

PERANCANGAN ALAT PENUANG *POLYPROPYLENE* DAN *POLYETHYLENE* YANG ERGONOMIS KE MESIN *INJECTION MOULDING* PT. RAJAWALI PLASTICK

Daniel Antono¹⁾, Hadi Santosa²⁾, Julius Mulyono²⁾

E-mail: hercules_die_hard@yahoo.com, hadi_s@mail.wima.ac.id, seeyong@mail.wima.ac.id

ABSTRAK

PT. Rajawali Plastick merupakan perusahaan yang bergerak di industri plastik. Perusahaan ini terletak di Jalan Kyai Tambak Deres 63A, Surabaya. Dalam usahanya untuk dapat semakin berkembang, perusahaan ini berusaha untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja bagi pekerja. Selama ini kondisi kerja yang ada kurang dapat memuaskan pekerja. Kondisi ini mengakibatkan pekerja merasa cepat lelah dan keselamatan kerja juga tidak terjamin.

Dari analisis yang dilakukan terhadap kuesioner nordic body map dan data lain seperti data denyut nadi serta besar energi yang dikeluarkan oleh pekerja, maka dapat ditemukan permasalahan-permasalahan dalam perusahaan, sehingga dapat dirancang perbaikan untuk pekerja. Perbaikan tersebut berupa perancangan alat penuang polypropylene dan polyethylene yang ergonomis ke mesin injection moulding. Dengan adanya perancangan dan implementasinya diharapkan pekerja dalam melaksanakan tugasnya dapat merasa nyaman dan semangat.

Kata kunci : kondisi, cepat lelah, keselamatan kerja, perancangan penuang, ergonomis

PENDAHULUAN

PT. Rajawali Plastick memproduksi 10 macam produk, yaitu baki, gayung, *hanger*, lengser bulat, piring, rantang, tempat sendok, timba, bakul, dan baskom. Penelitian dikhususkan pada departemen bagian produksi dan pengemasan. Departemen bagian produksi khusus memproduksi bahan baku biji plastik menjadi produk plastik. Setiap mesin injeksi ditangani oleh 1 operator. Departemen bagian pengemasan bertugas mengemas produk plastik yang telah jadi dan tidak cacat. Pada departemen bagian pengemasan terdapat 8 pekerja. Satu pekerja bagian pengemasan membantu satu operator pada bagian produksi untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku dan mengisi oli pada mesin injeksi.

Berdasarkan wawancara dengan pekerja di PT. Rajawali Plastick, pekerja bagian *packing* merasa kurang puas karena perusahaan tidak memberikan alat bantu yang ergonomis untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku. Tidak adanya alat bantu yang ergonomis menyebabkan pekerja mengalami kesakitan saat pertama kali mengangkat bahan baku dan memindahkan ke bahu karena bahan baku yang diangkat berat. Pekerja juga mengalami kelelahan karena langsung mengangkat satu karung yang berisi bahan baku biji plastik seberat 30 kg dengan

jarak 25,3 m dari gudang ke mesin injeksi. Pekerja juga mengalami kesulitan karena bahan baku biji plastik harus dituangkan ke *hopper* (tempat pengisian bahan baku) dengan tinggi 2 m. Pekerja merasa nyawanya terancam karena tempat pekerja berdiri saat menuangkan bahan baku licin dan takut terpeleset, sedangkan di sebelah kiri saat pekerja menuangkan bahan baku terdapat *screw* (tempat mencairkan bahan baku) yang suhunya rata-rata 200⁰C. Jika pekerja terjatuh di *screw*, maka nyawa pekerja dapat melayang. Pekerja merasa tidak ada alat bantu kerja yang ergonomis untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku biji plastik ke mesin *injection moulding*, sehingga menimbulkan kelelahan dan kecelakaan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik perusahaan dan para pekerja, maka perlu adanya pembuatan alat bantu kerja yang ergonomis agar dapat meminimumkan tingkat kelelahan yang dapat diukur melalui energi yang dikeluarkan oleh pekerja serta meningkatkan keselamatan kerja bagi pekerja bagian pengemasan dalam melakukan aktifitas menuangkan bahan baku ke mesin *injection moulding*.

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

TINJAUAN PUSTAKA

Ergonomi

Berikut ini adalah konsep 5W+1H sebagai berikut^[1]:

- a. *What is ergonomics?* Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu “*ergon*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti hukum. Jadi ergonomi adalah aturan-aturan yang mengatur tentang sistem kerja. Disiplin ilmu ergonomi secara khusus mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan produk-produk buatannya.
- b. *Why is ergonomics?* Ergonomi dapat meningkatkan kenyamanan dan memperkecil resiko kecelakaan. Bila keselamatan terjamin dan kenyamanan tercapai, maka produktivitas akan lebih meningkat.
- c. *Where is ergonomics applied?* Ergonomi dapat diterapkan di segala tempat baik lingkungan kerja, sekolah, tempat tinggal, dan lingkungan sosial.
- d. *Who must apply ergonomics?* Semua orang harus menerapkan ergonomi bila menginginkan kenyamanan dalam aktivitas sehari-hari.
- e. *How is ergonomics applied?* Untuk dapat menerapkan ergonomi secara benar dan tepat, maka dibutuhkan pemahaman yang cukup dan kreativitas yang tinggi. Hal ini disebabkan karena selain merupakan sebuah cabang ilmu pengetahuan, ergonomi juga merupakan suatu seni untuk merancang alat agar cocok dengan keinginan penggunanya.

Tujuan dari disiplin ergonomi adalah sebagai berikut^[1]:

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola, dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis,

- antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja, dan kualitas hidup yang tinggi
- d. Memperbaiki *performance* kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, *accuracy* dan keselamatan kerja.
- e. Mengurangi energi kerja berlebihan sehingga kelelahan tidak datang terlalu cepat.

Identifikasi Kebutuhan Pekerja

Identifikasi kebutuhan pekerja merupakan bagian penting dari fase pengembangan produk. Daftar kebutuhan pekerja digunakan untuk menetapkan spesifikasi produk, membuat konsep produk, dan menyeleksi konsep produk untuk pengembangan selanjutnya^[2].

Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk memberitahukan kepada tim apa yang harus diusahakan untuk memuaskan kebutuhan pelanggan. Spesifikasi produk adalah kumpulan dari spesifikasi-spesifikasi individual^[2].

Penyusunan Konsep

Setelah mengidentifikasi serangkaian kebutuhan pelanggan dan menetapkan target spesifikasi produk, serta pada akhirnya tercipta beberapa konsep produk sebagai pilihan akhir, maka dilakukanlah proses penyusunan konsep. Pendekatan terstruktur pada penyusunan konsep akan mengurangi kemungkinan kesalahan/masalah yang merugikan^[2].

Penyeleksian Konsep

Penyeleksian konsep merupakan proses menilai konsep dengan pertimbangan kebutuhan pelanggan dan kriteria lainnya dengan membandingkan kekuatan dan kelemahan konsep dan memilih satu atau lebih konsep untuk penyelidikan atau pengembangan lebih lanjut.

Beberapa metode yang digunakan untuk memilih sebuah konsep adalah: keputusan eksternal, produk juara, intuisi, multivoting, pro dan kontra, prototipe dan pengujian, serta matriks keputusan^[2].

Pengujian Konsep

Konsep ini digunakan untuk meyakinkan bahwa kebutuhan pekerja telah terpenuhi. Konsep yang terpilih akan dikomunikasikan dalam bentuk prototipe^[2].

Energi

Energi adalah kemampuan suatu benda untuk melakukan usaha^[3,4]. Jumlah energi yang diberikan sama dengan usaha yang dilakukan. Lebih lanjut, jika suatu benda melakukan usaha, maka benda tadi akan kehilangan energi yang sama dengan usaha yang dilakukannya. Oleh karena energi dan usaha dapat dikonversikan dalam cara ini, baik energi maupun usaha mempunyai satuan yang sama yakni joule. Dengan demikian, energi dan juga usaha merupakan besaran skalar. Jelasnya, suatu benda yang mampu melakukan usaha tentu akan mengeluarkan energi.

Macam-macam energi adalah sebagai berikut:

1. Energi Kinetik

Energi Kinetik adalah kemampuan benda tersebut melakukan usaha karena bergerak. Jika benda yang bermassa m mempunyai kecepatan v , maka energi kinetik translasinya adalah

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1)$$

Jika m dinyatakan dalam kg dan v dinyatakan dalam m/s, maka satuan EK adalah joule.

2. Energi Potensial

Energi Potensial adalah kemampuan benda tersebut melakukan usaha karena kedudukannya dalam medan gravitasi. Jika massa m jatuh bebas sejauh h , benda itu dapat melakukan usaha sebanyak mgh . Energi potensial gravitasi dari suatu benda didefinisikan terhadap sesuatu permukaan nol yang sembarang, kerap kali permukaan bumi. Jika benda berada pada h di atas permukaan nol (atau permukaan acuan), maka energi potensial gravitasinya (EPG) adalah:

$$EPG = mgh \quad (2)$$

di mana g adalah percepatan gravitasi. Dalam rumus di atas, mg adalah berat benda. Satuan EPG adalah Joule apabila m dinyatakan kg, g dalam m/s^2 dan h dalam m.

Laju Pengembalian Modal

Laju pengembalian modal dari biaya pembuatan alat penuang dihitung menggunakan persamaan^[5]:

$$\frac{P}{A} = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \quad (3)$$

dengan:

P = Investasi untuk alat penuang

A = Besarnya nilai penghematan (*saving*) karena penggunaan alat

i = *Minimum Attractive Rate of Return (MARR)*/hari

N = Laju pengembalian modal (bulan)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain:

1. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan pengamatan terhadap aktivitas yang dilakukan oleh pekerja di PT. Rajawali Plastick.
2. Setelah mengetahui kondisi awal, langkah yang diambil selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah yang ada sehingga dapat ditemukan masalah yang sedang dihadapi. Identifikasi masalah dilakukan dengan cara mengamati pekerja mulai dari mengambil bahan baku, mengangkutnya sampai menuangkannya ke mesin *injection moulding*.
3. Pada langkah selanjutnya dilakukan studi pustaka dengan mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan pokok bahasan untuk memecahkan masalah yang terjadi, seperti Teori Ergonomi, Mekanika Teknik, Teori Perencanaan dan Pengembangan Produk.
4. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan langsung dan wawancara.
5. Dengan data-data yang telah diperoleh dan tinjauan pustaka yang digunakan, maka langkah selanjutnya adalah membuat rancangan alat penuang *polypropylene* dan *polyethylene* yang ergonomis, sehingga sesuai dengan kebutuhan penggunaanya.
6. Setelah menentukan dimensi, perhitungan yang diperlukan dan mendesain alat bantu kerja yang baru, maka pada tahap ini dilakukan pembuatan alat bantu kerja berupa prototipe.
7. Langkah selanjutnya adalah menguji konsep yang telah terpilih dengan melihat respon pekerja. Konsep yang terpilih akan dikomunikasikan dalam bentuk prototipe.
8. Pada tahap selanjutnya dianalisis besar energi yang dikeluarkan pekerja bagian pengemasan jikalau menggunakan alat bantu yang telah dirancang dan dibandingkan dengan besar energi yang dikeluarkan

pekerja sebelum menggunakan alat bantu. Setelah itu dianalisis berapa besar penghematan biaya yang diterima perusahaan jika menggunakan alat bantu yang telah dirancang.

9. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 dan 2 terlihat pekerja mengalami kesulitan dan kelelahan mulai dari mengangkut bahan baku, membawanya sampai menuangkannya ke mesin injeksi. Pada Gambar 3 terlihat tempat pekerja berdiri saat menuangkan bahan baku licin, sedangkan di sebelah kiri terdapat *screw* (tempat mencairkan bahan baku) yang suhunya rata-rata sekitar 200°C, jika pekerja terjatuh di *screw*, maka nyawa pekerja dapat melayang.



Gambar 1. Pekerja mengalami kesulitan untuk mengangkat bahan baku



Gambar 2. Pekerja mengalami kelelahan waktu mengangkut bahan baku dari gudang sampai mesin injeksi



Gambar 3. Pekerja dapat mengalami kecelakaan saat menuangkan bahan baku

Identifikasi Kebutuhan Pekerja

Identifikasi ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pekerja terhadap alat bantu kerja yang baru. Kebutuhan pekerja ini berkaitan dengan keergonomisan yang berkaitan dengan kesesuaian ukuran tubuh pekerja dengan alat bantu. Berikut ini adalah tahapan dalam mengidentifikasi kebutuhan pekerja:

1. Mengumpulkan Data Mentah dari Pekerja

Pengumpulan data ini awalnya dilakukan melalui pengamatan secara langsung terhadap pelaksanaan kerja oleh pekerja bagian pengemasan bekerja, setelah itu melakukan wawancara secara langsung dan membagikan kuesioner *nordic body map* kepada pekerja untuk mengetahui bagian tubuh pekerja yang sakit, dengan begitu maka akan dapat diketahui permasalahan-permasalahan yang berhubungan dengan proses kerja. Dari permasalahan itu, maka dapat dicari solusinya dalam pengumpulan data melalui wawancara yang bertujuan untuk mencari informasi yang dibutuhkan dalam perancangan alat penuang *polypropylene* dan *polyethylene* yang sesuai dengan kebutuhan pekerja.

2. Menginterpretasikan Data Mentah ke Dalam Kebutuhan Pekerja

Berdasarkan hasil wawancara kebutuhan pekerja terhadap alat bantu kerja yang ergonomis dengan karakteristik sebagai berikut: kekuatan, kenyamanan, mempermudah pekerjaan, tahan lama, dan mudah untuk digunakan.

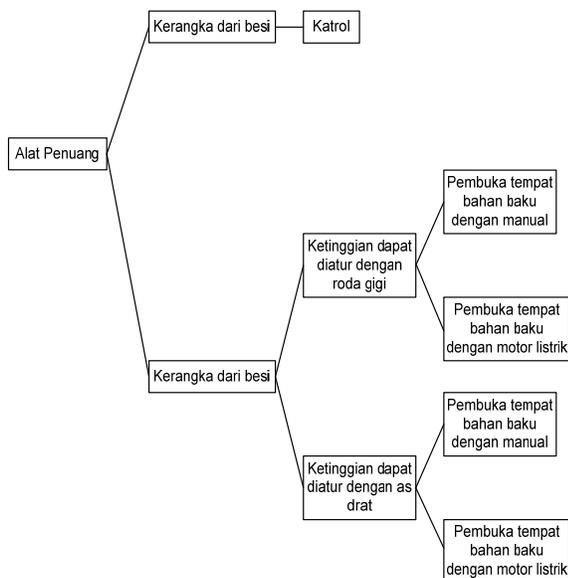
Adapun analisis dari kriteria di atas adalah sebagai berikut:

1. Alat bantu harus kuat artinya mampu menampung beban seberat 30 kg.
2. Kenyamanan artinya alat bantu yang digunakan tidak membuat cepat lelah dan ukuran alat bantu tersebut sesuai dengan dimensi tubuh pekerja yaitu:
 - a. tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus) harus sesuai agar pekerja saat mendorong alat tersebut dapat berdiri tegak dan tidak membungkuk;
 - b. tinggi kepalan tangan ke atas dalam posisi berdiri tegak harus sesuai agar saat membuka permukaan tempat bahan baku pekerja tidak perlu melompat;

- c. panjang jangkauan tangan ke depan dari bahu sampai dengan ujung jari tangan harus sesuai agar pekerja dapat menjangkau pemutar.
3. Mempermudah pekerjaan artinya pekerja tidak perlu naik tangga untuk menuangkan bahan baku.
4. Tahan lama artinya alat bantu dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang.
5. Mudah untuk digunakan artinya dapat digunakan oleh siapa saja, tidak diperlukan pelatihan khusus untuk menggunakannya.

3. Penyusunan Konsep

Alternatif-alternatif konsep produk dapat dikembangkan melalui *concept classification tree*. Adapun *concept classification tree* untuk alat bantu kerja yang ergonomis adalah sebagaimana disajikan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. *Concept Classification Tree* Untuk Alat Bantu

a. Kerangka

Bahan yang kuat untuk mengangkat adalah besi. Banyak orang memakai alat yang terbuat dari besi untuk mengangkat contohnya troli, sehingga bahan yang dipilih untuk alat bantu kerja yang baru adalah besi.

b. Katrol

Alternatif pertama adalah katrol karena katrol adalah alat yang sering digunakan untuk mengangkat barang dari bawah ke atas. Katrol ini biasanya digunakan orang untuk

mengambil air dari sumur. Ada juga biasanya, katrol digunakan orang bangunan untuk mengangkat barang dari bawah ke atas. Alternatif tersebut dijadikan dasar untuk dikembangkan.

Kelebihan katrol pada alternatif pertama saat menaikkan bahan baku pekerja dapat berdiri tegak. Katrol pada alternatif pertama juga mempunyai kelemahan yaitu tinggi katrol tidak dapat diatur, sehingga jika ingin mengambil bahan baku di gudang, alat tersebut tidak dapat melewati pintu gudang. Kekurangan lainnya adalah saat menuangkan bahan baku pekerja masih harus naik ke atas untuk menuangkan bahan baku. Penulis mengkonsultasikan masalah tersebut dengan pihak bengkel bagaimana caranya tinggi alat dapat diatur dan tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku.

Pihak bengkel memberi ide untuk ketinggian dapat diatur dengan dua cara yang pertama yaitu dengan menggunakan roda gigi dan yang kedua dengan menggunakan as drat. Untuk menuangkan juga dengan dua cara dengan manual menggunakan engsel pengunci atau menggunakan motor listrik.

c. Ketinggian Alat Bantu Dapat Diatur Dengan Roda Gigi

Untuk roda gigi, ketinggiannya dapat diatur sehingga dapat masuk pintu gudang dan saat mengatur ketinggian pekerja dapat berdiri tegak. Kekurangan roda gigi adalah harus menggunakan pengunci agar saat batang gigi berada di atas batang gigi tidak melorot.

d. Ketinggian Alat Bantu Dapat Diatur Dengan As Drat

Untuk as drat mempunyai kelebihan yaitu tidak perlu menggunakan pengunci karena saat diputar ke atas drat tersebut tidak melorot tetapi ada kekurangan yaitu saat memutar ke atas pekerja harus membungkuk untuk menjangkau pemutar.

e. Cara Penuangan Alat Bantu Dengan Engsel Pengunci

Cara penuangan jika menggunakan engsel pengunci tidak praktis karena harus menarik tali yang dihubungkan dengan pengunci saat menuangkan bahan baku, tetapi kelebihanannya adalah tahan lama karena tidak menggunakan listrik.

f. Cara Penuangan Alat Bantu Dengan Motor Listrik

Cara penuangan jika menggunakan motor listrik praktis karena tinggal menekan tombol, maka pengunci dapat terbuka dengan sendirinya tetapi mempunyai kelemahan yaitu tidak tahan lama karena menggunakan listrik.

4. Penyaringan Konsep

Penyaringan konsep adalah proses yang evaluasinya masih berupa perkiraan yang ditujukan untuk mempersempit alternatif. Selama penyaringan konsep, beberapa konsep awal dievaluasi dengan membandingkan sebuah konsep referensi yang menggunakan matriks penyaringan. Pada tahap awal ini perbandingan kuantitatif secara rinci sulit untuk dihasilkan (mungkin menyusahkan), sehingga digunakan sebuah sistem komparatif yang masih kasar.

Konsep-konsep untuk alat bantu yang ergonomis telah didapatkan yaitu:

1. Konsep A

Pada konsep A ini, alat bantu menaikkan bahan baku dengan menggunakan katrol. Konsep ini biasanya digunakan orang pada umumnya untuk mengambil air dari sumur, dari sini konsep ini akan dijadikan referensi untuk perkembangan konsep yang selanjutnya. Pada konsep A ini ketinggian alat bantu tidak dapat diatur, sehingga tidak dapat masuk ke gudang dan pekerja masih harus naik ke atas untuk menuangkan bahan baku.

2. Konsep B

Pada konsep B ini, ketinggian alat bantu dapat diatur dengan menggunakan roda gigi, jadi alat bantu dapat memasuki pintu gudang. Pekerja juga tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku, karena ada pembuka manual dari bawah yang terdapat pada tempat untuk mengisi bahan baku.

3. Konsep C

Pada konsep C ini, ketinggian alat bantu dapat diatur dengan menggunakan roda gigi jadi alat bantu dapat memasuki pintu gudang. Pekerja juga tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku karena ada pembuka dengan motor listrik yang terdapat pada tempat untuk mengisi bahan baku.

4. Konsep D

Pada konsep D ini, ketinggian alat bantu dapat diatur dengan menggunakan as drat atau ulir, jadi alat bantu dapat memasuki pintu gudang. Pekerja juga tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku karena ada pembuka manual dari bawah yang terdapat pada tempat untuk mengisi bahan baku.

5. Konsep E

Pada konsep E ini, ketinggian alat bantu dapat diatur dengan menggunakan as drat atau ulir jadi alat bantu dapat memasuki pintu gudang. Pekerja juga tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku karena ada pembuka dengan motor listrik yang terdapat pada tempat untuk mengisi bahan baku.

Dari konsep-konsep yang telah dikumpulkan di atas, maka dilakukan langkah selanjutnya yaitu penyaringan konsep. Penyaringan konsep ini bertujuan untuk mengurangi jumlah konsep dengan cepat dan menghasilkan sedikit alternatif konsep untuk dievaluasi lebih lanjut. Kriteria dalam penyaringan konsep adalah sebagai berikut:

Konsep A sebagai acuan, karena konsep A merupakan alat bantu dengan menggunakan katrol yang biasanya dipakai untuk mengambil air dari sumur. Nilai terhadap konsep adalah sebagai berikut:

- Nilai “+” : Lebih baik dari konsep produk acuan;
- Nilai “0” : Sama dengan konsep produk acuan;
- Nilai “-“ : Lebih buruk dari konsep produk acuan.

Hasil penilaian untuk konsep-konsep disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Penyaringan Konsep untuk Alat Bantu

| Kriteria Seleksi | Konsep A(ref) | Konsep B | Konsep C | Konsep D | Konsep E |
|------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Kuat | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kenyamanan | 0 | + | + | + | + |
| Mempermudah pekerjaan | 0 | + | + | + | + |
| Tahan Lama | 0 | 0 | - | 0 | - |
| Mudah dalam penggunaan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sum +’s | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sum 0’s | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Sum -’s | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Net Score | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Rank | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| Continue | No | Yes | No | Yes | No |

Masing-masing konsep dalam Tabel 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Konsep A diberi nilai 0 untuk semua kriteria karena konsep A dijadikan sebagai referensi

atau acuan untuk membandingkan dengan konsep yang lainnya.

2. Konsep B memperoleh nilai (+) pada kriteria kenyamanan karena ketinggian alat bantu pada konsep B dapat diatur, sehingga dapat masuk pintu gudang dan nilai (+) pada kriteria mempermudah pekerjaan karena pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku.
3. Konsep C diberi nilai (+) untuk kriteria kenyamanan karena ketinggian alat bantu pada konsep C dapat diatur sehingga dapat masuk pintu gudang dan nilai (+) untuk kriteria mempermudah pekerjaan karena pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku. Nilai (-) untuk kriteria tahan lama karena pada konsep C alat bantu menggunakan listrik, jadi umur dari alat ini tidak terlalu panjang.
4. Konsep D memperoleh nilai (+) pada kriteria kenyamanan karena ketinggian alat bantu pada konsep D dapat diatur sehingga dapat masuk pintu gudang dan nilai (+) pada kriteria mempermudah pekerjaan karena pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku.
5. Konsep E diberi nilai (+) untuk kriteria kenyamanan karena ketinggian alat bantu pada konsep E dapat diatur sehingga dapat masuk pintu gudang dan nilai (+) untuk kriteria mempermudah pekerjaan karena pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku. Nilai (-) untuk kriteria tahan lama karena pada konsep C alat bantu menggunakan listrik, jadi umur dari alat ini tidak terlalu panjang.

5. Penilaian Konsep

Penilaian konsep digunakan agar peningkatan jumlah alternatif penyelesaian (resolusi) dapat dibedakan lebih baik di antara konsep yang bersaing. Dari penilaian konsep inilah yang nantinya akan ditentukan konsep mana yang akan dilanjutkan atau yang akan dikembangkan, yaitu dari konsep yang memiliki *score* (nilai) yang tertinggi.

Dari penyaringan konsep yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh konsep yang layak untuk dilanjutkan dan diberi penilaian adalah konsep B dan konsep D.

Bobot ditentukan dengan memperhatikan hasil kuesioner. Berikut hasil kuesioner untuk menentukan *ranking* pada kriteria alat bantu yang dibutuhkan oleh pekerja sebagaimana disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Kuesioner Untuk Menentukan *Ranking* Pada Kriteria Alat Bantu Yang Dibutuhkan Oleh Pekerja

| No | Kriteria | Ranking | | | | |
|----|-----------------------|---------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Kuat | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | Kenyamanan | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 |
| 3 | Mempermudah pekerjaan | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Tahan Lama | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 |
| 5 | Mudah Untuk Digunakan | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 |

Untuk menentukan bobot pada setiap kriterium, maka digunakan metode skor berbobot. Adapun prosedur dari metode skor berbobot ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai 5 diberikan bila kriteria memperoleh *ranking* 1. Nilai 4 diberikan bila kriteria memperoleh *ranking* 2. Demikian seterusnya sampai kriteria yang memperoleh *ranking* 5 diberi nilai 1.
2. Skor diperoleh dari perkalian antara nilai tertentu yang diperoleh kriteria tersebut dengan jumlah responden yang memilih kriteria tersebut.
3. Setelah skor diperoleh lalu jumlahkan semua skor pada masing-masing kriteria. Kriteria yang memiliki total skor tertinggi akan memperoleh *ranking* 1. Kriteria yang memiliki total skor tertinggi kedua akan memperoleh *ranking* 2. Demikian seterusnya sampai kriteria yang memiliki total skor terendah akan memperoleh *ranking* 5.

Perhitungan untuk menentukan *ranking* disajikan dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Perhitungan Untuk Menentukan *Ranking*

| Ranking | Kriteria | Nilai | A | | B | | C | | D | | E | |
|---------|----------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | f. Responden | Score |
| 1 | | 5 | 4 | 20 | 0 | 0 | 6 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | | 4 | 2 | 8 | 0 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 | 3 | 12 |
| 3 | | 3 | 2 | 6 | 5 | 15 | 0 | 0 | 3 | 9 | 5 | 15 |
| 4 | | 2 | 0 | 0 | 3 | 6 | 0 | 0 | 5 | 10 | 0 | 0 |
| 5 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | | 8 | 34 | 8 | 21 | 8 | 38 | 8 | 19 | 8 | 27 |
| | Ranking | | | 2 | | 4 | | 1 | | 5 | | 3 |

Keterangan Tabel 3:

- Kriteria A : Kuat
 - Kriteria B : Kenyamanan
 - Kriteria C : Mempermudah pekerjaan
 - Kriteria D : Tahan Lama
 - Kriteria E : Mudah Untuk Digunakan
- Perhitungan mencari bobot adalah sebagai berikut:

- Perhitungan untuk mencari bobot pada *ranking 1*
 $[38 / (34 + 21 + 38 + 19 + 27)] \times 100\%$
Ranking 1 diberi bobot 27%.
- Perhitungan untuk mencari bobot pada *ranking 2*
 $[34 / (34 + 21 + 38 + 19 + 27)] \times 100\%$
Ranking 2 diberi bobot 24%.
- Perhitungan untuk mencari bobot pada *ranking 3*
 $[27 / (34 + 21 + 38 + 19 + 27)] \times 100\%$
Ranking 3 diberi bobot 19%.
- Perhitungan untuk mencari bobot pada *ranking 4*
 $[21 / (34 + 21 + 38 + 19 + 27)] \times 100\%$
Ranking 4 diberi bobot 16%.
- Perhitungan untuk mencari bobot pada *ranking 5*
 $[19 / (34 + 21 + 38 + 19 + 27)] \times 100\%$
Ranking 5 diberi bobot 15%.

Penilaian konsep untuk alat bantu disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Penilaian Konsep untuk Alat Bantu

| Kriteria | Bobot | Concept | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|--------|-------|
| | | B | | D | |
| | | Rating | Score | Rating | Score |
| Kuat | 0,16 | 4 | 0,64 | 5 | 0,8 |
| Kenyamanan | 0,27 | 4 | 1,08 | 2 | 0,54 |
| Mempermudah Pekerjaan | 0,24 | 3 | 0,72 | 3 | 0,72 |
| Tahan Lama | 0,15 | 4 | 0,6 | 4 | 0,6 |
| Mudah Untuk Digunakan | 0,19 | 3 | 0,57 | 3 | 0,57 |
| Total score | | | 3,61 | | 3,23 |
| Rank | | 1 | | 2 | |
| Continue | | Yes | | No | |

Pada Tabel 4 dapat dijelaskan sebagai berikut:

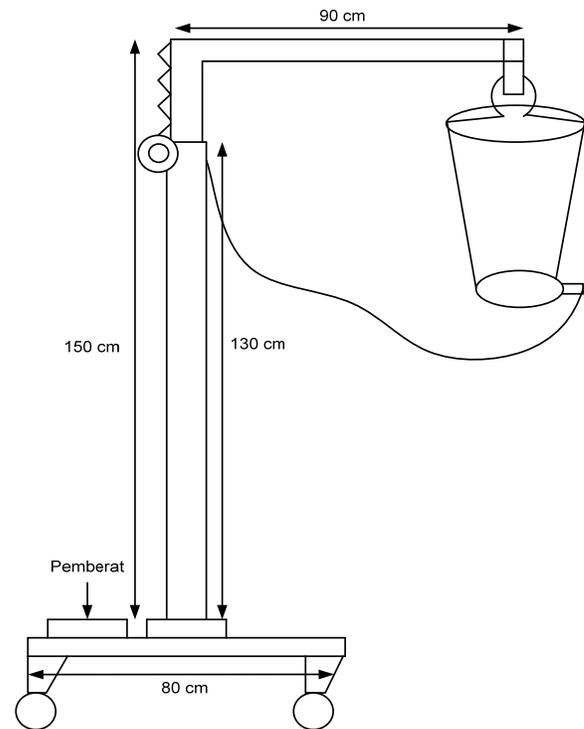
1. Konsep B untuk kriteria kuat dinilai baik karena dengan menggunakan roda gigi akan kuat menahan batang gigi akan tetapi harus ada pengunci supaya tidak melorot. Kriteria kenyamanan baik karena desain pada konsep B sesuai dengan ukuran tubuh pekerja. Untuk mempermudah pekerjaan cukup karena pada konsep B pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku dan frekuensi pengambilan bahan baku dapat

dikurangi. Untuk tahan lama dinilai baik karena pada konsep B tidak memakai listrik. Mudah untuk digunakan cukup karena pada konsep B tidak banyak komponen dan tidak perlu pelatihan untuk menggunakannya.

2. Pada konsep D yang berbeda dari konsep B adalah kriteria kuat dan kenyamanan. Untuk kriteria kuat dinilai sangat baik karena pada konsep D saat alat diputar ke atas tidak perlu menggunakan pengunci tetap kuat menahan beban. Untuk kriteria kenyamanan buruk karena saat alat tersebut diputar ke atas, maka pekerja harus membungkuk dan memutar dengan arah horizontal.

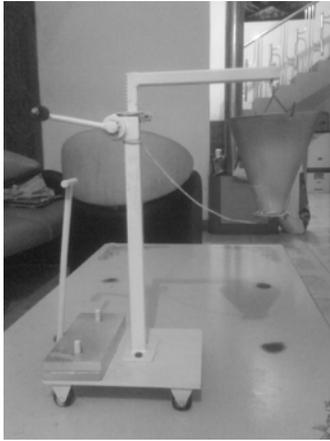
Dari penyaringan konsep yang telah dilakukan di atas dapat diketahui bahwa konsep B memiliki nilai yang tertinggi dan menduduki peringkat pertama, sehingga konsep B inilah yang dipilih untuk dikembangkan.

Berikut rancangan alat bantu kerja yang baru sebagaimana disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Alat Bantu Kerja Yang Baru

Berikut gambar prototipe rancangan alat bantu kerja yang baru:



Gambar 6. Prototipe Alat Bantu Kerja Yang Baru

Dari hasil wawancara sebagaimana disajikan Tabel 5, rancangan ini akan diteruskan sebab pekerja sangat antusias terhadap rancangan alat bantu yang baru. Pekerja senang dengan rancangan tersebut karena dengan alat tersebut keselamatan kerja pekerja terjamin, karena saat menuangkan bahan baku pekerja tidak perlu naik ke atas dan ketakutan akan terjatuh di *screw* dan kelelahan pekerja dapat dikurangi karena tidak perlu memikul beban.

Tabel 5. Hasil Respon untuk Rancangan Alat Bantu Kerja Yang Baru

| Pertanyaan | Pilihan | Banyaknya (%) |
|---|--|---------------------------------|
| Bagaimana tanggapan anda mengenai rancangan alat bantu berikut ini? | Baik, alasannya: Tidak perlu memikul bahan baku dan tidak perlu naik ke atas saat menuangkan bahan baku | 8 orang (100%) |
| Apakah rancangan alat bantu ini cocok digunakan untuk perusahaan ini? | Cocok, alasan: - Tidak makan tempat banyak - Cocok dengan dimensi gudang dan mesin injeksi | 4 orang (50%) 8 orang (100%) |
| Apakah keunggulan alat bantu ini? | Kelelahan dapat dikurangi dengan alat bantu tersebut dan yang terpenting keselamatan kerja terjamin karena saat menuangkan bahan baku tidak perlu naik ke atas lagi. | 8 orang (100%) |
| Apakah ada lagi yang perlu diperbaiki? | • Ada • Tidak ada | 0 orang (0%) 8 orang (100%) |

6. Besar Energi Yang Dikeluarkan Pekerja

Berikut di bawah ini adalah perhitungan total besarnya energi yang dikeluarkan oleh pekerja untuk mengangkut bahan baku sampai menuangkannya ke *hooper*:

Energi kinetik adalah energi di mana pekerja mengangkut bahan baku dari gudang sampai ke mesin injeksi. Energi kinetik dihitung dengan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m_{total} \cdot v^2 \quad (4)$$

dengan:

m_{total} = beban total
 v = kecepatan gerak pekerja
 = jarak tempuh/waktu

Asumsi beban manusia: 60 kg
 Waktu pekerja berjalan terjadi gesekan antara sandal dengan lantai dengan koefisien gesek sebesar 0,8. Dalam melakukan tugasnya pekerja bergerak sejauh 25,3 meter dalam waktu tempuh 118,09 detik. Dengan demikian dapatlah dihitung:

m_1 = beban manusia x koefisien gesek
 = 0,8 x 60 kg = 48 kg
 m_2 = beban bahan baku biji plastik satu karung
 = 30 kg

$$m_{total} = m_1 + m_2 = 48 \text{ kg} + 30 \text{ kg} = 78 \text{ kg}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m_{total} \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} (78) (25,3/118,09)^2 = 8,19 \text{ Joule}$$

Energi Potensial adalah energi di mana pekerja mulai naik ke atas untuk menuangkan bahan baku sampai turun ke bawah. Energi potensial dihitung sebagai berikut:

$$E_{p1} = m_{total} \cdot g \cdot h \quad (5)$$

dengan:

E_{p1} = energi pekerja naik ke atas dengan membawa bahan baku

$$m_{total} = m_1 + m_2$$

m_1 = beban manusia = 60 kg

m_2 = beban bahan baku biji plastik satu karung
 = 30 kg

g = gravitasi bumi = 9,8 m/s²

h = tinggi = 2 m.

$$E_{p2} = m_1 \cdot g \cdot h \quad (6)$$

dengan:

E_{p2} = energi saat pekerja turun ke bawah tanpa membawa beban bahan baku

Dengan demikian dapatlah dihitung:

$$m_{total} = m_1 + m_2 = 60 \text{ kg} + 30 \text{ kg} = 90 \text{ kg}$$

$$E_{p1} = m_{total} \cdot g \cdot h = 90 \times 9,8 \times 2 = 1764 \text{ Joule}$$

$$E_{p2} = m_1 \cdot g \cdot h = 60 \times 9,8 \times 2 = 1176 \text{ Joule}$$

Energi total dihitung dengan persamaan:

$$E_{total} = E_k + E_{p1} + E_{p2} \quad (7)$$

Dengan demikian dapatlah dihitung:

$$E_{total} = 8,19 + 1764 + 1176 = 2948,19 \text{ Joule}$$

Jadi, total besar energi yang dikeluarkan pekerja untuk mengangkut bahan baku sampai menuangkannya ke *hooper* sebelum menggunakan alat bantu adalah 2948,19 Joule.

7. Besar Energi Yang Dikeluarkan Pekerja Dengan Menggunakan Alat Bantu

Berikut perhitungan besar energi yang dikeluarkan oleh pekerja dengan menggunakan alat bantu. Energi yang dihitung hanya energi kinetik. Energi potensial sudah hilang karena pekerja saat menuangkan bahan baku tidak perlu naik ke atas. Energi kinetik tersebut meliputi energi yang diperlukan pekerja saat mendorong alat (Energi Kinetik₁), energi yang diperlukan pekerja selama berjalan dari gudang sampai mesin injeksi dengan jarak 25,3 m (Energi Kinetik₂), dan energi yang diperlukan saat pekerja memutar alat bantu (Energi Kinetik₃). Berikut perhitungannya.

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan tugas diasumsikan sama dengan waktu yang dibutuhkan orang untuk berjalan dengan jarak 25,3 m yaitu selama 15,1 detik. Energi Kinetik₁ dihitung dengan persamaan:

$$\text{Energi Kinetik}_1 = F \cdot v \quad (8)$$

dengan:

Energi Kinetik₁=energi yang diperlukan pekerja saat mendorong alat,

F = gaya untuk mendorong,

v = kecepatan gerak.

Asumsi beban manusia = 60 kg

Waktu pekerja mendorong alat bantu terjadi gesekan antara roda dengan lantai dengan koefisien gesek sebesar 0,8. Dengan demikian dapatlah dihitung:

$$F = 0,8 \cdot N = 0,8 \times 124 = 99,2 \text{ kg dan}$$

$$\text{Energi Kinetik}_1 = F \cdot v = 99,2 \cdot (25,3/15,1)$$

$$= 166,21 \text{ Joule}$$

Dengan cara serupa dapatlah dihitung Energi Kinetik₂ sebagai berikut:

Asumsi beban manusia = 60 kg

F = 0,8 · N = 0,8 x 60 = 48 kg dan

$$\text{Energi Kinetik}_2 = F \cdot v = 48 \cdot (25,3/15,1)$$

$$= 80,42 \text{ Joule}$$

Energi Kinetik₃ dihitung dengan persamaan:

$$\text{Energi Kinetik}_3 = F \cdot v \quad (9)$$

dengan:

F = beban maksimal putaran tangan

v = kecepatan memutar = π · D · n

D = panjang pemutar

n = putaran yang dihasilkan per satuan menit

Dengan demikian dapatlah dihitung:

$$v = \pi \cdot D \cdot n = 3,14 \times 28,34 \times 34 = 3025,58 \text{ cm/menit}$$

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Energi Kinetik}_3 = F \cdot v = 5 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}$$

$$= 2,5 \text{ Joule}$$

Selanjutnya energi total dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total Energi} = \text{Energi Kinetik}_1 + \text{Energi Kinetik}_2$$

$$+ \text{Energi Kinetik}_3$$

$$= 166,21 + 80,42 + 2,5 = 249,13 \text{ Joule}$$

Jadi besar energi yang dikeluarkan pekerja dengan menggunakan alat bantu adalah 249,13 Joule. Perbandingan energi yang dikeluarkan pekerja dalam melakukan tugas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Energi Pekerja Untuk Mengangkut dan Menuangkan Bahan Baku

| | Tidak Menggunakan Alat | Menggunakan Alat |
|----------------|------------------------|------------------|
| Energi Pekerja | 2948,19 Joule | 249,13 Joule |

Dari Tabel 6 terlihat bahwa ada penurunan energi yang dikeluarkan oleh pekerja dengan menggunakan alat bantu sebesar 2948,19-249,13 = 2699,06 Joule atau 2699,06/2948,19x100% ≈92%.

8. Analisis Biaya Penghematan

Jumlah pekerja ada 8 orang. Tugas pekerja di sini adalah mengisi oli pada mesin injeksi, mengemas produk, mengangkat dan menuangkan bahan baku. Penghematan energi untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku dengan menggunakan alat bantu adalah sebesar 92%, akan tetapi penghematan pekerja tidak bisa langsung 92% dari ke-8 pekerja, karena pekerjaan pekerja di sini tidak hanya mengangkat dan menuangkan bahan baku, namun masih ada tugas mengisi oli dan *packing*. Jadi harus dicari total frekuensi untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku dari total pekerjaan. Berikut perhitungannya:

Total frekuensi pekerjaan untuk mengisi oli = 64

Total frekuensi untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku = 46

Total frekuensi untuk *packing* = 88

Jadi pekerjaan untuk mengangkat dan menuangkan bahan baku = 46/198 dari total pekerjaan atau 46/198 dari 92% = 21%

Jadi hanya 21 % saja yang bisa dihemat dari semua pekerja pekerja yaitu 21% dari 8 pekerja = 1,68 ≈ 1.

Jadi pekerja yang dapat dihemat adalah 1 pekerja.

Berikut biaya penghematan yang diterima perusahaan jika menggunakan alat bantu dan berapa hari yang dibutuhkan untuk pengembalian modal sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Biaya Tanpa Alat dan Dengan Alat

| Biaya tanpa alat (kondisi sekarang) | Biaya dengan alat |
|---|--|
| - Biaya Upah Pekerja | - Biaya Upah Pekerja |
| Menggunakan 8 pekerja | Menggunakan 7 pekerja |
| Upah @Rp. 520.000,- = Rp. 520.000,- x 8 = Rp.4.160.000,- / bulan | Upah @Rp. 520.000,- = Rp. 520.000,- x 7 = Rp. 3.640.000,- / bulan |
| 1 bulan pekerja bekerja 26 shift | 1 bulan pekerja bekerja 26 shift |
| Upah per shift untuk 8 pekerja = Rp.4.160.000,- : 26 = Rp.160.000 / shift | Upah per shift untuk 7 pekerja = Rp. 3.640.000,- : 26 = Rp.140.000 / shift |

Jadi biaya penghematan (*saving*):

= Rp.160.000,- (-) Rp.140.000,- = Rp.20.000,- per shift.

Perhitungan Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return on Investment*)

Minimum Attractive Rate of Return (MARR)

MARR = 5,25%

*) Bunga deposito di Bank Mandiri, Tbk. (Januari, 2008)

Maka besarnya laju pengembalian modal adalah:

$$\frac{Rp.4.046.250,-}{Rp.20.000,-} = \frac{(1 + 0,00015)^N - 1}{0,00015(1 + 0,00015)^N} \text{ atau}$$

$$202,31 = \frac{(1,00015)^N - 1}{0,00015(1,00015)^N} \quad (10)$$

Dari persamaan tersebut didapatkan: $N = 200 \text{ shift}$

Dalam 1 bulan ada 26 *shift*. Dengan demikian:

$$N = 200/26 = 7,7 \text{ bulan} \approx 8 \text{ bulan}$$

Jadi membutuhkan waktu delapan bulan untuk pengembalian modal dari investasi alat bantu kerja yang baru.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan alat penuang *polypropylene* dan *polyethylene* yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Alat bantu yang telah dirancang dapat memenuhi kebutuhan 8 pekerja bagian pengemasan di PT. Rajawali Plastik, dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Alat bantu yang dirancang dapat mengangkut bahan baku seberat 30 kg;
 - b. Ketinggian alat bantu dapat diatur, sehingga alat bantu dapat masuk pintu gudang;

- c. Ukuran alat bantu yang dirancang sesuai dengan dimensi tubuh pekerja;
 - d. Pekerja tidak perlu naik ke atas untuk menuangkan bahan baku, karena ada pembuka manual dari bawah untuk menuangkan bahan baku ke mesin injeksi;
 - e. Alat bantu yang dirancang tahan lama karena tidak menggunakan listrik;
 - f. Tidak diperlukan pelatihan khusus untuk menggunakan alat bantu yang tersebut.
- 2) Alat bantu yang telah dirancang dapat mengurangi tingkat kelelahan pekerja.
 - 3) Alat bantu tersebut juga meningkatkan keselamatan kerja pekerja.
 - 4) Jika perusahaan menggunakan alat bantu tersebut perusahaan akan menghemat biaya upah karyawan sebesar Rp.20.000,-/shift. Untuk pengembalian modal investasi diperlukan waktu 8 bulan.
 - 5) Delapan pekerja merasa puas terhadap alat bantu yang telah dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tarwaka, dkk., "Ergonomi untuk Keselamatan Kerja dan Produktivitas", Cetakan Pertama, hlm. 14-23, 40, 81, UNIBA Press, 2004
- [2] Ulrich K.T., Eppinger, "Perancangan dan Pengembangan Produk", hlm. 14-26, McGraw Hill Book Inc., New York, 2000
- [3] Sitalaksana, I. Z., dkk., "Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja", hlm. 42, 44, 90 Departemen Teknik Industri, ITB, Bandung, 1979
- [4] Saito, S., dkk., "Pengetahuan Bahan Teknik", hlm. 33, 45, 87, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1992
- [5] Pujawan, I.N., dkk., "Ekonomi Teknik", hlm. 56, Penerbit Guna Widya, Surabaya, 1995