari kotak pengering melalui bagian pengatur aliran bahan untuk dimasukkan atau disirkulasikan kembali ke dalam kotak pengering. Prototipe *bucket elevator* yang telah selesai dirancang dan dipabrikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Secara garis besar bagian-bagian utama *bucket elevator* terdiri dari (a) rumah elevator, (b) *hopper* pemasukan (*intake hopper*), (c) saluran pengeluaran gabah (*outlet*), (d) *bucket*, (e) sabuk elevator (*belt elevator*), (f) puli penggerak sabuk elevator bagian atas (*head pulley*), (g) puli penggerak sabuk elevator bagian bawah (*boot pulley*), (h) motor penggerak dan sistem transmisi.

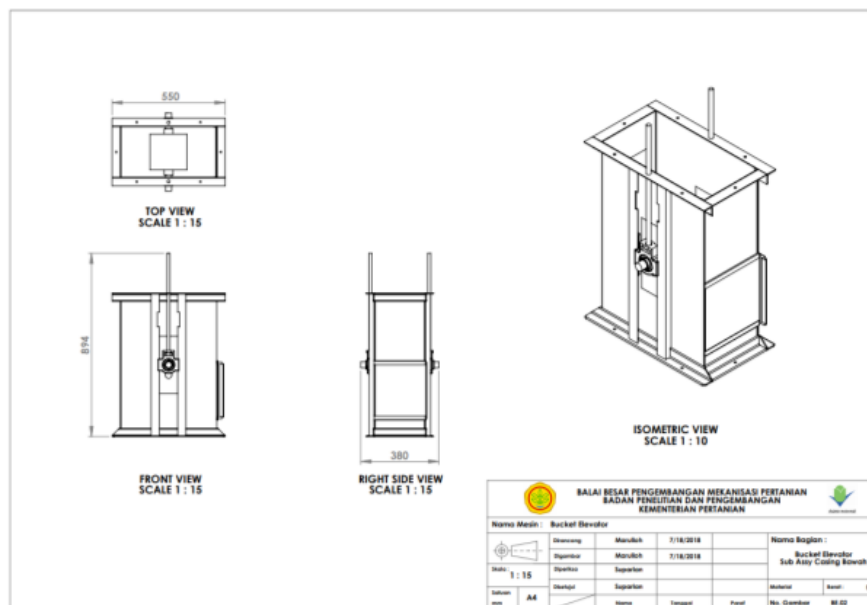
Rumah elevator berfungsi sebagai pelindung dan penopang komponen utama dari *bucket elevator*, seperti *pulley*, sabuk datar, mangkuk, motor penggerak, sistem transmisi, dan lubang pemasukan dan pengeluaran gabah. Rumah elevator terbuat dari plat besi tebal 1,5 mm, berbentuk kotak empat persegi panjang dengan ukuran penampang melintang kotaknya berukuran 20 x 40 cm dan panjangnya 120 cm. Bagian ini dirancang sedemikian rupa sehingga dapat dibongkar pasang dengan mudah, yang terdiri dari beberapa sub-bagian yaitu sub-bagian bawah (kaki) (Gambar 2c), sub-bagian tengah (Gambar 2a), dan sub-bagian atas (Gambar 2b). Pada tiap-tiap sisi ujung rumah elevator diberi penguat yang terbuat dari besi siku ukuran 40 x 40 cm, dan sekaligus digunakan untuk menghubungkan antara sub-bagian rumah elevator yang satu dengan lainnya. Masing-masing sub-bagian rumah elevator dapat dilepas dan disambungkan dengan menggunakan mur-baut. Pada sub-bagian bawah elevator (Gambar 2c) dilengkapi dengan *hopper* pengumpan gabah, lubang pengeluaran atau pembersihan gabah, dan pengatur kekencangan sabuk elevator. Pada sub-bagian atas rumah elevator (Gambar 2a) dilengkapi dengan pipa saluran pengeluaran gabah,udukan motor penggerak, dan sistem transmisi. Tinggi total rumah elevator disesuaikan dengan tinggi dari bak pengering, yaitu 540 cm.



Gambar 2a. Rumah elevator bagian tengah



Gambar 2b. Rumah *elevator* bagian atas.



Gambar 2c. Rumah *elevator* bagian bawah

Pada sub-bagian bawah rumah elevator dilengkapi dengan lubang pemasukan dan hopper pemasukan gabah (*intake hopper*). Hopper pemasukan gabah (*intake hopper*) berfungsi untuk memasukkan gabah yang akan dipindahkan ke dalam mangkuk (*bucket*) yang berputar. Bagian ini terbuat dari plat besi dengan tebal 1,5 mm. Saluran lubang pemasukan gabah ke dalam mangkuk dibuat berbentuk miring dengan sudut kemiringan lebih besar dari *angle of repose* gabah yaitu sebesar 45 derajat. Disamping itu dilengkapi juga dengan lubang pembersihan gabah yang berfungsi untuk mengeluarkan dan

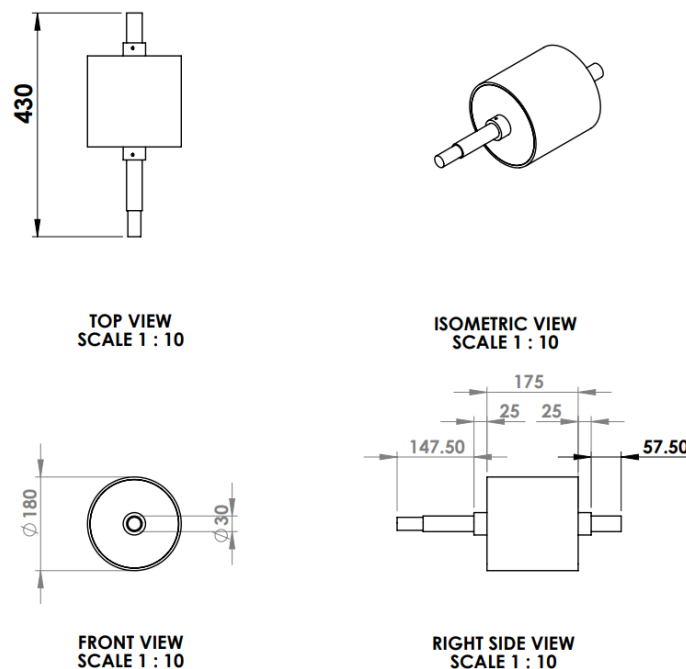
membersihkan gabah pada bagian bawah rumah *elevator* saat terjadi kemacetan pada *bucket elevator*. Lubang tersebut terletak di bagian bawah pada kaki rumah *elevator*.

Lubang saluran pengeluaran gabah (*outlet*) berfungsi untuk menyalurkan gabah yang diangkut dan disirkulasikan oleh mangkuk pembawa gabah menuju ke dalam kotak pengering. Untuk menghubungkan antara lubang *outlet bucket elevator* dengan bak pengering digunakan pipa paralon berdiameter 4 inci.

Mangkuk (*bucket*) berfungsi untuk menampung dan membawa gabah yang dimasukkan dari *intake hopper* ke bagian saluran pengeluaran (*outlet*). Mangkuk terbuat dari bahan plastik PE dengan ukuran mangkuk sebesar 5 inci, dengan lebar sebesar 150 mm. Jarak antar *bucket* sebesar 220 mm.

Sabuk *elevator* (*belt elevator*) berfungsi untuk memasang dan mengaitkan mangkuk pembawa gabah dengan jarak tertentu dan membawa mangkuk bergerak ke atas pada saat sabuk datar diputar oleh pulley penggerak (*head pulley*). Lebar sabuk datar adalah 170 mm, sehingga pada bagian sisi kiri dan kanan masih tersisa 10 mm dari tepi mangkuk. Sabuk datar terbuat dari bahan karet berserat yang terdiri dari 5 lapis (*ply*), dengan tebal sekitar 7 mm.

Puli penggerak sabuk elevator (*head pulley*) berfungsi untuk memutar sabuk elevator (*belt elevator*) yang telah dipasang mangkuk pembawa gabah. Ada dua unit puli yaitu puli penggerak bagian atas (*head pulley*) dan puli bagian bawah (*boot pulley*). Puli penggerak sabuk elevator berdiameter 180 mm dan panjang 175 mm. Puli tersebut dilengkapi dengan poros (*shaft*) yang berfungsi sebagai poros penggerak dari puli sabuk *elevator*. Poros bagian atas dihubungkan dengan puli dari motor penggerak dan sistem transmisi. Poros puli penggerak terbuat dari besi as dengan diameter 30 mm dan panjang 430 mm. Hasil rancangan puli penggerak *bucket elevator* (*head pulley*) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian *head pulley*

Motor penggerak berfungsi untuk menggerakkan dan memutar poros *head pulley* yang kemudian digunakan untuk menggerakkan sabuk *elevator (belt elevator)* yang dipasang dengan mangkuk (*bucket*) pembawa gabah dengan jarak antar mangkuk tertentu dan teratur. Motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik (*electro motor*) 3 phase, dengan daya 1,5 hp dan putaran 1400 rpm. Motor penggerak tersebut dilengkapi dengan *inverter* yang berfungsi untuk mengatur putaran dari poros penggerak sabuk *elevator*. Untuk meneruskan putaran dari motor penggerak digunakan sistem transmisi sabuk bentuk V (*V-belt*) dan *pulley* tipe B. Perbandingan puli pada sistem transmisi yaitu puli pada poros motor listrik dan puli pada poros *head pulley* adalah 2 : 11.

Hasil pengujian *bucket elevator*

Kemampuan angkut atau pemindahan bahan dari *bucket elevator* pada mesin pengering tipe sirkulasi harus sebanding dengan laju aliran gabah yang keluar dari *screw conveyor* maupun roll pengeluaran bahan pada sistem pengatur sirkulasi gabah. Ketiga bagian tersebut harus memiliki kapasitas angkut dan pengeluaran yang sinkron antara satu dengan yang lain agar proses sirkulasi bahan yang dikeringkan berjalan lancar. Jika salah satu bagian tidak sinkron maka akan menyebabkan terjadinya kemacetan dalam proses sirkulasi bahan dari bagian pengeluaran bahan ke bagian zone tempering pada bak pengering bagian atas.

Hasil analisis bahan uji gabah yang digunakan pada pengujian *bucket elevator* menunjukkan bahwa kadar air gabah rata-rata sebesar 21,7 % dan rapat jenis gabah (*bulk density*) sebesar 430 kg/m³. Dengan menggunakan bahan uji gabah tersebut diperoleh hasil kinerja *bucket elevator* seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil uji kinerja prototipe *bucket elevator* yang telah dirancang dan dipabrikan menunjukkan bahwa kapasitas angkut maksimum dari *bucket elevator* adalah sebesar 2683 kg/jam. Kapasitas angkut maksimum dicapai pada bukaan *intake hopper* sebesar 14 cm dengan putaran poros puli penggerak sebesar 200 rpm. Sedangkan pada kecepatan putaran poros puli penggerak 225, 250 dan 275 rpm dengan bukaan *intake hopper* 14 cm diperoleh kapasitas angkut masing-masing sebesar 2524 kg/jam, 2530 kg/jam, dan 2578 kg/jam. Hasil ini memperlihatkan bahwa pada putaran poros puli penggerak lebih besar dari 225 rpm maka kapasitas angkut *bucket elevator* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada putaran poros puli lebih besar dari 225 rpm maka kecepatan sabuk lebih besar dari 2 m/detik, sehingga proses pelepasan atau pengeluaran gabah dari mangkuk melebihi gaya sentrifugal yang diijinkan. Agar proses pelepasan gabah dari mangkuk terjadi secara sentrifugal (*centrifugal discharge*) maka kecepatan sabuk berkisar antara 1-2 m/detik. Jika kecepatan sabuk kurang dari 1 m/detik, maka proses pelepasan gabah dari mangkuk terjadi secara gravitasi (*gravity discharge*). Oleh karena itu *bucket elevator* yang dirancang secara tepat dengan kecepatan sabuk yang optimal akan menghasilkan proses pelepasan gabah dari mangkuk secara bersih melalui saluran pengeluaran gabah menuju ruang pengering dan memastikan hanya sedikit kerusakan gabah yang terjadi dan hanya sedikit gabah yang jatuh kembali ke lubang saluran *bucket elevator*.

Besarnya bukaan *intake hopper* sangat mempengaruhi kapasitas angkut *bucket elevator*. Kapasitas angkut *bucket elevator* pada bukaan *intake hopper* 14 cm lebih besar dibandingkan kapasitas angkut *bucket elevator* pada bukaan *intake hopper* 10 cm. Makin besar bukaan *intake hopper* (bukaan 14 cm), maka kecepatan aliran gabah dari *hopper* ke dalam *bucket* makin tinggi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengisian bahan ke

dalam *bucket* makin cepat dibandingkan dengan bukaan *intake hopper* 10 cm. Pada bukaan *intake hopper* 10 cm proses pengisian bahan ke dalam *bucket* belum optimal sehingga kapasitas angkutnya menjadi rendah. Sebaliknya pada bukaan *intake hopper* 14 cm proses pengisian bahan ke dalam *bucket* lebih cepat dan sudah optimal, sehingga kapasitasnya lebih tinggi.

Dengan jarak spasi antar *bucket* sebesar 22 cm dan kecepatan putar poros pully sebesar 200 rpm diperoleh kapasitas pengangkutan dari *bucket elevator* paling optimal yaitu mencapai sebesar 2683 kg/jam. Kapasitas aktual dari *bucket elevator* selama pengujian sedikit lebih rendah dari kapasitas teoritis hasil perhitungan yang nilainya adalah 3082 kg/jam. Oleh karena itu di dalam pengoperasian mesin pengering, maka kondisi operasi *bucket elevator* diatur pada putaran poros penggerak sekitar 200 rpm agar diperoleh kapasitas pengangkutan maksimal. Dengan kapasitas pengangkutan *bucket elevator* sebesar 2683 kg/jam dan kapasitas mesin pengering sebesar 2500 kg/proses, maka rancangan *bucket elevator* sudah sesuai yang diharapkan. Pada setiap satu jam sekali terjadi satu kali siklus proses pengeringan gabah sebanyak 2500 kg. Proses sirkulasi gabah yang dikeringkan melalui zone pengeringan terjadi setiap satu jam sekali.

Penggunaan *bucket elevator* untuk mensirkulasikan bahan pada proses pengeringan gabah menggunakan mesin pengering tipe sirkulasi dapat mengakibatkan kulit gabah terkelupas akibat gesekan yang terjadi selama proses pemindahan gabah. Berdasarkan pada data Tabel 1 diketahui bahwa tingkat kerusakan gabah selama proses pemindahan bahan menggunakan *bucket elevator* adalah berkisar 0,12% – 0,34%. Makin tinggi putaran puli penggerak mengakibatkan tingkat kerusakan gabah makin banyak. Hal ini disebabkan karena makin tinggi putaran puli penggerak dari *bucket elevator* maka gaya gesek antara *bucket* dengan dinding rumah *bucket* dan gaya pelemparan gabah makin besar yang dapat menyebabkan kulit gabah menjadi terkelupas. Tingkat kerusakan gabah paling rendah dihasilkan pada kondisi putaran puli penggerak 200 rpm.

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan daya yang digunakan untuk menggerakkan *bucket elevator* baik pada saat tidak ada beban (TB) dan saat ada beban (DB) diketahui bahwa makin tinggi kecepatan putaran poros penggerak maka makin tinggi pula kebutuhan dayanya, baik pada kondisi saat TB maupun DB. Kebutuhan daya *bucket elevator* juga mengalami peningkatan pada saat diberikan beban. Kenaikan kebutuhan dayanya pada saat tanpa beban dan dengan beban mencapai sekitar 43 – 70 %.

Tabel 1. Hasil pengujian kapasitas *bucket elevator* pada berbagai putaran poros dan bukaan *intake hopper*

No	Putaran Poros (rpm)	Kap Pengangkutan (kg/jam)		Tingkat kerusakan gabah (%)	Kebutuhan daya (HP)	
		Bukaan 10 cm	Bukaan 14 cm		TB	DB
1	200	1565	2683	0,12	0,82	1,39
2	225	1631	2524	0,18	0,88	1,42
3	250	1661	2530	0,26	0,95	1,46
4	275	1547	2578	0,34	1,09	1,56

Keterangan: TB ; Tanpa Beban, DB : Dengan Beban

KESIMPULAN

Prototipe *bucket elevator* yang telah dirancang memiliki dimensi panjang 1330 mm, lebar 600 mm dan tinggi 5490 mm. Prototipe tersebut telah dipasang pada mesin pengering gabah tipe sirkulasi yang berfungsi untuk mensirkulasikan gabah selama proses pengeringan berlangsung. Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa kapasitas angkut maksimum *bucket elevator* dalam pemindahan gabah pada mesin pengering tipe sirkulasi adalah sebesar 2683 kg/jam. Kapasitas tersebut telah sesuai dengan kapasitas aliran gabah yang keluar dari bagian *rotary valve* dan *screw conveyor* pada mesin pengering padi tipe sirkulasi yang dikembangkan. Kapasitas angkut *bucket elevator* dipengaruhi oleh bukaan *intake hopper* dan putaran poros puli penggerak, dimana kapasitas angkut maksimum dicapai pada bukaan *intake hopper* 14 cm dan putaran poros puli penggerak sebesar 200 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamsi (2009). Studi variasi sudut kemiringan *bucket elevator* pabrik kelapa sawit kapasitas pabrik 30-ton TBS/jam hubungannya dengan daya motor, kecepatan bucket dan kapasitas bucket. *Jurnal Dinamis* Vol. II (4): 53 - 58.
- Harichandra K. C., Kiran C. M., Umesh U. P. (2020). Design and analysis of bucket elevator. *International Journal of Scientific and Technology Research*. Vol. 9, Issue 03, pp. 3296 – 3301.
- Hemlata H. M. and Bhaskar D. G. (2015). Design of sugar bucket elevator and roller conveyor chain for 20 tons per hour capacity. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Volume 20 Number- I.
- Panggabean, T. (2008). Desain dan kinerja mesin pemindah bahan pada sistem pengering efek rumah kaca (ERK)-hybrid dan *In-Store Dryer (ISD)* terintegrasi untuk biji jagung. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Pérez-Aparicio, J.L., Bravo, R., Gómez-Hernández, J. J. (2014). Optimal numerical design of bucket elevators using discontinuous deformation analysis. *Granular Matter*. DOI: 10.1007/s10035-014-0485-5.
- Snehal Patel, Sumant Patel, Jigar Patel. (2012). A review on design and analysis of bucket elevator. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* www.ijera.com. Vol. 2, Issue 5, pp. 18 - 22.
- Srivastava AK, Goering CE, Rohrbach R.P. (1993). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. USA : American Society of Agricultural Engineers.
- Suhendri, Tamrin, dan Budianto Lanya. (2014). Rancang bangun bucket elevator pengangkat gabah. *Jurnal Teknik Pertanian*, Lampung. Vol.3 (1): 17- 26.
- Theint, K dan Thin Zar Lin, T.M.A. (2018). Design consideration of bucket elevator conveyor. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. Volume 5, Issue 2. pp. 1 - 4.
- Yashaswini, N., Raju, B. and Purushotham, A. (2014). Design and optimization of bucket elevator through finite element analysis. *International Journal of Mechanical Engineering*. Volume 2, Issue 9.