



Rancang Bangun *Hopper Coal Mixing Untuk Dumping Truck di Belt Conveyor L11-BC3*

Abdillah Makhasin¹, Hamdi², Essa Abubakar Wahid³, Dedi Junaedi⁴

¹Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

³Maintenance Department, PT Solusi Bangun Indonesia, Jalan Glondonggede Kerek No.KM.3, Merkawang, Tambakboyo, Tuban, Jawa Timur 62352

*Corresponding author *E-mail address*: abdillah.makhasin.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

Abstrak

Batu bara adalah bahan bakar utama kiln untuk pabrik semen. Produksi semen di PT. Solusi Bangun Indonesia Tuban Plant saat ini mendapatkan pasokan batu bara dari vendor, namun variasi kualitas yang diterima dari vendor tersebut mengakibatkan perlunya kegiatan pencampuran batu bara agar cocok untuk proses pembakaran di kiln. Saat ini, pencampuran batu bara dilakukan dengan menggunakan dump truck dan loader, tetapi metode ini tidak menghasilkan kualitas yang konsisten. Berdasarkan root cause analysis didapatkan solusi untuk membuat equipment transportasi batu bara yaitu belt conveyor dimana belt conveyor ini akan mengarah ke tempat penyimpanan batu bara (stockpile), dan di lokasi tersebut, proses pencampuran akan dilakukan menggunakan reclaimers. Melalui implementasi ini, diharapkan bahwa peralatan transportasi ini mampu meningkatkan kualitas proses pencampuran batu bara. Sebagai hasilnya, pasokan panas untuk kiln dapat terpenuhi secara memadai dan berpotensi memangkas biaya, karena mengeliminasi aktivitas pencampuran batu bara yang saat ini dilakukan.

Kata Kunci : Batu bara, Belt conveyor, Hopper,

Abstract

Coal is the main fuel for cement kilns. Cement production at PT. Solusi Bangun Indonesia Tuban Plant currently receives coal supplies from vendors, however, variations in the quality received from these vendors result in the need for coal mixing activities to make it suitable for the combustion process in the kiln. Currently, coal mixing is done using dump trucks and loaders, but this method does not produce consistent quality. Based on the root cause analysis, a solution was found to make coal transportation equipment, namely a belt conveyor where the belt conveyor will lead to the coal storage area (stockpile), and at that location, the mixing process will be carried out using a reclaimer. Through this implementation, it is hoped that this transportation equipment will be able to improve the quality of the coal blending process. As a result, the heat supply for the kiln can be met adequately and has the potential to cut costs, because it eliminates the coal mixing activities that are currently carried out.

Key words : Coal, Belt conveyor, Hopper,

1. PENDAHULUAN

Industri semen, seperti PT Solusi Bangun Indonesia memiliki beberapa *equipment* inti, salah satunya *kiln*, *equipment* ini bekerja selama pabrik beroperasi yaitu 24 jam dalam sehari, kecuali pada saat dijadwalkan untuk berhenti. Untuk operasional *kiln* membutuhkan bahan bakar. Karena peran *kiln* sangat vital dalam industri semen. Pada PT Solusi Bangun Indonesia pabrik Tuban menggunakan bahan bakar utama berupa batubara berkalori rendah (Low rank Coal) . Jenis Batubara ini memiliki porositas yang tinggi, mudah hancur, reaktivitas tinggi, dan mudah terbakar [1]. Stok batubara harus tetap terkontrol dan kualitasnya dijaga, karena jika tidak akan hal ini berdampak pada *cost* perusahaan, dimana opsi pengganti batubara adalah IDO (Industrial Diesel Oil) dengan biaya yang jauh lebih tinggi yaitu penggunaan sebesar ±Rp 490.020.000,00/hari [2].

Produksi semen di PT. Solusi Bangun Indonesia bergantung pada suplai batu bara. Kualitas batu bara yang di dapat juga beragam seperti pada contoh kasus kedatangan batu bara di tahun 2022 sangat bervariasi mulai dari kandungan pada moisture 14 - 18%, ash 2,33 – 15%, CV (Calori Value) 3283 – 5436 kcal/kg. yang mengakibatkan beberapa tipe batu bara tidak bisa digunakan secara individual dan harus dicampur dengan tipe batu bara yang mengandung kalori tinggi agar bisa digunakan untuk pembakaran *kiln* yang maksimal, batu bara untuk bahan bakar didistribusikan dari *jetty* menuju ke *stockpile* dengan alat transportasi *belt conveyor* dan ada yang menuju ke *openyard* didistribusikan menggunakan *dump truck*.



Gambar 1. kegiatan percampuran batu bara di *dump* truk



Gambar 2. Kegiatan *dumping* Batu bara ke *stockpile*



Gambar 3. kegiatan *dumping* batu bara ke *belt conveyor*

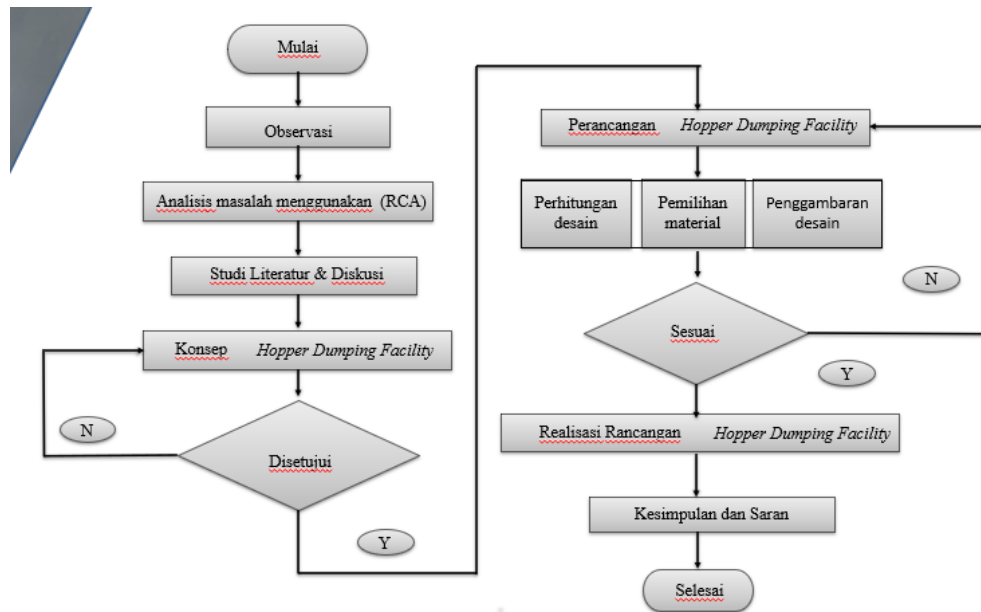
Seperti pada gambar 1 sampai 3 diatas, untuk proses percampuran batu bara saat ini yang dilakukan di PT. Solusi Bangun Indonesia dengan cara manual dari *open yard* ada batu bara yang bervariasi diletakan kedalam *dump* truk menggunakan *loader* (gambar 1), kemudian diangkut dari *open yard* menuju ke *stockpile* batu bara (gambar 2), setelah di *dumping* ke dalam *stockpile* batu bara di tranfer menuju *belt conveyor* (gambar 3). Metode percampurannya tersebut membutuhkan waktu dan *cost* berlebih dikarenakan aktifitas *double handling*, kualitas batu barapun masih belum maksimal dan mengakibatkan fluktuasi pada saat pengoprasian *kiln*, yang bisa mengakibatkan *kiln upset* dan bisa *stop* beroperasi, maka tim PT. Solusi Bangun Indonesia Bersama penulis, melakukan Root Cause Analysis pada quartal 1 tahun 2022 sebagai langkah untuk meniadakan kegiatan *double handling* material batu bara dan meningkatkan kualitas kegiatan percampuran batu bara guna meningkatkan operasi pabrik adalah dengan menyediakan fasilitas percampuran batu bara yang sedekat mungkin dengan *stockpile* batu bara

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah:

1. Memaksimalkan kegiatan percampuran batu bara yang bervariasi.
2. Mengurangi biaya dan waktu yang digunakan pada penyediaan batu bara di *stockpile*.
3. Memfasilitasi aktifitas *dumping* batu bara langsung dari *truck* ke *belt conveyor* L11-BC3.

2. METODE

Berikut diagram alir metodologi pelaksanaan rancang bangun dari tugas akhir :



Gambar 4. Diagram alir

Metode pelaksanaan rancang bangun dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Observasi Lapangan

Pada tahap ini, penulis melakukan kegiatan pengamatan di lokasi dan pengambilan data dan informasi terhadap objek-objek yang berkaitan dengan kegiatan pencampuran batu bara di PT.Solusi Bangun Indonesia. Data dan informasi yang diperoleh antara lain:

1. Lokasi kegiatan pencampuran batu bara dan *stockpile* tidak berdekatan.
2. Kegiatan pencampuran batu bara ada beberapa tahap dan tidak maksimal.
3. Data teknikal terkait *manpower* dan *tools* yang digunakan untuk kegiatan pencampuran batu bara

Analisis Masalah Menggunakan RCA

Sebelum penulis melakukan penelitian kenapa batu bara tidak stabil yang membuat pengoprasian fluktuatif pada *kiln*, penulis dan beberapa pihak terkait seperti *team mechanical area*, *engineer*, *team production*, *planner*, guna melakukan *root cause analysis*. Hal ini bertujuan agar kegiatan analisa yang dilakukan lebih efisien secara waktu dan pelaksanaannya dan ditemukan penyebab utama dari permasalahan.

Kebutuhan user

Pada tahap ini, penulis mencari informasi dan melakukan diskusi mengenai kebutuhan *user* terkait dengan proses rancang bangun *belt conveyor* dan *hopper*. *User* yang dimaksud dalam hal ini adalah *mechanical engineering* PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Sehingga diperoleh poin-poin kriteria yang berhubungan dengan alat tugas akhir ini.

Studi Literatur & Diskusi Kebutuhan User

Pada tahap ini, penulis mengumpulkan dan mencari referensi terkait tugas akhir dari buku, jurnal-jurnal penelitian, katalog dan akses internet, serta mempelajari informasi yang terkait dengan tugas akhir ini seperti konsep untuk menghitung elemen mesin yang digunakan, produk yang sudah memiliki paten, perhitungan pembebanan dan perancangan dari komponen *hopper dumping* yang akan dibuat, yaitu jenis material, pengelasan dan pembautan. Penulis juga mencari informasi dan melakukan diskusi mengenai kebutuhan *user* terkait dengan proses rancang bangun *belt conveyor* dan *hopper*. *User* yang dimaksud dalam hal ini adalah

mechanical engineering PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Sehingga diperoleh poin-poin kriteria yang berhubungan dengan alat tugas akhir ini.

Perancangan Desain

Pada tahap ini, penulis melakukan perancangan yang disesuaikan terhadap kebutuhan *user* dan parameter desain *hopper* meliputi aspek kebutuhan alat, komponen bahan, desain yang di sesuaikan dengan kebutuhan daya untuk menjalankan *belt conveyor* dan biaya, sesuai dengan diskusi dan observasi dengan *engineer* tim PT.SBI.

Realisasi

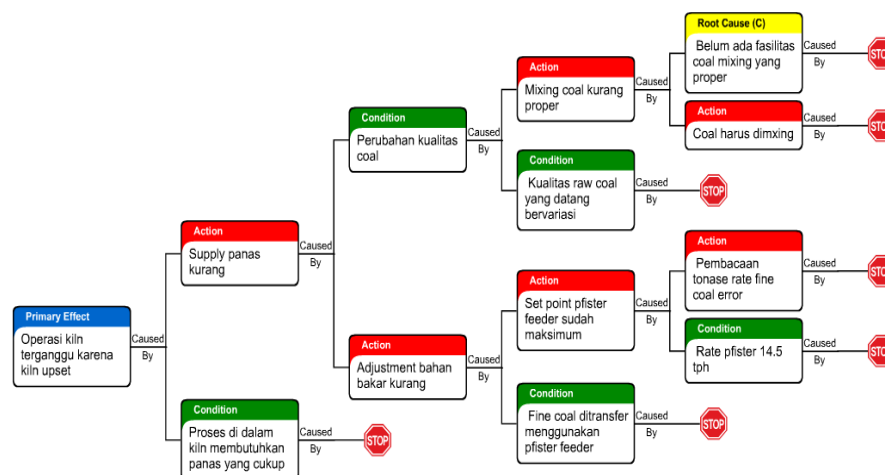
Pada tahap ini, penulis melakukan proses realisasi dari hasil perancangan dengan melakukan pembuatan *hopper*, Pelaksanaan fabrikasi dengan metode *Drawing, marking* (membuat sketsa sesuai drawing), *cutting* (pemotongan bahan yang sudah di marking), *welding* (proses pengelasan untuk penyambung dua bagian bahan), *assembling* (proses merakit material menjadi bentuk jadi), *painting* (proses pewarnaan sesuai dengan kebutuhan) semua proses tersebut dilakukan di *workshop* PT. SBI.

Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, penulis mengemukakan kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan terhadap alat tugas akhir. Serta memaparkan berbagai saran yang dapat memperbaiki dan membangun alat tugas akhir yang telah direalisasikan agar mencapai kualitas yang lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Root Cause Analysis



Gambar 5. Root Cause Analysis by Apo

Dari identifikasi masalah yang dilakukan penulis dan tim PT.SBI dibuatlah penerapan diagram apolo di atas, dapat disimpulkan bahwa penyebab *kiln upset* didominasi oleh kegiatan percampuran batu bara yang belum optimal akibat tidak adanya *equipment* untuk mencampurkan batu bara yang memiliki variasi. Kualitas batu bara yang diperlukan oleh *kiln* di industri semen memiliki peran yang sangat penting dalam konteks ini.

Solusi

Setelah dilakukan *root cause analysis*, ditemukan akar penyebab kualitas batu bara tidak maksimal karena belum adanya *equipment* yang proper untuk kegiatan percampuran batu bara, solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut akan dilakukan *action plan*, dengan membuat *equipment belt conveyor* menuju *stockpile*

agar kegiatan pencampuran batu bara bisa dilakukan menggunakan *reclaimer* untuk memperbaiki kualitas kegiatan pencampuran batu bara.

Analisis Desain dan Perhitungan Komponen Alat

perancangan alat dan diikuti perhitungan pada masing-masing komponen agar sesuai standar dan spesifikasi yang dibutuhkan.

1. Kapasitas *belt conveyor*

Produktifitas teoritis *belt conveyor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *bridgestone conveyor belt handbook* sebagai berikut : [3]

$$\begin{aligned} Q_t &= 3600 \times A \times V \times \gamma & (1) \\ &= 3600 \times 0,16 \text{ m}^2 \times 1,2 \text{ m/s} \times 916 \text{ kg/m}^3 \\ &= 633 \text{ tph} \end{aligned}$$

Keterangan:

A	=	Luas area BC
V	=	Kecepatan BC
γ	=	Density material (coal)

Jadi, kapasitas produksi *belt conveyor* L11-BC3 adaah 633 ton/jam dengan spesifikasi memakai motor *drive* 7,5 kw, *width belt* 1400mm dan kecepatan 1,2 m/s.

2. Volume *Hopper*

Volume dari daya tampung *truck* roda 8 di lapangan biasanya adalah $25,5 \times 10^9$, dan berat material batu bara yang diangkut yaitu $\pm 23,35$ ton jadi volume *hopper* lebih besar dari truk, untuk perhitungan volume *hopper* dapat menggunakan persamaan prisma trapesium dan limas terpancung seperti bentuk *hopper* berikut adalah gambar 6 *hopper* :



Gambar 6. *Hopper*

$$\begin{aligned} \text{Volume Hopper} &= \text{volume prisma trapesium} + 4 \text{ volume limas terpancung} \\ \text{Volume Hopper} &= \left(\frac{(A + B) \times \text{tinggi trapesium}}{2} \times \text{tinggi prisma} \right) + 4 \left(\frac{1}{2} \times t(C + D + \sqrt{C \times D}) \right) & (4) \\ \text{Volume Hopper} &= \left(\frac{(3545 + 1855) \times 1245}{2} \times 6000 \right) + 4 \left(\frac{1}{2} \times 948 (180000 + 2782500 + \sqrt{180000 \times 2782500}) \right) \\ \text{Volume Hopper} &= 20,17 \times 10^9 \text{ mm}^3 + 4(2,41445 \times 10^9 \text{ mm}^3) \\ \text{Volume Hopper} &= 29,81 \times 10^9 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Keterangan,

A	=	Sisi sejajar bawah trapesium (mm)
B	=	Sisi sejajar atas trapezium (mm)
C	=	Luas alas limas terpancung (mm)
D	=	Luas atas limas terpancung (mm)

Jadi dari perhitungan diatas didapatkan untuk volume aktual unit *hopper* adalah $29,81 \times 10^9 \text{ mm}^3$. Untuk kapasitas *hopper* itu sendiri adalah 27 ton.

3. Drag Load

Drag load adalah perhitungan untuk mengetahui torsi yang di butuhkan *drive* pada *belt conveyor* dari aktifitas *dumping* ke *hopper*, karena *belt conveyor* menggunakan motor 7,5 Kw maka ditentukan *outlet* pada *hopper* menjadi 4 bagian dengan keluaran secara berkala menggunakan *slide gate pneumatic*, untuk perhitungan *drag load* dapat menggunakan persamaan berikut : [4]

$$\begin{aligned}
 \text{Volume aktif} &= \text{Length outlet} \times \text{Width} \times 3 (\text{Width}) (m) & (8) \\
 &= 0,9 \times 0,9 \times 2,7 \\
 &= 2,187 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat aktif} &= \text{Volume aktif} \times \rho \\
 &= 2003,29 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Drag load} &= \text{Berat aktif} \times 0,5 \\
 &= \mathbf{1001 \text{ kg}} \\
 \text{Power needed} &= \text{Drag load} \times V_{bc} (m/s) \\
 &= 1001 \text{ kg} \times 1,2 (m/s) \\
 &= 1201,2 \text{ kg m/s} \\
 &= \frac{1.201,2 \text{ kg m/s}}{240,6 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ per KW}} \\
 &= \mathbf{4,9 \text{ kw}}
 \end{aligned}$$

Keterangan,

$$\begin{aligned}
 \rho &= \text{Densitas batu bara (kg/m}^3\text{)} \\
 V_{bc} &= \text{Velocity of belt conveyor (m/s)}
 \end{aligned}$$

Sesuai perhitungan dari persamaan (8) kebutuhan motor untuk *belt conveyor* adalah 4,9 kw lebih kecil dari spesifikasi motor yang akan digunakan, dan drag load 1.001 kg, Mengingat beban yang akan diangkat adalah material dari *truck* dengan kapasitas 23,35 ton.

4. Diameter Pneumatic Slide Gate

Outlet dari *hopper* ada 4 chute yang akan dibuka secara berkala untuk memperkecil kebutuhan motor dan *drag load*, berat material per *dumping truck* adalah 23,35 ton dengan jumlah *chute* pada *hopper* adalah 4 dan per *chute* diberi 2 *slide gate* maka beban yang dialami pada setiap *slide gate* adalah $23,35 / 8$ (jumlah slide) = 2,918 ton, untuk perhitungan *diameter piston* dapat menggunakan persamaan berikut :[5]

$$\begin{aligned}
 F_s \text{ max} &= \mu_s \times m \times g \times \cos a & (2) \\
 &= 0,15 \times 3.062,47 \times 9,81 \\
 &= 4.217,02 \text{ N} \\
 P &= F/A \\
 A &= F/P \\
 A &= \frac{4.217,02 \text{ N}}{700.000 \text{ pa}} = 0,00602 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter piston} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 D^2 &= \frac{4}{\pi} \times 0,00602 \\
 D^2 &= 0,0076 \text{ m} \\
 D^2 &= \sqrt{0,0076} \\
 D &= 0,087 \text{ m} \approx 87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan,

$$F_s = \text{Gaya gesek statis}$$

μs	=	Koefisien gesek statis
m	=	Massa (kg)
g	=	Gravitasi (m/s^2)
p	=	Pressure (pascal)
A	=	Luas Area (m^2)

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa diameter silinder yang dibutuhkan adalah 0,087 m atau 87 mm dikarenakan untuk mempermudah *maintenance* dan ketersediaan *spare part* maka menggunakan spesifikasi yang ada di *warehouse* yaitu diameter 200mm, untuk mengantisipikasi jika pressure udara di pabrik kurang dari 7 bar slide gate masi bisa di operasikan.

Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat adalah tahapan eksekusi desain setelah semua desain alat sudah dilakukan analisa sesuai standar dan kebutuhan. Berikut adalah tahapan pembuatan pada masing-masing komponen alat yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahap Pembuatan Alat

Fabrikasi		Assembly
Machining	Welding	Hopper
- <i>Cutting (plate & round bar)</i> - <i>Drilling (flange)</i>	- antar segments - <i>flange chute</i> - <i>rib body hopper</i> - <i>screen hopper</i>	- <i>antar segments body hopper</i> - 4 chute ke body - <i>screen hopper</i> - <i>sabuk hopper</i> - <i>slide gate bawah di bawah chute</i>

Prakiraan Biaya

Tabel 2 adalah estimasi biaya untuk rancang bangun *Feed Hopper*.

Tabel 2. Estimasi Biaya Rancang Bangun

Cost Estimation Hopper					
No	Material	Qty	UOM	MM	Estimate Cost
1	WEAR PLATE;F500;1500MM W;3000MML;12MM T	16	sht	40000001462	Rp 193.296.000,00
2	PLATE;STEEL;;1200MM W;2400MM L;12MM T	9	sht	450000010079	Rp 162.246.843,00
3	BAR;ROUND;30MMDIA X 6000MML;MILD STEEL	56	Rod	455000009812	Rp 21.840.000,00
4	H BEAM ; 150MM X 150MM X 8MM X 12 MM X 6M	3	EA	300000098991	Rp 9.167.070,00
5	(DEL)CHANAL;100;50;6;6000MM L;SEE45-7475	7	EA	450000010121	Rp 3.495.345,00
6	ANGLE;;100 X 100 X 10 X 6000MML;;STEEL	5	EA	450000007605	Rp 3.540.000,00
7	ANGLE;;200 X 200 X 10 X 6000MML;;STEEL	6	EA		Rp 8.496.000,00
8	BOLT & NUT;M16;70MM LG;DIN931;GRADE 8.8	350	set		Rp 1.993.600,00
9	WELD ROD;3.2MM DIA;NIKKO STEEL;RD-718	10	box	450000012282	Rp 1.103.000,00
10	Cutting wheel	5	box	450000014039	Rp 292.500,00
11	THINNER A, @ 1LTR	7	can	450000010723	Rp 210.000,00
12	Grinding stone	5	box	450000010058	Rp 591.250,00
14	Slide gate pneumatik	8	EA	Vendor	Rp 559.600.000,00
					Rp 965.871.608,00
Fabrication					
No	Man power	Qty	UOM	Time duration (day)	
1	Supervisor	1	Prsn	30	Rp 9.262.500,00
2	Mechanical	3	Prsn	30	Rp 21.629.790,00
3	Welder	1	Prsn	30	Rp 7.734.870,00
					Rp 38.627.160,00

Instalation						
No	Man Power	Qty	UOM	Time duration (day)		
1	Supervisor	1	Prsn	10	Rp	3.087.500,00
2	Mechanical	6	Prsn	10	Rp	14.419.860,00
3	Welder	2	Prsn	10	Rp	5.156.580,00
					Rp	17.507.360,00
TOTAL					Rp	1.022.006.128,00

Benefit Dari Pembuatan *Coal Mixing Transport*

Berikut merupakan table perhitungan *saving cost* setelah dilakukan pembuatan *equipment coal mixing facility* :

Tabel 3. Benefit Proyek

Benefit penggunaan Coal Mixing Facility disetahunkan				
	Total	Note	Fuel cost Saving	Electric cost
1 Operational Kiln (more efficient)	1.245.420.000	Kiln fluctuation from CV fluctuation (higher O ₂ , higher coal consumption)	451.044.000,00	794.376.000,00
2 Saving dr tidak stop kiln	41.006.000	asumsi, prod loss dan biaya heating	39.000.000,00	2.006.000,00
3a Biaya operasi mixing (alat berat)	612.000.000	Pengurangan 1 excavator Biaya sewa 51 jt per bulan (1 manpower included) biaya solar 1 bulan = 60 L/day Price solar = 13000 IDR/L		
3b Biaya solar alat berat	257.400.000			
4 Selisih fuel expense jika menggunakan coal mi	-13.576.723.673	(selisih dg baseline BRE), coal index turun, tp cost per ton clinker naik	-13.576.723.673,46	
5 Saving dr clinker ekspor yang bisa dijual karena coal tidak dimix	15.301.035.235			
6 Electricity operational cost	-185.743.800	1 motor 7.5 kW + penerangan 18 titik		(185.743.800,00)
Total Saving (+)	3.694.393.762	Total	(13.086.679.673,46)	610.638.200,00
Maintenance cost	-360.807.259	5% dr biaya project		
Net saving in a year	3.333.586.503			
Benefit utk analisa CVT				

4.KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Telah dihasilkannya alat untuk memfasilitasi kegiatan percampuran batu bara yang diharapkan bisa menghasilkan kualitas percampuran batu bara yang lebih baik untuk bahan bakar di *kiln*.
2. Untuk mengurangi *cost* perusahaan, dengan di buatkannya fasilitas *coal mixing* ini, dari perbandingan perhitungan *cost* yang ditunjukkan di tabel 3 dapat menghemat waktu dan biaya untuk pembelian solar, pengurangan alat *transportation* dan *manpower* sebesar ± Rp 3.333.586.503,-. Pertahun
3. Tugas akhir ini berhasil membuat *design feed hopper* untuk *belt conveyor* L11-BC3 sebagai alat *dumping* langsung batu bara dari truk ke belt conveyor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Solusi Bangun Indonesia, Tuban Plant. Khususnya untuk karyawan *Mechanical RMK-2, Mechanical Workshop* yang telah banyak membantu dalam kelancaran penelitian ini. Semoga penelitian yang sudah dibuat dapat terus dikembangkan agar

alat yang digunakan lebih memiliki nilai yang lebih tinggi baik dari sisi *knowledge* ataupun *management* baik untuk perusahaan ataupun perseorangan.

REFERENSI

1. Karya Mandiri Engineering, "3 Jenis Batubara Menurut ISO," 3 February 2020. [Online]. Available: <https://kmengineering.co.id/jenis-batubara-menurut-iso/>.
2. PT. Solusi Bangun Indonesia, "Technical Information System Online," Manufactur production, 19 Agustus 2021. [Online]. Available: <http://hc-tb-tis-srv/km/#>. [Accessed 11 January 2023].
3. R. Barus, s. Komar and F. Suwardi, "Analisis Kinerja Belt Conveyor Untuk Optimalisasi pengangkutan Bijih Nikel Di PT. Aneka Tambang Tbk Upbn Pomala," 2017.
4. rumelcacorp, "Rumelca Corporation," Manufactur Production, 6 7 2013. [Online]. Available: <https://rulmecacorp.com/how-to-calculate-hopper-drag-load-and-power/>. [Accessed 23 April 2023]. [5
5. Ricky Patel, Lorenzo Conveying Product, Specifying a Sliding Gate Valve for Tough Applications, Dated: January 2013.