

ANALISIS DAN PERANCANGAN MEJA LAS DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI DAN QFD

Jazuli^{1*} Dwi Nugroho Susanto² Ratih Setyaningrum³

^{1,3} Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Dian Nuswantoro Semarang

² Teknik Pengelasan BLKI Kota Semarang

*Email: jazuli@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Paper ini akan membahas tentang perancangan meja las yang ergonomis dimana kondisi peserta pelatihan teknik pengelasan pada Balai Latihan Kerja Kota Semarang harus selalu melakukan penyetelan posisi meja las untuk berbagai posisi pengelasan. Beban kerja pada penyetelan meja las tersebut sebesar 35 kg sehingga menimbulkan keluhan rasa sakit pada tubuh peserta. Data jumlah responden 30 orang pada kelas teknik pengelasan dimana tahap awal dilakukan pre-test dengan kuesioner Nordic Body Map (NBM) untuk mengidentifikasi keluhan dan harapan, tahap berikutnya adalah perancangan Quality Function Deployment (QFD) dan prototype, pada tahap akhir dilakukan post-test NBM untuk mengukur ketercapaian target perancangan. bagian tubuh yang menjadi keluhan responden dengan hasil jawaban lebih dari 90% terdapat 9 bagian tubuh, fokus perancangan adalah pada factor teknis gaya naik turun alat dengan index jumlah skor QFD sebesar 60. Post-test yang dilakukan setelah ujicoba prototype didapatkan penurunan keluhan menjadi 4 bagian tubuh dengan beban rata-rata 4 kg dari beban awal 35 kg.

Kata kunci: meja las, NBM, QFD

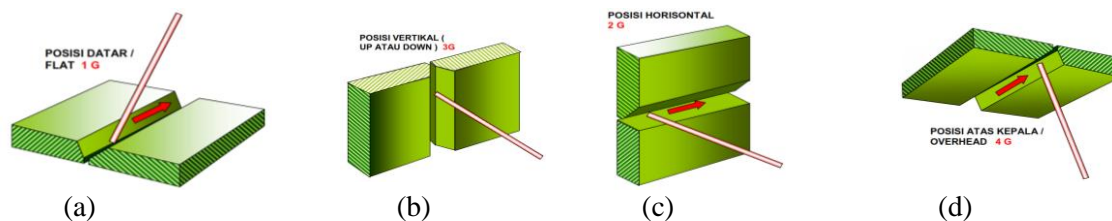
1. PENDAHULUAN

Pengelasan adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk sambungan melalui ikatan kimia dari pemakaian panas dan tekanan. Fungsi dan tujuan dari pengelasan yaitu menyambung dua logam atau lebih menjadi suatu komponen yang utuh. Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, pengelasan digunakan pada sambungan-sambungan dan reparasi-reparasi yang kurang penting. Tetapi seiring perkembangan jaman, maka proses pengelasan dan penggunaan konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara di dunia (windharto, 2007).

Ada beberapa jenis pengelasan yang ada di kejuruan teknik las BLKI Semarang seperti : las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau las busur listrik, las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau las listrik gas metal, las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau las tungsten inert gas (TIG), las OAW (*Oxyacetylene welding*) atau las karbit. Meja las merupakan perlengkapan pengelasan yang berfungsi sebagaiudukan atau tempat dari material yang akan dilas. Meja las ini juga untuk tempat *setting* material yang akan di las disesuaikan dengan posisi pengelasan yang akan dilakukan. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan pada peserta pelatihan di kejuruan teknik las BLKI Semarang bahwa meja las yang digunakan banyak dikeluhkan oleh peserta pelatihan. Berat meja las 35 kg, hal ini terlalu berat pada saat *setting* meja las yaitu saat meja las dinaikan, diturunkan dan diputar disesuaikan dengan posisi pengelasan. Berdasarkan observasi semua peserta pelatihan mengeluhkan hal ini.

1.1 Posisi Pengelasan

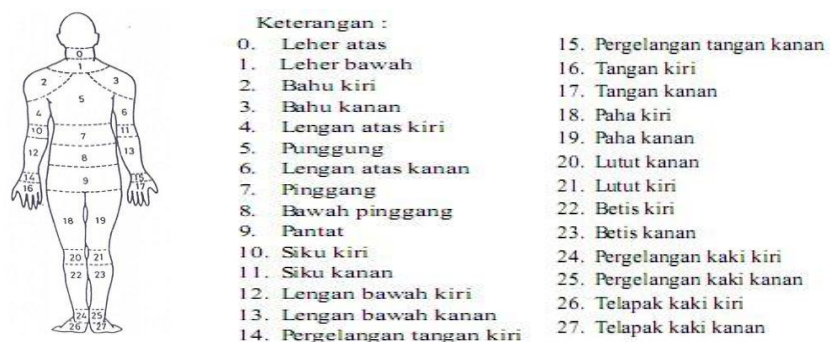
Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari elektroda sewaktu mengelas. Menurut Windharto (2007), posisi mengelas terdiri dari empat macam, yaitu : Posisi dibawah tangan (*flat/ down hand*) dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar dengan letak elektroda berada diatas benda kerja ditunjukkan pada Gambar 1(a), posisi tegak (vertikal) pengelasan dengan arah gerakan mengikuti arah garis vertical ditunjukkan pada Gambar 1(b), Posisi mendatar (*horizontal*) pengelasan dengan arah gerakan mengikuti arah garis mendatar/ *horizontal* ditunjukkan pada Gambar 1(c), Posisi di atas kepala (*over head*) pengelasan dengan benda kerja diletakan diatas kepala operator dan letak elektroda berada dibawah benda kerja ditunjukkan pada Gambar 1(c).



Gambar 1. Posisi pengelasan
(Windharto, 2007)

1.2 Nordic Body Map

Adanya keluhan otot *skeletal* yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka didalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan, oleh sebab itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot *skeletal* (Wignjosoebroto, 2000). Melalui *nordic body map* (NBM) diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak sakit sampai dengan sangat sakit. Kuesioner *nordic body map* terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Nordic body map
(Wilson dan Corlett, 1995)

1.3 Desain dan Ergonomi

Ergonomi didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/perancangan, penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah desain dan evaluasi produk. Produk ini haruslah dapat dengan mudah diterapkan (dimengerti dan digunakan) pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya atau resiko dalam penggunaannya (Nurmianto, 2004). Menurut Wignjosoebroto (2000) dalam merancang sebuah produk atau mesin agar serasi, selaras dan seimbang dengan manusia yang mengoperasikannya harus mempertimbangkan factor manusia diantaranya kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan di dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*).

Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan data *anthropometri* (ukuran tubuh) guna menetapkan dimensi ukuran geometris dari produk dan bentuk tertentu dari produk yang disesuaikan dengan ukuran maupun bentuk (*feature*) tubuh manusia pemakainya. Data *anthropometri* yang menyajikan informasi mengenai ukuran maupun bentuk dari berbagai anggota tubuh manusia yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (etnis), posisi tubuh pada saat bekerja yang diklasifikasikan dalam segmen populasi pemakai (*percentile*) perlu diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk yang dirancang (Wignjosoebroto, 2000).

2. METODOLOGI

2.1 Kuisiонер NBM

Pada penelitian pengembangan meja las ini responden yang diambil adalah seluruh peserta diklat teknik pengelasan BLKI angkatan 2013 sejumlah 30 orang. Pada tahap awal dilakukan pengambilan data keluhan siswa pengguna meja las dengan kuisiонер *Nordic Body Map* (NBM) seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

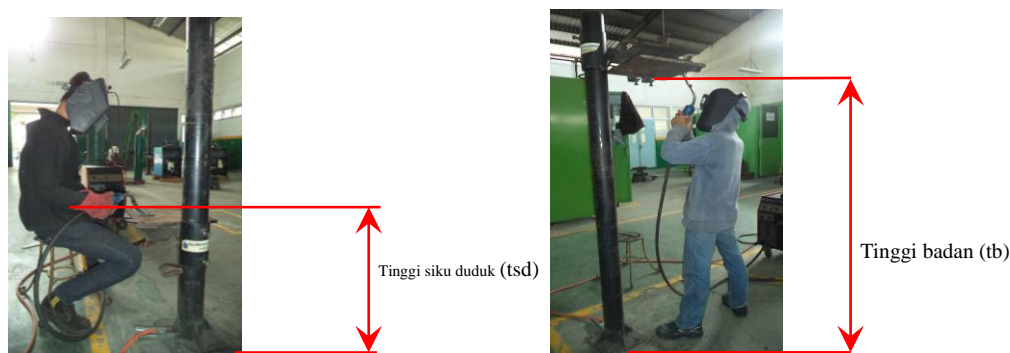
Tabel 1. Data kuisiонер NBM

No.	Bagian Tubuh	Meja Las Lama	
		Jumlah Siswa Yang mengeluh	Prosentase Tingkat Keluhan
1	Bahu kiri	30	100%
2	Bahu kanan	30	100%
3	Lengan atas kiri	30	100%
4	Punggung	1	3%
5	Lengan atas kanan	27	90%
6	Pinggang	29	97%
7	Bawah pinggang	1	3%
8	Pantat	0	-
9	Siku kiri	1	3%
10	Siku kanan	1	3%
11	Lengan bawah kiri	2	7%
12	Lengan bawah kanan	2	7%
13	Pergelangan tangan kiri	30	100%
14	Pergelangan tangan kanan	30	100%
15	Tangan kiri	30	100%
16	Tangan kanan	30	100%

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa prosentase tingkat keluhannya 90%-100% terdapat pada 9 bagian tubuh operator yang mengalami sakit saat setting meja las.

2.2 Data Antropometri

Pada tahap kedua dilakukan pengambilan data anthropometri yang akan digunakan untuk merancang dimensi alat sesuai dengan aktifitas peserta diklat. Data antropometri yang digunakan dalam perancangan meja las adalah data tinggi siku duduk (tsd) dan tinggi badan (tb). Untuk pengukuran tinggi meja terendah dilakukan pada saat postur tubuh melakukan posisi pengelasan *down hand* seperti Gambar 3(a) dan tinggi meja tertinggi pada saat postur tubuh melakukan pengelasan *over head* seperti Gambar 3(b).



Gambar 3. Pengukuran anthropometri

Dari pengukuran data anthropometri tersebut didapat data seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data anthropometri siswa

NO.	NAMA	tsd (cm)	tb (cm)	NO.	NAMA	tsd (cm)	tb (cm)
1	Hendra Duwi C	70	171	16	Dian Suseno H	66	171
2	Teguh Cahyono Mukti	71	172	17	M. Nashirudin	65	157
3	Wahyu Setiawan	66,5	165	18	Ainul Muttaqin	60	158
4	M. Fikri Utomo	62	154	19	Akhmad Bagus S	68	166
5	Ari Agung Saputro	66	167	20	Eko Prasetyo	63	158
6	M. Asrori	65	166	21	Edy Suntuco	61	161
7	B. Handoko	71	164	22	Heru Efendi	68	173
8	Ihan Prayantoro	67	171	23	Nur Hidayat	61	161
9	Ali Hakim	63	164	24	Dwi Nugroho	64	163
10	Sukadi	61	165	25	Suharyanto	64	164
11	Milikan	59	164	26	Nanang Rudi N	60	159
12	Nir Kahono	71	159	27	Gerfasius Laka	61	157
13	Wawan Irawanto	63	167	28	Junaidi	70	160
14	Riko Maulana	64	163	29	Joko Supriyanto	62	163
15	M. Soikul Hidayat	68	160	30	Andhik Candra	65	172

2.3 Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen

Pada tahap ini kebutuhan konsumen terhadap meja las diidentifikasi. Aspek produk meliputi operasi, keselamatan, fungsi, material/ bahan baku, perawatan, dimensi/ ukuran (Cohen, 1996). Data kebutuhan konsumen diperoleh melalui wawancara dan penyebaran kuisioner awal berupa pertanyaan terbuka kepada 30 siswa pelatihan serta pengamatan langsung di kejuruan teknik las BLKI Semarang. Hasil identifikasi kebutuhan konsumen seperti Tabel 3.

Table 3. Identifikasi kebutuhan meja las

No	Aspek produk	Kebutuhan Konsumen
1	Operasi	Sistem pengoperasian mudah
		<i>Adjustable</i> untuk semua posisi pengelasan
2	Keselamatan	<i>Adjustable</i> untuk semua postur tubuh pengguna
		Mempunyai tingkat keselamatan yang baik
3	Fungsi	Tidak menimbulkan keluhan sakit pada anggota tubuh
		Penempatan benda kerja mudah
		Ada penjepit benda kerja yang kuat
4	Material/ bahan baku	Ada tempat elektroda, palu terak dan sikat baja
		Bahan baku/ material meja las harus kuat
		Bahan baku/ material meja las harus ringan
5	Perawatan	Mudah perawatannya
		Mudah assemblingnya
6	Dimensi/ ukuran	Dimensi meja las tidak terlalu besar
		Meja las tidak terlalu berat

Pada tahap berikutnya adalah pengolahan data kebutuhan peserta diklat terhadap meja las dimana akan diolah menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) untuk mendapatkan target urutan prioritas pengembangan. Setelah didapatkan urutan prioritas dilakukan pembuatan prototipe alat sesuai dengan urutan prioritas pengembangan. Pada tahap akhir penelitian dilakukan evaluasi dan pengujian dari alat tersebut dengan melakukan post test kuesioner NBM lagi dan dilakukan perbandingan dengan hasil yang pertama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Ergonomi

Berdasarkan hasil kuisioner NBM yang ditunjukkan pada Tabel 1 dapat diidentifikasi bahwa terjadi pembebanan lebih yang dirasakan oleh operator sehingga seringkali menimbulkan efek atau cidera, keluhan dan penyebabnya tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penyebab keluhan saat setting meja las lama

No.	Jenis Keluhan	Penyebab
1	Nyeri pada bahu	Saat mengangkat meja las dan memutar meja
2	Nyeri pada lengan	Saat mengangkat meja las dan memutar meja
3	Nyeri pada pinggang	Saat mengangkat meja las dan memutar meja
4	Nyeri pada pergelangan tangan	Saat mengangkat meja, memutar meja dan mengencangkan pengunci meja
5	Nyeri pada tangan	Saat mengangkat meja, memutar meja dan mengencangkan pengunci meja

Dari analisis awal ini sebagai input menentukan target pengembangan dari perancangan meja las yang baru. Sedangkan target ukuran tinggi minimal untuk pengelasan *down hand* dan tinggi maksimal untuk posisi pengelasan *over head* digunakan data antropometri seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dapat diolah dengan

a. Penentuan persentil untuk tinggi siku duduk (tsd)

Tinggi siku duduk menggunakan P5 untuk menentukan tinggi meja las terendah saat pengelasan posisi *down hand*.

$$\begin{aligned}
 P5 &= \bar{x} - 1,645\sigma \\
 &= 65 - 1,645 \times 3,56 \\
 &= 59,14 \sim 59 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tinggi siku duduk diatas dengan P5 dapat disimpulkan tinggi meja las terendah disetting dengan tinggi 59 cm dari lantai.

b. Penentuan persentil untuk tinggi badan (tb)

Tinggi badan menggunakan P95 untuk menentukan tinggi meja las tertinggi saat pengelasan posisi *over head*.

$$\begin{aligned}
 P95 &= \bar{x} + 1,645\sigma \\
 &= 164 + 1,645 \times 5,11
 \end{aligned}$$

$$= 172,23 \sim 173 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan tinggi badan diatas dengan P95 dapat disimpulkan tinggi meja las tertinggi disetting dengan tinggi 173 cm dari lantai.

3.2 Perancangan QFD Produk

Dari data identifikasi konsumen yaitu operator atau peserta pelatihan teknik pengelasan di BLKI Kota Semarang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 didapat rasio tingkat kepentingan dan kepuasan seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dalam skala 1-5.

Tabel 5. Tingkat kepentingan dan kepuasan

No.	Kreteria Kebutuhan Konsumen	Tingkat kepentingan	Tingkat kepuasan
1	Sistem pengoperasian mudah	4,97	1,03
2	Adjustable untuk semua posisi pengelasan	5,00	1,97
3	Adjustable untuk semua postur tubuh pengguna	5,00	1,17
4	Mempunyai tingkat keselamatan yang baik	5,00	1,17
5	Tidak menimbulkan keluhan sakit pada anggota tubuh	4,97	1,03
6	Penempatan benda kerja mudah	4,97	1,23
7	Ada penjepit benda kerja yang kuat	5,00	1,63
8	Ada tempat elektroda, palu terak dan sikat baja	4,27	1,07
9	Bahan baku material meja las harus kuat	4,87	3,97
10	Bahan baku material meja las harus ringan	4,83	1,07
11	Mudah perawatannya	4,23	3,17
12	Mudah asemblingnya	4,30	1,37
13	Dimensi meja las tidak terlalu besar	4,17	3,23
14	Meja las tidak terlalu berat	4,93	1,10

Dari Tabel 5 diperoleh bahwa tingkat kepentingan tertinggi ada pada poin 2, 3, 4, dan 7 akan tetapi secara keseluruhan berada pada nilai skala >4. Sedangkan tingkat kepuasan penggunaan pada meja las yang lama adalah pada poin 1 dan 5 serta secara umum tingkat kepuasannya kurang karena nilai berada pada skala <2.

3.3 Penyusunan Spesifikasi Teknik

Dalam menyusun spesifikasi teknis dengan mengamati setiap kebutuhan konsumen satu persatu, lalu memperkirakan karakteristik yang tepat dan terukur dari sebuah produk yang memuaskan kebutuhan. Daftar spesifikasi teknis meja las seperti pada Tabel 6.

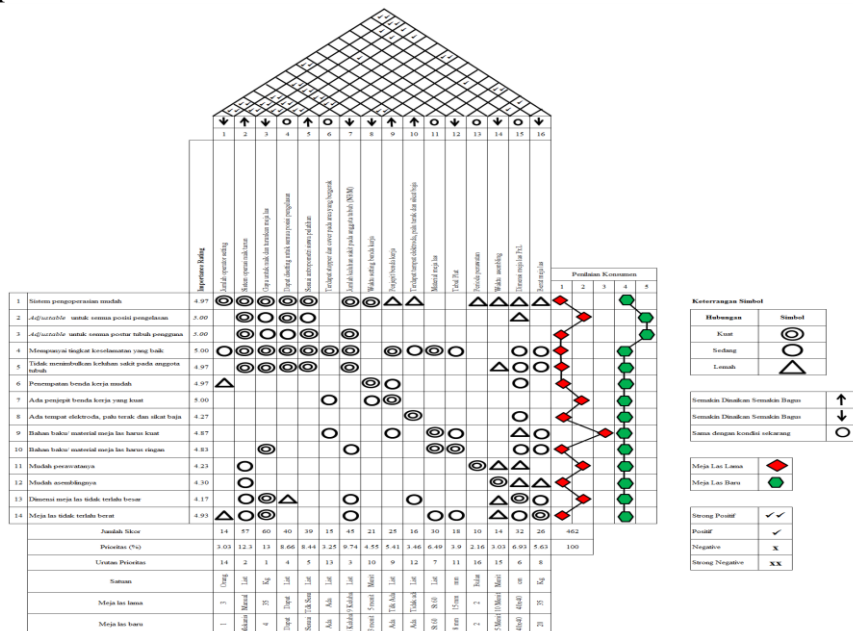
Tabel 6. Spesifikasi teknik

No.	Spesifikasi Teknis	Satuan	Target Spesifikasi
1	Jumlah operator setting	Orang	< 3 orang
2	Sistem operasi naik turun	List	Ada
3	Gaya untuk naik dan turunkan meja las	Kg	< 5 kg
4	Dapat disetting untuk semua posisi pengelasan	List	Dapat di adjustable
5	Sesuai antropometri siswa pelatihan	List	Dapat di adjustable
6	Terdapat stopper dan cover pada area yang bergerak	List	Ada
7	Jumlah keluhan sakit pada anggota tubuh (NBM)	List	Jumlah keluhan berkurang
8	Waktu setting benda kerja	Menit	< 5 menit
9	Penjepit benda kerja	List	Ada
10	Terdapat tempat elektroda, palu terak dan sikat baja	List	Ada
11	Material meja las	List	Besi St 60
12	Tebal Plat	mm	< 10mm
13	Periode perawatan	Bulan	< 2,5 bulan
14	Waktu asembling	Menit	< 20 menit
15	Dimensi meja las PXL	cm	P=40cm, L=40cm
16	Berat meja las	Kg	< 25kg

Target meja las yang ingin dikembangkan agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Target ini harus bisa tercapai pada saat perancangan dan pembuatan meja las nanti.

3.4. Matriks Korelasi Antara Kebutuhan Konsumen Dengan Spesifikasi Teknik

Pada tahap ketiga ini dilakukan penilaian hubungan antara kebutuhan konsumen seperti pada Tabel 5 dengan spesifikasi teknis yang ditunjukkan pada Tabel 6. Hasil korelasi keduanya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

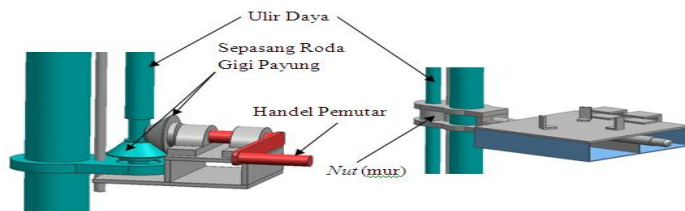


Gambar 4. Matriks korelasi

Dari perhitungan matriks korelasi antara kebutuhan dengan target spesifikasi teknis didapat nilai terbesar adalah pada target poin 3 dengan skor 60 kemudian poin 2 dengan skor 57 dan poin 7 dengan skor 45. Untuk urutan prioritas secara lengkap seperti ditunjukkan pada Gambar 6 diatas.

3.5 Perancangan Meja Las

Dengan hasil tersebut maka dapat dilakukan perancangan meja las dengan fokus pengembangan sesuai urutan prioritas spesifikasi teknis diatas yaitu dalam mempermudah setting meja baik posisi berputar maupun naik turun. Sistem operasi dalam perancangan ini menggunakan mekanika ulir daya. (Neimann, 1999) Ulir daya (*power screw*) adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah gerakan angular menjadi gerakan linear dan biasanya juga mentransmisikan daya. Beban meja las dinaik dan turunkan dengan memutar handel. Handel menggerakkan roda gigi kemudian memutar ulir daya. *Nut* (mur) pada meja las mengubah gerakan angular ulir daya menjadi gerakan linier meja las. Detail untuk trasmisi naik turun meja las dapat dilihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Sistem operasi naik turun meja las baru

Perhitungan Torsi Poros Ulir

Gaya dorong ulir dapat diketahui dengan perhitungan tenaga ulir (*power screw*). Dimensi ulir pada skematik ulir daya: Direncanakan Jarak antar puncak (pitch), $P = 4 \text{ mm}$, Diameter nominal ulir, $d = 40 \text{ mm}$, Diameter rata-rata,

$$dm = d - \frac{P}{4} \quad dm = 40 - \frac{4}{4} \\ dm = 39mm$$

Menghitung luas penampang penekanan $A = \pi dm$ $A = 0,122 \text{ m}^2$
 $A = 3,14 \times 0,039$

Menghitung sudut kemiringan ulir (α) Jarak antar puncak, $P = 4 \text{ mm}$, Diameter rata-rata, $dm = 39 \text{ mm}$ Maka sudut kemiringan ulir :

$$\alpha = \arctan \frac{P}{\pi dm}$$

$$\alpha = \arctan 0,033 = 1,9^\circ$$

Menghitung gaya untuk memutar ulir, (F_{ulir})

Gaya penekanan, F_p

Berat meja = 20 kg, gaya berat meja $F = 20 \times 9,8 = 196 \text{ N}$

$$F_p = \frac{F}{A}$$

$$F_p = \frac{196}{0,122}$$

$$F_p = 1606,6 \text{ N/m}^2$$

Koefisien gesek ulir, $\tau = 0,16$

$$F_{ulir} = \left[\frac{F_p(\sin \alpha + \eta \cos \alpha)}{\eta \sin \alpha - \cos \alpha} \right]$$

$$F_{ulir} = \left[\frac{1606,6(\sin 1,9 + 0,16 \times \cos 1,9)}{0,16 \sin 1,9 - \cos 1,9} \right]$$

$$F_{ulir} = 312,05 \text{ N}$$

Menghitung torsi ulir

Jari-jari rata-rata ulir, $r_m = 0,5 \text{ dm}$

$$T_{ulir} = F_{ulir} \times r_m$$

$$T_{ulir} = 312,05 \times 0,0195$$

$$T_{ulir} = 6,08 \text{ Nm}$$

Perhitungan gaya handel

Posisi poros handel satu senter dengan dengan roda gigi pinion sehingga torsi handel sama dengan torsi roda gigi pinion

$$T_{handel} = T_{pinion} = 6,08 \text{ Nm}$$

$$F_{handel} = \frac{T_{pinion}}{L}$$

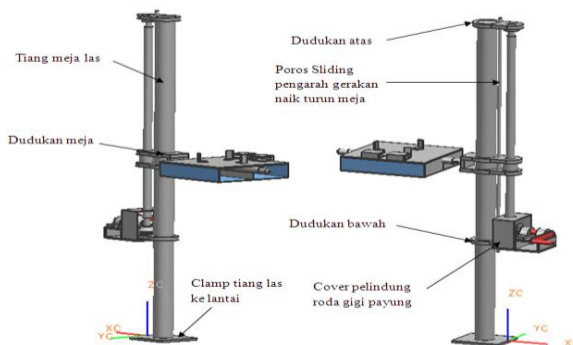
Jarak lengan handel, L

$L = 0,2 \text{ m}$, Gaya handel (F_{handel}) =

$$F_{handel} = \frac{6,08}{0,2}$$

sehingga, $F_{handel} = 3,1 \text{ kg}$

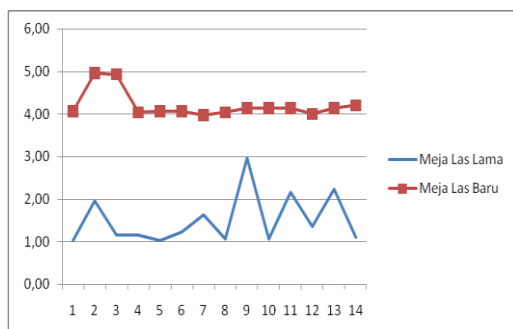
Berdasarkan perhitungan diatas maka gaya minimum yang dibutuhkan untuk memutar handel adalah $3,1 \text{ kg} < 5 \text{ kg}$ (sesuai dengan target). Dengan sistem operasi menggunakan mekanika ulir daya (*power screw*) dengan trasmisi roda gigi dan berdasarkan hitungan persentil didapat tinggi minimum meja las 59 cm dan tinggi maksimum meja las 173 cm maka meja las dapat *adjustable* untuk semua posisi pengelasan dan sesuai antropometri pengguna Bentuk akhir meja las sebagai berikut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk akhir meja las

3.6 Pengujian Dan Benchmarking

Tahap terakhir pada pengembangan ini adalah menguji respon konsumen atau operator pada penggunaan meja las yang baru dengan kuisisioner yang sama pada saat awal yaitu kuisisioner NBM dan tingkat kepuasan didapat hasil sebagai berikut pada Tabel 7 dan Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Tingkat kepuasan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat kepuasan meja las baru lebih tinggi daripada meja las lama. Meja las lama skala tingkat kepuasan terendah 1,03 (sangat tidak puas) dan tertinggi 2,97 (tidak puas). Sedangkan untuk meja las baru skala tingkat kepuasan terendah 3,97 (cukup puas) dan tertinggi 4,97 (puas). Berdasarkan kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk meja las hasil perancangan dan dibandingkan dengan meja las lama diperoleh penurunan jumlah keluhan sakit pada anggota tubuh sebesar 55,6% dari 9 menjadi 4 anggota tubuh yang sakit.

Tabel 7. Hasil Post Test NBM

No.	Bagian Tubuh	Meja Las Baru	
		Jumlah Siswa Yang Mengeluh	Prosentase tingkat keluhan
1	Bahu kiri	0	-
2	Bahu kanan	1	3%
3	Lengan atas kiri	0	-
4	Punggung	4	13%
5	Lengan atas kanan	3	10%
6	Pinggang	4	13%
7	Bawah pinggang	0	-
8	Pantat	0	-
9	Siku kiri	0	-
10	Siku kanan	0	-
11	Lengan bawah kiri	0	-
12	Lengan bawah kanan	0	-
13	Pergelangan tangan kiri	30	100%
14	Pergelangan tangan kanan	30	100%
15	Tangan kiri	30	100%
16	Tangan kanan	30	100%

4. KESIMPULAN

Dan dari aspek ergonomis meja las hasil perancangan lebih ergonomis dibandingkan dengan meja las lama. Hal ini didasarkan pada urutan prioritas yang harus diperbaiki sesuai skor tertinggi pada QFD diperoleh capaian yaitu gaya naik turun meja las diturunkan dengan memperbaiki sistem operasi menggunakan mekanika ulir daya (*power screw*) dengan transmisi roda gigi pada handel pemutar yang menghasilkan gaya maksimum 4 kg sehingga bila dibandingkan dengan meja las lama penurunan gaya sebesar 88,6%. Berdasarkan kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk meja las hasil perancangan dan dibandingkan dengan meja las lama diperoleh penurunan jumlah keluhan sakit pada anggota tubuh sebesar 55,6% dari 9 menjadi 4 anggota tubuh yang sakit. Dengan sistem operasi menggunakan mekanika ulir daya (*power screw*) dengan transmisi roda gigi dan berdasarkan hitungan persentil didapat tinggi minimum meja las 59 cm dan tinggi maksimum meja las 173 cm

DAFTAR PUSTAKA

- Cohen, 1996. *How to make QFD work for you*. Wasley Publishing Company, Massachusete
- Neimann,G., (1999). *elemen mesin jilid 1*. Erlangga, Jakarta
- Nurmianto, 2004. *Ergonomi, Konsep Dasar dan aplikasi*, Prima Printing, Surabaya
- Windharto, S., 2007. *menuju juru las tingkat dunia*. PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Wignjosebroto, S., 2000. *Ergonomi, studi gerak dan waktu*. Guna Widya, Surabaya
- Wilson, J.R dan Corlett E.N., 1995. *Evaluation of Human Work : A Practical Ergonomics Methodology*. Taylor and Franchis Ltd, London