

PERANCANGAN ALAT BANTU ALAT PEMANTAU AREA PRODUKSI YANG ERGONOMIS DENGAN METODE *VALUE ENGINEERING (STUDI KASUS PT BT)*

Mutmainah¹, Mardhiana Sari²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah, Jakarta Pusat, 10510
E-mail: mutmainah.matjjik@yahoo.com

ABSTRAK

PT BT mengatur kenyamanan pekerja dan pengawasan mutu produk di area produksi dalam beberapa parameter diantaranya dilakukan pemantauan suhu ruang, kelembaban ruang, intensitas cahaya, jumlah partikel debu, sirkulasi udara, dan cemaran mikroba. Data yang didapatkan melalui interview dan penyebaran kuisioner SNQ kepada 10 orang operator, 80% operator mengeluh kelelahan setelah melakukan pengukuran partikel debu dikarenakan pada proses pengukurannya dilakukan secara manual.

Metode yang digunakan dalam perancangan alat bantu adalah *Value Engineering* yang memiliki tahap-tahap yaitu, tahap informasi, tahap kreatif, tahap evaluasi, tahap pengembangan dan tahap rekomendasi. Dalam pengumpulan data dan pemecahan masalah menggunakan SNQ (*Standart Nordic Quistionnaire*), REBA, Uji keprisisian data partikel debu, serta pendekatan biomekanika dan antropometri.

Hasil evaluasi didapat melalui analisis posisi kerja menggunakan REBA didapat skor 11 (level resiko sangat tinggi) sebelum menggunakan alat bantu dan skor 2 (level resiko rendah) setelah menggunakan alat bantu. Pada posisi kerja berdasarkan biomekanika hasil Gaya Tekan ($F_{compression}$) dan Gaya Geser (F_{shear}) didapat masing-masing sebesar 9616,30 N dan 676,2 N tanpa menggunakan alat bantu sedangkan Gaya Tekan ($F_{compression}$) dan Gaya Geser (F_{shear}) didapat masing-masing 728,88 N dan 0 N setelah menggunakan alat bantu. Dari perhitungan denyut nadi kerja yaitu bahwa %CVL dikatakan dalam kategori beban kerja berat dan memerlukan perbaikan untuk pekerjaan tanpa alat bantu yaitu 45,06%, dan kategori ringan untuk pekerjaan dengan alat bantu yaitu 23%. Pada *Total Metabolisme* yang didasarkan pada konsumsi oksigen dan pengeluaran energy dikatakan kategori beban kerja berat yaitu sebesar 353,50 kcal/h untuk pekerjaan tanpa alat bantu dan beban kerjaringan 134,33 kcal/h setelah bekerja menggunakan alat bantu.

Kata kunci: alat bantu, denyut nadi, ergonomis, *value engineering*, REBA, SNQ

ABSTRACT

PT BT regulates workers' comfort and product quality control in the production area in several parameters such as monitoring room temperature, room humidity, light intensity, dust particle count, air circulation, and microbial contamination. Preliminary research has been done from the calculation of the average of RSD (Relative Standard Deviation) / precision data on the measurement of air particles obtained value of 12.78%. From the calculation of the working pulse in the can that% CVL of 45.06%, while through the calculation of total body metabolism obtained results of 353.50 Kcal / hour. Data obtained through interviews and distribution of SNQ questionnaires to 10 operators, 80% of operators complained of fatigue after measuring dust particles due to the measurement process done manually.

The method used in the design of the assistive tool is Value Engineering which has stages namely, information stage, creative phase, evaluation phase, development stage and recommendation

phase. In data collection and problem solving using SNQ (Standart Nordic Quistionnaire), REBA, Testing of dust particle data, as well as biomechanics and anthropometry approaches.

This study resulted in the design of a multifunctional tripod support tool made of stainless steel. The result of the evaluation was obtained through analysis of work position using REBA got score 11 (very high risk level) before using tool and score 2 (low risk level) after using tool. In the working position based on biomechanics, the results of Press Style ($F_{compression}$) and Shear Style (F_{shear}) are 9616,30 N and 676,2 N respectively without using tools, while the $F_{compression}$ and Shear Styles (F_{shear}) Respectively 728.88 N and 0 N after using the tool. From the calculation of the working pulse is that the % CVL is said to be in the category of heavy workload and require repair for work without tools that is 45.06%, and the light category for work with the tools is 23%. In Total Metabolism based on oxygen consumption and energy expenditure, it is said that heavy work load category is 353.50 kcal / h for work without tools and work load 134,33 kcal / h after working with tools.

Keywords: aids, pulse, ergonomics, value engineering, REBA, SNQ

1. PENDAHULUAN

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

| No | Nama Alat | Keterangan |
|----|--|---|
| 1 |  Thermohygro Ecolog | Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan |
| 2 |  Lux Meter | Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya |
| 3 |  Partikel Counter | Digunakan untuk mengukur jumlah partikel debu |
| 4 |  Balometer | Digunakan untuk mengukur sirkulasi udara |
| 5 |  Microbiological Air Sampler | Digunakan untuk mengukur jumlah mikroba |

Gambar 1. Alat ukur yang digunakan untuk proses pemantauan area produksi

Dalam Pelaksanaannya, pemantauan di area produksi dilakukan dalam rentang waktu yang sama yaitu 3 kali seminggu. Selama ini kondisi operator dalam melakukan pengukuran sirkulasi udara dan partikel udara dilakukan secara manual. Pada saat pemantauan dilakukan, seringkali operator mengeluh kelelahan setelah melakukan pengukuran. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja operator dimana kondisi dari operator yang mengalami kelelahan mengakibatkan proses pemantauan area produksi menjadi lebih lama.

Proses pengukuran partikel udara menggunakan alat partikel *counter* dengan berat 8 kg. Selain berat untuk diangkat oleh operator 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 partikel *counter*. Pengukuran partikel *counter* dilakukan setinggi 1 meter dari lantai dan pembacaan alat selama 30 detik. Namun pada prakteknya operator yang melakukan pengukuran sering mengabaikan ketepatan tinggi 1 meter dari lantai, mereka hanya melakukan perkiraan 1 meter terhadap tinggi badan mereka. Jika diasumsikan dalam satu hari operator mampu melakukan proses pamantauan sebanyak 5 ruangan dengan luas masing – masing ruangan sebesar 120 m². Dari masing – masing ruangan operator melakukan pengukuran sebanyak 11 titik. Di setiap titik

operator harus mengangkat beban dari titik satu ke titik lainnya dengan membawa pompa vakum sebanyak 55 kali ($11 \text{ titik} \times 5$) dengan berat 8 kg dan memegang probe yang terhubung ke pompa sebanyak 55 titik, itu berarti total waktu yang dibutuhkan sebanyak 1650 detik (55×30 detik). Berikut proses dilakukannya pengukuran partikel udara dengan menggunakan partikel *counter* dapat dilihat pada gambar 2 :



Gambar 2. Proses pengukuran partikel udara

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Mardhiana Sari pada Laporan Kerja Praktek dengan judul Analisis Pengukuran Jumlah Partikel Udara di PT Bintang Toedjoe *Plant* Pulomas didapatkan hasil perhitungan rata-rata %RSD (*Relative Standard Deviation*) / kepresisian data pada pengukuran partikel udara didapatkan nilai sebesar 12,78%. Dari perhitungan denyut nadi kerja di dapat bahwa % CVL sebesar 45,06% hasil tersebut masuk ke dalam klasifikasi beban kerja yang memerlukan perbaikan yaitu pada rentang 30% - 60%. Sedangkan melalui perhitungan total metabolisme tubuh didapat hasil sebesar 353.50 Kkal/jam. Hasil perhitungan total metabolisme tubuh tersebut masuk ke dalam kategori beban kerja berat yaitu pada interval >350 – 500 Kkal/jam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

• Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah adanya atau dimasukkannya zat atau bahan pencemar di udara dalam jumlah dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan atau benda (Kamus Istilah Lingkungan 1994, hal.

135 dalam Bahan Ajar Pencemaran Udara dan Kesehatan, 2006).

• Antropometri dan Ergonomi

Antropometri merupakan salah satu tool ilmu yang digunakan untuk menciptakan kondisi kerja yang ergonomis. Ergonomi merupakan ilmu perancangan berbasis manusia (*Human Centered Design*). Dengan diterapkannya ergonomi, sistem kerja menjadi lebih produktif dan efisien. Menurut (Sutalaksana 1979)

Ergonomi ialah ilmu yang sistematis dalam memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja. Dengan Ergonomi diharapkan penggunaan proyek fisik dan fasilitas dapat lebih efektif serta memberikan kepuasan kerja (Sutalaksana 1979). Salah satu definisi ergonomi yang menitikberatkan pada penyesuaian desain terhadap manusia adalah dikemukakan oleh Annis & Mc Conville (1996) dan menerapkan informasi menurut karakter manusia, kapasitas dan keterbatasannya terhadap desain pekerjaan, mesin dan sistemnya, ruangan kerja dan lingkungan sehingga manusia dapat hidup dan bekerja secara sehat, aman, nyaman dan efisien.

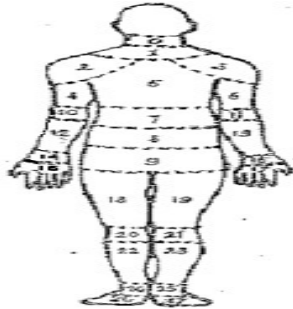
• Kelelahan

Fatigue berasal dari kata “*fatigare*” yang berarti hilang lenyap (*waste-time*). Secara umum dapat diartikan sebagai perubahan dari keadaan yang lebih kuat keadaan yang lebih lemah. Kelelahan merupakan kondisi yang ditandai dengan perasaan lelah dan menurunkan kesiagaan serta berpengaruh terhadap produktivitas kerja. Banyak definisi kelelahan yang berkembang disebabkan oleh konsep kelelahan yang bersifat majemuk. Berbagai definisi kelelahan banyak diwarnai menurut sudut pandang masing-masing kebutuhan yang ada (Grandjean, 1985).

• Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah penilaian subyektif dengan menggunakan peta tubuh untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa agak sakit sampai sakit. Melihat dan menganalisa peta tubuh

maka dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot yang dirasakan oleh pekerja.



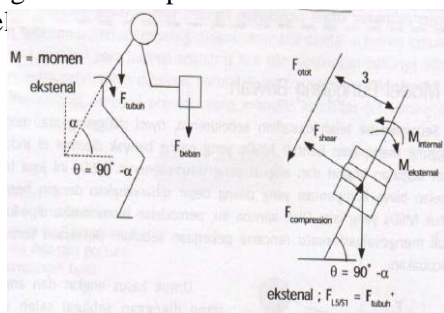
Gambar 3. Nordic Body Map

- **Rapid Entire Body Assesment (REBA)**

Pada tahun 1995, McAtamney dan Hignett memperkenalkan metode *Rapid Entire Body Assesment* (REBA). Metode tersebut dapat digunakan secara cepat untuk menilai postur seorang pekerja, selain itu metode ini juga dipengaruhi oleh factor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja (Hignett & McAtamney, 2000).

- **Biomekanika**

Biomekanika merupakan salah satu dari empat bidang penelitian informasi hasil ergonomi. Yaitu penelitian tentang kekuatan fisik manusia yang mencakup kekuatan atau daya fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika me



Gambar 4. Diagram benda bebas aktivitas pengangkatan beban

Pada model ini, momen yang diukur pada tulang belakang adalah pada ruas L5/S1 (ruas sendi antara tulang lumbar ke -5 dan sacrum ke-1). Ruas ini dipilih karena merupakan salah satu bagian tubuh yang paling kritis dan mendapatkan beban yang tinggi saat pengangkatan saat posisi umum agak membungkuk seperti gambar diatas. Kriteria aman suatu aktivitas bergantung pada besarnya gaya tekan dan gaya geser yang ditimbulkan pada tulang belakang. Para ahli merumuskan 2 kriteria pengangkatan yang aman, yakni $F_{compression} < 3.400 \text{ N}$ dan $F_{shear} < 500 \text{ N}$. Jika salah satu criteria tersebut tidak terpenuhi, dapat disimpulkan bahwa pekerjaan tersebut beresiko.

$$\sum M_{L5/S1} = 0 = M_{L5/S1} + M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = - M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = M_{tubuh} + M_{beban} \dots\dots\dots(2.5)$$

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

$$M_{L5/S1} = F_{otot} \times d \dots\dots\dots(2.6)$$

Kerja otot tersebut akan mengakibatkan adanya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1. Kedua gaya tersebut dapat dihitung mengacu pada dua rumusan berikut.

$$F_{compression} = F_{tubuh} \sin\theta + F_{beban} \sin\theta + F_{otot} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$F_{shear} = F_{tubuh} \cos\theta + F_{beban} \cos\theta \dots\dots(2.8)$$

- **Value Engineering**

Value Engineering adalah suatu teknik manajemen yang telah teruji yang menggunakan pendekatan sistematis dan suatu upaya yang diatur sedemikian rupa untuk menganalisa fungsi suatu item/masalah atau sistem dengan tujuan memperoleh fungsi yang diminta dengan biaya kepemilikan total paling kecil yang disesuaikan dengan persyaratan permintaan penampilan, rehabilitas, kualitas, dan kemudahan untuk pemeliharaan proyek (Rochman hadi.1992). Nilai (*Value*) mempunyai arti yang sulit dibedakan dengan biaya (*Cost*) atau harga (*Price*). Nilai mengandung arti subyektif, apalagi bila dihubungkan dengan moral, etika, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Perbedaan pengertian antar nilai dan biaya adalah:

- 1) Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi

atau kegunaan sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.

2) Ukuran nilai condong ke arah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada angka (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

2. Biaya

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengalaman yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi dan aplikasi produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, reability, dan maintainability karena akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai.

3. Fungsi

Pemahaman akan arti fungsi amat penting, karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Fungsi dapat dibagi menjadi 2 kategori :

a. Fungsi dasar yaitu suatu alasan pokok sistem itu terwujud.

b. Fungsi kedua (*secondary function*) yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Adapun hubungan antara nilai, biaya, dan fungsi dijabarkan dengan

Diagram FAST

FAST merupakan singkatan untuk *Function Analysis System Technique*. FAST merupakan alat bantu yang menggambarkan secara grafik hubungan logik fungsi suatu elemen, subsistem, atau fasilitas. Diagram FAST merupakan suatu diagram blok yang didasarkan atas jawaban-jawaban terhadap pertanyaan - pertanyaan "Mengapa?" dan "Bagaimana?" untuk item yang sedang ditinjau. Diagram FAST paling sesuai digunakan pada sistem-sistem yang kompleks untuk menggambarkan secara jelas fungsi dasar dan fungsi sekunder suatu sistem tertentu.

Value engineering terdiri dari tahap – tahap yaitu : Tahap Informasi, Tahap kreatif, Tahap Evaluasi, Tahap Pengembangan, Tahap Rekomendasi.

3. METODE PENELITIAN

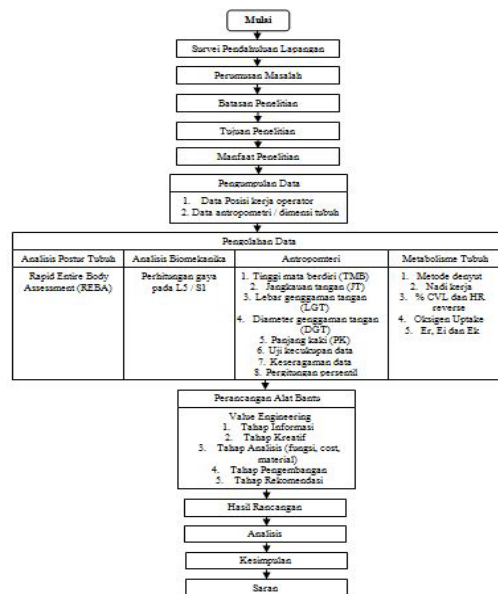
Tahap Pengumpulan Data

Jenis data yang diambil erdiri 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

Diagram Alir Pemecahan Masalah



Gambar 4. Diagram Alir proses Perancangan Alat Bantu

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

- Tahap Informasi




Pengumpulan data yang diambil berupa data partikel debu, denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja operator saat menggunakan alat

bantu dan sebelum menggunakan alat bantu.

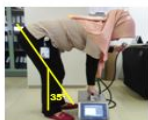


Data rekap Nordic body map

Didapatkan total keluhan sebanyak 74 maka didapatkan nilai tingkat resiko 3 dengan kategori sangat tinggi, hal ini berarti diperlukan tindakan menyeluruh sesegera mungkin.

- Posisi tubuh berdasarkan metode REBA

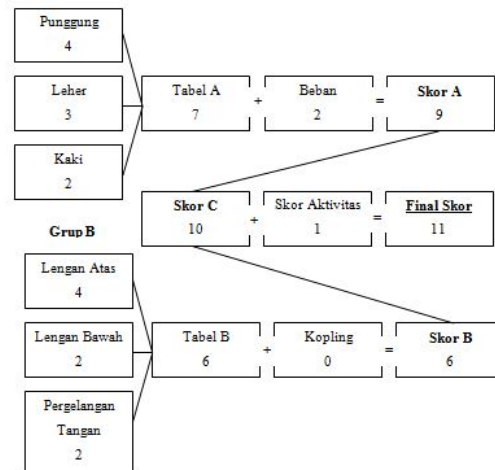
| No. | Gambar | Bagian Postur Tubuh |
|-----|---|--------------------------------------|
| 1. |  | Upper Arm (Lengan Atas) 65° |
| 2. |  | Lower Arm (Lengan Bawah) 25° |
| 3. |  | Wrist (Pergelangan Tangan) 45° |

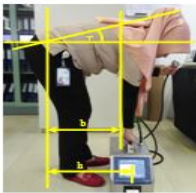
Gambar 5a. Posisi Tubuh Metode Reba

| No. | Gambar | Bagian Postur Tubuh |
|-----|---|----------------------------|
| 4. |  | Leg (Kaki) 35° |
| 5. |  | Trunk (Punggung) 78° |
| 6. |  | Neck (Leher) 25° |

Gambar 5b. Posisi Tubuh Metode Reba (lanjutan)

Hasil rekapitulasi REBA



| Operator | Berat Badan (Kg) | T | b (cm) | h (cm) | Berat Beban (Kg) | d (cm) |
|---|------------------|----|--------|--------|------------------|--------|
|  | 69 | 15 | 36 | 50 | 8 | 3 |

Gambar 6. 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

$$\sum M_{L5/S1} = 0 = M_{L5/S1} + M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = -M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = M_{tubuh} + M_{beban}$$

$$M_{L5/S1} = (m \cdot b \cdot g_{bw}) + (m \cdot h \cdot g_{load})$$

$$M_{L5/S1} = (-69 \times 0,36 \text{ m} \times 9,8) + (-8 \times 0,50 \text{ m} \times 9,8)$$

$$M_{L5/S1} = -282,63 \text{ Nm (atau } 282,63 \text{ Nm searah jarum jam)}$$

$$M_{L5/S1} = -M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = 282,63 \text{ Nm}$$

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

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

$$288,4 = (F_{otot} \times d) = F_{otot} \times 0,03 \text{ m}$$

$$F_{otot} = 282,63 \text{ Nm}$$

0,03 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/S1.

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

$$F_{compression} = (m \cdot g_{bw} \cdot \sin\theta) + (m \cdot g_{load} \cdot \sin\theta) + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (69 \times 9,8 \times \sin 15^\circ) + (8 \times 9,8 \times \sin 15^\circ) + 9421 \text{ N}$$

$$F_{compression} = 9616,30 \text{ N}$$

$$F_{shear} = F_{tubuh} \cos\theta + F_{beban} \cos\theta$$

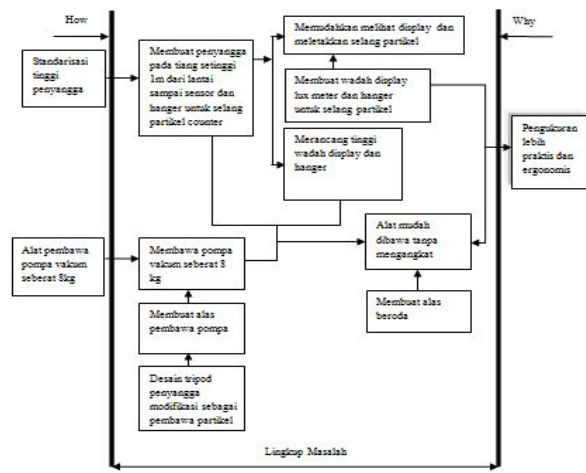
$$F_{shear} = (m \cdot g_{bw} \cdot \cos\theta) + (m \cdot g_{load} \cdot \cos\theta)$$

$$F_{shear} = (69 \times 9,8 \times \cos 15^\circ) + (8 \times 9,8 \times \cos 15^\circ)$$

$$F_{shear} = 728,88 \text{ N}$$

Diagram FAST

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



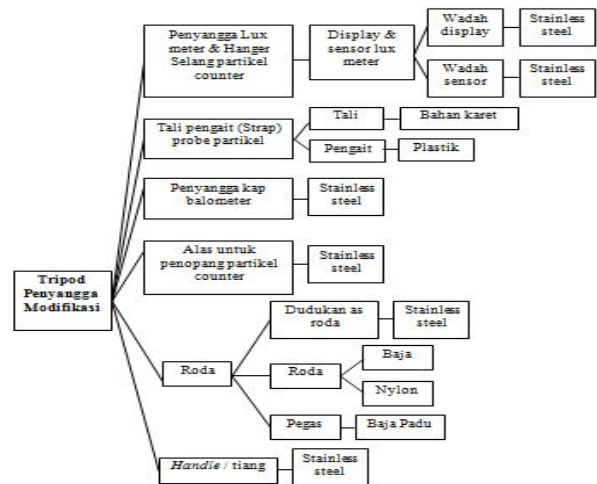
Gambar 7. Kebutuhan Primer & sekunder dari desain alat bantu

Tahap Kreatif

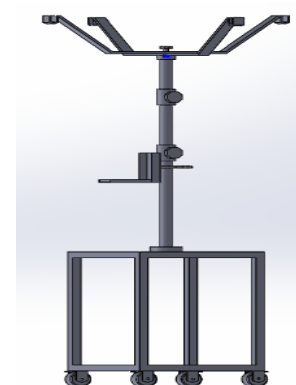
Dalam langkah ini akan dimunculkan beberapa alternative desain yang diharapkan mencapai fungsi Basic seperti yang diidentifikasi di langkah sebelumnya.



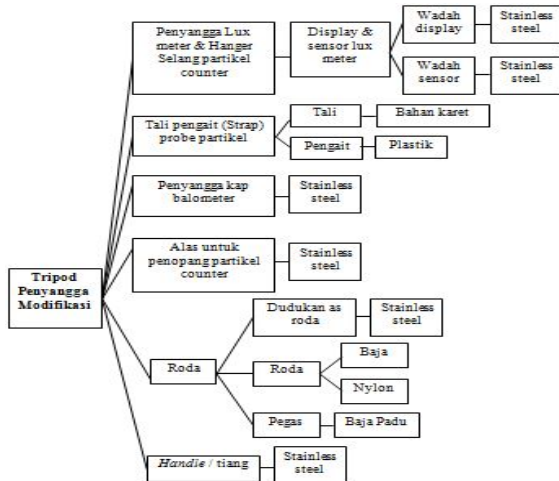
Gambar 8. Usulan gambar 1



Gambar 9. Bill of Material Usulan 1



Gambar 10. Usulan gambar 2



Gambar 11. Bill of Material Usulan 2

Berikut dimensi tubuh operator yang digunakan dalam proses perancangan :

Tabel 1 Dimensi Tubuh

| Data Yang Diukur | Cara Pengukuran | Kegunaan |
|---------------------------------|---|---|
| Tinggi Mata Berdiri (TMB) | Dimensi ini diukur dari lantai sampai mata subjek secara vertical dalam posisi berdiri dengan kepala tegak | Untuk Memudahkan melihat display luxmeter |
| Jangkauan Tangan (JT) | Ukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subjek berdiri tegak, tangan direntangkan horizontal ke depan | Untuk menentukan jangkauan untuk meraih tiang tripod |
| Lebar Genggaman 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 tiang tripod |
| Diameter Genggaman Tangan (DGT) | Dimensi ini diukur dari besarnya diameter tangan saat menggenggam benda | Untuk menentukan diameter pegangan (handle) tiang trolly yang digunakan |
| Panjang Kaki (PK) | Dimensi ini diukur dari jarak orizontal dari bagian belakang kaki (tumit) ke bagian paling depan jari kaki kanan | Untuk menentukan jangkauan besar lekukan kaki tripod |

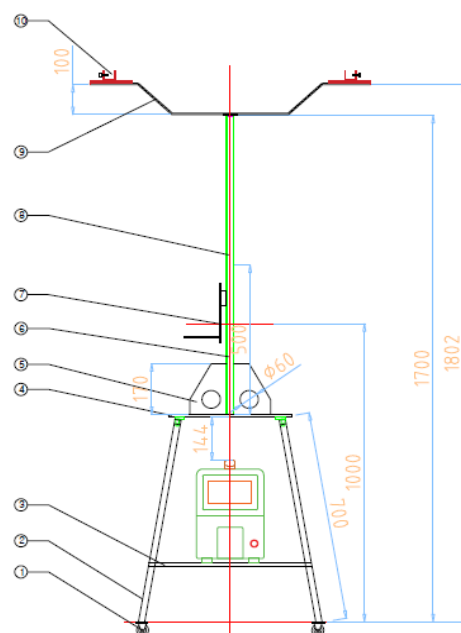
Tahap Analisis

Pada tahap ini akan dibahas mengenai usulan desain prototype, alternative 1 dan alternative 2 fungsi dan pemilihan material serta biaya material yang akan digunakan agar dapat diperoleh alternatif yang paling memenuhi kebutuhan pengguna. Analisis yang dilakukan meliputi, Analisis Pemilihan Material, analisis Pemilihan Fungsi dan Harga tiap prototype.

Tabel 2. Alternatif pilihan

| Deskripsi Produk | | | |
|------------------|--------------------|--|---|
| | Prototype 1 | Harga Rp5,925,000.00 | |
| | Basic | Mempermudah pengukuran partikel udara dan intensitas cahaya | |
| | Keutamaan | Bisa di bawa kemana-mana / flexible | |
| | Prototype 2 | Harga Rp5,700,000.00 | |
| | | Basic | Mempermudah pengukuran partikel udara dan intensitas cahaya |
| | | Keutamaan | Bisa di bawa kemana-mana / flexible |
| | Estetika | Material stainless membuat alat bantu terlihat eksklusif dibanding material lainnya. | |
| | | Ringkas, tidak memerlukan ruang yang lebih untuk penyimpanan | |
| | | Membutuhkan ruang lebih besar untuk penyimpanan. | |

Setelah dikoordinasikan kepada pengguna dan dapat dilihat dari uraian diatas, desain pertama (prototype 1) adalah desain yang dipilih dan disukai oleh pengguna. Oleh karena itu diputuskan bahwa desain prototype 1 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 12 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 3 buah.

3) Alas Penyangga Partikel (*Base Tools*)

Alas penyangga partikel counter berbentuk segitiga sama sisi. 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

4) Alas Penyangga Tiang (*Base Stand Tools*)

Alas penyangga tiang berbentuk segitiga sama sisi. 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 30 x 30 x 0,5 cm

5) Penggerak (*Shifter*)

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 17 x 6,5 x 0,5 cm dimana berfungsi sebagai titik topang dari kaki tripod yang menahan beban. Selain berfungsi sebagai titik topang, *shifter* bisa berfungsi sebagai *holder*.

6) Tiang Inti (*Holder Bar Tools*)

Menggunakan dimensi dengan diameter genggam tangan sebesar 3 cm. Material penyusunnya terbuat dari stainless steel tipe 416.

7) Wadah lux meter (*Jig Tools*)

Dimensi yang digunakan untuk wadah luxmeter yaitu 9 x 3 x 15 cm. Sedangkan untuk hanger probe partikel counter berdiameter 3 cm. Material yang digunakan yaitu stainless

steel tipe 416.

8) Tiang Pemanjang (*Adjust Bar Tools*)

Menggunakan dimensi dengan diameter genggam tangan sebesar 3 cm. Material penyusunnya terbuat dari stainless steel tipe 416.

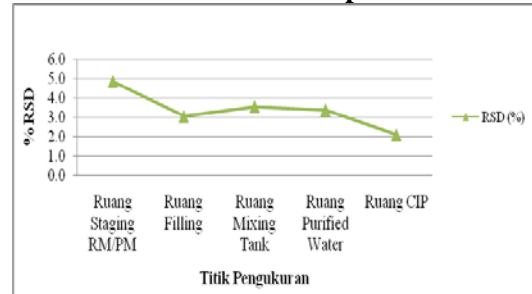
9) Penyangga Kap Balometer (*Jig Tolls Holder*)

Dimensi yang digunakan yaitu 56 x 56 cm, dengan ketebalan 10 mm. Ukuran tersebut disesuaikan dengan alat balometer sehingga alat bantu dapat menopang balometer. Material yang digunakan yaitu stainless steel tipe 416, karena material ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, tahan terhadap paparan asam langsung.

10) *Stopper tools*

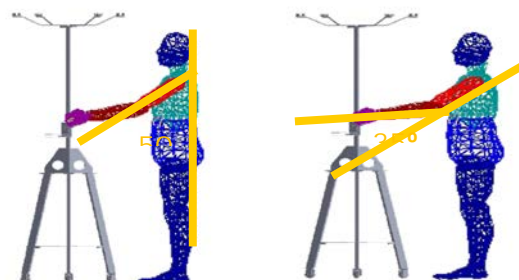
Material yang digunakan pada bagian ini yaitu stainless steel tipe 416, karena material ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, tahan terhadap paparan asam langsung.

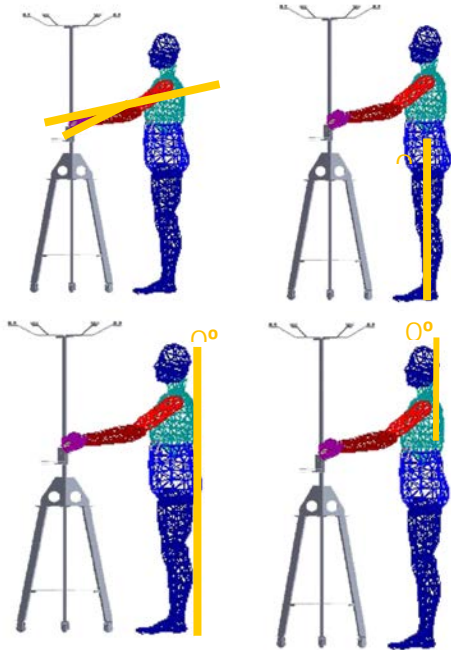
Analisis alat bantu terhadap %RSD



Gambar 13. Grafik %RSD

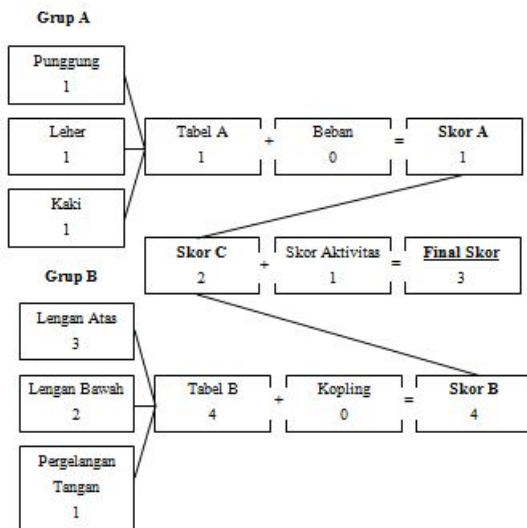
Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil standar deviasi pada saat menggunakan alat bantu terdapat perbedaan signifikan dengan hasil standar deviasi hasil analisa yang menggunakan alat bantu, nilai rata – rata RSD 3,38 %.





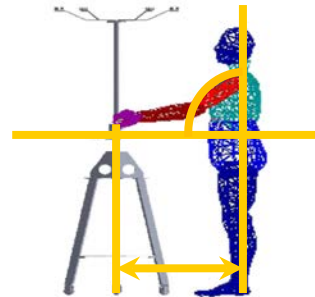
Gambar 14. Analisis Alat bantu terhadap REBA

Rekapitulasi hasil REBA sesudah ada alat abntu



Gambar 15. Hasil Reba

Analisis alat bantu terhadap Biomekanika



Gambar 16. Analisis Alat bantu terhadap Biomekanika

- 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

$$\sum M_{L5/S1} = 0 = \overline{M}_{L5/S1} + M_{L5/S1}$$

$$\overline{M}_{L5/S1} = -M_{L5/S1}$$

$$M_{L5/S1} = M_{tubuh} + M_{beban}$$

$$M_{L5/S1} = (m \cdot b \cdot g_{bw}) + (m \cdot h \cdot g_{load})$$

$$M_{L5/S1} = (-69 \times 0 \text{ m} \times 9,8) + (-0 \times 0,67 \text{ m} \times 9,8)$$

$$M_{L5/S1} = -0 \text{ Nm (atau } 0 \text{ Nm searah jarum jam)}$$

$$\overline{M}_{L5/S1} = -M_{L5/S1}$$

$$\overline{M}_{L5/S1} = 0 \text{ Nm}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$F_{compression} = (m \cdot g_{bw} \cdot \sin\Theta) + (m \cdot g_{load} \cdot \sin\Theta) + F_{otot}$$

$$F_{compression} = (69 \times 9,8 \times \sin 90^\circ) + (0 \times 9,8 \times \sin 90^\circ) + 0 \text{ N}$$

$$F_{compression} = 676,2 \text{ N}$$

$$F_{shear} = F_{tubuh} \cos\Theta + F_{beban} \cos\Theta$$

$$F_{shear} = (m \cdot g_{bw} \cdot \cos\Theta) + (m \cdot g_{load} \cdot \cos\Theta)$$

$$F_{shear} = (69 \times 9,8 \times \cos 90^\circ) + (8 \times 9,8 \times \cos 90^\circ)$$

$$F_{shear} = 0 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai gaya tekan atau $F_{compression}$ sebesar 676,2 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.

Analisis terhadap nilai %CVL

$$\begin{aligned} KE &= E_r - E_i \\ &= 5,27 - 3,89 \\ &= 1,39 \text{ kkal/menit} \end{aligned}$$

Oksigen uptake :

$$\begin{aligned} VO_2 &= 0,019HR - 0,024h + 0,016w + 0,045a + 1,15 \\ &= (0,019 \times 113,4) - (0,024 \times 150) + \\ &= (0,016 \times 49) + (0,045 \times 25) + 1,15 \\ &= 1,61 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} HR &= \text{Denyut Jantung (denyut/menit)} \\ h &= \text{Tinggi badan (cm)} \\ w &= \text{Berat badan (kg)} \\ a &= \text{Usia (tahun)} \end{aligned}$$

Total Metabolisme Tubuh = 60 energi x Oksigen Uptake

$$(60 \times 1,39) \times 1,61 \text{ liter/menit} = 134,33 \text{ Kkal/jam}$$

Dari hasil % CVL yang didapat sebesar 23%, dimana hasil tersebut berada <30% yang berarti termasuk ke dalam klasifikasi % CVL tidak terjadi kelelahan. Sedangkan melalui perhitungan total metabolisme tubuh didapat hasil sebesar 134,33 Kkal/jam. Hasil perhitungan total metabolisme tubuh tersebut masuk kedalam kategori beban kerja ringan yaitu pada interval >100 - 200 Kkal/jam.

5. KESIMPULAN

1. Berdasarkan penilaian posisi kerja awal sebelum menggunakan alat bantu dengan metode REBA diperoleh hasil sikap kerja operator 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 9616,30 N dan gaya geser (F_{shear}) sebesar 728,88 N, sedangkan dengan menggunakan rancangan alat bantu menghasilkan gaya tekan ($F_{compression}$) sebesar 676.2 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.

B. 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%.

Adanya alat bantu yang dibuat dengan sesuai dengan rangan prototipe 1 merupakan desain ergonomis yang dapat mereduksi beban otot operator dalam bekerja sehingga mengurangi kelelahan dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirin, Tatang M. 2011. “Populasi dan sampel penelitian 4: Ukuran sampel rumus Slovin.”
Tatangmanguny.wordpress.com
- Asrul Harun Ismail, Hery Fauzy, *Analisis Rancangan Kerja yang Ergonomis untuk Mengurang Kelelahan Otot Dengan Menggunakan Metode REBA Pada CV. Sinar Persada Karyatama*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila.
- BPOM RI. 2006. *Pedoman Cara Pembuatan Obat yang Baik*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Chaffin, D.B. and Andersson, G, (1984), *Occupational Biomechanics*, John Willey & Son.
- Contini, R. and Drill, R., in *Advances in Bioengineering and Instrumentation*, Alt, F, Ed., Plenum Press, New York, 1966.
- 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
- Hardianto Iridiastadi, Ir., MSIE, Ph. D., dkk. 2014. *Ergonomi Suatu Pengantar*.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). *Rapid entire body assessment (REBA)*. *Applied Ergonomics*.31 (2), 201-205.
- Iftikar Z. Satalaksana, Ruhana Anggawisastra dan Jann H. Tjakraatmadja, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, ITB, Bandung, 2006
- Nurmianto, Eko. 1996. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Pertama, Guna Widya, Jakarta.
2004. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Kedua, Guna Widya, Surabaya.
- Riyanto. 2014. *Validasi & Verifikasi Metode Uji : Sesuai dengan ISO / IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta.
- SNI.19-7119.3-2005 *Udara Ambient bag 3, Cara uji Partikel Tersuspensi, menggunakan High Volume Sampler (HVAS), dengan metode gravimetric*, 2005
- Tarwaka , PGDip.Sc., M. Erg. *Ergonomi Industri. Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Edisi II. 2015. Surakarta – Indonesia.