

Perancangan dan Analisis *Belt Conveyor* Kapasitas 150 Ton/Jam Berdasarkan Standar CEMA dan DIN 22101

Juliandi Ashari¹, Musthafa Akbar²

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293.

¹Juliandiashari7@gmail.com, ²akbarmst@gmail.com

ABSTRACT

The conveyor belt is one of the most widely used material conveyances in industry. In addition to the distance that can be traveled quite far, this tool also has a large enough carrying capacity. In this study, the belt conveyor was designed using two standards, namely CEMA and DIN. From the calculation results, the dimensions of the components and the motor power on the conveyor belt are obtained. The results of the calculation of the standard CEMA belt width 457.2 mm, idler diameter 152.4 mm, motor power 23.86 kW, pulley diameter 355.6 mm and DIN calculation results are belt width 400 mm, idler diameter 102 mm, motor power 22, 36 kW, pulley diameter 355.6 mm. From the calculation results, it is known that all components in the CEMA standard have dimensions and motor power that is greater than the DIN standard, in general this is because the CEMA standard uses more safety factors so that the motor power required in the CEMA standard is greater than the DIN standard. In the calculation results, the maximum yield stress on the pulley is 15.62 MPa and at the idler roller is 0.393 MPa, so based on the yield stress of the material, namely ASTM A36 of 400 Mpa, it can be ascertained that the structure is able to withstand the given load. Meanwhile, the maximum deflection at the pulley is 0.0138 mm and at the idler roller is 0.00019 mm.

Keyword : belt conveyor, belt, roller idler, drive motor.

1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan industri batubara telah maju pesat, selain karena semakin meningkatnya kebutuhan akan batubara, juga karena makin banyaknya pembangunan PLTU yang tenaganya bersumber dari batubara. Perkembangan perindustrian semakin lama semakin berkembang seiring dengan perkembangan jaman. Untuk itu diperlukan device untuk membantu lalu lintas distribusi batubara agar pekerjaan menjadi lebih efisien, maka digunakanlah konveyor. Konveyor berfungsi untuk menghantarkan barang atau material dari proses satu ke proses selanjutnya.

Belt conveyor merupakan salah satu alat angkut material yang paling banyak dipakai di industri. Selain jarak yang bisa ditempuh cukup jauh, Alat ini juga mempunyai kapasitas angkut yang cukup besar. Aplikasi *belt conveyor* diantaranya adalah alat angkut pada pabrik semen, batubara, pabrik pupuk dan pabrik pengolahan batu *aggregate* (batu split). Alat ini bisa mengangkut material bulk atau bongkahan besar seperti crack stone sampai ukuran sedang seperti batubara.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukannya perancangan serta analisis hasil rancangan pemindah bahan (*belt conveyor*) pada sebuah PLTU yang berguna untuk mempermudah distribusi batubara. *Belt conveyor* yang akan dirancang memiliki kapasitas 150 ton per jam dengan panjang 60 m yang berfungsi untuk memindahkan material yang sudah melewati proses produksi menuju proses selanjutnya. Maka dari itu diperlukan sebuah perancangan dan analisa hasil rancangan (*conveyor*) agar mendapatkan hasil rancangan yang aman sesuai dengan standar yang telah ada.

Tujuan penelitian ini adalah merancang *belt conveyor* sesuai standar CEMA dan DIN 22101 dan menganalisa perbedaan hasil rancangan standar CEMA dan DIN 22101.

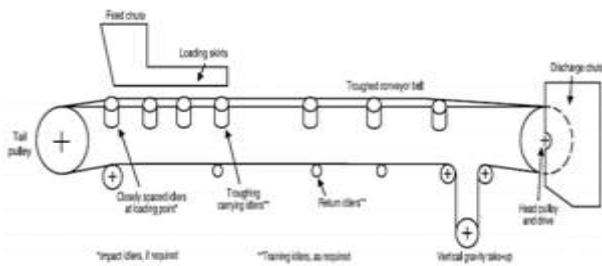
2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan ialah perancangan yang dilakukan dalam beberapa tahapan proses. Mulai dari proses studi literatur, dilanjutkan pengambilan data, selanjutnya dilakukan pengecekan kelengkapan data. Apabila terdapat data yang belum lengkap maka dilakukan pengambilan data ulang. Setelah dilakukan pengolahan data maka didapatkan hasil perancangan. Hasil perancangan berupa dilakukan berdasarkan standar CEMA dan DIN. Kemudian dilakukan analisa pengolahan data serta diakhiri dengan kesimpulan. Keseluruhan proses saling terkait agar tujuan program seperti yang telah ditetapkan dapat tercapai.

2.1 Studi Literatur

1. *Belt conveyor*

Belt conveyor terdiri dari dua atau lebih *pulley*, dengan sabuk yang berputar terus-menerus di sekitarnya. Katrol bertenaga disebut *pulley drive* sedangkan *pulley* yang tidak bertenaga disebut idler. Ada dua kelas industri utama *belt conveyor* diantaranya yang menangani material secara umum seperti kotak yang bergerak di dalam pabrik dan penanganan material curah seperti yang digunakan untuk mengangkut bahan industri dan pertanian, seperti biji-bijian, batu bara, bijih dan bahan gumpalan. Konveyor adalah komponen yang tahan lama dan andal yang digunakan dalam distribusi dan pergudangan otomatis (Verma, Dewangan, Thakur, Sahu, & Sahu, 2017). seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konveyor Sabuk [3]

2. Prinsip Kerja Belt Conveyor

Belt conveyor adalah peralatan yang biasa digunakan untuk transportasi berkelanjutan, karena memiliki efisiensi tinggi, kapasitas pengangkutan yang besar, konstruksi yang lebih sederhana, sedikit pemeliharaan (Jyotsna, Date, & Galke, 2015).

Prinsip kerja *belt conveyor* dipakai untuk memindah material baik satuan atau bulk curah, dengan putaran dari motor sebagai penggerak utama yang terhubung dengan drum atau yang disebut *Pulley*. *Pulley* inilah yang diselubungi oleh *belt* yang lebarnya sama dengan *pulley* tersebut dan panjangnya *belt* menyesuaikan dengan kebutuhan atau kapasitas angkut serta jarak angkut material tersebut.

Jika motor dijalankan maka *pulley* akan ikut berputar seiring motor hingga *belt* yang menyelubungi ikut bergerak tertarik ke arah putaran drum atau *pulley* tersebut. *Motor head* atau *tail*: *motor head* adalah penggerak utama, sedangkan *tail* biasanya paling ujung atau ekor dari unit *belt conveyor*.

3. Karakteristik Material Angkut

Belt conveyor digunakan untuk menghantarkan material angkut. Material angkut dikirimkan bersama dengan material lain yang tercampur selama proses pengiriman. Bahan curah banyak digunakan dalam industri pertanian, bahan kimia, farmasi, pertambangan, pengolahan logam dan konstruksi. Material angkut memiliki karakteristik yang berbeda, sebagian diantaranya berbentuk halus dan sebagian lainnya berbentuk kasar, dan lain-lainnya, hubungan karakteristik material angkut dapat dilihat pada Gambar 2.

Flow				
Very free flowing 1*	Free flowing 2*	Average flowing 3*		Sluggish 4*
Angle of Surcharge				
0°	10°	20°	25°	30°
				
Angle of Repose				
0-10°	10-20°	20-30°	30-50°	60° + up
Material Characteristics				
Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.	Roundish, dry particles of medium weight, such as whole grain and flour.	Irregular granular or lumpy materials of medium weight, such as crushed coal, cement clinker, clay, etc.	Typical common materials such as limestone and stone, sand, etc., etc.	Angular strong stones, including material, such as metal chips, slag, tempered, furnace sand, etc.

Gambar 2. Karakteristik material angkut [1]

Bentuk luar dari material tersebut memiliki pengaruh yang besar dalam mendesain *conveyor*. Oleh sebab itu, awalnya sangat dibutuhkan pemahaman dan pengertian tentang sifat-sifat asli dari material angkut yang akan dikirim. Pengetahuan ini dapat membantu dalam mendesain *conveyor* yang tepat, ekonomis dan optimal dengan minimal masalah dalam pengoperasian (Ray, 2008).

4. Komponen Utama Belt Conveyor

Berdasarkan standar dari *Conveyor Equipment Manufacturers Association* (CEMA) konstruksi dasar *conveyor* secara umum terdiri dari:

- Tail Pulley
- Snub Pulley (pada head-end dan tail-end)
- Internal belt cleaner (internal belt scraper)
- Head Pulley
- Return idlers (return rollers)
- Belt
- Bend pulleys
- Take-up pulley
- Carrying idlers
- Pulley cleaner
- Eksternal belt cleaner (eksternal belt scraper)

5. Data Input Perancangan

Data input rancangan disajikan dalam bentuk table dan dapat dilihat pada Tabel 1.

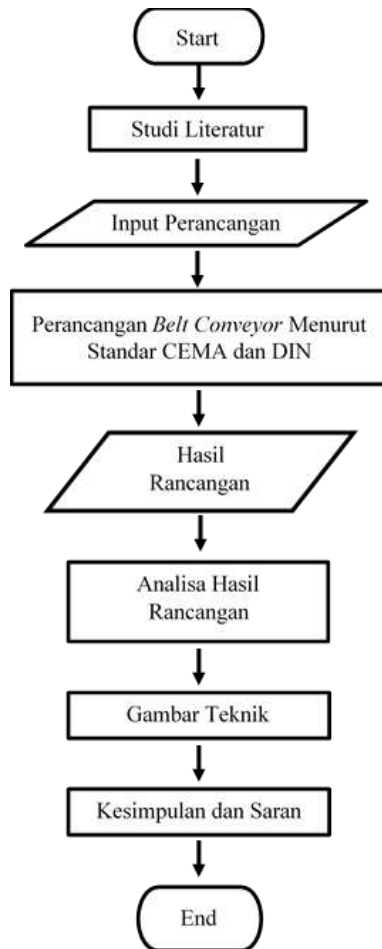
Tabel 1. Jumlah lapisan *belt* yang disarankan [8].

Stockpile conveyor	150 tph
Chemical name	code coal, lignite / 41d335tn
Product temperature	33 °C
Bulk density	1200 kg/m ³ = 75 lb/ft ³
Repose angle	38 deg
Angle of surcharge	20 deg
Material size	granular under 3 inch
Belt speed	3,5 m/s = 689 fpm

3. Hasil

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian [4]

3.2 Perhitungan conveyor menurut standar CEMA

1. Perhitungan Lebar belt

a. Menentukan surcharge angle dari material

Surcharge angle di peroleh dari Tabel 1 sebesar 20°

b. Menentukan densitas dari material

Densitas material diperoleh dari Tabel 1 sebesar 1200 kg/m^3

c. Pengkonversian satuan

Mengkonversikan satuan *ton per hour* menjadi *cubic feet per hour*.

$$Q = \frac{tph \times 2000}{\text{material density}}$$

$$= \frac{150 \frac{t}{hr} \times 2000}{75 \frac{lb}{ft^3}}$$

$$= 4000 \frac{ft^3}{hr}$$

Kemudian konversikan *cubic feet per hour* ke kapasitas ekuivalen pada kecepatan 100 fpm.

$$\text{Capacity (equivalent)} = \left(\frac{ft^3}{hr} \right) \times \left(\frac{100}{\text{actual belt speed (fpm)}} \right)$$

$$\text{Capacity (equivalent)} = 4000 \times \left(\frac{100}{689 \text{ fpm}} \right)$$

$$= 580,5 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

d. Menentukan lebar belt

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ekuivalen maka lebar belt dapat ditentukan dari Tabel 2

Tabel 2. Kapasitas ekuivalen pada kecepatan 100 fpm [1].

Belt Width (Inches)	A_c - Cross Section of Load (ft^2)								Capacity at 100 FPM (ft^3/hr)							
	Surcharge Angle								Surcharge Angle							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°
18	144	100	77	54	32	20	14	804	564	406	274	174	104	64	34	14
24	276	196	144	100	54	32	20	1488	1032	736	480	304	184	104	54	24
30	435	306	216	144	84	48	28	2232	1512	1080	704	440	264	144	74	34
36	676	464	324	216	120	64	36	3456	2304	1632	1088	688	416	236	114	44
42	948	648	450	306	168	96	54	4896	3216	2256	1488	944	576	324	154	54
48	1248	864	576	396	216	120	72	6624	4368	2976	1968	1248	768	440	224	74
54	1584	1080	720	486	252	144	84	8136	5376	3584	2352	1456	896	504	264	84
60	1944	1324	864	576	306	168	96	9840	6480	4320	2816	1744	1040	584	294	94
72	2916	1992	1296	864	432	240	120	14784	9792	6480	4224	2608	1584	884	414	114
84	4052	2760	1800	1188	576	324	144	20448	13632	9120	5936	3616	2176	1224	584	134
96	5274	3544	2304	1512	720	396	168	26496	17568	11616	7584	4608	2784	1544	744	154

Berdasarkan tabel maka diketahui bahwa lebar belt nya adalah 18 inchi atau 457,2 mm.

2. Seleksi idler

a. Bentuk idler

Sebagai teknologi desain yang telah maju, memungkinkan fleksibilitas transversal yang lebih besar sehingga *troughing Idler* 35° telah menjadi jenis yang paling banyak digunakan.

b. Menentukan jarak idler (S_i)

Setelah mengetahui lebar belt maka jarak idler dapat ditentukan dari Tabel 4 yaitu sebesar 5,0 ft.

Tabel 3. Jarak idler [1].

Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

c. Menentukan diameter idler

Berdasarkan standar CEMA telah diberikan Tabel 4 yaitu tabel diameter idler. Berdasarkan kecepatan belt pada perancangan conveyor yaitu 689 fpm maka diameter idler yang sesuai adalah 5 in.

Tabel 4. Jarak idler [1].

Roll Diameter (Inches)	Belt Speed (fpm)
4"	524
5"	654
6"	785
7"	916

- d. Kalkulasi beban pada *througling idler* dan *return idler*

Wb atau berat *belt* dapat di lihat pada Tabel 5 sehingga berat *belt* yang di dapat sebesar 3,5 lbf/ft.

Tabel 5. Jarak *idler* [1].

Belt Width (inches (b))	Material Carried, lbs/cu ft		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

$$\begin{aligned}
 Wm &= \text{Material weight} \left(\frac{\text{lbf}}{\text{ft}} \right) \\
 &= (Q \times 2000) / (60 \times V) \\
 &= (150 \text{ TPH} \times 2000) / (60 \times 689 \text{ fpm}) \\
 &= 7,25 \text{ lbf/ft}
 \end{aligned}$$

K1 adalah *Lump adjustment Factor* dapat di lihat pada tabel yaitu sebesar 1,0.

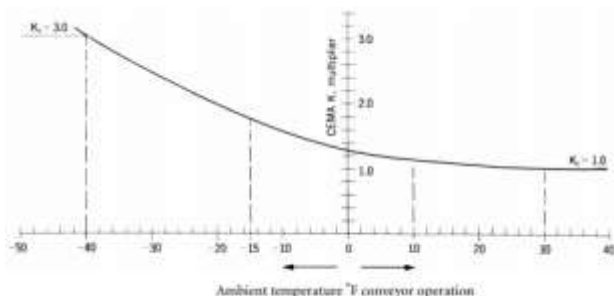
Tabel 5. *Lump adjustment Factor*

Maximum Lump Size (inches)	Material Weight, lbs/cu ft						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

$$\begin{aligned}
 CIL &= ((Wb + (Wm \times K1)) \times Si) + IML \\
 &= ((3,5 \text{ lbf/ft} + (7,25 \text{ lbf/ft} \times 1,0)) \times 5,0 \text{ ft}) \\
 &= 53,75 \text{ lbf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CILR &= (WB \times SI) + IML \\
 &= (3,5 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}} \times 5,0 \text{ ft}) + 0 \\
 &= 17,5 \text{ lbf}
 \end{aligned}$$

3. Tegangan belt dan tenaga yang dibutuhkan
Menentukan faktor koreksi suhu sekitar, K_t



Gambar 3. Faktor koreksi *ambient temperature*

$$30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$$

Sehingga K_t yang dipakai adalah 1

- a. Menentukan factor gesekan idler, K_x
 $A_i = 1.8$ for 5" diameter idler rolls, CEMA B5, C5, D5

$$\begin{aligned}
 Kx &= 0.00068 (Wb + Wm) + \frac{A_i}{S_i} \\
 &= 0.00068 (3,5 \text{ lbf/ft} + 7,25 \text{ lbf/ft}) + \frac{1,8}{5,0} \\
 &= 0,367 \text{ lbf/ft}
 \end{aligned}$$

- b. Menentukan faktor perhitungan gaya pada *belt* dan beban lentur *idler*, K_y .

Panjang konveyor 156250 mm = 512,63 ft

$Wb + Wm = 9,75 \text{ lbs/ft}$

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= (H/L)(100\%) \\
 &= (134,18 \text{ ft} / 500,82 \text{ ft})(100\%) \\
 &= 26 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Faktor perhitungan gaya pada *belt* dan beban lentur *idler* bagian 1

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbf/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
400	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.016
	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
500	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	250	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
	300	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.016
	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
600	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
	250	0.035	0.035	0.030	0.025	0.021	0.016	0.015
	300	0.035	0.035	0.029	0.024	0.019	0.018	0.018
800	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.018
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
1000	250	0.035	0.031	0.024	0.020	0.017	0.016	0.016
	300	0.035	0.031	0.023	0.018	0.018	0.018	0.018

Tabel 7. Faktor perhitungan gaya pada *belt* dan beban lentur *idler* bagian 2

$W_b + W_m$ (lbs/ft)	f_p (ft)	Reference Values of K_f for Interpolation									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
Less than 50	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	3.5	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	4.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	4.5	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
50 to 99	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0226	0.0244	0.0259	0.0273	0.0291	0.0305	0.0316
	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	3.5	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	4.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
100 to 149	4.5	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.0335	0.0355
	5.0	0.0184	0.0221	0.0233	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.035	0.035
	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
	3.5	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
150 to 199	4.0	0.0175	0.0197	0.0213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
200 to 249	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0277	0.0299	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0326	0.0348	0.035	0.035	0.035

Sehingga K_f yang didapat sebesar 0,031

- Menentukan gaya gesekan *idler*, T_x

$$T_x = L \times K_x \times K_t$$

$$= 500,82 \text{ ft} \times 0,367 \frac{\text{lbs}}{\text{ft}} \times 1$$

$$= 183,80 \text{ lbs}$$
- Menentukan gaya akibat *belt flexure* pada *carrying idlers*, T_{yc}

$$T_{yc} = L \times K_y \times W_b \times K_t$$

$$= 500,82 \text{ ft} \times 0,031 \times 3,5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \times 1$$

$$= 54,33 \text{ lbs}$$
- Menentukan gaya akibat *belt flexure* pada *return idlers*, T_{yr}

$$T_{yr} = L \times 0.015 \times W_b \times K_t$$

$$= 500,82 \text{ ft} \times 0.015 \times 3,5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \times 1$$

$$= 26,29 \text{ lbs}$$
- Menentukan gaya akibat *material flexure*, T_{ym}

$$T_{ym} = L \times K_y \times W_m$$

$$= 500,82 \text{ ft} \times 0,031 \times 7,25 \text{ lb/ft}$$

$$= 122,56 \text{ lbs}$$
- Menentukan gaya akibat ketinggian pada *material*, T_m

$$T_m = H \times W_m$$

$$= 134,18 \text{ ft} \times 7,25 \text{ lb/ft}$$

$$= 977,445 \text{ lbs}$$
- Menentukan gaya akibat *material jatuh* dari pengumpan ke *belt*, T_{am}

$$T_{am} = \frac{Q \times 2000}{3600 \times g} \times \frac{v - v_0}{60}$$

$$= \frac{150 \text{ tph} \times 2000}{3600 \times 32,2 \text{ ft/sec}^2} \times \frac{689 \text{ fpm} - 0}{60}$$

$$= 29,72 \text{ lbs}$$
- Tegangan efektivitas, T_e

$$T_e = T_x + T_{yc} + T_{yr} + T_{ym} + T_m + T_{am}$$

$$= 183,80 \text{ lbs} + 54,33 \text{ lbs} + 26,29 \text{ lbs} + 122,56 \text{ lbs} + 977,445 \text{ lbs} + 29,72 \text{ lbs}$$

$$= 1394,145 \text{ lbs}$$

- Menentukan kekuatan motor dalam bentuk *horsepower*, hp

$$hp = T_e \times \frac{V}{30000}$$

$$= 1394,145 \text{ lbs} \times \frac{689 \text{ fpm}}{30000}$$

$$= 32,01 \text{ hp}$$

- Menghitung Tegangan *belt* maksimum dan minimum

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk menghitung tegangan *belt* adalah menentukan *belt sag*, *belt sag* dapat ditentukan dari

Tabel 8. Rekomendasi *belt sag percentages*

Idler Troughing Angle	Material		
	All Fines	One-half the Maximum Lump Size*	Maximum Lump Size*
20°	3%	3%	3%
35°	3%	2%	2%
45°	3%	2%	1½%

Dari tabel diketahui *belt sag* sebesar 2% maka :

$$T_0 = 6,25Si (W_b + W_m)$$

$$= 6,25 \times 5 \left(3,5 \frac{\text{lbs}}{\text{ft}} + 7,25 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

$$= 335,93 \text{ lbs}$$

$$T_b = H \times W_b$$

$$= 134,18 \text{ ft} \times 3,5 \frac{\text{lbs}}{\text{ft}}$$

$$= 469,63 \text{ lbs}$$

$$T_2 = T_0 + T_b - T_{yr}$$

$$= 335,93 \text{ lbs} + 469,63 \text{ lbs} - 26,29 \text{ lbs}$$

$$= 779,27 \text{ lbs}$$

- Tegangan minimum, T_{min}

$$T_{min} = T_t = T_2 - T_b + T_{yr}$$

$$= 779,27 \text{ lbs} - 469,63 \text{ lbs} + 26,29 \text{ lbs}$$

$$= 335,93 \text{ lbs}$$

- Tegangan maksimum, T_{max}

$$T_{max} = T_1 = T_2 + T_e$$

$$= 779,27 \text{ lbs} + 1444,225 \text{ lbs}$$

$$= 2223,495 \text{ lbs}$$

4. Seleksi *belt*

Pada standar CEMA telah dituntukan jenis - jenis *belt* sehingga dapat dipilih berdasarkan nilai (per inch of width) PIW. PIW didapat dari rumus berikut :

$$\text{Belt stress} = \frac{T_1}{\text{Belt width}}$$

$$= \frac{2223,495 \text{ lbs}}{18 \text{ in}}$$

$$= 123,53 \text{ lbs per inch of width (PIW)}$$

Nilai PIW yang didapat adalah sebesar 123,53 sehingga pada Tabel 9 dipilih PIW yang mendekati nilai yang didapat yaitu 150 PIW.

dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 9. CEMA standard for belt and pulley diameter

CONVEYOR									
Working Strength (PIW)	150	220	300	400	500	240	345	475	625
Number of Piles	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Approximate Carcass Thick-ness (in.)	.12	.14	.14	.20	.210	.14	.19	.22	.25
Approximate Carcass Weight (lb/in. width)	.05	.075	.10	.104	.110	.08	.10	.108	.12
Minimum Pulley Diameter (in.)									
81-100%	14	16	16	18	24	18	24	24	30
61-80%	12	14	14	16	20	16	16	20	20
41-60%	10	12	12	14	18	12	14	18	18
To 40%	10	10	10	12	16	12	12	16	16
TROUGHABILITY									
Idler Troughing									
Angle 20°	14	14	18	24	24	20	24	24	30
35°	16	18	24	30	30	24	24	30	30
45°	NR	NR	24	30	30	30	30	30	36
MAXIMUM BELT WIDTH (INCHES) FOR									
Material Weight (lbs/cu ft)									
20° 0-40	42	54	72	66	72	60	72	84	84
41-80	36	42	60	60	66	60	60	72	72
81-120	36	42	54	54	60	42	54	72	72
Over 120	NR	36	48	48	54	42	48	48	60
35° 0-40	36	48	60	66	72	54	66	66	72
41-80	30	36	54	60	66	48	60	66	60
81-120	30	36	48	54	60	42	54	54	60
Over 120	NR	30	42	48	54	36	48	48	54
45° 0-40	36	48	60	60	66	48	60	60	72
41-80	30	42	48	54	60	42	42	54	60
81-120	24	36	48	48	54	36	48	48	54
Over 120	NR	30	36	42	48	30	42	42	54

3.2 Perhitungan conveyor menurut standar DIN

1. Menentukan karakteristik belt dan diameter idler

a. Tipe permukaan cover

Tipe permukaan cover pada belt dapat ditentukan dari besarnya slope pada conveyor yang dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Tipe permukaan cover

Cover Surface	Belt Type	Max. Gradient	Application
Smooth	Normal	18° - 20°	Unit and bulk loads all types
Profiled	Fishbone Rufftop	up to 35°	Piece and bulk loads
Steep conveyor profile	Steep conveyor CHEVRON HIGH-CHEVRON Multiprof	up to 40°	Bulk loads (non-sticky) Piece loads (sacks)
T-cleats with or without corrugated edges	Belts with corrugated side walls, with or without T-Cleats	up to 90°	Piece and bulk loads
With Steel or rubber buckets attached	Elevator belts	80° - 90°	Bulk loads all types

Berdasarkan table dapat ditentukan bahwa dengan slope sebesar 26 % maka permukaan cover yang di pakai adalah *Profiled*.

b. Belt cover thickness

Ketebalan cover belt berbeda-beda sesuai dengan material angkutnya, ketebalan cover belt

Tabel 11. Belt cover thickness

Conveyor Load/Duty	Cover Thickness (mm)	
	Carrying Side	Pulley Side
Light package Conveying	2	2
Gravel, Earth, Potash etc.	2 - 4	2 - 3
Ore, Ballast, Coal	4 - 8	2 - 3
Slag	4 - 8	2 - 3
Coarse ballast, coarse Ore	8 - 12	3 - 5
large lump Coal	8 - 12	3 - 5

Berdasarkan Tabel pada material batubara, tebal cover yang dibutuhkan pada sisi *carrying idler* sebesar 4-8 mm dan pada sisi *pulley* sebesar 2-3 mm.

c. Menghitung lebar belt

Lebar belt dapat ditentukan dari ukuran bongkahan materialnya yang dapa di lihat pada Tabel 11.

Tabel 12. Ukuran bongkahan material

Min. Width (mm)	Lump Size K	
	Sized	Unsize
400	50	100
500	80	150
650	130	200
800	200	300
1000	250	400
1200	350	500
1400	400	600
1600	450	650
1800	550	700
2000	600	800

Berdasarkan Tabel maka lebar belt uang cocok pada ukuran bongkahan *unsize* 100 mm yaitu 400 mm.

d. Menghitung diameter idler

Berdasarkan standar DIN, Putaran idler tidak boleh melebihi 650 rpm sehingga diameter idler dapat di cari menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 D_R &= \frac{60 \times v}{\pi \times n_R} \\
 &= \frac{60 \times 3,5 \text{ m/s}}{3,14 \times 650 \text{ rpm}} \\
 &= 0,102 \text{ m} \\
 &= 102 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter idler dapat dikoreksi pada Tabel 13. standar diameter idler

Tabel 13. Standar diameter idler

Carrying Idlers	51	63.5	88.9	108	133	159	193.7	219
Impact Idlers				156	180	215	250	290
Return Run								
Support Discs	120	138	150	180	215	250	290	

Sehingga diameter yang tepat adalah 108 mm.

e. Menghitung panjang idler

Panjang *idler* dapat ditentukan dari lebar *belt* yang dapat di lihat pada Tabel 14.

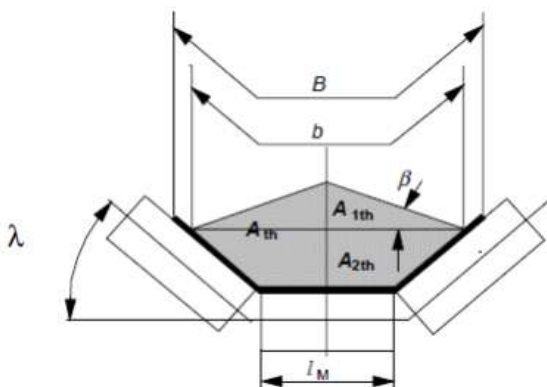
Tabel 14. Panjang *idler*

Belt Width B (mm)	Troughing Type				
	Flat	2 roll	3 roll	Deeptrough	Garland
300	380	200	-	-	-
400	500	250	160	-	-
500	600	315	200	-	-
600	700	340	250	-	-
650	750	380	250	-	-
800	950	465	315	200	165
1000	1150	600	380	250	205
1200	1400	700	465	315	250
1400	1600	800	530	380	290
1600	1800	900	600	465	340
1800	2000	1000	670	530	380
2000	2200	1100	750	600	420
2200	2500	1250	800	640	460

Berdasarkan Tabel maka panjang *idler* yang cocok pada lebar *belt* 400 mm dan *troughing* tipe 3 roll adalah 160 mm.

2. Menghitung luas area pembebanan

Untuk menghitung kapasitas *conveyor*, kita harus menghitung *cross section area of load* sebelum menggunakan persamaan



Gambar 4. Luas area pembebanan

Beban aliran pembebanan

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \\ = 0,9 \times 0,4 \text{ m} - 0,05 \text{ m} \\ = 0,31 \text{ m}$$

Lebar pembebanan pada *idler*

$$l_1 = 0,5 \cdot (b - l) \\ = 0,5 \times (0,31 \text{ m} - 1) \\ = 0,3 \text{ m}$$

Luas penampang area 1

$$A_1 = 0,25 \cdot \tan(\beta) \cdot (l + (b - l) \cos \lambda)^2 \\ = 0,25 \times \tan 20^\circ \times (0,16 \text{ m} + (0,31 \text{ m} - 0,16 \text{ m}) \cos 35^\circ)^2 \\ = 0,0073 \text{ m}^2$$

Luas penampang area 2

$$A_2 = l_1 \cdot \sin \lambda \cdot (l + l_1 \cdot \cos \lambda) \\ = 0,3 \text{ m} \times \sin 35^\circ \times (0,16 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \times \cos 35^\circ) \\ = 0,069 \text{ m}^2$$

Luas area pembebanan total

$$A = A_1 + A_2 \\ = 0,0073 \text{ m}^2 + 0,069 \text{ m}^2 \\ = 0,076 \text{ m}^2$$

3. Menghitung tenaga motor

Ada beberapa cara untuk menghitung tenaga motor diantaranya adalah dengan menggunakan persamaan berikut.

Tenaga pada *drive pulley*

$$P_T = P_1 + P_2$$

Tenaga untuk beban kosong pada *conveyor*

$$P_1 = \frac{C_b \times v + Q}{C_l \times K_f}$$

Tenaga angkat

$$P_2 = \frac{H \times Q}{367}$$

Untuk menentukan besarnya tenaga pada motor, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu:

a. Faktor lebar *belt*

Faktor lebar *belt* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Faktor lebar *belt*

Duty	Bulk Density ρ (t/m ³)	Belt Width B (mm)											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Light	Up to Ca. 1.0	31	54	67	81	108	133	194	227	291			
Medium	1.0 to 2.0	36	59	76	92	126	187	277	320	468	554	691	745
Heavy	Over 2.0	65	86	103	144	241	360	414	644	727	957	1033	

Berdasarkan table faktor lebar *belt* pada densitas 1,2 t/m³ adalah 59.

b. Faktor panjang *conveyor* (C_L)

Nilai faktor panjang *conveyor* dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Faktor panjang *conveyor*

L (m)	3	4	5	6	8	10	12.5	16	20
C_L	667	625	555	526	454	417	370	323	286
L (m)	25	32	40	50	63	80	90	100	150
C_L	250	222	192	167	145	119	109	103	77
L (m)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
C_L	63	53	47	41	37	33	31	28	26
L (m)	700	800	900	1000	1500	2000			
C_L	23	20	18	17	12	9			

Berdasarkan table faktor panjang *conveyor* pada panjang 158 m adalah 63.

c. Fakor kondisi kerja (k_f)

Faktor kondisi kerja dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Faktor kondisi kerja

Working Conditions	k_f
Favourable, good alignment, slow speed	1.17
Normal (Standard Conditions)	1
Unfavourable, dusty, low temperature, overloading, high speed	0.87 - 0.74
Extremely low temperature	0.57

Pada kondisi ini Conveyor bekerja pada kondisi standar atau kondisi normal, jadi factor kondisi kerjanya adalah 1. Setelah mengetahui factor-faktor diatas maka tenaga yang akan di hitung pada persamaan dapat dihitung.

Tenaga untuk beban kosong pada conveyor

$$P_1 = \frac{C_b \times v + Q}{C_l \times K_f}$$

$$= \frac{59 \times 3,5 + 150}{63 \times 1}$$

$$= 5,65 \text{ kW}$$

Tenaga angkat

$$P_2 = \frac{H \times Q}{367}$$

$$= \frac{40,9 \times 150}{367}$$

$$= 16,71 \text{ kW}$$

Tenaga pada drive pulley

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$= 5,65 \text{ kW} + 16,71 \text{ kW}$$

$$= 22,36 \text{ kW}$$

Jadi tenaga motor yang dibutuhkan adalah 22,36 kW.

4. Menghitung Tegangan Luluh dan Tegangan Geser

a. Tegangan Bending Maksimum

$$\text{Inersia} \longrightarrow I = \frac{\pi}{4} r^4$$

$$= \frac{\pi}{4} (0,05 \text{ m})^4$$

$$= 4,908 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\text{Sehingga} \longrightarrow \sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$= \frac{1508,6 \text{ Nm} \times 0,05 \text{ m}}{4,908 \times 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$= 15,36 \text{ MPa}$$

b. Tegangan Geser Maksimum

$$\text{Inersia Polar} \longrightarrow J = \frac{\pi}{2} r^4$$

$$= \frac{\pi}{2} (0,076 \text{ m})^4$$

$$= 5,24 \times 10^{-5}$$

$$\text{Sehingga} \longrightarrow \tau_{max} = \frac{Tr}{J}$$

$$= \frac{603,44 \text{ Nm} \times 0,076 \text{ m}}{5,24 \times 10^{-5} \text{ m}^4}$$

$$= 0,875 \text{ MPa}$$

3.6.1 Perhitungan Tegangan pada Roller

a. Tegangan Bending Maksimum

$$\text{Inersia} \longrightarrow I = \frac{\pi}{4} r^4$$

$$= \frac{\pi}{4} (0,025 \text{ m})^4$$

$$= 3,08 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\text{Sehingga} \longrightarrow \sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$= \frac{4,056 \text{ Nm} \times 0,025 \text{ m}}{3,08 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$= 0,33 \text{ MPa}$$

b. Tegangan Geser Maksimum

$$\text{Inersia Polar} \longrightarrow J = \frac{\pi}{2} r^4$$

$$= \frac{\pi}{2} (0,025 \text{ m})^4$$

$$= 6,136 \times 10^{-7}$$

$$\text{Sehingga} \longrightarrow \tau_{max} = \frac{Tr}{J}$$

$$= \frac{2,13 \text{ Nm} \times 0,025 \text{ m}}{6,136 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$= 0,086 \text{ MPa}$$

4. Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan yang mengacu pada standar CEMA dan DIN, maka didapatkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 21

Tabel 21. Hasil perhitungan standar CEMA dan DIN

KOMPONEN	CEMA	DIN
Lebar belt	457,2 mm	400 mm
Diameter idler	152,4 mm	102 mm
Tenaga motor	23,86 kW	22,36 kW
Diameter pulley	355,6 mm	400 mm

Dari hasil perhitungan diperoleh dimensi dari komponen-komponen serta tenaga motor pada belt conveyor. Dimensi komponennya berbeda antara standar CEMA dan DIN, beberapa komponennya dijelaskan sebagai berikut:

1. Lebar belt

Berdasarkan standar CEMA, lebar belt yang didapat yaitu 457,2 mm. Lebar belt ini dipengaruhi oleh *surcharge angle* dan densitas material angkutnya, pada *surcharge angle* dan densitas material angkut yang berbeda maka lebar belt yang didapatkan juga akan berbeda. Sedangkan pada standar DIN, lebar belt yang didapat yaitu 400 mm. Lebar belt pada standar DIN ini hanya dipengaruhi oleh ukuran bongkahan materialnya.

2. Diameter idler

Berdasarkan standar CEMA, Diameter idler yang didapat yaitu 152,4 mm. Diameter idler ini ditentukan berdasarkan kecepatan belt, semakin tinggi kecepatan belt maka semakin besar pula dimensi idler. Sedangkan pada standar DIN diameter idler yang didapat yaitu 400 mm. Diameter idler pada standar DIN ini dipengaruhi oleh putaran roller maksimum dan juga kecepatan belt, sama seperti standar CEMA semakin tinggi kecepatan belt maka semakin besar

pula dimensi *idler*.

3. Tenaga motor

Berdasarkan standar CEMA, Tenaga motor yang didapat yaitu 23,86 kW. Tenaga motor ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: jarak *idler*, kecepatan *belt*, diameter *idler*, panjang *conveyor*, tinggi *conveyor* dan kapasitas *conveyor*. Sedangkan pada standar DIN Tenaga motor yang didapat yaitu 22,36 kW. Tenaga motor pada standar DIN ini dipengaruhi. oleh kapasitas *conveyor*, tinggi *conveyor*, dan kecepatan *belt*.

4. Diameter *pulley*

Berdasarkan standar CEMA, diameter *pulley* yang didapat yaitu 355,6 mm. Diameter *idler* ini ditentukan berdasarkan nilai PIW (per inch of width). Nilai PIW yang didapat sebesar 150 PIW sehingga dimensi diameter *pulley* dapat dihitung berdasarkan nilai PIW tersebut. Sedangkan pada standar DIN diameter *pulley* yang didapat yaitu 400 mm. Diameter *pulley* pada standar DIN ini dipengaruhi oleh ketebalan *belt*, semakin besar ketebalan *belt* maka semakin besar pula dimensi *pulley*.

Berdasarkan Tabel dapat dilihat bahwa keseluruhan komponen pada standar CEMA memiliki dimensi dan tenaga motor yang lebih besar daripada standar DIN, secara umum ini diakibatkan pada standar CEMA lebih banyak menggunakan faktor keamanan seperti factor koreksi suhu, factors gesekan idler dan masih banyak lagi. Sehingga daya motor yang dibutuhkan pada standar CEMA pun menjadi lebih besar daripada standar DIN.

5. Tegangan dan defleksi maksimal pada *pulley* dan *idler*.

Tegangan luluh maksimal pada *pulley* sebesar 15,62 MPa dan pada *roller idler* sebesar 0,393 MPa, maka berdasarkan tegangan luluh material yang digunakan yaitu ASTM A36 sebesar 400 Mpa dapat dipastikan struktur tersebut mampu menahan beban yang diberikan. Sementara defleksi maksimal pada *pulley* sebesar 0,0138 mm dan pada *roller idler* sebesar 0,00019 mm.

5. Kesimpulan

Hasil perhitungan *belt conveyor* menggunakan standar CEMA dan DIN maka kesimpulan yang didapat sebagai berikut:

keseluruhan komponen pada standar CEMA memiliki dimensi dan tenaga motor yang lebih besar daripada standar DIN, secara umum ini diakibatkan pada standar CEMA lebih banyak menggunakan faktor keamanan seperti factor koreksi suhu, factors gesekan idler.

Tegangan luluh maksimal pada *pulley* sebesar 15,62 MPa dan pada *roller idler* sebesar 0,393 MPa, maka berdasarkan tegangan luluh material yang digunakan yaitu ASTM A36 sebesar 400 Mpa dapat dipastikan struktur tersebut mampu menahan beban yang diberikan. Sementara deformasi total pada *pulley* sebesar 0,015 mm dan pada *roller idler* sebesar 0,00019 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CEMA. (1997). *Belt Conveyor for Bulk Materials FIFTH EDITION*. United States of America: The Conveyor Equipment Manufacturers Association.
- [2] Daniyan, I. A., Adeodu, A. O., & Dada, O. M. (2014). Design of a Material Handling Equipment: Belt Conveyor System for Crushed Limestone Using 3 roll Idlers. *Journal of Advancement In Engineering and Technology*.
- [3] Derikvand, Z. (2015). *Design of a drive for a belt conveyor system*. Prague: Department of designing and machine components.
- [4] DIN 22101. (2011). Dalam *Continuous conveyors-Belt conveyors for loose bulk materials-Basis for calculation and dimensioning, English translation of DIN 22101:2011-12*. Berlin.
- [5] Dunlop. (1994). *Conveyor Belt Technique Design and Calculation*. Leyland: Dunlop.
- [6] Jagtap, A. A., Vaidya, S. D., Samrutwar, A. R., Kamadi, R. G., & Bhende, N. V. (2015). Design of Material Handling Equipment: Belt Conveyor System for Crushed Biomass Wood Using V Merge Conveying System. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 4, No. 2.
- [7] Jyotsna, M. P., Date, D. D., & Galke, A. B. (2015). Design, Analysis and Weight Optimization of Belt Conveyor for. *IJSEAS*.
- [8] McGuire, P. (2010). *Conveyors: Application, Selection, and Integration*. Boca Raton: CRC.
- [9] Ray, S. (2008). *Introduction to Materials Handling*. New Delhi: NEW AGE INTERNATIONAL (P) LIMITED.
- [10] Terry, K. (t.thn.). *Belt Conveyor Pulley Design - Why the Failures?* Design Engineer to the Bosworth Group of Companies
- [11] Verma, H. K., Dewangan, S., Thakur, P. K., Sahu, D., & Sahu, R. (2017). *Fabrication of Automated Conveyor System for Material Handling Based On LDR*. Bhubaneswar: International Journal of Mechanical And Production Engineering.
- [12] Phoenix. (2004). *Phoenix Conveyor Belts Design Fundamentals*. Hamburg: Phoenix
- [13] Mulani, I. G. (2002). *Engineering Science and Application Design for Belt Conveyors*. India: Pune.