

# PENERAPAN KONSEP ERGONOMI PADA PERANCANGAN ALAT ANGKUT MATERIAL BERDASARKAN ANTHROPOMETRI OPERATOR

**I Gede Santosa**

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung Bali  
Telp: +62-361-701981, Fax: +62-361-701128

**Abstrak:** Proses material handling pada pengangkutan material dari satu mesin ke mesin berikutnya, dilakukan dengan memanfaatkan alat angkut yang masih menggunakan manusia sebagai operator pengendali alat angkut tersebut secara manual. Alat angkut yang digunakan, memiliki beberapa kelemahan yaitu, tidak memiliki pintu untuk memudahkan proses pengeluaran dan pemasukan, roda yang digunakan menggunakan bearing sehingga tenaga yang dikeluarkan cukup besar disaat mendorong dan membelok, serta menimbulkan suara berisik yang bisa mengganggu pendengaran. Tidak memiliki pegangan (*handle*), sehingga operator harus membungkuk disaat mendorong alat angkut tersebut. Perancangan alat angkut material ini mempertimbangkan kriteria ergonomi, dalam hal ini posisi dan ukuran anthropometri operator pada saat mendorong alat angkut tersebut dan juga terdapat sembilan kriteria ergonomi hasil rancangan produk yang diharapkan mampu memperbaiki kinerja operator yang memanfaatkan alat tersebut. Sembilan kriteria tersebut adalah, kapasitas angkut dengan volume yang relatif sama dengan saat sekarang, alat memiliki pegangan yang disesuaikan dengan bentuk tangan, tinggi pegangan yang disesuaikan dengan ukuran badan operator, memiliki pintu untuk mengeluarkan dan memasukkan, roda yang tidak berisik dan mudah dioperasikan, sehingga tenaga yang dikeluarkan tidak besar, bahan relatif kuat, serta pemeliharaan murah. Proses pemilihan alternatif dilakukan dengan memberikan bobot kriteria berdasarkan pertimbangan ergonomi, selanjutnya seluruh kriteria dipetakan pada *matrix morphology*, sehingga didapat alternatif rancangan alat pengangkut material. Keputusan pemilihan alat angkut yang fisibel dilakukan dengan model jaringan dengan fungsi tujuan memaksimumkan bobot sembilan kriteria.

**Kata kunci :** Alat Angkut Material, ergonomi, Anthropometri, Matrix Morphology

## ***APPLICATION THE CONCEPT OF ERGONOMIC DESIGN TOOL MATERIAL BASED CARRIER ANTHROPOMETRY OPERATOR***

**Abstract:** *Materials transporting process from one engine to the other engines is still done manually, i.e. using human as the operator of the transportation tools. The tool used has some weakness: (1) there is no door for embarkation and disembarkation process, (2)the wheels still use bearing that it requires a lot bigger power when pushing and turning, (3) it produces noise that disturb people's hearing, (4) it is not equipped with handles that the operator shall bend when pushing the tool. Designing of the tool determines ergonomic criteria, i.e. position and operator anthropometry size when pushing the tool. In addition, there are nine ergonomic criteria of product design which is hoped to be able to improve operator's performance using the tool. The nine criteria: loading capacity is similar to that of the current tool; it has handles in accordance with hand shape; height of handles is adjusted with body of operator; has doors do embark and disembark things; no noise on wheels and it is easily operated that it can save energy needed; use relatively strong materials; low cost of maintenance. Alternative choosing process was done by giving criteria rate pursuant to determination of ergonomics. All criteria was the mapped on matrix morphology so that design alternative of material transporting device is obtained. Decision on choosing the feasible tool was done with network model in purpose to maximize rate of the nine criteria.*

**Keywords:** *material transporting tool, ergonomic, anthropometry, matrix morphology*

## 1. Pendahuluan

Kesejahteraan dan kualitas hidup manusia telah mencapai tingkat yang sangat tinggi saat ini, dilihat dari segi kesejahteraan materi dan kesehatan fisik masyarakat, sebagian besar adalah akibat diciptakan, dibuat dan dimanfaatkannya berbagai produk dan jasa yang tak terhitung macam dan jumlahnya oleh para insinyur dan ahli-ahli teknik lainnya yang telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari. Kontribusi para ahli teknik (insinyur) dalam meningkatkan kesejahteraan manusia terutama dalam kegiatan mencipta, merancang, dan membuat produk dan jasa, berguna bagi manusia karena meringankan beban hidupnya dan membuat hidup lebih nyaman. Produk dan jasa tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan moderen seperti tidak merusak lingkungan hemat energi dan sebagainya [1].

Proses *material handling* atau proses pemindahan material dari mesin satu ke mesin berikutnya ada yang menggunakan alat angkut dan ada juga yang tidak menggunakan alat angkut. Aliran bahan yang menggunakan alat angkut yaitu aliran bahan dari *material store* ke mesin. Alat angkut yang digunakan antara mesin ke mesin dan *material store* ke mesin tersebut dirasakan masih mempunyai kelemahan-kelemahan dilihat dari segi performansi, keselamatan dan kenyamanan dalam bekerja [2]. Dari segi performansi yaitu daya angkut yang kecil menyebabkan aliran bahan menjadi tidak lancar. Daya angkut yang kecil menimbulkan frekwensi pengangkutan menjadi tinggi, padahal jarak antara *material store* berjauhan, posisi *material store* dan mesin tidak dapat didekatkan (*fix position*) dengan alasan kedudukan kedua mesin tersebut tidak bisa dirubah. Kemudian alat angkut tersebut tidak mempunyai pintu untuk memudahkan proses pengeluaran, roda yang digunakan pada alat angkut tersebut menggunakan *bearing* sehingga dalam penggunaannya mengeluarkan suara yang berisik serta berat saat membelok, alat angkut tersebut tidak mempunyai pegangan (*handle*) untuk memudahkan saat mendorong sehingga operator harus membungkuk ketika mendorong alat angkut tersebut [2].

Penelitian ini memperhatikan aspek ergonomis untuk membahas kelemahan yang dimiliki oleh alat angkut material yang dipakai saat ini, selanjutnya kelemahan-kelemahan alat angkut *belong* diperbaiki dengan memakai *matriks morfologi*. Penilaian aspek ergonomis ditekankan pada sembilan kriteria yaitu : kapasitas angkut dengan volume yang relatif sama dengan saat sekarang, alat memiliki pegangan yang disesuaikan dengan

bentuk tangan, tinggi pegangan yang disesuaikan dengan ukuran badan operator, memiliki pintu untuk mengeluarkan dan memasukkan, roda yang tidak berisik dan mudah dioperasikan, sehingga tenaga yang dikeluarkan tidak besar, bentuk yang tidak memiliki sudut, bahan relatif kuat, serta pemeliharaan murah, dengan cara memberikan bobot penilaian ergonomis terhadap bentuk rancangan yang muncul dari sembilan kriteria tersebut. Selanjutnya bobot tersebut dijadikan penilaian guna mendapatkan alternatif rancangan dengan kriteria bobot maksimum dari seluruh komponen yang memungkinkan untuk diwujudkan, dengan memanfaatkan model jaringan lintasan rute terpanjang.

## 2. Metode Penelitian

Perancangan alat pengangkut material ini bertujuan untuk memperoleh desain alat angkut dengan kemampuan lebih baik dari alat angkut yang ada berdasarkan keinginan pengguna. Diharapkan alat angkut tersebut dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan dari alat angkut sebelumnya. Perancangan dilakukan untuk memperbaiki kinerja alat terutama pada bagian-bagian berikut: Kapasitas angkut, Tinggi alat dirancang supaya bisa masuk ke bawah dan sela-sela mesin, *Handle*/pegangan, Roda, Pintu untuk proses pengeluaran, Desain ergonomis, Umur dan pemeliharaan. Identifikasi produk dilakukan untuk mengetahui kondisi serta permasalahan yang ada, permasalahan tersebut adalah alat angkut material yang kurang sesuai dengan keinginan pengguna (operator alat angkut) terutama dalam hal kenyamanan yang kurang memperhatikan aspek keselamatan dan kenyamanan operator [3]. Alat angkut aktual merupakan alat angkut dengan kemampuan angkut yang kecil, disamping itu alat angkut tersebut mempunyai desain yang sederhana seperti terlihat pada gambar 1. Selain itu alat angkut tersebut tidak mempunyai pegangan dan pintu untuk proses pengeluaran. Perancangan alat angkut material dilakukan untuk memperbaiki kelemahan-kelemahan yang terdapat pada alat angkut aktual, sehingga lebih praktis dan mempernyaman operator dalam melakukan *material handling*.

Data antropometri akan diproses untuk kebutuhan penentuan penyesuaian ukuran komponen yang terdapat pada alat angkut material yang berhubungan dengan ukuran tubuh manusia, diantaranya sebagai berikut :



**Gambar 1.** Alat angkut material

1. Data panjang cengkaman tangan. (PCT). Data panjang cengkaman tangan ini berhubungan dengan diameter pegangan (*handle*) pada perancangan alat angkut material
2. Tinggi sikut pada posisi berdiri tegak (TSB). Data tinggi sikut dalam posisi berdiri tegak berhubungan dengan tinggi pegangan yang terdapat pada alat angkut material

Data antropometri menjadi penuntun untuk menghasilkan desain komponen yang dibutuhkan, pada perancangan alat pengangkut material, selanjutnya komponen tersebut dikelompokkan kedalam *matriks morphology*, yang memiliki tujuan menghasilkan solusi alternatif rancangan. Komponen yang dihasilkan diberikan bobot dengan mempertimbangkan frekuensi data antropometri, serta posisi bekerja operator terhadap bentuk rancangan komponen yang potensial terdapat pada rancangan alat bantu. Tahap analisa adalah menentukan kombinasi rancangan dengan kriteria maksimum jumlah bobot komponen yang terdapat pada *matriks morphology*. Pada tahap ini digunakan model diagram jaringan dengan modifikasi dari masalah *Shortest Route Problem* yang dikembangkan oleh *Budnick, McLeavey dan Mojena*, dengan memanfaatkan langkah yang dikembangkan oleh *Whitehouse dan Wechsler*, sebagai berikut [4] :

- a. Perhatikan seluruh node (komponen) yang terhubung. Beri label pada setiap node, bila bobot antar komponen terhubung pada diagram jaringan yang ada paling besar.
- b. Berdasar pada label, perhatikan kembali hubungan alternatif node berikutnya, dengan pembatas hubungan *matrix morphology* yang layak, serta putuskan kembali untuk memberi label untuk komponen lanjutan, yang menghasilkan bobot terbesar.
- c. Lanjutkan pelabelan seperti langkah 2 sampai akhir node, dan didapatkan rancangan alat angkut material dengan bobot terbesar.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Spesifikasi yang diperlukan dalam memenuhi kebutuhan konsumen terutama dalam segi *performances* dan dari segi *safety*, maka dilakukan pemilihan konsep produk melalui pemilihan konsep produk alternatif yang dipilih menggunakan *Matrix Morphology*, seperti terlihat pada tabel 4. *Matrix Morphology* menghasilkan 104 varian alternatif produk yang semuanya dapat dipasangkan, kecuali untuk komponen pintu pengeluaran yang posisinya disesuaikan dengan kontruksi bak penampung. Contohnya untuk alternatif bentuk bak penampung No. 1, 2 dan 3 tidak dapat dipasangkan dengan alternatif posisi pintu pengeluaran No.13. Sehingga kombinasi total dari keseluruhan adalah  $((4 \times 4) - 3) \times 2 \times 2 \times 2 = 104$  alternatif konsep produk. Dari kombinasi tersebut akan dipilih kombinasi produk yang memiliki skor tertinggi. Setelah *matrix morphology* terbentuk selanjutnya adalah pemberian skor terhadap setiap alternatif komponen dengan memperhatikan ukuran *anthropometri* dan posisi badan pada saat bekerja. Skor diberikan dengan memberikan nilai berupa angka, dimana angka-angka yang digunakan adalah 1, 3 dan 5. Angka-angka tersebut diberikan berdasarkan perbandingan nilai manfaat antar komponen. Nilai manfaat diperoleh berdasarkan sejauh mana komponen tersebut bisa memenuhi keinginan konsumen dan perbandingan yang mana yang lebih baik digunakan, misalnya kemudahan dalam proses permesinan, biaya murah, serta kualitas desain yang ditampilkan. Skor tertinggi diberikan apabila alternatif tersebut memiliki nilai manfaat terbaik dari alternatif produk lainnya [5].

Perhitungan untuk nilai skor yang diberikan kepada tiap-tiap komponen alat angkut material pada *Matrix Morphology* diatas adalah melalui perbandingan dari beberapa faktor yang mempunyai nilai lebih baik dari segi *engineering* maupun dari segi *performance*.

Contoh: Pemberian Skor untuk Komponen Pegangan

Parameter yang diberikan untuk komponen pegangan adalah sebagai berikut :

1. Kenyamanan dan Keamanan
2. Tidak membuat tangan cepat lelah/pegal
3. Anti licin

**Tabel 1.** Skor untuk Pegangan dari Segi Kenyamanan dan Keamanan

Alternatif	Komponen		Jumlah skor
	A	B	
A	-	3	3
B	1	-	-

**Tabel 2.** Skor untuk Pegangan dari Segi Tidak Membuat Tangan Cepat Lelah/Pegal-Pegal

Alternatif	Komponen		Jumlah skor
	A	B	
A	-	1	1
B	3	-	3

**Tabel 3.** Skor untuk Pegangan dari Segi Anti Licin




















Alternatif	Komponen		Jumlah skor
	1	2	
A	-	1	1
B	3	-	3

Komponen pegangan memiliki dua alternatif produk, kedua alternatif produk tersebut dibandingkan satu dengan yang lainnya melalui tiga parameter yang berlaku untuk komponen pegangan yaitu : Kenyamanan dan Keamanan, tidak membuat tangan cepat lelah/pegal-pegal, dan anti licin, kemudian semua skor yang diperoleh dijumlahkan. Berikut adalah nilai Rekapitulasi dari semua komponen utama alat angkut material, setiap komponen memiliki skor yang bervariasi itu disebabkan karena komponen tersebut memiliki karakteristik-karakteristik dalam memenuhi kebutuhan konsumen yang bermacam-macam [6] :

1. Komponen bak penampung
2. Komponen posisi pintu pengeluaran
3. Komponen pegangan
4. Komponen rangka
5. Komponen roda

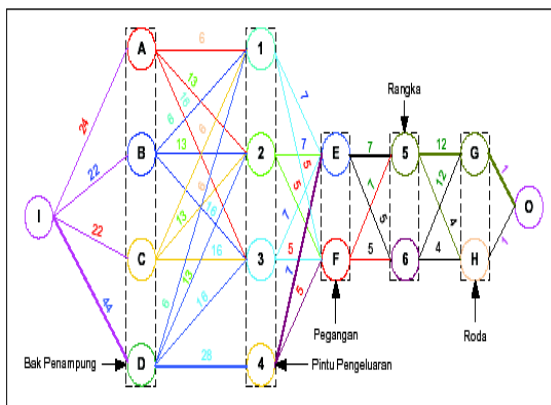
**Tabel 4.** Skor Rekapitulasi Nilai Alternatif

NO	KOMPONEN	ALTERNATIF	JUMLAH SKOR
1	Bak Penampung	Alternatif 1	24
		Alternatif 2	22
		Alternatif 3	24
		Alternatif 4	44
2	Pintu Pengeluaran	Alternatif 1	6
		Alternatif 2	13
		Alternatif 3	16
		Alternatif 4	28
3	Pegangan	Alternatif 1	7
		Alternatif 2	5
4	Rangka	Alternatif 1	7
		Alternatif 2	5
5	Roda	Alternatif 1	12
		Alternatif 2	4

Atribut	1	2	3
Bentuk	Persegi Empat (24) 	Persegi empat dengan alas lebih kecil (22) 	Persegi empat dengan alas lebih kecil tanpa siku yang tajam (24) 
Posisi pintu untuk Persegi Empat	Pintu di depan (6) 	Pintu di kanan (13) 	Pintu kiri dan kanan (16) 
Posisi pintu untuk Persegi empat dengan alas lebih kecil	Pintu di depan (6) 	Pintu di kanan (13) 	Pintu kiri dan kanan (16) 
Posisi pintu untuk Persegi empat dengan alas lebih kecil tanpa siku yang tajam	Pintu di depan (6) 	Pintu di kanan (13) 	Pintu kiri dan kanan (16) 
Posisi pintu untuk Persegi empat tanpa siku yang tajam	Pintu di depan (6) 	Pintu di kanan (13) 	Pintu kiri dan kanan (16) 
Roda	Kontrol Roda	Roda depan mati dan roda belakang bebas (12) 	Roda depan dan roda belakang dapat berputar bebas (4) 
Pegangan	Bahan Anti Licin	Aluminium profil dengan sarung karet busa anti licin (7) 	Aluminium profil benulir (?) 

Metode pengambilan keputusan pada penelitian ini memakai jaringan dengan memodifikasi model *shortest route part*, yaitu pada fungsi tujuan dari minimasi menjadi maksimasi, dapat dilakukan dengan mudah dan efektif, alternatif rancangan produk dibandingkan berdasarkan bobot maksimum dalam bentuk skor [7].

Pada tahap ini konsep produk alternatif dibandingkan satu dengan yang lainnya secara berpasangan dalam hal kemampuan memenuhi keinginan konsumen serta menjumlahkan skor yang diperoleh pada setiap konsep produk. Konsep produk dengan skor tertinggi adalah yang terbaik. Pengambilan keputusan digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Pemilihan Alternatif Varian Konsep Produk

Gambar 2 menunjukkan bahwa kombinasi /varian konsep produk alternatif dapat dipasangkan pada setiap komponen alat angkut material, kecuali untuk alternatif produk bak penampung alternatif 1, 2, dan 3 (yang diberi simbol berurutan A, B, dan C) dengan pintu pengeluaran alternatif No.4 (diberi simbol dengan angka 4) karena bak penampung tersebut sulit untuk dipasangkan dengan alternatif pintu pengeluaran No 4. karena perbedaan pada desain.

Contoh Perhitungan Skor Untuk Komponen Bak Penampung. yang mana bak penampung terdiri dari 4 alternatif produk. Pemilihan skor untuk alternatif komponen alat angkut material dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Pemilihan skor alternatif produk untuk komponen bak penampung alternatif 1 dengan simbol A (yaitu bentuk bak penampung persegi empat) dikombinasikan dengan alternatif pintu pengeluaran No 3 karena pintu pengeluaran tersebut memiliki skor tertinggi yaitu skor  $A = 24 + B = 16 = 40$  Poin. Demikian pun untuk seterusnya.

Tabel 5. Skor untuk Komponen Alternatif Bak Penampung

Node Awal (simbol)	Skor	Node Akhir (simbol)	Skor	Skor akhir
A (Bak Penampung)	24	1 (Pintu Pengeluaran)	6	30
		2 (Pintu Pengeluaran)	13	28
		3 (Pintu Pengeluaran)	16	40
B (Bak Penampung)	22	1 (Pintu Pengeluaran)	6	28
		2 (Pintu Pengeluaran)	13	35
		3 (Pintu Pengeluaran)	16	38
C (Bak Penampung)	24	1 (Pintu Pengeluaran)	6	30
		2 (Pintu Pengeluaran)	13	28
		3 (Pintu Pengeluaran)	16	40
D (Bak Penampung)	44	1 (Pintu Pengeluaran)	6	50
		2 (Pintu Pengeluaran)	13	57
		3 (Pintu Pengeluaran)	16	60
		4 (Pintu Pengeluaran)	28	72

Dari kombinasi-kombinasi alternatif produk tersebut kemudian skornya dijumlahkan. Setelah itu diperoleh skor tertinggi dari semua kombinasi konsep produk tersebut yaitu kombinasi D + 4 + E + 5 + G + O dengan skor = 98 poin. Berikut ini adalah nilai seluruh kombinasi varian konsep produk yang muncul dari *Matrix Morphology*.

Tabel 6. Varian Alternatif

No	Varian Alternatif	Skor	No	Varian Alternatif	Skor
1	A+1+E+5+G	56	53	C+1+F+5+G	54
2	A+1+E+5+H	48	54	C+1+F+5+H	46
3	A+1+E+6+G	54	55	C+1+F+6+G	52
4	A+1+E+6+H	46	56	C+1+F+6+H	44
5	A+1+F+5+G	54	57	C+2+E+5+G	63
6	A+1+F+5+H	46	58	C+2+E+5+H	55
7	A+1+F+6+G	52	59	C+2+E+6+G	61
8	A+1+F+6+H	44	60	C+2+E+6+H	53
9	A+2+E+5+G	63	61	C+2+F+5+G	61
10	A+2+E+5+H	55	62	C+2+F+5+H	53
11	A+2+E+6+G	61	63	C+2+F+6+G	59
12	A+2+E+6+H	53	64	C+2+F+6+H	51
13	A+2+F+5+G	61	65	C+3+E+5+G	66
14	A+2+F+5+H	53	66	C+3+E+5+H	58
15	A+2+F+6+G	59	67	C+3+E+6+G	64
16	A+2+F+6+H	51	68	C+3+E+6+H	56
17	A+3+E+5+G	66	69	C+3+F+5+G	64
18	A+3+E+5+H	58	70	C+3+F+5+H	56
19	A+3+E+6+G	64	71	C+3+F+6+G	62
20	A+3+E+6+H	56	72	C+3+F+6+H	54
21	A+3+F+5+G	64	73	D+1+E+5+G	76
22	A+3+F+5+H	56	74	D+1+E+5+H	68
23	A+3+F+6+G	62	75	D+1+E+6+G	74
24	A+3+F+6+H	54	76	D+1+E+6+H	66
25	B+1+E+5+G	54	77	D+1+F+5+G	74
26	B+1+E+5+H	46	78	D+1+F+5+H	66
27	B+1+E+6+G	52	79	D+1+F+6+G	72
28	B+1+E+6+H	44	80	D+1+F+6+H	64
29	B+1+F+5+G	52	81	D+2+E+5+G	83
30	B+1+F+5+H	44	82	D+2+E+5+H	75
31	B+1+F+6+G	50	83	D+2+E+6+G	81
32	B+1+F+6+H	42	84	D+2+E+6+H	73
33	B+2+E+5+G	61	85	D+2+F+5+G	81

Tabel 6 (Lanjutan) Varian Alternatif

No	Varian Alternatif	Skor	No	Varian Alternatif	Skor
34	B+2+E+5+H	53	86	D+2+F+5+H	73
35	B+2+E+6+G	59	87	D+2+F+6+G	79
36	B+2+E+6+H	51	88	D+2+F+6+H	71
37	B+2+F+5+G	59	89	D+3+E+5+G	86
38	B+2+F+5+H	51	90	D+3+E+5+H	78
39	B+2+F+6+G	57	91	D+3+E+6+G	84
40	B+2+F+6+H	49	92	D+3+E+6+H	76
41	B+3+E+5+G	64	93	D+3+F+5+G	84
42	B+3+E+5+H	56	94	D+3+F+5+H	76
43	B+3+E+6+G	62	95	D+3+F+6+G	82
44	B+3+E+6+H	54	96	D+3+F+6+H	74
45	B+3+F+5+G	62	97	D+4+E+5+G	98
46	B+3+F+5+H	54	98	D+4+E+5+H	89
47	B+3+F+6+G	60	99	D+4+E+6+G	96
48	B+3+F+6+H	52	100	D+4+E+6+H	88
49	C+1+E+5+G	56	101	D+4+F+5+G	96
50	C+1+E+5+H	48	102	D+4+F+5+H	88
51	C+1+E+6+G	54	103	D+4+F+6+G	94
52	C+1+E+6+H	46	104	D+4+F+6+H	86

Kombinasi alternatif produk terbaik diperoleh karena memiliki skor tertinggi dari semua kombinasi konsep produk yang ada yaitu dengan kombinasi D + 4 + E + 5 + G + O dengan skor = 98 poin, sehingga alternatif produk No 97 inilah yang terpilih untuk dilanjutkan menjadi bentuk *prototype*.

#### 4. Kesimpulan

Terdapat tiga pengelompokan fungsi pada perancangan alat angkut material ini yang disusun berdasarkan fungsi tertinggi (fungsi utama), sampai fungsi terendah (fungsi pendukung), yaitu pada bagian wadah penampung, bagian pemegang, dan pada bagian roda dan rangka. Perancangan menghasilkan desain alat angkut yang dinilai dapat memenuhi keinginan konsumen yaitu: memiliki bak penampung dengan kapasitas angkut yang banyak, mempunyai pintu pengeluaran, pegangan yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, rangka yang kokoh, dan roda yang tidak berisik. *Matrix Morphology* menghasilkan 104 varian alternatif yang seluruhnya dapat dipasangkan satu dengan yang lainnya, kecuali untuk posisi pintu pengeluaran pada bagian depan, kiri dan kanan hanya mungkin dipasangkan pada bentuk bak penampung alternatif 4. Metode *shortest route part* (metode mencari keputusan), bisa digunakan untuk mengetahui alternatif terbaik dengan cara mengubah fungsi tujuan dari minimasi menjadi maksimasi, untuk mendapatkan skor tertinggi dari 104 varian rancangan produk yang muncul.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cross, Nigel., (2004). "*Engineering Design Methods*", John Willey & Sons, Chichester, England.
- [2] Budnick, McLeavey, & Mojena.,(2009). "*Principles of Operations Research for Management*", Richard D.Irwin Inc., AITBS India.
- [3] Harsokoesoemo,Darmawan.,(2004). "*Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*", Penerbit ITB, Bandung.
- [4] Vardeman, Stephen B, et al., (2010) *The Impact of Dr Shigeo Shingo on Modern Manufacturing Practices*. (<http://crunch.ivey.uwo.ca>).
- [5] Whitehouse & Wechsler, (2011). "*Applied Operations Research A Survey*", John Wiley & Sons, New York.
- [6] Maharseto Iskandar, Yoga. 2004. Pengaruh Postur dan Persentil Tubuh pada Gaya Beban di Segmen Tulang Belakang – Ruas L5/S1 pada Aktivitas Lifting Manual - Unpublished. Teknik Industri UNDIP: Semarang
- [7] Wignjosobroto, Sritomo. 2000. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Penerbit Guna Widya: Surabaya