

ANALISIS PENGARUH KECEPATAN BELT CONVEYOR JALUR 7.1 TERHADAP PRODUKTIVITAS LIMESTONE KE STORAGE PABRIK INDARUNG VI DI PT SEMEN PADANG.

Muhammad Fajar Rahman^{1*}, Dedi Yulhendra¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*muhammadfajarrahman29@gmail.com](mailto:muhammadfajarrahman29@gmail.com)

Abstrak. *In terms of delivering limestone to the plant, the process of delivering material using a belt conveyor and crushing using a Lime Stone Crusher (LSC). Belt widths range from 1 meter to 1.2 meters, 1.4 meters to 1.8 meters. How each belt varies in speed, each gearbox installed by the belt conveyor motor has varying capabilities. The author uses a descriptive research design. The descriptive method is a technique that offers many options for solving problems through the collection, compilation, or classification of data, analysis, and interpretation of the data. Therefore, it is necessary to increase production by increasing the efficiency of the belt conveyor conveyance. Recommendations for increasing the productivity of the 6A1J06 conveyor belt with a speed of 3 m / s, an idler angle of 30 ° and a belt width of 1600 mm with a result of 2169.09 tons / hour and for the 6A1J10 conveyor belt with a speed of 2 m / s, an idler angle of 30 ° and a belt width of 1800 mm with a result of 2079.09 tons / hour. Simulation of improvements made by eliminating or reducing obstacles that occur in the performance of the conveyor belt or other factors outside the performance of the conveyor belt is able to meet the production targets of the company, where the effective working time from 389.20 hours / month to 531.42 hours / month. This will certainly increase the work efficiency value of the conveyor belt conveyance, which initially 57.91% increased to 79.08% with an increase in limestone production of 1,089,607 tons (126%).*

Kata kunci: *Belt Conveyor, Limestone, Storage, Crusher, Production, Productivity.*

1. Pendahuluan

Departemen Pertambangan PT. Semen Padang mengangkut batu kapur ke pabrik melalui *belt conveyor* dan menghancurkannya melalui *Lime Stone Crusher* (LSC). Saat ini ada mesin penghancur *limestone* milik PT. Semen Padang (LSC). Ada total 23 *belt conveyor* dengan berbagai ukuran *belt* yang ada dioperasikan oleh PT. Semen Padang. Lebar *belt* berkisar dari 1000 mm hingga 1200 mm, 1400 mm hingga 1800 mm. Bagaimana masing-masing *belt* kecepantannya bervariasi, setiap *gearbox* yang dipasang motor *belt conveyor* memiliki kemampuan yang bervariasi.

Salah satu dari banyak *belt conveyor* PT. Semen Padang, baik yang baru maupun yang lama, adalah jalur 7.1 yang panjangnya 2,33 km hingga 3,04 km.

Langkah penting dalam penambangan *limestone* adalah proses pengangkutan *limestone* yang diekstraksi. Seberapa efisien pengangkutan *belt conveyor* dilakukan akan ditentukan oleh nilai kapasitas angkut aktual yang layak oleh *belt conveyor* dibandingkan dengan kebutuhan *belt conveyor*. Faktor-faktor berikut mempengaruhi nilai daya

dukung *belt conveyor*; faktor-faktor ini dapat diubah untuk menentukan kapasitas transportasi untuk memenuhi laju pemindahan *limestone* yang diinginkan per satuan waktu.

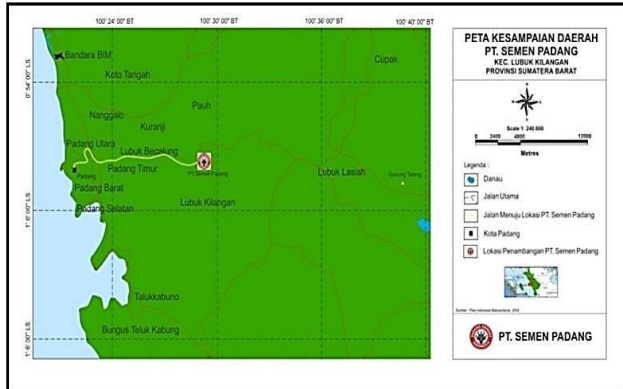
Ditemukan tumpah material *limestone* ke bawah rangkaian *belt*. Evaluasi kinerja *belt conveyor* dilakukan dengan harapan target pengiriman *limestone* dapat ditentukan guna meningkatkan produksi *limestone* pada PT Semen Padang agar dapat terlaksana.

Untuk keperluan pemindahan *limestone* ke *storage* digunakan *belt conveyor*. Kinerja *belt conveyor* berbanding lurus dengan kapasitas transfer sesuai dengan spesifikasinya. Perlu dilakukan evaluasi kinerja *belt conveyor* yang sebenarnya di lapangan untuk memaksimalkan kapasitas alat angkut *limestone* yang dalam hal ini menggunakan *belt conveyor*. Untuk mendapatkan daya angkut yang diinginkan untuk *belt conveyor*, parameter seperti kecepatan *belt*, lebar *belt*, dan sudut *idler* digunakan. Evaluasi kinerja *belt conveyor* ini dapat membantu PT Semen Padang meningkatkan kapasitas pengiriman *belt conveyor* mereka.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi penelitian

Lokasi PT. Semen Padang di Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat. Lokasinya sekitar 15 km di sebelah timur Kota Padang dan pada koordinat 100°28'05" BT–100°28'55" BT dan 00°57'50" LS–00°58'55" LS. Puncak tertingginya kira-kira 225 meter di atas permukaan laut, atau 549 meter di atas permukaan laut. Bukit Karang Putih adalah tambang quarry yang terletak di Desa Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, di selatan Indarung. Beberapa wilayah di antara lan dan lokasi penambangan Tambang Karang Putih.



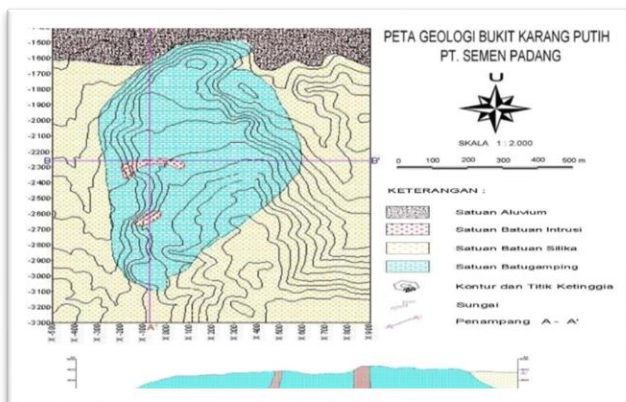
Gambar 1. Peta Lokasi Area Penelitian

2.2. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Menurut penelitian Kastowo, Gerhard W. Leo, S. Gafor, dan T.C. Amin (1996), kondisi geologi wilayah PT Semen Padang terutama terdiri dari batu kapur (limestone), yang terdiri dari mineral kalsit ($CaCO_3$) yang telah terdekomposisi secara organik dan kimiawi [1].

2.2.1 Geomorfologi

Gambar 2 menunjukkan geologi permukaan karang putih. Bukit Karang Putih adalah bagian dari Bukit Barisan dan berada di ketinggian antara 225 hingga 720 meter di atas permukaan laut, dengan kemiringan berkisar antara 10% hingga 85%.



Gambar 2. Peta Geologi Permukaan Karang Putih.

2.2.2 Stratigrafi

Formasi batuan di daerah Bukit Karang Putih terdiri dari batuan kersikan dan batuan gamping kristalin, menurut Kastowo, Gerhard W. Leo, S. Gafor, dan T.C. Amin (1996). Hasil ini didasarkan pada ciri-ciri litologi wilayah tersebut. kuantan, batuan intrusi, konglomerat Formasi Tuhur, dan satuan batuan vulkanik. Bukit Karang Putih PT Semen Padang digambarkan dalam Gambar 3:

Unit Batuan	Tebal Rata-Rata (m)	Simbol Batuan	Pemerian	Sumber Bahan
Endapan Resen	0,8-3,0		Material Timbunan/Urugan	
	0,4-2,5		Lempung Residu/Foil	Alumina Al_2O_3
Endapan Vulkanik	13,6		Tufa	Silika (SiO_2)
	68,9		Tufa Kersikan Tektonik Deposit (Bahan Rombakan)	
Batuan Metasedimen dan Metamorf	±360		Batugamping-Marmer	Kapur Cao, Mgo
	>500		Batulempung Tufaan (Batuan Kersikan)	Silika (SiO_2)

Gambar 3. Stratigrafi Wilayah Penelitian

2.2.3 Litologi

Konglomerat, batu sabak, filit (sekisan), dan batu rijang mendominasi litologi satuan batuan ini yang hanya tersingkap secara lokal di arah hulu sungai Batang Idas. Batu kapur kristalin dapat ditemukan di zona remuk atau sesar, sedangkan transisi marmer secara perlahan dari batu kapur kristalin menjadi marmer. Batu kapur hablur, juga dikenal sebagai batu kapur gula, mengandung mineral kalsit 95 hingga 100 persen. Warnanya putih abu-abu dan kecoklatan.

3. Kajian Teori

3.1 Genensa Limestone

Batugamping dapat terbentuk melalui beberapa mekanisme, yakni proses organik, mekanik, dan kimia. Mayoritas batugamping yang ditemui di alam mengalami pembentukan secara organik. Sementara itu, proses mekanik melibatkan bahan batugamping yang secara substansial mirip dengan jenis yang terbentuk secara organik. Perbedaannya terletak pada perombakan materi batugamping yang terbawa oleh arus dan seringkali mengendap di dekat sumbernya. Di sisi lain, batugamping yang terbentuk secara kimia muncul dalam kondisi khusus iklim dan lingkungan di dalam air laut atau air tawar.

Secara kimiawi, batugamping terdiri dari kalsium karbonat ($CaCO_3$). Batugamping dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu batugamping non-klastik dan batugamping klastik. Batugamping non-klastik terbentuk dari koloni berbagai organisme laut, termasuk coelentrata, moluska, protozoa, dan foraminifera. Batugamping ini sering disebut sebagai batu gamping koral karena koral merupakan penyusun utamanya. Di sisi lain, batugamping klastik merupakan hasil dari pemecahan batugamping non-klastik melalui proses erosi oleh air, diikuti transportasi,

sortasi, dan akhirnya sedimentasi. Selama proses tersebut, mineral-mineral lain turut terbawa sebagai pengotor, menghasilkan variasi warna pada batugamping, seperti putih susu, abu-abu muda, abu-abu tua, coklat, merah, bahkan hitam.

3.2 Sifat dan Karakteristik Limestone

Dari data yang diperoleh dari contoh permukaan dan inti bor yang dianalisis di laboratorium PT Semen Padang pada pertengahan tahun 2010, dapat disimpulkan karakteristik dan sifat limestone pada wilayah penelitian sebagai berikut.

- Warna : Putih/bening, abu-abu sampai abu-abu tua
- Kekerasan : 3-5 (Skala Mohs)
- Belahan : Bentuk sempurna
- Pecahan : Kaca hingga bentuk *earthly*
- Sifat dalam : Dari yang keras hingga *brittle*
- Densitas insitu: 2,6 ton/m³
- Densitas loose: 1,7 ton/m³
- Kandungan : CaO: 52%, MgO: 0,44%. FeO: 0,7%, SiO: 7%, H₂O: 4,4%
- Sisipan : Lempung tufaan yang berasosiasi dengan rijang kualitas batukapur sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia yang dikandungnya, terutama CaO dan MgO.

3.3 Kajian Teori Belt Conveyor

Dalam banyak industri yang sedang berkembang di Indonesia, perangkat transportasi material yang menggunakan teknologi tinggi umumnya berupa *belt conveyor*. Penerapan *belt conveyor* telah terbukti dapat memberikan efisiensi biaya produksi dan peningkatan signifikan dalam tingkat produksi (Hamsi, 2011) [2].

Menurut (Pratama & Agusman, 2023),[3] sebuah *belt* berfungsi sebagai pembawa muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan disebut juga sebagai *belt conveyor*. Media transportasi ini digunakan untuk memindahkan satuan atau tumpahan dari satu sistem operasi ke sistem operasi lainnya dalam suatu jalur proses produksi dengan arah horizontal atau dengan sudut kemiringan.

Keuntungan dari penggunaan *belt conveyor* meliputi kemampuan operasional otomatis, kemudahan pengaturan, dan kelangsungan operasi yang dapat dilakukan tanpa henti. *Belt conveyor* memiliki keunggulan karena jarang mengalami kerusakan, terutama saat tidak terdampak oleh cuaca buruk yang sering mengganggu operasi truk pengangkut. Menurut (Hartman, 1992)[4], penggunaan *belt conveyor* juga mengurangi kebutuhan tenaga kerja jika dibandingkan dengan alat transportasi konvensional seperti truk.

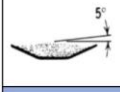
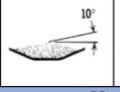
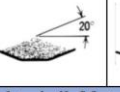
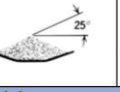
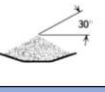
3.3.1 Analisis Belt Conveyor

3.3.1.1 Surcharge Angle

Surcharge angle dapat diketahui pada bagian atas *belt conveyor* dengan mengetahui ukuran karakteristik material dan biasanya sudut ini dapat menentukan luas area

angkutannya, dimana saat ukuran material berbentuk butiran kecil maka *surcharge angle* akan kecil sedangkan saat material berbentuk gumpalan yang besar maka akan membentuk *surcharge angle* yang besar. Adapun sudut *surcharge angle* dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Sudut *Surcharge Material*

Sifat Aliran				
Sangat lancar	Lancar	Normal	Kurang lancar	Tidak lancar
Surcharge angle (°)				
5°	10°	20°	25°	30°
				
Karakteristik Material				
Ukuran butir halus dan seragam, bentuk butir relative bulat, sangat basah atau sangat kering Seperti; pasir, silica, semen, dan lain lain.	Bentuk partikel relative bulat, permukaan kering dan licin berat jenis medium Seperti; biji-bijian dan butir kacang.	Bentuk tidak beraturan granular atau bongkahan dengan berat jenis medium Seperti; batubara andesit, tanah liat dan lain lain.	Material curah secara umum Seperti; batubara bituminous, bijih tambang dan lain lain.	Bentuk tidak beraturan berserat, berserat, saling mengunci Seperti; cacahan kayu, pasir untuk pengecoran yang sudah dikeraskan.

3.3.1.2 Sudut Kemiringan

Belt conveyor dapat mengangkut material dengan arah datar ataupun miring baik itu mendaki atau menurun. Besarnya sudut kemiringan maksimum dipengaruhi oleh tumpukan material yang diangkut, jika gaya gesek semakin besar antara gaya sabuk dengan muatan material maka akan semakin tinggi sudut kemiringannya. Adapun sudut kemiringan maksimum pada *belt* dapat dilihat di Tabel berikut:

Tabel 2. Klasifikasi Material Berdasarkan Ukuran Partikel

Jenis Material	Sudut Kemiringan Maksimum (°)
Butir	20-25°
Biji-bijian, penyulingan	25-27°
Granit	30-32°
Granit (benjolan)	30-32°
Granit, rusak	30-32°
Grafit, serpihan	25°
Kerikil	30-35°
Kerikil, bank berjalan	30°
Kerikil, kering, tajam	32°
Debu gipsum, diangin-anginkan	26-28°
Debu gipsum, tidak dianginkan	28-20°
Gypsum	30°
Guano, kering	28°

Jenis Material	Sudut Kemiringan Maksimum (°)
Es, hancur	23-25°
Bijih Ilmenit (bijih Titanium)	30°
Bijih besi	30-32°
Bijih besi (dihancurkan)	30-32°
Bijih besi	25-30°
Besi oksida, pigmen	28°
Tanah liat Kaolin	28°
Bijih timbal	30°
Timbal oksida	30°
Lignit, udara kering	30°
Kapur, tanah	30°
Kapur (terhidrasi)	28°
Kapur, terhidrasi, dihancurkan	25-28°
Kapur, kerikil	28°
Batu kapur, dihancurkan	30°
Batu kapur, debu	28-30°
Lempung, lumpur, tanah liat, kering	35°
Lempung, lumpur, tanah liat, basah	30°

3.3.1.3 Koefisien Sudut Kemiringan

Belt conveyor memiliki suatu koefisien sudut kemiringan di mana semakin curam sudutnya, semakin terbatas jumlah material yang dapat diangkut. Belt conveyor yang memiliki sudut inklinasi maka dapat digunakan koreksi dengan melakukan konversi menggunakan koefisien sudut kemiringan yang dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 3. Nilai Koefisien Sudut Keniringan

No	Sudut Kemiringan (°)	Koefisien Kemiringan
1	2	1,00
2	4	0,99
3	6	0,98
4	8	0,97
5	10	0,95
6	12	0,93
7	14	0,91
8	16	0,89
9	18	0,85
10	20	0,81
11	21	0,78
12	22	0,76
13	23	0,73
14	24	0,71
15	25	0,68

3.3.1.4 Koefisien Section Area “k”

Koefisien section area merupakan nilai dari sudut tumpukan material (surcharge) dan sudut Trough (sudut kemiringan dari carrying roll). Nilai koefisien section area dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Koefisien Section Area “k”

Sudut Trough	Sudut Surcharge					
	5°	10°	15°	20°	25°	30°
20°	0,03211	0,03767	0,04314	0,04866	0,05430	0,06010
25°	0,05620	0,06407	0,07181	0,07963	0,08762	0,09584
30°	0,06383	0,07131	0,07865	0,08607	0,09365	0,10146
35°	0,07047	0,07749	0,08438	0,09135	0,09847	0,10581
40°	0,1401	0,1426	0,1637	0,1649	0,1877	0,1882
45°	0,1481	0,1500	0,1696	0,1704	0,1912	0,1916
50°	0,1521	0,1538	0,1712	0,1725	0,1915	0,1919
55°	0,1562	0,1570	0,1724	0,1736	0,1921	0,1927

3.3.1.5 Densitas Material

Belt conveyor dipergunakan untuk mengangkut material yang memiliki berbagai karakteristik, termasuk perbedaan ukuran, bentuk, dan massa jenisnya. Karakteristik bentuk dan ukuran dari material tersebut memiliki dampak pada kinerja belt conveyor, mencakup pengaruh terhadap area yang terpakai oleh material pada belt conveyor dan kapasitas conveyor, karena tumpukan material di atas belt akan bervariasi tergantung pada jenis material, baik yang bersifat gumpalan besar maupun halus, sebab ukuran panjang atau lebar dari partikel material berbeda-beda. Informasi lebih lanjut mengenai pengelompokan material berdasarkan ukuran partikel dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Densitas Material

Berat	Berat (ton/m³)	Material
Ringan	0 – 0,6	Serbuk, Gambut, Coke
Sedang	0,6 – 1,1	Gandum, Batubara, Terak
Berat	1,2 – 2,0	Pasir, Inti Kerikil, Raw Mix
Sangat Berat	>2,0	Inti Besi, Batu Cobbe

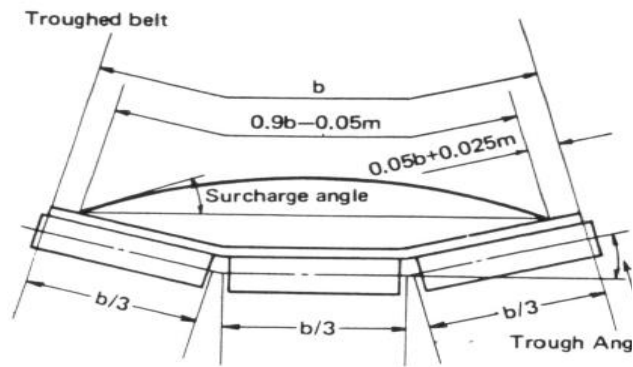
3.3.2 Produktivitas Alat angkut Belt Conveyor

Setelah mempertimbangkan berbagai faktor yang memengaruhi kinerja belt conveyor, kita dapat menggunakan informasi tersebut untuk mengevaluasi produktivitas dari belt conveyor tersebut. Untuk tujuan umum, produktivitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus tertentu, (Buntoro, 2021)[5].

3.3.2.1 Luas Penampang

Ada beberapa hal yang mempengaruhi besar kecilnya luas penampang pada belt conveyor yaitu dari surcharge angle, lebar belt conveyor dan trough angle dari belt conveyor. Nilai koefisien section area “k” dapat dilihat pada tabel 4

sehingga dapat ditentukan nilai numerik berdasarkan pengaturan *belt* dan sudut kemiringan dari material yang dibawa.



Gambar 5. Penampang Luas Total Belt.

Perhitungan luas penampang dapat ditentukan dengan rumus:

$$A = k (0.9b - 0.05)^2$$

Keterangan:

A = Luas penampang (m²)

k = Koefisien *section area*

b = Lebar *belt* (m)

3.3.2.2 Kecepatan pada Belt Conveyor

Dengan menggunakan *stopwatch*, dapat menentukan kecepatan *belt conveyor* tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan *belt* untuk bergerak dari satu ujung alat ke ujung lainnya. Saat *belt conveyor* tidak bergerak, teknik pengamatan memerlukan penandaan *belt* dengan spidol, dan cat berwarna.

$$V = s/t$$

Keterangan:

V = Kecepatan (m/s)

s = Jarak perpindahan *belt* (m)

t = Waktu (s)

3.3.2.3 Produktivitas Alat Angkut Belt Conveyor

Faktor mendasar dalam pengoperasian *belt conveyor* adalah kapasitas, diukur dalam (ton/jam):

$$Qt = 3600 \times A \times V \times \gamma \times S$$

Keterangan:

Qt = Kapasitas *belt conveyor* (ton/jam)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan *Belt Conveyor* (m/s)

γ = Berat jenis material batubakar (ton/m³)

S = Koefisien kemiringan *belt*

3.3.3 Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja merujuk pada perbandingan antara waktu produktif yang digunakan untuk bekerja dan waktu total yang tersedia untuk bekerja. Dalam kenyataannya, rendahnya nilai efisiensi tidak selalu disebabkan oleh perubahan tingkah laku pekerja, melainkan lebih dikaitkan

dengan adanya keterlambatan dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindari di lapangan, (Partanto, 1983)[6].

$$EFF = \frac{Waktu\ Kerja}{Waktu\ Tersedia} \times 100\%$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Produksi Aktual Belt Conveyor

Produksi aktual didapat dari hasil produktivitas dikalikan dengan waktu kerja efektif alat, dimana PT Semen Padang memiliki target produksi sebesar 861.800 ton/bulan. Sedangkan pencapaian produksi aktual alat angkut *belt conveyor* adalah sebesar 605.982 ton/bulan.

4.2 Produktivitas Belt Conveyor

4.2.1 Luas Penampang Belt Conveyor

Penampang lintasan *belt conveyor* dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus tertentu tersebut dibutuhkan nilai *k* beserta lebar *belt* yang akan dihitung. PT Semen Padang menggunakan *conveyor* dengan tipe 3 *idler rolls through*, perhitungan luas penampang pada *belt conveyor* pada tabel berikut:

Tabel 6. Nilai Luas Penampang Belt Conveyor

No	Jalur Belt	Lebar Belt (m)	Koefisien Section Area	Luas Penampang (m ²)
1	6A1J03	3	0,071	0,498
2	6A1J04	1,2	0,070	0,074
3	6A1J05	1,2	0,070	0,074
4	6A1J06	1,6	0,063	0,121
5	6A1J07	1,2	0,070	0,074
6	6A1J08	1,2	0,070	0,074
7	6A1J10	1,8	0,071	0,175

4.2.2 Kecepatan Belt Conveyor

Kecepatan *belt conveyor* dapat diestimasi dengan menggunakan perhitungan tertentu dimana dibutuhkan waktu rotasi dalam sekali putaran *belt* beserta panjang lintasan *belt*. Didapat kecepatan *belt* yang bervariasi untuk tiap unit *conveyor*.

Tabel 7. Nilai Kecepatan Belt Conveyor

No	Unit Belt	Waktu Tempuh (s)	Panjang Belt (m)	Kecepatan (m/s)
1	6A1J03	93,17	65,7	0,705162605
2	6A1J04	581,42	3041,34	5,230883010
3	6A1J05	496,79	2336	4,702188047
4	6A1J06	17,98	41	2,280311457
5	6A1J07	689,4	3958	5,741224252
6	6A1J08	78,68	378,778	4,814158617
7	6A1J10	255,21	339,94	1,332001097

4.2.3 Produktivitas Belt Conveyor

Setelah mendapatkan nilai luas penampang, kecepatan *belt conveyor*, koefisien sudut kemiringan dan densitas material, maka produktivitas *belt conveyor* dapat dihitung. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai yang beragam untuk masing-masing *belt conveyor*. Hasil perhitungan produktivitas dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Produktivitas Belt Conveyor

Unit Belt	Kecepatan (m/s)	Luas Penampang (m ²)	Koefisien Kemiringan	Produktivitas (ton/jam)
6A1J03	0,7051	0,498	1	2070,68
6A1J04	5,2308	0,074	0,9	2069,01
6A1J05	4,7021	0,074	0,98	2024,61
6A1J06	2,2803	0,121	1	1638,73
6A1J07	5,7412	0,074	0,81	2043,69
6A1J08	4,8141	0,074	0,97	2050,85
6A1J10	1,3320	0,175	1	1382,53
Rata - rata				1897,15

4.3 Ketersediaan Alat

Perhitungan data ketersediaan alat menunjukkan parameter waktu yang hilang dari banyaknya waktu yang tersedia dari alat angkut *belt conveyor*.

Tabel 9. Ketersediaan Alat Angkut Belt Conveyor

Mechanical Availability (%)	Physical Availability (%)	Use of Availablility (%)	Effective Utilization (%)
89,99	93,56	61,90	57,91

4.4 Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja suatu peralatan dapat dihitung dengan membagi waktu kerja efektif dengan total waktu kerja yang tersedia. Hasil perhitungan efisiensi kerja alat.

Waktu Tersedia : 672
 Waktu Kerja : 389,20
 Waktu Hambatan : 282,80

$$EFF = \frac{Waktu\ Kerja}{Waktu\ Tersedia} \times 100\%$$

$$EFF = \frac{389,20}{672} \times 100\%$$

$$EFF = 57,91$$

4.5 Hasil dan Simulasi Peningkatan Belt Conveyor

Ketidaktercapaian produksi disebabkan oleh hambatan pada kinerja *belt conveyor* ataupun hambatan diluar kinerja *belt conveyor* kejadian pada lapangan. Sebabnya, perlu dilakukan peningkatan produksi dengan melakukan peningkatan efisiensi dari alat angkut *belt conveyor*.

4.5.1 Evaluasi Peningkatan Kapasitas Belt Conveyor Unit 6A1J06

Lebar Belt (m)	Koefisien Belt	R Drive Pulley (m)	Gearbox (rpm)	Luas Penampang (m ²)
1,6	1	0,315	69,12	0,121

Meningkatkan spesifikasi *gearbox* dapat meningkatkan kecepatan *belt* 6A1J06. Meningkatkan spesifikasi dari 69,12 rpm menjadi 87,68 rpm akan meningkatkan kecepatan *belt conveyor* dari 2,28 m/s menjadi 2,89 m/s.

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
$V = r \times \text{rpm} \times 0,10472$ $= 0,315 \times 69,12 \times 0,10472$ $= 2,28 \text{ m/s}$	$V = r \times \text{rpm} \times 0,10472$ $= 0,315 \times 87,68 \times 0,10472$ $= 2,89 \text{ m/s}$

Kapasitas daya tampung teoritis *belt conveyor* meningkat secara langsung setelah kecepatan *belt* 6A1J06 ditingkatkan dari 2,28 m/s menjadi 2,89 m/s. Perhitungan ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
$QT = 3600 \times A \times v \times \gamma \times s$ $= 3600 \times 0,121 \times 2,28 \times 1,65 \times 1$ $= 1638,73 \text{ ton/jam}$	$QT = 3600 \times A \times v \times \gamma \times s$ $= 3600 \times 0,121 \times 2,89 \times 1,65 \times 1$ $= 2077,15 \text{ ton/jam}$

Kapasitas daya tampung *belt conveyor* 6A1J06 meningkat dari sebelumnya sebesar 1638,73 ton/jam menjadi 2077,15 ton/jam, sehingga memudahkan pengiriman material.

4.5.2 Evaluasi Peningkatan Kapasitas Belt Conveyor Unit 6A1J10

Lebar Belt (m)	Koefisien Belt	R Drive Pulley (m)	Gearbox (rpm)	Luas Penampang (m ²)
1,8	1	0,4	31,8	0,175

Dengan meningkatkan spesifikasi *gearbox*, kecepatan *belt* 6A1J10 dapat ditingkatkan. Peningkatan spesifikasi dari 31,8 rpm menjadi 46,36 rpm akan meningkatkan kecepatan *belt conveyor* dari 1,33 m/s menjadi 1,94 m/s.

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
$V = r \times rpm \times 0,10472$ $= 0,4 \times 31,8 \times 0,10472$ $= 1,33 \text{ m/s}$	$V = r \times rpm \times 0,10472$ $= 0,4 \times 46,36 \times 0,10472$ $= 1,94 \text{ m/s}$

Kapasitas daya tampung *belt conveyor* secara langsung meningkat sebagai hasil dari peningkatan kecepatan *belt* 6AIJ10 dari 1,33 m/s menjadi 1,94 m/s. Perhitungan ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
$QT = 3600 \times A \times v \times \gamma \times s$ $= 3600 \times 0,175 \times 1,33 \times 1,65 \times 1$ $= 1382,53 \text{ ton/jam}$	$QT = 3600 \times A \times v \times \gamma \times s$ $= 3600 \times 0,175 \times 1,94 \times 1,65 \times 1$ $= 2016,63 \text{ ton/jam}$

Kapasitas daya tampung *belt conveyor* 6AIJ10 meningkat dari 1382,53 ton/jam menjadi 2016,63 ton/jam, meningkatkan kapasitas pengiriman material.

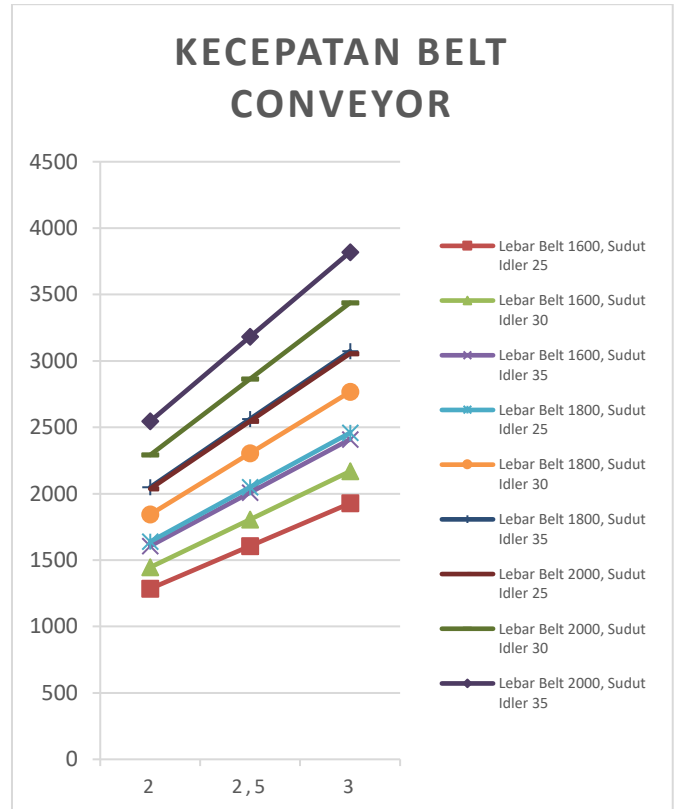
Unit Belt	Kecepatan (m/s)	Luas Penampang (m ²)	Koefisien Kemiringan	Produktivitas (ton/jam)
6AIJ03	0,7051	0,498	1	2070,68
6AIJ04	5,2308	0,074	0,9	2069,01
6AIJ05	4,7021	0,074	0,98	2024,61
6AIJ06	2,8922	0,121	1	2077,15
6AIJ07	5,7412	0,074	0,81	2043,69
6AIJ08	4,8141	0,074	0,97	2050,85
6AIJ10	1,9419	0,175	1	2016,63
Rata - rata				2050,37

Belt 6AIJ06 mengalami variasi kecepatan antara 2 m/s dan 3 m/s dengan skala 0,5 m/s. Nilai variasi kecepatan yang digunakan adalah 2 m/s, 2,5 m/s, dan 3 m/s.

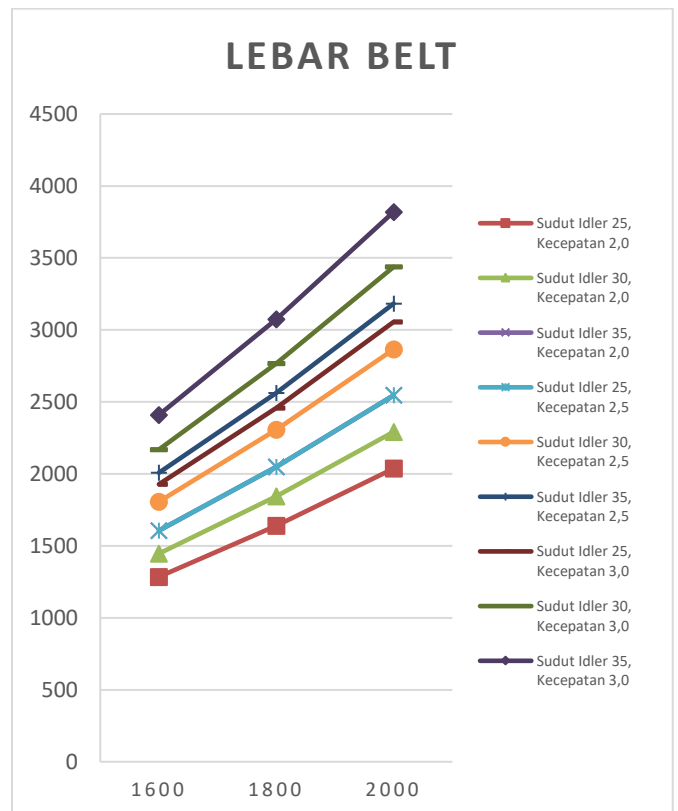
Untuk mengurangi tumpahan material, lebar belt diubah pada 1600 mm, 1800 mm, dan 2000 mm sesuai dengan rekomendasi yang disarankan. Sudut idler diubah pada 25°, 30°, dan 35° sesuai dengan standar PT Semen Padang.

Namun, *belt* 6AIJ10 memiliki variasi kecepatan 1 m/s, 1,5 m/s, dan 2 m/s dengan skala 0,5 m/s.

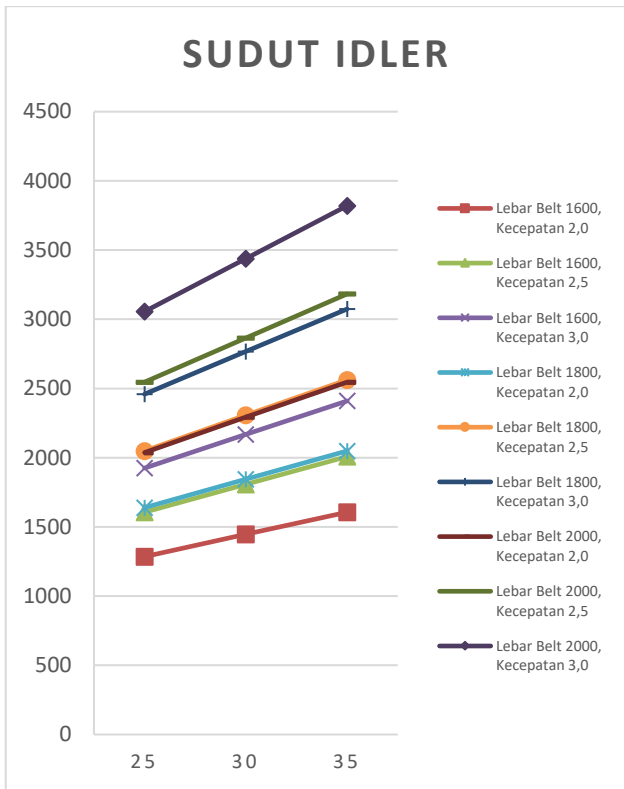
Untuk mengurangi tumpahan material, lebar *belt* diubah pada 1600 mm, 1800 mm, dan 2000 mm sesuai dengan rekomendasi yang disarankan. Sudut *idler* diubah pada 25°, 30°, dan 35° sesuai dengan standar PT. Semen Padang dan Amerika (Eropa).



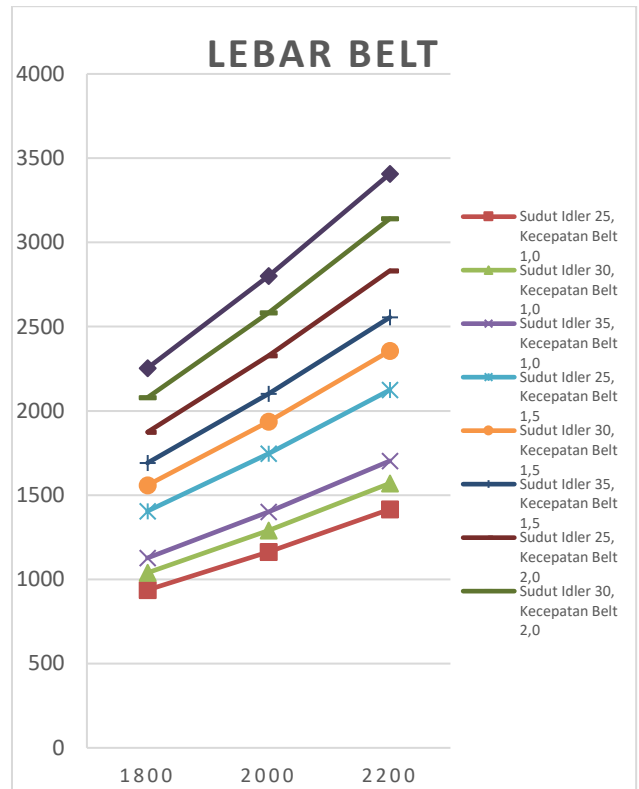
Gambar 6. Pengaruh Kecepatan pada Lebar Belt dan Sudut Idler Belt 6AIJ06.



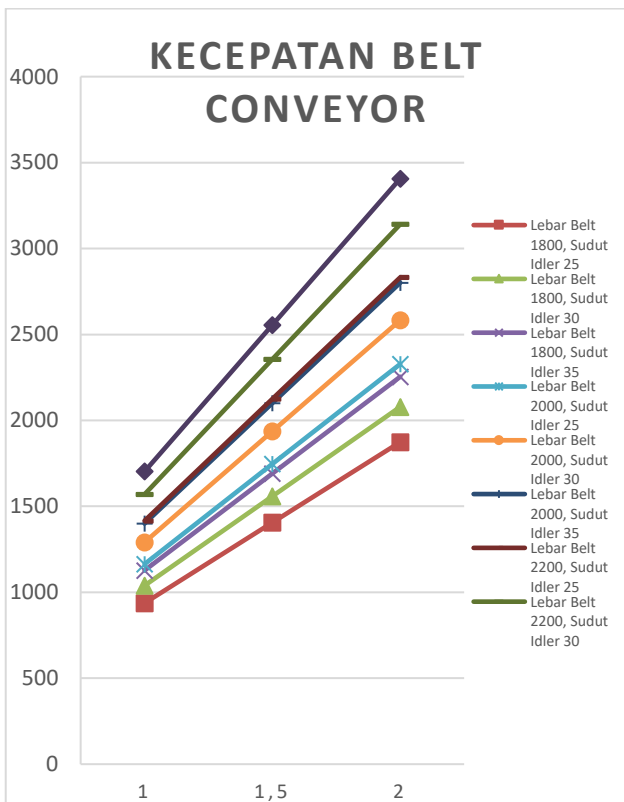
Gambar 7. Pengaruh Lebar Belt Terhadap Sudut Idler dan Kecepatan pada Belt 6AIJ06



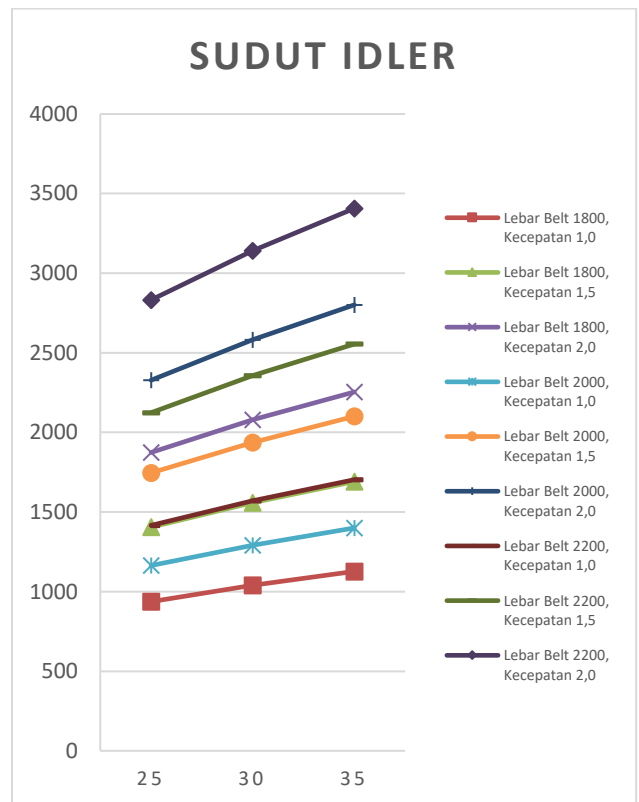
Gambar 8. Pengaruh Sudut *Idler* pada Lebar dan Kecepatan *Belt* 6A1J06



Gambar 10. Pengaruh Lebar *Belt* Terhadap Sudut *Idler* dan Kecepatan pada *Belt* 6A1J10



Gambar 9. Pengaruh Kecepatan Terhadap Lebar *Belt* dan Sudut *Idler* pada *Belt* 6A1J10



Gambar 11. Sudut *Idler* Berpengaruh pada Lebar dan Kecepatan *Belt* 6A1J10

Tingkatkan produktivitas *belt conveyor* 6A1J06 dengan kecepatan 3 m/s, sudut *idler* 30 °, dan lebar *belt* 1600 mm, dengan hasil 2169,09 ton/jam dan 6A1J10 dengan kecepatan 2 m/s, sudut *idler* 30 °, dan lebar *belt* 1800 mm, dengan hasil 2169,09 ton/jam.

4.5.3 Meningkatkan Produksi dengan Mengurangi Waktu Penundaan

Meningkatkan produksi dapat dilakukan dengan mengurangi waktu penundaan yang ditetapkan. Dimana perusahaan memiliki waktu penundaan dengan durasi yang sangat besar yaitu 4,5 jam dalam sehari, oleh karena itu dilakukan pengurangan terhadap waktu penundaan.

No	Waktu Penundaan	Sebelum (jam)	Sesudah (jam)
1	Ishoma	3	3
2	Pergantian Shift Operator	0,25	0
3	Pengosongan Jalur	0,25	0
4	Persiapan	1	0,5
Jumlah		4,5	3,5
Perbulan		126	98
Aktual		117,8	
Total yang dapat ditingkatkan		19,8	

4.5.4 Meningkatkan Produksi dengan Menghilangkan Waktu Hambatan Pada Belt Conveyor

Peningkatan produksi alat angkut *belt conveyor* dapat dilakukan dengan menghilangkan waktu hambatan pada *belt*. Berikut hasil pengamatan waktu hambatan yang dapat dihilangkan dalam penelitian di bulan Februari 2023.

Jenis Hambatan	Durasi (jam)
Batu terjepit di <i>pulley</i>	1,25
Belt terjepit di <i>rollerscreen</i>	0,25
Batu terjepit di <i>sizer</i>	0,33
<i>Belt</i> bergesekan	0,17
<i>Belt</i> miring	1,67
<i>Belt</i> overload	0,58
<i>Belt</i> terkelupas	0,33
<i>Belt</i> robek	1,83
<i>Belt</i> slip	1,92
<i>Belt</i> berhenti mendadak	2,58
<i>Belt</i> tidak bisa start	1,33
Benang <i>belt</i> keluar	0,50
<i>Idler</i> rusak	2,83
Kulit <i>belt</i> terkelupas	2,42
Masuk <i>boulder</i>	2,25
Masuk kayu	0,25
<i>Pull cord</i> aktif	1,50

Jenis Hambatan	Durasi (jam)
Sensor <i>belt</i> damage aktif	2,75
Sensor <i>belt</i> drift aktif	1,08
Sensor <i>metal detector</i> aktif	10,75
<i>Sling belt</i> keluar	1,75
Tambalan melendung	1,75
Tepi <i>belt</i> terkelupas	2,76
<i>Transport belt</i>	0,42
Total yang dapat ditingkatkan	43,25

4.5.5 Meningkatkan Produksi dengan Mengurangi Waktu Hambatan yang Terjadi Karena Faktor Lain

Peningkatan produksi alat angkut *belt conveyor* dapat dilakukan dengan mengurangi waktu hambatan yang terjadi karena faktor diluar kinerja *belt conveyor*. Waktu hambatan banyak terjadi bukan pada kinerja *belt* namun pada faktor diluarnya. Berikut hasil pengamatan waktu hambatan yang dapat dioptimalkan berdasarkan hambatan diluar kinerja *belt conveyor*.

Jenis Hambatan	Sebelum (jam)	Sesudah (jam)
Anak <i>grate bar</i> patah	1,67	0
Chute tersumbat	8,42	0
Kerusakan alat berat	10,75	10,75
<i>Sizer</i> patah	3,33	0
Tunggu feeding	65,75	0
Total Durasi	89,92	10,75
Total yang dapat dioptimalkan	79,17	

4.5.6 Peningkatan Efisiensi Kerja Belt Conveyor Setelah Optimalisasi

Setelah dilakukannya optimasi pengurangan waktu penundaan, pengurangan waktu pada faktor yang terjadi diluar kinerja *belt* dan menghilangkan waktu hambatan pada *belt*, maka didapatkan hasil peningkatan efisiensi kerja *belt conveyor*. Berikut hasil peningkatan efisiensi kerja *belt conveyor* sebelum dan sesudah optimasi:

Waktu Tersedia : 672
 Waktu Kerja Setelah Optimalisasi : 531,42
 Waktu Hambatan Setelah Optimalisasi : 140,58

$$EFF = \frac{Waktu\ Kerja}{Waktu\ Tersedia} \times 100\%$$

$$EFF = \frac{531,42}{672} \times 100\%$$

$$EFF = 79,08 \%$$

Peningkatan	Waktu Tersedia (jam)	Waktu Kerja Efektif (jam)	Waktu Hambatan (jam)	EU (%)
Sebelum	672	389,20	282,80	57,91 %
Sesudah	672	531,42	140,58	79,08 %

4.5.7 Hasil Peningkatan Produksi Setelah Optimasi

Setelah dilakukan peningkatan produksi dengan meningkatkan kecepatan *belt*, pengurangan waktu penundaan, pengurangan waktu pada faktor yang terjadi diluar kinerja *belt* dan menghilangkan waktu hambatan pada *belt*, maka waktu kerja efektif alat akan meningkat dan akan mempengaruhi hasil produksi *belt conveyor*. Peningkatan produksi dapat dihitung dengan cara mengalikan produktivitas dengan waktu kerja efektif yang telah dilakukan peningkatan. Berikut hasil peningkatan produksi setelah optimasi dilakukan.

Waktu Kerja Setelah Optimasi : 531,42
 Produktivitas Teoritis : 2050,37

$PP = \text{Produktivitas Teoritis} \times \text{Waktu Kerja Setelah Optimasi}$

$$PP = 2050,37 \times 531,42$$

$$PP = 1.126.696 \text{ ton}$$

Dengan ketercapaian produksi sebesar:

Target Produksi : 861.800 ton
 Produksi Setelah Optimasi : 1.089.607 ton

$$Kp = \frac{\text{Produksi Setelah Optimasi}}{\text{Target Optimasi}} \times 100\%$$

$$Kp = \frac{1.089.607}{861.800} \times 100\%$$

$$Kp = 126 \%$$

Produksi Belt	Efisiensi (%)	Produksi (ton)	Ketercapaian (%)
Sebelum	57,91 %	605.982	70 %
Sesudah	79,08 %	1.089.607	126 %

4.6 Analisis Simulasi Peningkatan Produksi Alat Angkut Belt Conveyor

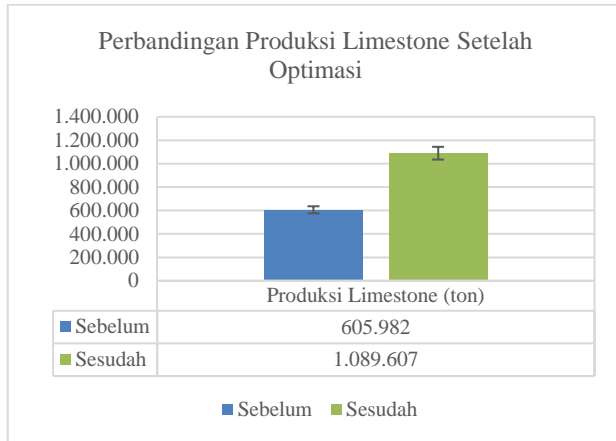
Pengangkutan material batu kapur di PT Semen Padang dilakukan dengan menggunakan *belt conveyor*, memiliki beberapa pilihan jalur angkutan dimana tepatnya pada bulan Februari 2023, jalur 7.1 menjadi jalur utama dalam pengiriman material menuju *storage* indarung VI. Target produksi *limestone* pada bulan Februari 2023 adalah 816.800 ton dengan produksi aktual sebesar 605.982 ton (70%) dan waktu kerja efektif sebesar 389,20 jam yang diketahui target produksi tidak tercapai. Setelah melakukan pengamatan langsung di lapangan didapatkan penyebab dari tidak tercapainya target yang telah

direncanakan oleh pihak PT Semen Padang dikarenakan efisiensi kerja alat yang rendah, hal tersebut diakibatkan oleh adanya hambatan yang mempengaruhi kinerja *belt conveyor* seperti waktu penundaan yang terlalu panjang dan waktu karena faktor internal. Untuk dapat memenuhi target produksi *limestone*, diperlukan optimasi peningkatan produksi dengan upaya mengurangi atau menghilangkan waktu hambatan yang dapat dioptimalkan seperti beberapa waktu hambatan berikut ini:

1. Mengurangi waktu penundaan (*delay plan*), PT Semen Padang memiliki durasi yang cukup besar perharinya untuk waktu penundaan yaitu 4,5 jam. Pengurangan waktu penundaan dapat dilakukan dengan memperketat kedisiplinan operator dan memasang pagar pembatas pada *belt conveyor* agar dapat meminimalisir waktu yang dibutuhkan untuk pengecekan jalur. Waktu persiapan yang diperlukan untuk memastikan *belt* dan juga *feeder* dapat berjalan dengan lancar adalah 30 menit, waktu tersebut dirasa cukup jika operator datang tepat waktu sehingga pengecekan dapat langsung dilakukan.
2. Menghilangkan waktu hambatan pada *belt conveyor* seperti *belt* terkelupas, *belt slip*, *belt* putus, *idlers* rusak, tambalan melendung, tambalan terkelupas, sensor *damage* aktif, sensor *metal detector* aktif, masuk besi dll, hampir semua hambatan yang terjadi pada *belt conveyor* disebabkan karena kurangnya pengecekan, perawatan dan perbaikan alat sebelum alat siap digunakan. Maka upaya yang dilakukan adalah memperketat pengawasan terhadap kedisiplinan operator dan melakukan evaluasi pengecekan alat secara berkala untuk memastikan tidak ada hambatan setelah mulai operasi.
3. Mengurangi waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor lain di luar kinerja *belt conveyor*, seperti kerusakan alat berat, *chute* tersumbat pada *crusher*, tunggu *feeding*, dll. Besarnya durasi hambatan ini disebabkan oleh material yang tidak sesuai dalam proses *dumping*, sering terjadinya pindah *front loading* dan perencanaan *fleet* yang tidak jelas dari pihak perusahaan. Maka, upaya yang dapat dilakukan ialah memastikan material hasil peledakan sesuai dengan permintaan untuk *feeding* dan adanya perencanaan yang baik dalam penentuan *fleet*.

Simulasi peningkatan yang dilakukan dengan menghilangkan atau mengurangi hambatan yang terjadi pada kinerja *belt conveyor* atau faktor lain diluar kinerja *belt conveyor* mampu memenuhi target produksi dari pihak perusahaan, dimana waktu kerja efektif yang mulanya 389,20 jam/bulan menjadi 531,42 jam/bulan. Hal tersebut tentunya akan menaikkan nilai efisiensi kerja dari alat angkut *belt conveyor* yang mulanya 57,91% meningkat di angka 79,08 % dengan peningkatan produksi *limestone* sebesar 1.089.607 ton (126%). Sehingga dari penelitian ini didapatkan bahwa kinerja *belt conveyor* untuk Jalur 7.1 yang produksinya tidak mencapai target pada bulan

Februari 2023 disebabkan bukan hanya karna alat angkut *belt conveyor* yang bermasalah, namun ada faktor-faktor lain yang terjadi di lapangan yang mempengaruhi produksi dari alat angkut *belt conveyor*. Berikut adalah grafik perbandingan produksi setelah dilakukannya simulasi peningkatan waktu efisiensi kerja pada alat angkut *belt conveyor*.



Gambar 12. Perbandingan Produksi Setelah Optimasi

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Kecepatan *belt* 6AIJ06 ditingkatkan dari 2,28 m/s menjadi 2,89 m/s, meningkatkan kapasitas daya tampung secara teoritis dari 1638,73 ton/jam menjadi 2077,15 ton/jam. Kecepatan *belt* 6AIJ10 juga ditingkatkan dari 1,33 m/s menjadi 1,94 m/s, meningkatkan kapasitas daya tampung dari 1382,53 ton/jam menjadi 2016,63 ton/jam.
2. Produktivitas *belt conveyor* dipengaruhi beberapa faktor yang menyebabkan hasil dari setiap unit *belt* berbeda. Adapun target produktivitas dari pihak PT Semen Padang adalah sebesar 2000 ton/jam, aktual produktivitas yang didapat adalah 1.549 ton/jam dan produktivitas secara teoritis *belt conveyor* didapat sebesar 2050,37 ton/jam.
3. Hambatan yang terjadi di lapangan yang mempengaruhi efisiensi dari alat angkut *belt conveyor* ialah waktu hambatan *delay plan* yang memiliki durasi cukup besar, waktu hambatan karena kinerja *belt conveyor* yang belum optimal dan waktu hambatan karena faktor lain seperti: kerusakan alat berat, *chute* tersumbat pada *crusher* dan waktu tunggu yang tinggi dari alat *feeder* untuk melakukan *feeding*.
4. Target produksi dapat dicapai setelah melakukan simulasi peningkatan dengan mengoptimalkan waktu hambatan yang awalnya waktu kerja efektif alat ialah 389,20 jam/bulan menjadi 531,42 jam/bulan sehingga mendapatkan peningkatan pada efisiensi kerja sebesar 79,08 % yang awal mulanya efisiensi sebesar 57,91%.

5.2 Saran

1. *Belt* yang tidak memenuhi kapasitas terpasang 2000 ton/jam harus ditingkatkan kecepatan agar *belt* yang tidak memenuhi kapasitas daya tampung dapat memenuhi kapasitas daya tampung yang ditetapkan.
2. Dengan meningkatkan spesifikasi *belt* 6AIJ06 dari 69,12 rpm menjadi 87,68 rpm, kecepatan *belt* akan meningkat dari 2,28 m/s menjadi 2,89 m/s, dan dengan meningkatkan spesifikasi *belt* 6AIJ10 dari 31,8 rpm menjadi 46,36 rpm, kecepatan *belt* akan meningkat dari 1,33 m/s menjadi 1,94 m/s.
3. Sebaiknya perlu dilakukan pengamatan secara menyeluruh dan mendetail mulai dari tahapan pemuatan material (*loading*), tahapan pengangkutan (*hauling*), tahapan penumpahan material (*dumping*), proses kegiatan peremukan material (*crushing*) hingga pengiriman material menggunakan *belt conveyor* agar mengetahui faktor utama yang menjadi penghambat pada proses pengangkutan material menuju *storage*.
4. Disiplin dalam penanganan waktu kerja agar target produksi dapat terpenuhi dengan lancar dan koordinasi yang baik antar operasional sehingga meningkatkan efisiensi dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T.C. Amin Kastowo, Gerhard W. Leo, S. Gafoer. 1996. *Peta geologi lembar Padang, Sumatera*.
- [2] Buntoro, D. S. (2021). *Design of Belt Conveyor to Reduce Loss Batch-Cullet. International Journal of Applied Engineering Research*, 16(2), 147–153.
- [3] Partanto, 1983, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] Erinofiardi, E. (2012). *Analisa Kerja Belt Conveyor 5857-V Kapasitas 600 Ton/Jam. Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(3), 450–458.
- [5] Hamsi, A. (2011). *Analisa pengaruh ukuran butir dan tingkat kelembaban pasir terhadap performansi belt conveyor pada pabrik pembuatan tiang beton. Jurnal Dinamis*, 8.
- [6] Hartman, H. L., Britton, S. G., Mutmansky, J. M., Gentry, D. W., Schlitt, W. J., Karmis, M., & Singh, M. M. (1992). *SME mining engineering handbook (Vol. 2). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Denver*.
- [7] Leonardi Nurkamal, J., & Gusman, M. (2022). *Evaluasi Kinerja Long Belt Jalur 71 Untuk Pengangkutan Limestone di PT. Semen Padang Kecamatan Lubuk Kilangan Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang*, 7(1).
- [8] Lucas, J., Thabet, W., & Worlikar, P. (2007). Using virtual reality (VR) to improve conveyor belt safety in surface mining. *24th W78 Conference Maribor 2007 & 5th ITCEDU Workshop & 14th EG-ICE Workshop: Bringing ITC Knowledge to Work*, 431–

- 438.
- [9] Pratama, A., & Agusman, D. (2023). *ANALYSIS KEKUATAN KONTRUKSI RANGKA PADA PERANCANGAN DESIGN BELT CONVEYOR MENGGUNAKAN ANSYS WORKBENCH*. *Sainteks: Jurnal Sain Dan Teknik*, 5(1), 12–21.
- [10] Putra, I., Kasim, T., & Gusman, M. (2018). *Kajian Teknis Kinerja Alat Transport Rubber Belt Conveyor pada Pengiriman Batu Kapur ke Storage Pabrik di Departemen Tambang PT. Semen Padang*. *Bina Tambang*, 3(3), 1153–1162.
- [11] Suharsimi, A. (2006). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta, 134.
- [12] Zakariah, M. A., Afriani, V., & Zakariah, K. H. M. (2020). *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF, KUANTITATIF, ACTION RESEARCH, RESEARCH AND DEVELOPMENT (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kolaka.
- [13] Bridgestone. 2007. *Conveyor Belt Design Manual*, Japan: Bridgestone Corp.
- [14] Charles. GW.1964. *Material and Belt Conveyor*. Milwaukee Sewerage Comission: United States.
- [15] *Conveyor Equipment Manufacturer Association (CEMA)*. 2002. *Belt Conveyor for Bulk Material*: USA.
- [16] Zainuri, M.A. 2006. *Mesin Pemindah Bahan*. CV.Andi Offset: Yogyakarta.
- [17] CEMA. (2007). *Belt Conveyor for Bulk Materials Six Edition 2nd Printing*. USA: *Conveyor Equipment Manufacturers Association*.