Perancangan Belt Conveyor sebagai Alat Material Handling pada Terminal Peti Kemas Surabaya

Annisa Kesy Garside¹ Fitra Risaldi¹ Shanty Kusuma Dewi¹

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang

✉ annisa_garside@yahoo.com

Proses penanganan material merupakan kegiatan utama yang dilakukan pada PT. Pelabuhan Indonesia III dimana perusahaan bergerak dalam bidang jasa kepelabuhan. Namun kenyataannya, proses penanganan material di departemen pergudangan Terminal Peti Kemas masih kurang efisien. Hal ini disebabkan bongkar muat *cargo bag* dengan menggunakan *forklift* memerlukan kurang lebih 10 buruh untuk mengangkut 80-85 ton per jam. Buruh angkut harus memindahkan material berupa *cargo bag* dari tumpukan ke *pallet*, kemudian material diangkut menggunakan *forklift* ke truk muatan untuk dibawa ke area muat dek kapal. Pada kondisi ini terdapat beberapa kekurangan, waktu yang terbuang saat buruh *idle*, biaya *pallet*, dan biaya lembur jika perusahaan menggunakan buruh yang sama lebih dari satu *shift* kerja dalam satu hari. Tujuan penelitian ini adalah mengusulkan alat material handling yang mampu meningkatkan kapasitas bongkar muat perusahaan. Alat ini berupa *belt conveyor* yang akan digunakan untuk memindahkan *cargo bag* dari tumpukan ke truk tanpa harus melakukan penyusunan ke *pallet*. Perancangan *belt conveyor* didasari oleh perpektif pengguna dan perhitungan kapasitas *belt conveyor*, dengan perancangan ini proses yang dilakukan menjadi lebih singkat serta kapasitas bongkar muat meningkat sebesar 87,5% dari kapasitas sebesar 80 tph menjadi 150 tph.

Kata kunci: material handling, bongkar muat, peti kemas, conveyor

Diajukan: 13 September 2019

Direvisi: 14 September 2019

Diterima: 2 Oktober 2019

Dipublikasikan online: 3 Oktober 2019

Pendahuluan

PT. Pelabuhan Indonesia III atau disingkat Pelindo III adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa kepelabuhan dan berkantor pusat di Surabaya, Jawa Timur. PT. Pelindo III mengelola 43 pelabuhan yang tersebar di 7 provinsi seluruh Indonesia dan menjalankan bisnis inti sebagai penyedia fasilitas jasa kepelabuhan. Proses penanganan material merupakan kegiatan utama yang dilakukan pada Pelindo III. Namun kenyataannya, proses penanganan material di departemen pergudangan Terminal Peti Kemas masih kurang efisien. Hal ini disebabkan bongkar muat *cargo bag* dengan menggunakan *forklift* memerlukan kurang lebih 10 buruh untuk mengangkut 80-85 ton per jam. Buruh angkut harus memindahkan material berupa *cargo bag* dari tumpukan ke *pallet*, kemudian material diangkut menggunakan *forklift* ke truk muatan untuk dibawa ke area muat dek kapal.

Proses bongkar muat dengan *forklift* menjadi cukup lama karena harus menyusun *cargo bag* diatas *pallet* terlebih dahulu, sehingga perusahaan sering kali lembur

agar dapat memenuhi permintaan proses penanganan komoditas barang. Hal ini merupakan pemborosan karena perusahaan harus membayar upah yang lebih tinggi dengan lembur tersebut. Selain itu perusahaan juga mengeluarkan biaya untuk *pallet*. Oleh karena itu diperlukan rancangan *material handling equipment* (MHE) yang efektif dan efisien agar perusahaan dapat meningkatkan produktivitas dalam aktivitas penanganan materialnya.

Salah satu jenis alat pengangkut yang sering digunakan oleh kebanyakan industri adalah *belt conveyor* yang berfungsi memindahkan bahan-bahan berbentuk padat (Aosoby dkk., 2016). *Belt conveyor* memiliki kapasitas angkut yang cukup besar (500 sampai 5000 m³/jam atau lebih), pemindahan barang dapat dilakukan secara kontinyu, jarak pemindahan yang cukup jauh (500-1000 m atau lebih), lintasan tetap serta bahan material yang dapat diangkut dapat berupa muatan curah (*bulk load*) atau muatan satuan (*unit load*), berat mesin relatif ringan serta pemeliharaan dan operasional yang mudah (Zainuri, 2012). Kemampuan ini telah menjadikan *belt conveyor* secara luas digunakan sebagai mesin pemindah bahan (Raharjo,

Cara mensitasi artikel ini:

Garside, A. K., Risaldi, F., Dewi, S. K (2019) Perancangan Belt Conveyor sebagai Alat Material Handling pada Terminal Peti Kemas Surabaya. *Buletin Profesi Insinyur* 2(2) 069-075

2013). Penelitian ini bertujuan mengusulkan rancangan MHE berupa *belt conveyor* agar perusahaan dapat meningkatkan kapasitas proses bongkar muat sehingga biaya lembur buruh dapat ditekan seminimal mungkin.

Metode

Identifikasi kebutuhan pelanggan merupakan langkah pertama dalam konsep perancangan produk. Untuk mengetahui kebutuhan tersebut maka dilakukan proses wawancara dan penyebaran kuesioner. Wawancara kepada *supervisor*, *foreman*, dan buruh angkut pelabuhan, sebagai pihak yang dianggap berkaitan langsung dalam perancangan MHE. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan data tentang keinginan pelanggan dan persepsi kebutuhan ideal yang diperlukan untuk menetapkan ide rancangan pada spesifikasi akhir produk. Langkah kedua adalah interpretasi data kebutuhan pelanggan yang merupakan jawaban dari identifikasi kebutuhan pelanggan. Interpretasi kebutuhan pelanggan menuntun dalam menetapkan spesifikasi produk, membuat konsep produk dan menyeleksi konsep. Langkah ketiga adalah menetapkan target spesifikasi produk. Proses penetapan spesifikasi terdiri dari empat langkah yaitu: menyiapkan gambar metrik, mengumpulkan informasi tentang pesaing, menetapkan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap metrik, dan merefleksikan hasil dan proses (Ulrich dan Eppinger, 2011).

Langkah keempat adalah membuat konsep produk. Konsep produk merupakan gambaran singkat bagaimana produk memuaskan kebutuhan pelanggan. Proses penyusunan konsep produk terdiri dari empat langkah, yaitu: mengembangkan model-model teknis suatu produk; mengembangkan model biaya dari sebuah produk; memperbaiki spesifikasi, melakukan *trade off* jika diperlukan; menurunkan spesifikasi menjadi spesifikasi sub-sistem jika diperlukan. Langkah kelima adalah pemilihan konsep desain. Pada tahap ini, akan dilakukan penyaringan dan penilaian untuk mendapatkan konsep desain final. Langkah terakhir yang dilakukan oleh tim pengembang yang terdiri dari pembuatan sketsa dalam bentuk CAD untuk mendapatkan gambaran secara jelas tentang spesifikasi akhir dari hasil rancangan produk. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui peningkatan produktivitas yang didapat setelah dilakukan perancangan.

Hasil Kerja

Pada kondisi eksisting, proses bongkar muat pada departemen pergudangan Terminal Peti Kemas Surabaya menggunakan *material handling equipment* berupa *Forklift* dengan kapasitas 80 ton per hour (tph). Sedangkan spesifikasi material yang akan diangkut adalah *cargo bag* dengan massa jenis maksimal 180 Kg/m³ dan lebar maksimal 80 cm. Batasan awal rancangan merupakan spesifikasi awal dari hasil rancangan yang akan didapat yaitu adalah: kapasitas yang diinginkan sebesar 150 ton per hour (tph), lokasi *outdoor*, dan jarak yang diperlukan 16 m.

Identifikasi kebutuhan user

Jumlah sampel yang akan diwawancarai diperoleh menggunakan rumus Slovin. Dengan jumlah populasi sebanyak 55 dan peluang kesalahan 10% diperoleh jumlah sampel $35,4 \approx 36$ orang. Komposisi sampel diambil dari pekerja dalam satu shift yang terdiri dari 1 orang *supervisor*, 1 orang *foreman*, dan 34 buruh angkut. Peneliti melakukan wawancara untuk identifikasi kebutuhan *user* dengan memberikan pernyataan mengenai fungsi, keunggulan, kelemahan, dan usulan perbaikan yang diinginkan *user*.

Interpretasi kebutuhan user

Pada langkah ini dilakukan pengelompokan setiap kebutuhan menjadi sebuah hierarki. Hierarki yang didapat berdasarkan pernyataan kebutuhan *user* dimana jika semakin sering sebuah pernyataan disebutkan maka hierarki dianggap semakin penting yang dijelaskan dengan jumlah tanda (*) yang dilakukan oleh peneliti serta *supervisor* perusahaan sebagai pelanggan pada perancangan MHE ini. Setelah mengelompokkan kebutuhan menjadi daftar hierarki maka tim pengembang membuat prioritas pilihan dan mengalokasikan sumber daya dalam mendesain produk. Tabel 1 menunjukkan derajat kepentingan yang diperoleh dari hasil wawancara dimana 5 menyatakan sangat penting dan 1 menyatakan sangat tidak penting.

Tabel 1 Pengukuran derajat kepentingan

No	Kebutuhan	Kepentingan
1.	<i>Belt conveyor</i> digunakan untuk mengangkut material dari tumpukan gudang ke truk muatan	5
2.	Dirancang semi-otomatis	4
3.	Awet digunakan	5
4.	Mudah dalam perawatannya	3
5.	Mampu meningkatkan produktivitas	3
6.	Desain modern	1
7.	Desain fleksible	3
8.	Material tidak mudah tercecce	4
9.	Tidak bising saat beroperasi	2
10.	Tidak memakan banyak area	3
11.	Tidak polutan	2
12.	Terbuat dari bahan yang tahan banting tekanan	3

Penetapan spesifikasi produk

Dalam menetapkan spesifikasi produk dimulai dengan menentukan metrik sebagai jawaban dari kebutuhan pekerja. Gambar 1 menunjukkan metrik panjang *belt conveyor* sampai 16 m adalah jawaban dari kebutuhan *belt conveyor* digunakan untuk mengangkut material dari tumpukan gudang ke truk muatan.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
		Panjang belt conveyor 16 m	Dilengkapi switch on/off pada motor penggerak	Rangka terbuat dari frame baja	Belt conveyor dilengkapi chip cleaner dan belt cleaner	Memiliki kapasitas diatas 80 tph	Ukuran roda	Tinggi skirt rubber pada bagian kanan dan kiri belt	Motor penggerak dilengkapi dengan cover yang tertutup rapat	Belt conveyor tidak menggunakan peralatan pendukung	Tingkat polutan	Belt dilengkapi dengan lapisan carcass
1.	Belt conveyor digunakan untuk mengangkut material dari tumpukan gudang ke truk muatan	●										
2.	Dirancang semi-otomatis		●									
3.	Awet digunakan			●	●							●
4.	Mudah dalam perawatannya				●							
5.	Mampu meningkatkan produktivitas					●						
6.	Desain fleksible						●					
7.	Material tidak mudah tercecce							●				
8.	Tidak bising saat beroperasi								●			
9.	Tidak memakan banyak area						●			●		
10.	Tidak polutan										●	
11.	Terbuat dari bahan yang tahan banting tekanan											●

Gambar 1 Metrik kebutuhan pelanggan

Metrik *Belt conveyor* dilengkapi dengan *switch* yang *built-in* pada motor penggerak adalah jawaban untuk kebutuhan pekerja untuk MHE dirancang semi-otomatis, dan seterusnya. Selanjutnya, peneliti mengumpulkan dan menganalisis produk pesaing. Informasi *belt conveyor* pesaing yang dikumpulkan adalah merk *Ammeraal Beltech* dan *Chiorino*. Kedua merk ini dipilih karena merupakan dua merk yang merepresentasikan merk superior (*Ammeraal beltech*) dan inferior (*Chiorino*). Langkah terakhir adalah memberikan nilai marginal dan ideal pada setiap metrik kebutuhan yang akan menjadi dasar spesifikasi rancangan. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi target *belt conveyor*.

Perhitungan produktivitas belt conveyor

Perhitungan produktivitas *belt conveyor* dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi teknis dalam meningkatkan produktivitas proses bongkar muat perusahaan yang saat ini sebesar 80 tph.

Tabel 2 Pengukuran derajat kepentingan

No	Kebutuhan	Metrik	Nilai marginal	Nilai ideal
1	1	Panjang belt conveyor 16 m		16
2	2	Dilengkapi switch on/off pada motor penggerak		Ya
3	3	Rangka terbuat dari frame baja		Ya
4	3,4	Belt conveyor dilengkapi chip cleaner dan belt cleaner		Ya
5	5	Memiliki kapasitas diatas 80 tph	80	>80
6	6,9	Ukuran roda	150-200	200
7	7	Tinggi skirt rubber pada bagian kanan dan kiri belt	200	250
8	8	Motor penggerak dilengkapi dengan cover yang tertutup rapat		Ya
9	9	Belt conveyor tidak menggunakan peralatan pendukung	Ya	Ya
10	10	Tingkat polutan	0	0
11	3,11	Belt dilengkapi dengan lapisan carcass		Ya

Dari hasil perhitungan diperoleh spesifikasi teknis *belt conveyor* untuk memenuhi kapasitas sebesar 150 tph untuk mengangkut *cargo bag* dengan massa jenis 180 Kg/m³ sejauh 16 m sebagai berikut:

Luas <i>cross section area</i>	= 0,0915 m
Kecepatan <i>belt</i>	= 2,54 m/s
Kapasitas <i>belt conveyor</i>	= 150,65 tph ≈ 150 tph
Tarikan <i>belt</i> teoritis	= 22230 N
Daya motor penggerak	= 56,47 kW ≈ 60 kW
Kecepatan rotasi motor	= 690 rpm

Penyusunan konsep produk

Dalam membuat konsep produk mengacu pada kebutuhan pelanggan pada tahap identifikasi *user* dan selanjutnya setiap metrik dapat dikembangkan menjadi beberapa konsep. Dari hasil pengembangan konsep didapatkan 2 konsep “Konsep A” dan “Konsep B” yang memiliki perbedaan pada tiga metrik kebutuhan *user* yaitu : Desain rangka, model roda, serta bahan dari motor penggerak. Ketiga metrik ini dapat dikembangkan tanpa mengganggu sistem kerja dari *belt conveyor* sendiri. Dimana pada desain rangka Konsep A menggunakan desain hidrolik dan Konsep B menggunakan *frame welding model*, untuk model roda Konsep A menggunakan *roulette wheel* dan Konsep B menggunakan *V model wheel* dan bahan cover motor Konsep A menggunakan bahan *steel alloy* dan Konsep B menggunakan bahan akrilik. Spesifikasi kedua konsep seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Konsep *belt conveyor*

No	Metrik	Satuan	Konsep A	Konsep B
1	Panjang <i>belt conveyor</i> 16 m	m	16	16
2	Dilengkapi <i>switch on/off</i> pada motor penggerak	List	Ya	Ya
3	Desain rangka	Jenis	Hidrolik	Frame welding
4	<i>Belt conveyor</i> dilengkapi <i>chip cleaner</i> dan <i>belt cleaner</i>	Jenis	Ya	Ya
5	Memiliki kapasitas diatas 80 tph	tph	150	150
6	Model roda	mm	Roulette wheel	V model wheel
7	Tinggi <i>skirt rubber</i> pada bagian kanan dan kiri <i>belt</i>	mm	250	250
8	Bahan cover motor penggerak	Jenis	Steel alloy	Acrylic
9	<i>Belt conveyor</i> tidak menggunakan peralatan pendukung	Unit	Ya	Ya
10	Tingkat polutan	ppm	0	0
11	<i>Belt</i> dilengkapi dengan lapisan carcass	Jenis	Ya	Ya

Setelah menentukan spesifikasi dari kedua konsep yang dikembangkan maka selanjutnya hasil penentuan spesifikasi dari konsep tersebut akan diinterpretasikan dalam bentuk drawing CAD. Hasil interpretasi konsep A dan B dalam bentuk desain dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Pemilihan konsep produk

Kriteria dipilih berdasarkan kebutuhan pelanggan yang telah diidentifikasi oleh tim. Kriteria seleksi seharusnya dipilih untuk membedakan konsep-konsep, namun karena setiap kriteria diberi bobot yang sama pada penyaringan konsep, tim seharusnya tidak mencantumkan kriteria yang dianggap kurang penting agar perbedaan antara konsep-konsep dapat terlihat pada nyata pada hasil seleksi konsep (Ulrich dan Eppinger, 2011). Tabel 4 menunjukkan metrik penilaian konsep *belt conveyor*.

Tabel 4 Penilaian konsep *belt conveyor*

Kriteria	Bo-bot	Konsep A		Konsep B	
		Ra-ting	Nilai Bobot	Ra-ting	Nilai Bobot
Digunakan untuk mengangkut material bermassa berat	20%	3	0,60	3	0,60
Peralatan semi-otomatis	5%	3	0,15	3	0,15
Motor dilengkapi <i>switch</i>	5%	3	0,15	3	0,15
Dilengkapi aksesoris pembersih	10%	3	0,30	3	0,30
Kekuatan <i>belt</i>	15%	3	0,45	3	0,45
Kekuatan <i>frame</i>	15%	3	0,45	2	0,30
Kekuatan roda	15%	3	0,45	2	0,30
Desain baru	5%	3	0,15	1	0,05
Tampilan	5%	3	0,15	4	0,20
Mobilitas penggunaan	5%	3	0,15	3	0,15
Total Nilai			3,00		2,65
Peringkat			1		2
Lanjutan			Ya		Tidak

Desain *belt conveyor* terpilih

Berdasarkan hasil pengolahan data maka konsep desain *belt conveyor* yang dipilih adalah konsep A, dimana hasil rancangan *belt conveyor* ini memiliki spesifikasi panjang sabuk mencapai 16 m, dilengkapi dengan *switch* yang *built-in* pada motor, desain rangka hidrolik, dilengkapi aksesoris pembersih, kapasitas mencapai 150 tph, desain roda *roulette wheel*, tinggi *skirts rubber* 250 mm, bahan cover motor adalah *steel alloy*, dan *belt* menggunakan lapisan carcass sebagai penguat *belt*.

Gambar 2 Rancangan belt conveyor konsep A

Gambar 3 Rancangan belt conveyor konsep B

Hasil rancangan *belt conveyor* yang terpilih dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Gambar 4 menunjukkan hasil rancangan *belt conveyor* yang dipilih serta daftar komponen penyusunnya dan kuantitas dari setiap komponen. Gambar 5 menjelaskan hasil rancangan dalam bentuk gambar urai

disertai nama dari setiap komponen penyusunnya. Tabel 5 menunjukkan perbandingan penggunaan *material handling equipment* kondisi eksisting dengan usulan rancangan.

Tabel 5 Analisa kondisi eksisting dengan usulan rancangan

Atribut	Kondisi eksisting	Usulan rancangan
Jenis <i>material handling equipment</i>	<i>Forklift</i>	<i>Belt conveyor</i>
Kapasitas angkut	80	150
Peralatan pendukung	pallet	-
Tenaga kerja	Operator <i>forklift</i> dan buruh angkut	Buruh angkut
Daya penggerak	Solar	Listrik
Harga unit MHE	Rp 712.000.000	Rp 674.092.500
Sistem operasi	Pengambilan pallet - penurunan material dari tumpukan - penyusunan material ke pallet - pengangkutan - penyusunan material ke truk	Penurunan material dari tumpukan - pengangkutan - penyusunan material ke truk

Kesimpulan

Belt conveyor dirancang berdasarkan kebutuhan *user*. Spesifikasi yang dimiliki yaitu panjang sabuk mencapai

16 m, dilengkapi dengan *switch* yang *built-in* pada motor, desain rangka hidrolik, dilengkapi aksesoris pembersih, kapasitas mencapai 150 tph, desain roda *roulette wheel*, tinggi *skirts rubber* 250 mm, bahan *cover* motor adalah *steel alloy*, dan *belt* menggunakan lapisan carcass sebagai penguat *belt*. Berdasarkan kapasitas angkutnya, penggunaan *belt conveyor* pada proses bongkar muat mampu meningkatkan kapasitas dari 80 tph menjadi 150 tph untuk mengangkut barang tipe *cargo bag* dengan berat maksimal 180 kg/m³.

Referensi

- Chahyadi, D., Azis, G.F (2015). Perancangan belt conveyor kapasitas 30 ton/jam untuk alat angkut beras. Jurnal Sintek, Vol. 9, No. 1, 13-17.
- Ulrich K.T., Eppinger S.D. (2011) Product design and development. McGraw-Hill Education.
- Zainuri M. (2006) Mesin Pemindah bahan (material handling equipment). Penerbit Andi.
- Aosoby, R., Rusiato, T., Waluyo J. (2016) Perancangan belt conveyor sebagai pengangkut batubara dengan kapasitas 2700 ton/jam, Jurnal Teknik Mesin, Vol.3, No. 1, 45-51.
- Raharjo, R (2013) Rancang bangun belt conveyor trainer sebagai alat bantu pembelajaran, Jurnal Teknik Mesin – Politeknik Kediri , Vol 4, No. 2, 15-26.

Gambar 4 Rancangan *belt conveyor* terpilih

Gambar 5. Gambar urai *belt conveyor* terpilih