

**APLIKASI ERGONOMI MENGGUNAKAN METODE VALUE
 ENGINEERING UNTUK MERANCANG ALAT BANTU
 PEMANTAUAN LINGKUNGAN PADA AREA PRODUKSI LINI A DI
 PT BBC**

***Ergonomics application Using the value engineering method to design
 environmental monitoring tools in the line A production area at PT BBC***

Aditya Dwi Nugraha¹, Ahmad Budiyanto², Angga Ravlyana Pradana Putera³, Dwi Yuliana
 Rahayu⁴, Rachman Catur Kurniawan⁵, Reyki Supendi⁶
^{1,2,3,4,5,6}Program studi Teknik industri, Fakultas Teknik, Universitas pelita bangsa
 Korespodensi email : ahmadbudiyanto609@gmail.com

Abstract

Based on interviews with analysts/operators, they often complain of back pain, back pain and cramps in their hands due to bending too much and holding environmental monitoring equipment. Another complaint is pain in their neck and legs due to standing for too long. Reba method and value engineering method. From the results The calculation shows that the compressive force or Fcompression value is 637 N and the shear force or Fshear is 0 N. The required compressive force and shear force values are respectively less than 3400 N and 500 N. So it can be concluded that the lifting of the counter particle tool using a tool auxiliary equipment is said to be safe. Based on the assessment of the initial working position before using the auxiliary equipment using the REBA method, it was found that the operator's working attitude had a very high level of risk with a recommendation that action was needed now (Score 11). Meanwhile, after the design of the work position, risk reduction results were obtained, where results were obtained for a work attitude with a low risk level (Score 3). This reduction in risk level occurs due to changes in the operator's working posture before design and after design. From the operator's original working position of bending down to pick up counter particles, he changed to standing with his back straight. From the overall assessment after design, the results can be obtained that the operator's body posture has a small level of risk for musculoskeletal.

Keywords: *Ergonomi, Alat pemantauan, Value engineering, Reba*

Abstrak

Berdasarkan wawancara dengan analis/operator, mereka sering mengeluhkan nyeri pinggang, nyeri punggung dan kram di tangan mereka karena terlalu banyak membungkuk dan memegang peralatan pemantauan lingkungan. Lain Keluhannya adalah nyeri pada leher dan kaki akibat terlalu lama berdiri. Metode dan nilai Reba metode rekayasa. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa gaya tekan atau Nilai Fkompresi sebesar 637 N dan gaya geser atau Fshear sebesar 0 N. Besarnya gaya tekan yang dibutuhkan dan nilai gaya geser masing-masing kurang dari 3400 N dan 500 N. Jadi dapat disimpulkan bahwa gaya angkat dari alat penangkal partikel menggunakan alat perlengkapan bantu dikatakan aman. Berdasarkan penilaian posisi kerja awal sebelum menggunakan alat bantu dengan metode REBA adalah menemukan bahwa sikap kerja operator mempunyai tingkat resiko yang sangat tinggi dengan rekomendasi tersebut tindakan diperlukan sekarang (Skor 11). Sedangkan setelah desain posisi kerja dilakukan pengurangan risiko diperoleh hasil, dimana diperoleh hasil untuk sikap kerja dengan tingkat risiko rendah (Skor 3). Penurunan tingkat risiko ini terjadi karena adanya perubahan postur kerja operator sebelum desain dan setelah desain. Dari posisi kerja awal operator membungkuk hingga pick up counter partikel, dia berubah menjadi berdiri dengan punggung tegak. Dari penilaian keseluruhan setelah desain, diperoleh hasil bahwa postur tubuh operator memiliki tingkat risiko yang kecil terhadap muskuloskeletal.

Kata kunci: *Ergonomi, Alat pemantauan, Value engineering, Reba*

Pendahuluan

Lingkup penelitian (dari segi objek yang diamati dan lingkup permasalahan yang akan diselesaikan) PT BBC merupakan perusahaan yang bergerak dibidang kesehatan tepatnya pada farmasi obat dan makanan yang seringkali kita jumpai di minimarket maupun di apotik apotik terdekat kita. Proses pemantauan lingkungan di PT.BBC adalah bagian yang berada di departemen microbiologi yang menangani proses sampel produksi, pengecekan air di lingkungan industry maupun menanggapi pada pemantauan lingkungan industry terutama pada cemaran mikroba, suhu ruangan, sirkulasi udara,dan lain sebagainya.

Area kerja yang di amati. Agar tercipta lingkungan kerja yang terkendali, dalam kegiatan sehari-hari PT.BBC mengatur kenyamanan pekerja dan pengawasan mutu produk di area produksi dalam beberapa parameter namun dari parameter tersebut terdapat ketidakergonomisan dalam penggunaannya diantaranya dilakukan pemantauan suhu ruang, kelembaban ruang, jumlah partikel debu, sirkulasi udara, dan cemaran mikroba. Berikut adalah alat yang digunakan untuk pengukuran pada proses pemantauan di area produksi diantaranya:

Tabel 1. Alat Pemantauan Lingkungan di Industry

No.	Nama	Gambar	Kegunaan
1.	Thermohygro		Untuk mengukur suhu dan kelembapan udara
2.	Particle Counter		Untuk mengukur jumlah particle debu
3.	Accubalance		Untuk mengukur sirkulasi udara
4.	Microbiological air sample		Digunakan untuk mengukur jumlah mikroba dengan menggunakan media sebagai pembantu dalam pengecekan media berupa TSA dan SDA

Dalam pelaksanaannya, pemantauan di area produksi dilakukan dalam waktu yang sama 1 bulan 2 kali pada minggu kedua dan minggu ke empat. Proses pengukuran partikel udara menggunakan alat particle counter dengan berat 8 kg, Pengukuran particle counter dilakukan setinggi 1 meter dari lantai, namun mereka hanya menggunakan perkiraan 1 meter terhadap tinggi badan mereka. Jika diasumsikan dalam satu hari analisis pemantauan lingkungan mampu melakukan proses pemantauan sebanyak 10 ruangan dengan luas masing-masing ruangan sebesar 120 m². Dari masing-masing ruangan analisis pemantauan lingkungan melakukan pengukuran sebanyak 5 titik diantaranya sebelah kanan 2 sudut, sebelah kiri 2 sudut dan posisi tengah ruangan. Disetiap titik analisis pemantauan lingkungan harus mengangkat beban dari titik satu ke titik lainnya dengan membawa pompa vakum sebanyak 25 kali (5 titik X 5) Dengan berat 8 kg dan memegang probe yang terhubung kepompa sebanyak 25 titik, itu berarti total waktu yang dibutuhkan sebanyak 750 detik (25 X 30 Detik). Berikut proses dilakukannya pengukuran partikel udara dengan menggunakan particle counter dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 1. Proses Pengukuran Particle Udara

Permasalahan yang teridentifikasi diperusahaan sesuai objek dan tema penelitian Postur kerja yang salah sering diakibatkan oleh peletakkan alat yang kurang sesuai dengan antropometri tenaga kerja sehingga mempengaruhi kinerja tenaga kerja tersebut. Seperti halnya Analisis pemantauan lingkungan PT. BBC dalam penggunaannya terdapat gerakan berdiri dan membungkuk karena alat diletakkan di atas lantai dan pengukuran dilakukan dalam posisi berdiri serta posisi tangan memegang probe seberat 0,5 kg dari selang yang terhubung ke unit pompa particle counter. Posisi tersebut menuntut analis bekerja sangat cepat agar pengecekan tersebut diselesaikan sesuai schedule yang telah direncanakan. Akan tetapi, posisi dari pengecekan tersebut tidak sesuai dengan sifat ergonomi yang menuntut pekerjaan dilakukan dengan nyaman tanpa menimbulkan resiko dikemudian hari. Dari analisa diatas, masih teridentifikasi analis bekerja tidak sesuai posisi kerja yang nyaman pada saat pengecekan pemantauan lingkungan di area produksi. Berdasarkan wawancara analis sering mengeluh sakit pinggang, punggung, dan kram pada bagian tangan akibat terlalu banyak membungkuk dan memegang alat pemantauan lingkungan, keluhan yang lain adalah sakit pada bagian leher dan kaki akibat berdiri terlalu lama. **Apa solusi yang telah ada sekarang atau yang telah dilakukan oleh perusahaan? Hasilnya seperti apa, kelemahannya apa?** Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut Perusahaan bunga bangsa cempaka PT.BBC Melakukan sebuah pemikiran dalam alat bantu analisis postur dan keergonomisan dalam penunjang pekerjaan yang lebih nyaman dan efektif untuk kedepannya yaitu yang pertama membuat alat bantu penyangga 3 kaki untuk penunjang peletakkan alat probe particle counter guna untuk memudahkan analis pemantau lingkungan dalam pengambilan jumlah particle debu sehingga pada saat pengecekan analis tidak lagi memegang probe sampai waktu pengecekan selesai, yang kedua dilihat dari postur badan dan waktu yang efisien yaitu pembuatan alat troli 2 lantai dengan ukuran persegi dan tidak terlalu besar guna untuk memudahkan analis dalam membawa dan memindahkan alat ke satu titik ke titik lainnya dan berguna juga pada saat alat tersebut (particle counter) pada saat

pengecekan berlangsung dan posisi alat tersebut berada diatas troli, tidak berada dilantai sehingga analisis tersebut tidak dalam keadaan membungkuk. Namun kelemahan dari alat bantu kedua ini analisis tersebut harus mengangkat troli tersebut pada saat berhadapan dengan pembatas area di produksi. **Apa yang akan dilakukan pada penelitian ini?** Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko tersebut adalah dengan melakukan analisis postur kerja. Penilaian ini penting dilakukan karena postur kerja yang salah dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan kelelahan pada pekerja yang berisiko menimbulkan penyakit MSDs. Tujuan analisis postur adalah untuk mengetahui seberapa besar risiko penyakit yang ditimbulkan akibat pekerjaan yang dilakukan. Hasil tersebut dijadikan acuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan postur kerja maupun lingkungan kerja. **Mengapa penelitian ini penting dilakukan?** Dengan penerapan metode value engineering dengan aspek ergonomis yaitu Rapid Upper Limb assessment (REBA), PT BBC dapat meningkatkan Analisis microbiology bekerja sangat cepat agar pengecekan tersebut mudah diselesaikan dan mungkin bisa juga meningkatkan efisiensi dan produktivitas, serta meningkatkan pengurangan keluhan pada saat pengecekan berlangsung. Oleh karena itu, penerapan metode value engineering contohnya pada tahap pengumpulan data atau tahap informasi (wawancara, observasi, dan kuesioner), sangat diperlukan untuk memecahkan masalah terhadap keluhan-keluhan analyst atau pekerja dibagian pengecekan microbiology PT. BBC tersebut. **Metode apa yang digunakan dalam penelitian ini?** Dalam ergonomi, dikenal beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis postur kerja, di antaranya adalah Rapid Upper Limb Assessment (RULA), c Ovako Working Posture Analysing System (OWAS), Occupational Repetitive Action (OCRA), Gradients of Occupational Health in Hospital (GROW), dan Quick Exposure Check (QEC). Namun perusahaan tersebut menggunakan metode dalam menganalisis postur tubuh hanya menggunakan metode Rapid Entire Body assessment (REBA) Serta menggunakan metode penyelesaiannya menggunakan teknik manajemen yang telah teruji yang menggunakan pendekatan sistematis dan suatu item/masalah atau system dengan tujuan memperoleh fungsi yang diminta dengan biaya kepemilikan total paling kecil yang disesuaikan dengan persyaratan permintaan penampilan, rehabilitas, kualitas, dan kemudahan untuk pemeliharaan. **Kajian Pustaka** Berdasarkan pencarian yang saya lakukan, sudah ada yang melakukan penelitian dengan memakai Metode Analisis Rapid Entire Body Assessment (REBA) seperti kami, tetapi dengan objek yang berbeda Perancangan Alat Bantu Untuk Memperbaiki Postur Kerja Pada Aktifitas Memelitur Dalam Proses Finishing. Penelitian itu dilakukan oleh Argadia Teguh Widodo dan Rahmaniya Dwi Astuti pada tahun 2015. Berdasarkan pencarian yang saya lakukan, saya menemukan teori yang sama dengan analisis saya, tetapi dengan objek yang berbeda. Karya itu milik Mutmainah dan Mardhiana Sari dari Universitas Muhammadiyah Jakarta dengan judul “Perancangan Alat Bantu Alat Pemantau Area Produksi Yang Ergonomis Dengan Metode Value Engineering (Studi Kasus PT BT)”.

Metodologi Penelitian

Objek penelitian

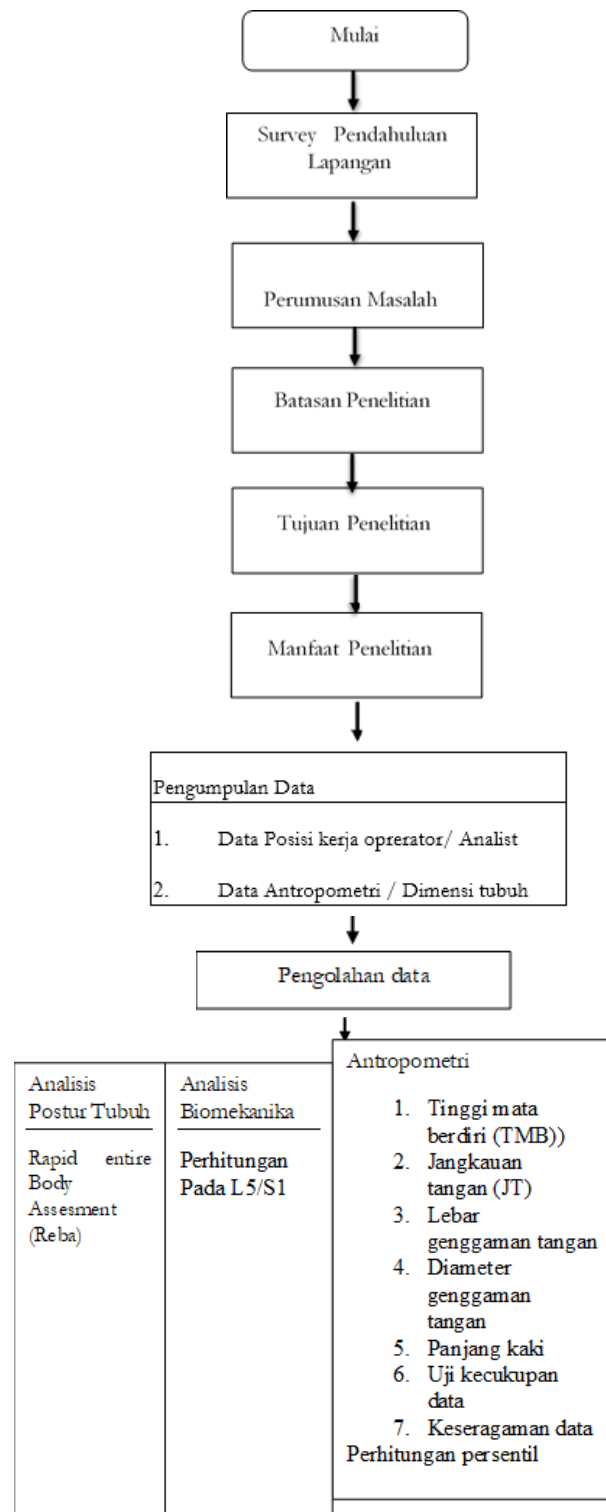
Penelitian dilakukan terhadap postur kerja dari pekerja operator/ analyst microbiologi terkait dalam permasalahan pengecekan di lingkungan industry tersebut. Tahap pengumpulan data yang diambil. Jenis data yang diambil terdiri dari data kuantitatif data kuantitatif berupa data mengenai data persentil tubuh, data intensitas cahaya, jumlah partikel counter, dan data denyut nadi. Berikut adalah metode-metode yang dilakukan pada pengambilan data kualitatif dan kuantitatif, yaitu : 1. Wawancara 2. Observasi 3. Kuesioner.

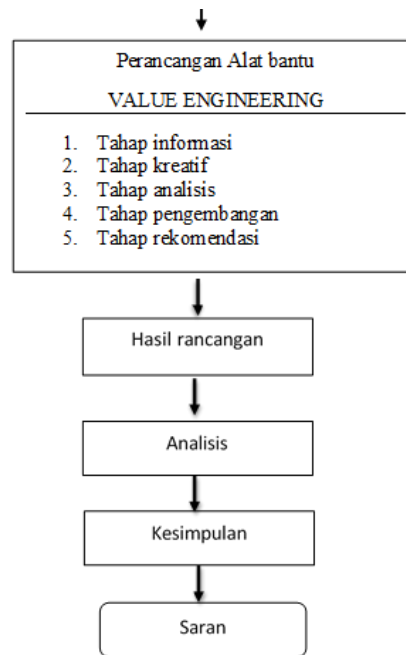
Alat dan bahan Penelitian

1. Worksheet REBA untuk menilai postur kerja yang diadopsi dari rancangan workseet REBA penelitian terdahulu.
2. Kuesioner berupa gform yang diberikan kepada pekerja sehingga kita mengetahui keluhan-keluhan yang terjadi.

3. Handpone sebagai media perekam pada saat wawancara berlangsung dan Kamera untuk mengambil gambar kegiatan selama proses kerja berlangsung.
4. Alat tulis berupa kertas putih polos atau hvs beserta bolpoint untuk mencatat beberapa hal yang penting.

Diagram Alir Pemecahan Masalah











Gambar 2. Diagram Alir Pemecahan Masalah

Hasil Dan Pembahasan

Tahap informasi

Pengumpulan data yang diambil berupa data partikel debu, denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja operator/Analist saat menggunakan alat bantu dan sebelum menggunakan alat bantu dan Dilakukan survey dan wawancara terhadap operator atau analyst microbiologi tersebut. Data rekam nordic body map Didapat total keluhan sebanyak 55 maka didapat nilai tingkat resiko 3 dengan kategori sangat tinggi, hal ini berarti diperlukan Tindakan menyeluruh sesegera mungkin. Posisi tubuh berdasarkan metode REBA

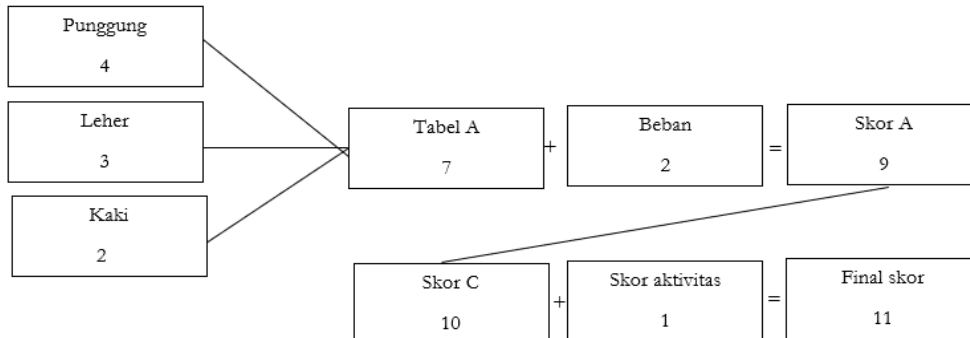
NO	Gambar	Bagian postur tubuh
1		Upper Arm (Lengan atas) 65 derajat
2		Lower arm (Lengan bawah) 45 Derajat
3		Wrist (Pergelangan tangan) 30 derajat

NO	Gambar	Bagian postur tubuh
1		Leg (Kaki) 35 derajat
2		Trunk (Punggung) 85 derajat
3		Neck (Leher) 25 derajat

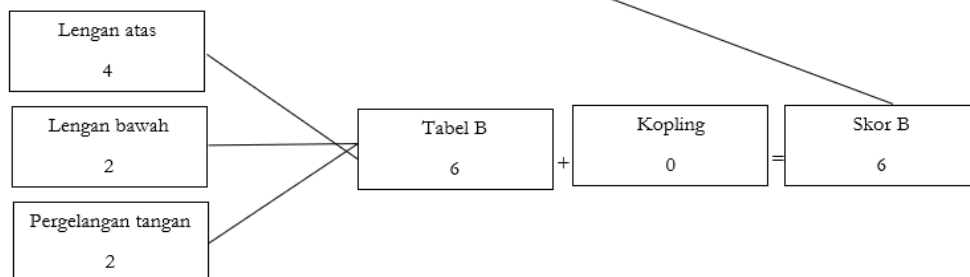
Gambar 3.a Posisi tubuh metode REBA Gambar 3.b Posisi tubuh metode REBA


Hasil Rekapitulasi Reba

GROUP A



GROUP B



Operator	BB/ kg	T	b (c m)	b (c m)	Berat badan(Kg)	d (c m)
	65	1 5	36	50	8	3

Gambar 4. Posisi tubuh dengan biomekanika

Keterangan :

- BB : Berat badan (Kg)
 T : Sudut torso axis terhadap garis vertical L5/S1
 b : Jarak antara titik pusat masa dengan L5/S1
 h : Jarak antara pusat benda dengan L5/S1
 d : Jarak antara otot punggung dan tulang belakang

$$\begin{aligned}
 \sum ML_{5/S1} &= 0 = ML_{5/S1} + M_{L5/S1} \\
 \sum ML_{5/S1} &= 0 = ML_{5/S1} + M_{\underline{L5/S1}} \\
 ML_{5/S1} &= -\underline{ML_{5/S1}} \\
 ML_{5/S1} &= M_{\text{tubuh}} + M_{\text{beban}} \\
 ML_{5/S1} &= (m \cdot b \cdot g_{bw}) + (m \cdot h \cdot g_{load}) \\
 M_{L5/S1} &= (-65 \times 0,36 \text{ m} \times 9,8) + (-8 \times 0,50 \text{ m} \times 9,8) \\
 M_{L5/S1} &= -268,52 \text{ Nm (atau } 268,52 \text{ Nm searah jarum jam)} \\
 ML_{5/S1} &= -\underline{ML_{5/S1}} \quad ML_{5/S1} \\
 &= 268,52 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Momen internal yang terjadi sebagai respons adanya momen eksternal disebabkan adanya kerja otot punggung.

$$M_{L5/S1} = F_{otot} \times d$$

$$268,5 = (F_{otot} \times d) = F_{otot} \times 0,03 \text{ m}$$

$$F_{otot} = \frac{268,52 \text{ Nm}}{0,03 \text{ m}}$$

$$F_{otot} = 9421 \text{ N (Ke atas)}$$

Kerja otot tersebut akan mengakibatkan adanya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S.

$$F_{compression} = F_{tubuh} \sin\theta + F_{beban} \sin\theta + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (m. \text{gbw.} \sin\theta) + (m. \text{gload.} \sin\theta) + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (65 \times 9,8 \times \sin 15 \text{ derajat}) + (8 \times 9,8 \times \sin 15 \text{ derajat}) + 9421 \text{ N}$$

$$F_{compression} = 9606,15 \text{ N}$$

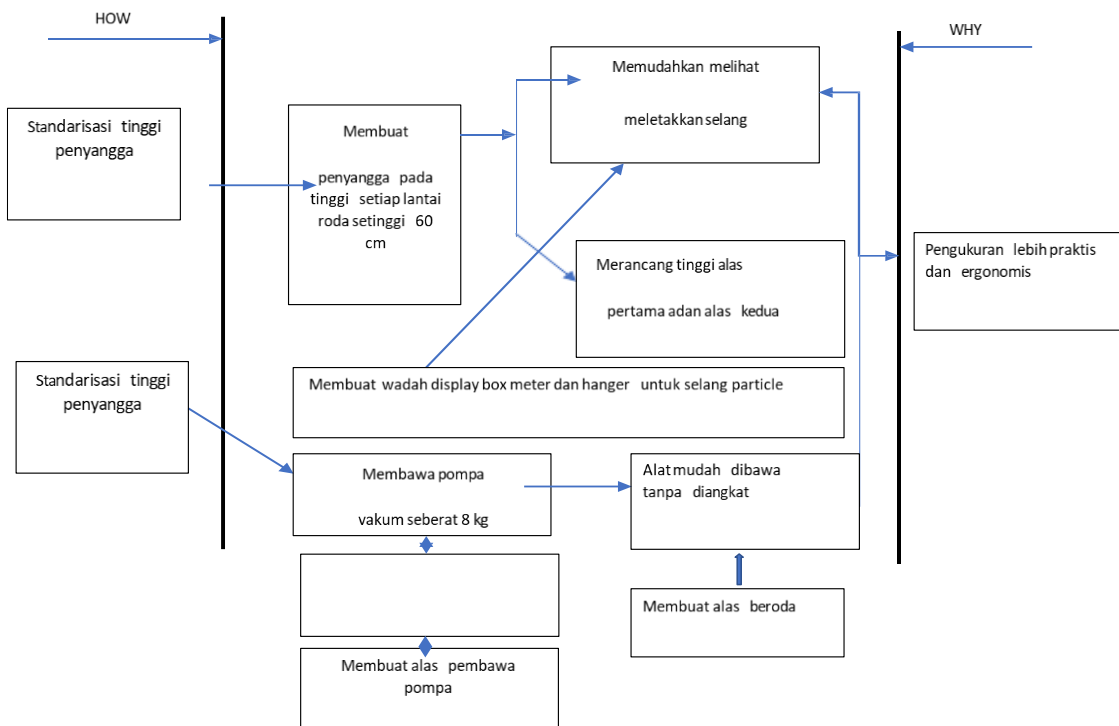
$$F_{shear} = (m. \text{gbw.} \cos\theta) + (m. \text{gload.} \cos\theta)$$

$$F_{shear} = (65 \times 9,8 \times \cos 15) + (8 \times 9,8 \times \cos 15)$$

$$F_{shear} = 691,023 \text{ N}$$

Diagram FAST

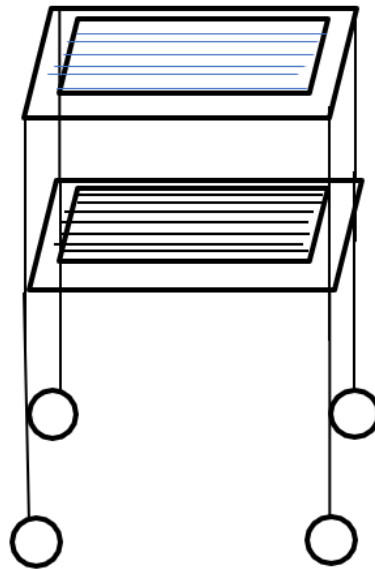
Diagram Fast dibawah ini menjelaskan kebutuhan primer atau sekunder dari desain alat bantu yang akan dibuat.



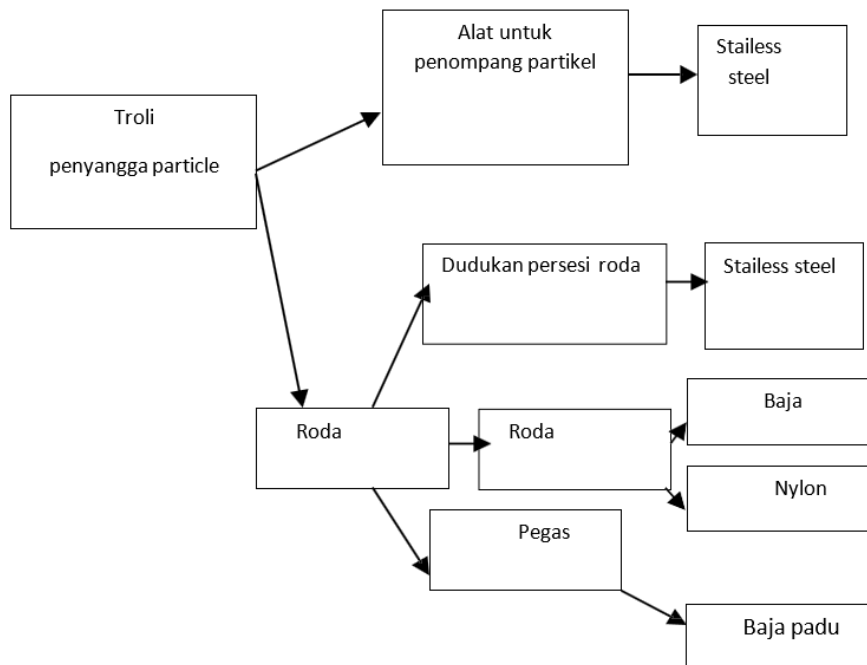
Gambar 5. Kebutuhan primer dan sekunder dari desain alat bantu

Tahap Kreatif

Dalam langkah ini akan di munculkan beberapa alternative desain yang di harapkan mencapai fungsi basic seperti yang diidentifikasi di langkah sebelumnya.



Gambar 6. Usulan Gambar



Gambar 7. Bill of Material Usulan

Berikut dimensi tubuh operator yang digunakan dalam proses perancangan:

Tabel 2. Dimensi Tubuh

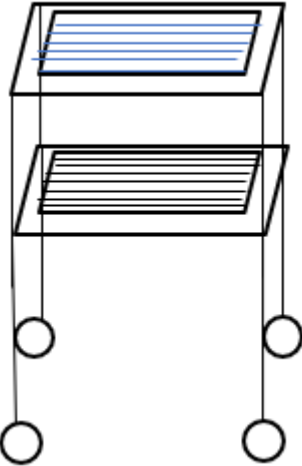
Data yang di ukur	Cara pengukuran	Kegunaan
Tinggi mata berdiri (TMB)	Dimensi ini di ukur dari lantai samapai mata subjek secara vertical dalam posisi berdiri dengan kepala tegak	Untuk memudahkan melihat display

Jangkauan tangan (JT)	Ukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subjek berdiri tegak,tangan direntangkan horizontal kedepan	Untuk menentukan jangkauan untuk meraih pratikel paling atas alas nya
Lebar genggam tangan (LGT)	Dimensi ini diukur jarak lebar dari garis lurus lengan sampai ujung titik pinggir ibu jari dalam keadaan Membuka rapat	Untuk menentukan lebar dari pegangan troli 4 sisi tersebut
Diameter genggam tangan(DGT)	Dimensi ini diukur dari besarnya diameter tangan saat menggenggam benda	Untuk menentukan diameter pegangan (handle) tiang troli yang digunakan
Panjang kaki (PK)	Dimensi ini diukur dari jarak horizontal dari bagian belakang kaki (tumit) kebagian paling depan jari kaki Kanan	Untuk menentukan jangkauan panjang kaki troli tersebut

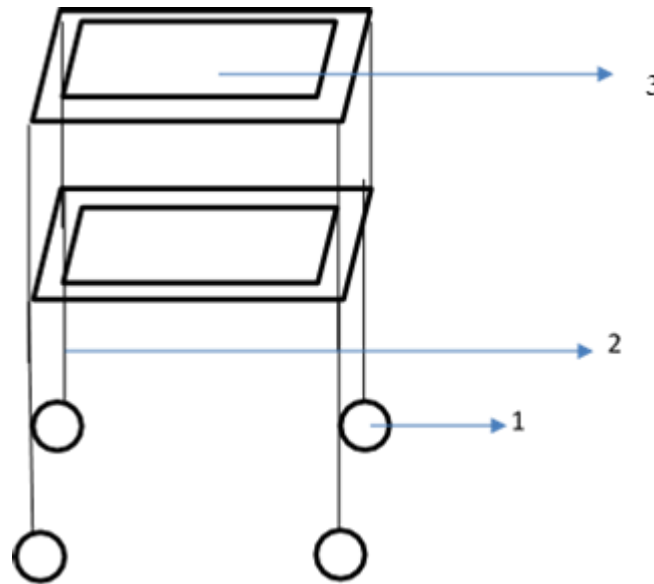
Tahap Analisis

Pada tahap ini akan dibahas mengenai diskripsi produk desain tersebut, fungsi dan pemilihan material serta biaya material yang akan digunakan agar dapat diperoleh alternatif yang paling memenuhi kebutuhan pengguna. Analisis pemilihan material, analisis pemilihan fungsi dan harga tiap benda tersebut.

Tabel 3. Deskripsi Produk

Deskripsi Produk	
	<p>Harga: Rp.500.000.,</p> <p>Basic: Mempermudah pengukuran particle counter</p> <p>Keutamaan : Bisa dibawa kemana-mana / flexible</p> <p>Estetika:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Material stainless membuat alat bantu terlihat eksklusif dibanding material lainnya - Ringkas, tidak memerlukan ruang yang lebih untuk penyimpanan

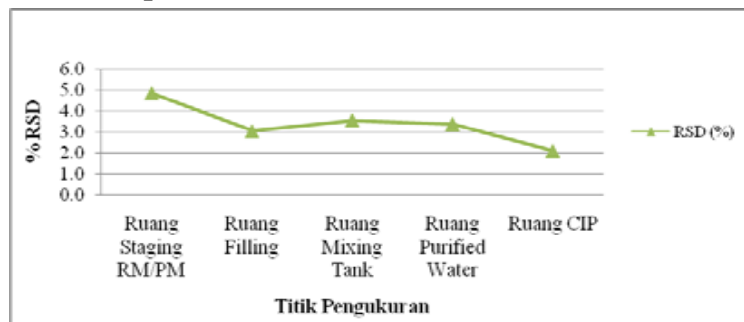
Setelah di koordinasikan kepada pengguna operator/analist danmdapat dilihat dari uraian diatas, desain tersebut adalah desain yang disukai oleh pengguna. Oleh karena itu diputuskan bahwa desain tersebut merupakan desain yang akan digunakan. Berikut akan diuraikan dimensi alat bantu yang akan dibuat berdasarkan hasil perhitungan data antropometri dan jenis material yang akan digunakan :



Gambar 8. Dimensi Alat Bantu

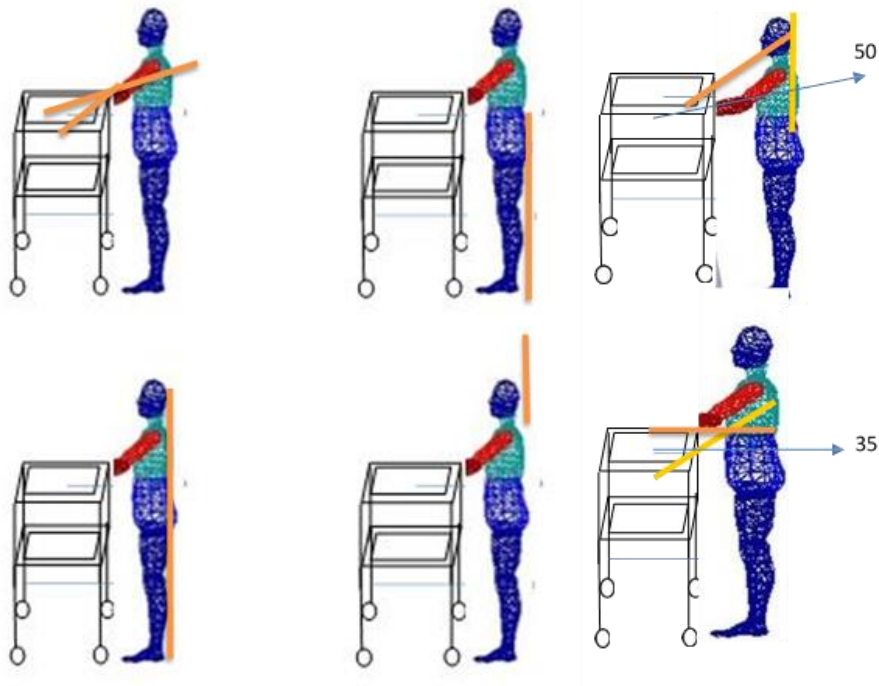
1. Roda pegas (Road Leg)
Tinggi roda sebesar 5 cm, bersama dengan tinggi as menjadi 7 cm. Terbuat dari material nylon dan baja padu untuk pegas yang berguna untuk meredam getaran, material nylon merupakan bahan yang tahan terhadap pengikisan akibat gesekan dibandingkan material karet.
2. Kaki Tripod (Bracket Leg)
Material yang digunakan pada bagian ini yaitu stainless steel tipe 416, karena material ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, tahan terhadap paparan asam langsung. Memiliki tinggi kaki sepanjang 70 cm sebanyak 4 buah.
3. Alas Penyangga Partikel (Base Tools)
Alas penyangga partikel counter berbentuk persegi/ segi 4. Material yang digunakan pada bagian ini yaitu stainless steel tipe 416, karena material ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, tahan terhadap paparan asam langsung. Memiliki dimensi ukuran 60 x 60 x 0,3 cm.

Analisis Alat bantu terhadap %RSD



Gambar 9. Grafik %RSD

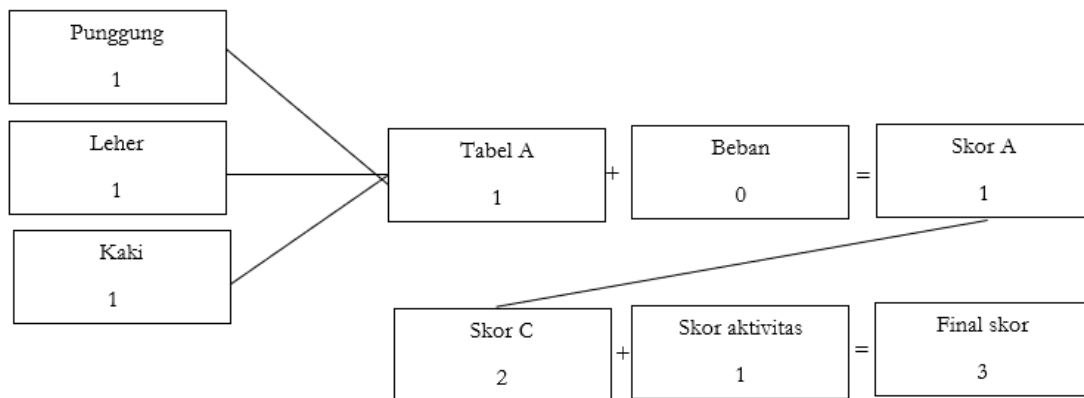
Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil standar deviasi pada saat menggunakan alat bantu terdapat perbedaan signifikan dengan hasil standar deviasi hasil analisa yang menggunakan alat bantu, nilai rata – rata RSD 3,38.



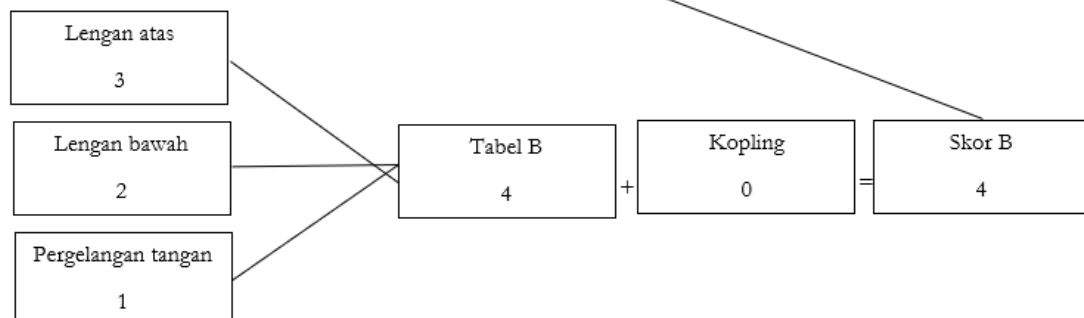
Gambar 10 . Analisis Alat bantu terhadap REBA

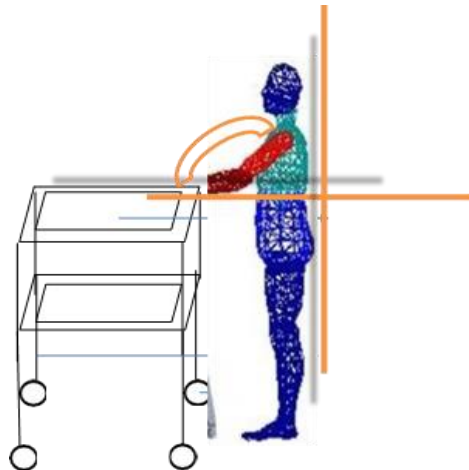
Rekapitulasi Hasil REBA Sesudah ada alat bantu

GROUP A



GROUP B





Gambar 11. Analisis Alat bantu terhadap Biomekanika

- BB : Berat badan (Kg)
 T : Sudut torso axis terhadap garis verical L5/S1
 b : Jarak antara titik pusat masa dengan L5/S1
 h : Jarak antara pusat benda dengan L5/S1
 d : Jarak antara otot punggung dan tulang belakang

$$\begin{aligned} \sum ML5/S1 &= 0 = ML5/S1 + ML5/S1 \\ ML5/S1 &= - ML5/S1 \\ ML5/S1 &= Mtubuh + Mbeban \\ ML5/S1 &= (m \cdot b \cdot gbw) + (m \cdot h \cdot gload) \\ M_{L5/S1} &= (-65 \times 0 \text{ m} \times 9,8) + (-0 \times 0,50 \text{ m} \times 9,8) \\ M_{L5/S1} &= -0 \text{ Nm (atau } 268,52 \text{ Nm searah jarum jam)} \\ ML5/S1 &= -ML5/S1 \\ ML5/S1 &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Momen internal yang terjadi sebagai respons adanya momen eksternal disebabkan adanya kerja otot punggung.

$$M_{L5/S1} = F_{otot} \times d$$

$$0 = (F_{otot} \times d) = F_{otot} \times$$

$$0,03 \text{ m} F_{otot} = 0 \text{ Nm}$$

$$0,03 \text{ m}$$

$$F_{otot} = 0 \text{ N (Ke atas)}$$

Kerja otot tersebut akan mengakibatkan adanya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1.

$$F_{compression} = F_{tubuh} + F_{beban} \sin \theta + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (m \cdot gbw \cdot \sin 90^\circ) + (m \cdot gload \cdot \sin \theta) + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (65 \times 9,8 \times \sin 90 \text{ derajat}) + (0 \times 9,8 \times \sin 90 \text{ derajat}) + 0 \text{ N}$$

$$F_{compression} = 637 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 F_{shear} &= F_{tubuh} \cos\theta + F_{beban} \cos\theta \\
 F_{shear} &= (m \cdot g_{bw} \cdot \cos\theta) + (m \cdot g_{load} \cdot \cos\theta) \\
 F_{shear} &= (65 \times 9,8 \times \cos 90) + (8 \times 9.8 \times \cos 90) \\
 F_{shear} &= 0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai gaya tekan atau $F_{compression}$ sebesar 637 N dan gaya geser atau F_{shear} sebesar 0 N. Nilai gaya tekan dan gaya geser yang dipersyaratkan masing – masing kurang dari dari 3400 N dan 500 N. Maka dapat disimpulkan bahwa pengangkatan alat partikel counter dengan menggunakan alat bantu dikatakan aman.

Kesimpulan

1. Berdasarkan penilaian posisi kerja awal sebelum menggunakan alat bantu dengan metode REBA diperoleh hasil sikap kerjaoperator memiliki level resiko sangat tinggi dengan rekomendasi perlu tindakan sekarang juga (Skor 11). Sedangkan posisi kerja sesudah perancangan, didapatkan hasil penurunan resiko, dimana diperoleh hasil sikap kerja dengan level resiko rendah (Skor 3). Penurunan level resiko ini terjadi karena adanya perubahan postur kerja operator sebelum perancangan dan sesudah perancangan. Dari semula posisi kerja operator membungkuk untuk mengambil partikel counter berubah menjadi berdiri dengan punggung tegak dari keseluruhan penilaian setelah perancangan dapat diperoleh hasil bahwa postur tubuh operator memiliki level resiko yang kecil terhadap cedera musculoskeletal dengan rekomendasi perbaikan beberapa waktu ke depan.
2. Berdasarkan posisi kerja dengan biomekanika sebelum menggunakan alat bantu menghasilkan gaya tekan ($F_{compression}$) sebesar 9606,15 N dan gaya geser (F_{shear}) sebesar 691,023 N sedangkan dengan menggunakan rancangan alat bantu menghasilkan gaya tekan ($F_{compression}$) sebesar 637 N dan gaya geser (F_{shear}) sebesar 0 N. Hasil tersebut berada di bawah batasan *Action Limit* yaitu sebesar 3400 N untuk gaya tekan dan 500 N untuk gaya geser. Sehingga dengan adanya rancangan alat bantu ini dapat meminimasi besarnya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada lempeng tulang belakang bagian bawah tepatnya pada L5/S1.
3. Berdasarkan analisis serta rancangan pengembangan ukuran untuk membuat alat bantu yang ergonomis adalah sebagai berikut : a. Ukuran untuk alat bantu pada pengukuran partikel udara, intensitas cahaya dan sirkulasi udara didesain seergonomis mungkin menggunakan dimensi tubuh tingginya mata beridiri (TMB) 157 cm, jangkauan tangan (JT) 74 cm, lebar genggam tangan (LGT) 11 cm, diameter genggam tangan 3 cm dan panjang kaki (PK) 28 cm. Sedangkan ukuran lainnya mengikuti ukuran yang telah ditetapkan berdasarkan dimensi tubuh operator.
4. Menggunakan alat bantu dapat meningkatkan kepresisian dalam pengukuran terlihat dari nilai range standar deviasi, untuk pengukuran partikel udara sebelum menggunakan alat bantu rata – rata RSD = 12,7% sedangkan sesudah menggunakan alat bantu rata – rata RSD = 3,4%.
5. Adanya alat bantu yang dibuat dengan desain yang sesuai merupakan desain ergonomis yang dapat mereduksi beban otot operator dalam bekerja sehingga mengurangi kelelahan dalam bekerja

Daftar Rujukan

- [1] H. Djamal, Nelfiyanti, and M. F. Kurniawan, “Desain Alat Bantu Pengambilan Part di Warehouse PT. XYZ dengan Aspek Ergonomi,” *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 81–91, 2019.
- [2] A. D. Iswahyuni “Analisa Desain Kemasan Stik Sukun *Artocarpus Altili*) Menggunakan Metode Value Engineering,” *Jurnal Teknik*, vol. 18, no. 2, pp. 159–170, 2020, doi: 10.37031/jt.v18i2.108.
- [3] M. Mutmainah and M. Sari, “Perancangan Alat Bantu Alat Pemantau Area Produksi Yang Ergonomis Dengan Metode Value Engineering (Studi Kasus Pt Bt),” *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 51–62, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi>

- [4] A. J. Purnomo *e al.*, “Desain Troli Ergonomis sebagai Alat Angkut Gas LPG,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 16, no. 1, pp. 131–140, 2010, [Online]. Available:<https://repository.upnvj.ac.id/6268/2/AWAL.pdf>
- [5] Haryanto, L. T. Perancangan Ulang Alat Bantu Jalan (Walker) untuk Pasien Pasca Stroke Menggunakan Metode Value Engineering. 2012.
- [6] Kholisyah, Z. Analisis Beban Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Methana (CH₄) dari Kegiatan Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka (Studi kasus Kec. Sarirejo, Kab. Lamongan). 2019.
- [7] Prasetyo, H. Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif. 2010.
- [8] Sokhibi, A. Perancangan Kursi Ergonomis untuk Memperbaiki Posisi Kerja pada Proses Packaging Jenang Kudus. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 61-72. 2017.
- [9] Subiantoro, I. Rancang Bangun Kompokor Batubara untuk Kebutuhan Industri Rumah Tangga. *JRM*, Vol. 02, No.03, 64-67. 2015.
- [10] Amirin, Tatang M. 2011. “Populasi dan sampel penelitian 4: Ukuran sampel rumus Slovin.” Tatangmangun.wordpress.com
- [11] Contini, R. and Drill, R., in *Advances in Bioengineering and Instrumentation*, Alt, F, Ed., Plenum Press, New York, 1966.
- [12] Dyah Ika Rinawati, Gregorius Budhi Wisnu S, Perancangan Alat Bantu Guna Mereduksi Beban Otot Yang Diterima Oleh Pekerja Fine Fokus Adjustment Di PT ArisaMandiri Pratama, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [13] Hardianto Iridiastadi, Ir., MSIE, Ph. D., dkk. 2014. *Ergonomi Suatu Pengantar*.
- [14] Hignett, S., & McAtamney, L. Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*.31 (2), 201-205. 2000.
- [15] Nurmianto, Eko. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Pertama, Guna Widya, Jakarta. 1996.
- [16] Riyanto. *Validasi & Verifikasi Metode Uji : Sesuai dengan ISO / IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta. 2014.
- [17] SNI.19-7119.3-2005 Udara Ambient bag 3, Cara uji Partikel Tersuspensi, menggunakan High Volume Sampler (HVAS), dengan metode gravimetric, 2005.
- [18] Tarwaka , PGDip.Sc., M. Erg. *Ergonomi Industri. Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Edisi II. Surakarta – Indonesia. 2015.