

**PERANCANGAN ALAT BANTU LAS LISTRIK
DENGAN TEKNIK PENGELASAN DUA SISI
BERDASARKAN PRINSIP ERGONOMI
(Studi Kasus Bengkel Las Mulyana Sukoharjo)**

Skripsi

Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**SULTRA RETNAWAN SURIPTO
NIM. I1306013**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
commit to user
2011**

ABSTRAK

Sultra Retnawan Suropto. NIM : I1306013. PERANCANGAN ALAT BANTU LAS LISTRIK DENGAN TEKNIK PENGELASAN DUA SISI BERDASARKAN PRINSIP ERGONOMI (Studi Kasus: Bengkel Las "Mulyana" Sukoharjo). Skripsi. Surakarta : Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Januari 2011.

Pengelasan listrik merupakan proses penyambungan logam yang dilakukan oleh bengkel las. Pengelasan yang dilakukan saat ini menuntut adanya aktivitas fisik cukup banyak. Penelitian dilakukan di bengkel las "Mulyana" Sukoharjo yang merupakan salah satu bengkel las listrik. Pengelasan dilakukan secara manual dengan posisi postur tubuh jongkok dari penyusunan kampuh, pengelasan kampuh awal hingga pengelasan kampuh akhir. Posisi postur tubuh pekerja selama proses pengelasan merupakan posisi postur tubuh yang berpotensi menyebabkan munculnya keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh operator. Berdasarkan hasil wawancara operator, diketahui keluhan tersebut terjadi di bagian telapak kaki, lutut, pinggang, dan punggung. Keluhan juga didapatkan melalui hasil analisis kuesioner *nordic body map* (NBM).

Penelitian diawali dengan identifikasi fasilitas kerja proses pengelasan, posisi postur tubuh pekerja, aktivitas posisi kerja, ketidaknyamanan operator mengenai keluhan dan harapan operator untuk sikap kerja melalui analisis kuesioner *nordic body map* dan wawancara, yang kemudian diinterpretasikan menjadi kebutuhan operator. Setelah itu, tahapan berikutnya mengenai kebutuhan perbaikan desain alat las rencana, *anthropometri* posisi operator pada desain alat, dimensi rancangan alat bantu las listrik, penentuan material rancangan alat bantu las listrik, penentuan perencanaan, spesifikasi prototipe, pembuatan prototipe, pemodelan posisi postur tubuh pada alat bantu las listrik rancangan, estimasi biaya, biaya *breakeven point* investasi perancangan prototipe alat bantu las listrik dan posisi postur tubuh terhadap alat bantu las listrik rancangan.

Hasil penelitian ini adalah rancangan alat bantu las listrik yang memiliki mekanisme pengelasan terhadap dua bidang kampuh tanpa membalik benda kerja yang diposisikan sesuai dengan posisi postur tubuh pekerja. Total biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 2.115.000,00. Alat yang dirancang memperbaiki posisi postur tubuh pekerja dan membantu dalam penentuan sudut las.

Kata kunci: alat bantu las listrik, pengelasan dua sisi, bidang kampuh, *Nordic Body Map* (NBM), posisi postur tubuh.

xix + 102 halaman; 64 gambar; 19 tabel; 4 lampiran

Daftar Pustaka: 36 (1920-2009)

ABSTRACT

Sultra Retnawan Suropto. NIM: I1306013. JIG DESIGN FOR ELECTRICAL WELDING BY TWO SIDE WELDING TECHNIQUE BASED ON ERGONOMIC PRINCIPLES (Case Study: Welding Workshop "Mulyana" Sukoharjo.) Thesis. Surakarta : Industrial Engineering Department, Engineering Faculty, Sebelas Maret University, Januari 2011.

Electric welding was a metal joining process conducted by welding workshop. Recently, welding requires quite a lot of physical activity. This study was done on welding workshop "Mulyana" Sukoharjo which is one of the electric welding workshop. The welding was done manually with the position of the squat posture of preparing the hem, seam welding the beginning to the end of the welding seam. Postural position of the workers during the welding process is a posture position would potentially lead to pain in some segments of the operator's body. Based on the results of worker interview, the complaint known to occur in the soles of the feet, knees, waist, and back. Complaints are also available through the results of nordic body map (nbm) questionnaire analysis.

The study begins with the identification of the welding process facility, worker posture position, the activity of working position, discomfort of the operator regarding the complaint and operators expectation to work attitude through analysis of nordic body map questionnaires and interviews, which is interpreted into the needs of the operator then. Thereafter, subsequent stage on the need for repair welding jig design plans, anthropometry operator position on the jig design, dimensional jig design of electric welding, the determination of material jig design of electric welding, the determination of planning, prototype specification, prototyping, modeling posture position on the appliance electrical of welding jig design, cost estimation, breakeven point investment of the prototype electric welding jig and worker position to the electrical welding jig design.

The results is jig design of electric welding which has a mechanism of two field welding seam without flipping the work piece that positioned in accordance with the worker posture. Total cost is amount to Rp. 2.115.00,00. The jig is designed to improve worker posture position and assist in determining the point of welding.

Keywords: electrical welding jig, two sides welding, field seam, Nordic Body Map (NBM), body posture position.

xix + 102 pages; 64 pictures; 19 tables; 4 enclosure

Bibliography: 36 (1920-2009)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian yang dilakukan. Berikutnya diuraikan mengenai batasan masalah, asumsi yang digunakan dalam permasalahan, dan sistematika penulisan untuk menyelesaikan penelitian.

1.1 LATAR BELAKANG

Mesin las listrik merupakan salah satu mesin perkakas yang dimiliki oleh bengkel las. Las listrik adalah cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala las listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang disambung. Bagian yang terkena busur listrik tersebut mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan listrik mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang disambung, kemudian membeku dan tersambung kedua logam ini (Wiryosumarto, Okomura, 1994).

Mesin las listrik mengalirkan arus listrik yang cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga mudah mencairkan logam yang terkena (Vural, 2007). Besarnya arus listrik diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan tipe elektrodanya. Sedangkan pada las listrik terjadi karena panas yang ditimbulkan oleh las listrik melalui benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las (Wiryosumarto, Okomura, 1994).

Berdasarkan observasi yang dilakukan di bengkel las Mulyana, diperoleh beberapa kondisi yang memperlihatkan mesin las listrik yang ada saat ini belum dilengkapi oleh fasilitas alat bantu. Mesin las listrik butuh sistem bantu yang meningkatkan kinerja dan kenyamanan operator mesin las dalam menyambung kampuh dua sisi benda tanpa harus membalik benda kerja tersebut. Proses penyambungan kampuh dalam bengkel Mulyana dilakukan dengan membalik benda kerja pada kampuh yang disambung, sehingga bagian kampuh berikutnya

dikerjakan dengan membalik benda kerja. Sebagai akibatnya perlu pergerakan tangan bahkan badan untuk memindah posisi benda kerja yang disambung agar dapat dikerjakan tanpa harus membalik benda kerja.

Aktivitas pengelasan berlangsung dilakukan operator secara manual dan kurang memperhatikan faktor kenyamanan dalam posisi postur tubuh. Aktivitas pengelasan operator dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok hingga diperoleh sudut pada posisi postur tubuh jongkok sebesar 45° . Aktivitas tersebut menimbulkan keluhan rasa nyeri maupun resiko pada beberapa bagian anggota tubuh. Dalam mengetahui ketidaknyamanan yang dirasakan pada posisi postur tubuh jongkok, dilakukan pengukuran terhadap seberapa besar resiko yang terjadi dengan posisi postur tubuh jongkok tersebut. Pada kasus ini pengukuran dilakukan dengan penyebaran kuesioner *nordic body map* (NBM) untuk mengetahui ketidaknyamanan di beberapa segmen tubuh yang dirasakan operator terhadap posisi postur tubuh jongkok tersebut.

Hasil penilaian melalui kuesioner *nordic body map* (NBM) diketahui operator mengalami keluhan di bagian telapak kaki (*foot*), lutut (*thigh*) pada saat melakukan pengelasan. Kelelahan juga terjadi pada bagian paha (*shank*) karena posisi fasilitas bantu yang ada sejajar dengan lantai. Kelelahan otot dan rasa nyeri juga dirasakan di bagian punggung (*torso*) karena posisi postur tubuh duduk yang dilakukan terlalu lama. Aktivitas tersebut dilakukan setiap hari selama 300 menit, mulai dari jam sepuluh pagi hingga jam tiga sore. Menurut Tarwaka (2004), kerja dengan sikap duduk terlalu lama dapat menyebabkan otot perut melembek dan tulang belakang akan melengkung sehingga cepat lelah.

Keluhan dan ketidaknyamanan yang dirasakan operator juga diketahui melalui wawancara terhadap operator pengelasan. Berdasarkan hasil wawancara diketahui operator mengalami keluhan otot di beberapa bagian tubuhnya. Keluhan tersebut terjadi di bagian telapak kaki, pinggang, lutut, dan punggung saat melakukan persiapan untuk mengelas sampai proses pengelasan selesai. Hal ini dikarenakan fasilitas alat bantu yang ada terlalu rendah sejajar dengan lantai, sehingga mengharuskan operator membungkukkan badan.

Berdasarkan permasalahan pada proses pengelasan di bengkel las Mulyana, dilakukan langkah perubahan posisi postur tubuh pekerja yang awalnya dilakukan

dengan posisi duduk menjadi posisi berdiri. Duduk lama dengan posisi yang salah menyebabkan otot-otot punggung menjadi tegang dan dapat merusak jaringan lunak sekitarnya (Tarwaka,2004). Bila keadaan ini berlanjut, menyebabkan penekanan pada bantalan saraf tulang belakang yang mengakibatkan *hernia nukleus pulposus* (Tarwaka, 2004). Menurut Sutalaksana (2000), bahwa sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat dan teliti.

Berdasarkan permasalahan, diperlukannya perancangan alat bantu las listrik yang memperhatikan prinsip ergonomi berupa meja las dan komponen lainnya sebagai alat untuk membantu proses pengelasan dengan memperhatikan posisi postur tubuh pekerja, dan pengelasan terhadap kampuh bagian depan dan belakang serta sudut pengelasan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian ini yaitu "Bagaimana merancang alat bantu las listrik dengan teknik pengelasan dua sisi berdasarkan prinsip ergonomi".

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan perumusan masalah maka tujuan yang dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menghasilkan rancangan alat bantu las listrik yang dapat memperbaiki posisi postur tubuh pekerja.
2. Menghasilkan fasilitas alat bantu, dalam pengelasan listrik yang membantu proses pengelasan terhadap dua bidang kampuh sekaligus.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Memudahkan operator pada saat posisi pengelasan.
2. Memudahkan proses kerja operator pada saat melakukan pengelasan terhadap dua bidang kampuh sekaligus.

1.5 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Perancangan dilakukan terhadap benda dengan ketebalan 3 cm, panjang 34 cm dan berat bahan yang digunakan 0,565 kg.
2. Analisis posisi postur tubuh pekerja dilakukan terhadap 3 aktivitas, yakni penyusunan kampuh, pengelasan terhadap kampuh awal, dan pengelasan terhadap kampuh akhir.
3. Perancangan menitikberatkan pada perubahan posisi postur tubuh pekerja yang semula duduk menjadi berdiri pada saat pengelasan.
4. Posisi pengelasan pada kondisi awal dilakukan dengan posisi pengelasan vertikal, dan pada kondisi akhir setelah menggunakan alat rancangan pengelasan dilakukan dengan posisi horisontal.
5. Jarak pengelasan awal dilakukan pada jarak 50 m, dan jarak setelah menggunakan alat dilakukan pada jarak 65 m.

1.6 ASUMSI PENELITIAN

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Desain alat yang dirancang tidak dipengaruhi oleh tinggi dan berat tubuh operator.
2. Desain alat bantu las (bagian penjepit) *adjustable*.
3. Penjepitan klem massa tidak dilakukan dibagian alat bantu las listrik, dengan tujuan untuk menghindari kerusakan pada alat bantu las listrik.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan penelitian dalam laporan tugas akhir ini mengikuti uraian yang diberikan pada setiap bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Secara garis besar uraian pada bab-bab dalam sistematika penulisan diuraikan dibawah ini.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan berbagai hal mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi-asumsi dan sistematika penulisan. Uraian bab ini dimaksudkan menjelaskan latar belakang penelitian sehingga memberi

masuk sesuai dengan tujuan penelitian dengan batasan-batasan dan asumsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai landasan teori yang mendukung dan terkait langsung dengan penelitian yang dilakukan dari buku, jurnal penelitian, sumber literatur lain.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan langkah yang diambil untuk menyelesaikan permasalahan dan langkah-langkah pengolahan data melalui metodologi penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan uraian mengenai data-data penelitian yang digunakan dalam proses pengolahan data untuk menciptakan rancangan alat bantu las listrik yang memperbaiki posisi postur tubuh pekerja dan mengurangi keluhan otot para operator yang ada di bengkel Mulyana saat ini. Proses ini sesuai dengan langkah-langkah pemecahan masalah yang dikembangkan pada bab sebelumnya.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas tentang analisis dari seluruh pengolahan data yang dilakukan meliputi analisis fasilitas kerja pada kondisi awal, desain alat bantu las listrik, dan posisi postur tubuh pekerja. Setelah dilakukan perbaikan, kemudian membandingkan kondisi pekerja antara sebelum dan sesudahnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data dan saran perbaikan yang perlu dilakukan pada objek penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas gambaran umum bengkel las Mulyana yang merupakan tempat peneliti mengamati sistem yang berlangsung di dalamnya, pengetahuan mengenai konsep ergonomi dan gerakan manusia digunakan sebagai landasan teori yang memberikan acuan dalam mengevaluasi masalah yang dibahas dalam penelitian ini.

2.1 SIKAP KERJA ERGONOMI

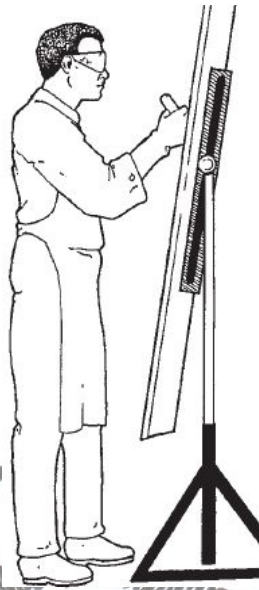
Posisi tubuh dalam bekerja ditentukan oleh jenis pekerjaan yang dilakukan. Masing-masing posisi kerja mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap tubuh. Menurut Tarwaka dan Bakri (2004), batasan stasiun kerja untuk posisi duduk dan berdiri, sebagai berikut:

1. Pekerjaan dilakukan dengan duduk dan pada saat lainnya dilakukan dengan berdiri saling bergantian.
2. Perlu menjangkau lebih dari 40 cm ke depan dan atau 15 cm diatas landasan.
3. Tinggi landasan kerja 90-120 cm.

Sikap tubuh dalam beraktivitas pekerjaan diakibatkan oleh hubungan antara dimensi kerja dengan variasi tempat kerja. Sikap tubuh pada saat melakukan setiap pekerjaan menentukan atau berpengaruh terhadap keberhasilan suatu pekerjaan. Sikap tubuh (*posture*) manusia secara mendasar keadaan istirahat menurut Pheasant (1991), yaitu:

1. Sikap berdiri (*standing*).

Sikap berdiri adalah posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Berdiri dengan posisi yang benar, dengan tulang punggung yang lurus dan bobot badan terbagi rata pada kedua kaki.

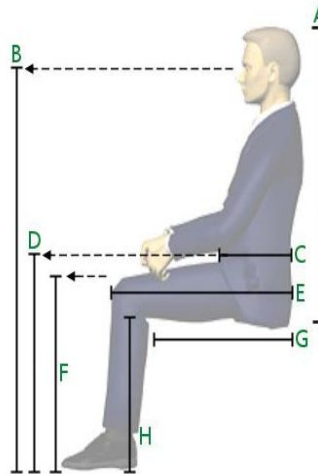


Gambar 2.1 Sikap berdiri

Sumber: MacLeod (2000)

2. Sikap duduk (*sitting*).

Sikap dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja.



Gambar 2.2 Sikap duduk

Sumber: Pheasant, 1991

3. Sikap berbaring (*lying*).

Sikap terlentang dimana bagian lordosis dipertahankan dengan paha dan lutut 45°.

commit to user

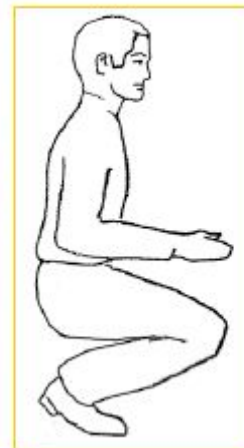


Gambar 2.3 Sikap berbaring

Sumber: Aji, 2009

4. Sikap jongkok (*squatting*).

Sikap kerja dimana posisi lutut fleksi max, paha, badan fleksi max, dan lumbal juga fleksi max.



Gambar 2.4 Sikap jongkok

Sumber: Suhardi, 2008

Apabila dari sikap tubuh terdapat alat atau peralatan yang digunakan untuk bekerja selanjutnya disebut dengan sikap kerja (Dul dan Weerdmeester, 1993). Menurut Barnes (1980), prinsip kerja secara ergonomi agar terhindar dari resiko cedera, yaitu:

1. Gunakan tenaga seefisien mungkin, beban yang tidak perlu harus dikurangi atau dihilangkan, perhitungan gaya berat yang mengacu pada berat badan dan bila perlu gunakan pengungkit sebagai alat bantu.
2. Sikap kerja duduk, berdiri dan jongkok disesuaikan dengan prinsip ergonomi.

commit to user

3. Panca indera dipergunakan sebagai kontrol, bila merasakan kelelahan harus istirahat (jangan dipaksa), dan bila lapar atau haus harus makan atau minum (jangan ditahan).
4. Jantung digunakan sebagai parameter yang diukur melalui denyut nadi per menit, yaitu jangan lebih dari jumlah maksimum yang diperbolehkan.

Dengan mengetahui kriteria sikap kerja yang ideal, prinsip dasar mengatasi sikap tubuh selama bekerja dapat ditentukan. Kasus yang paling umum berkaitan dengan sikap kerja yang tidak ergonomi, dapat diambil langkah-langkah yang lebih spesifik didalam melakukan perbaikan. Sikap kerja seseorang menurut Bridger (1995), dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu:

1. Fisik, umur, jenis kelamin, ukuran *anthropometri*, berat badan, kesegaran jasmani, kemampuan gerakan sendi system *musculoskeletal*, tajam penglihatan, masalah kegemukan, dan riwayat penyakit.
2. Jenis keperluan tugas, pekerjaan memerlukan ketelitian, kekuatan tangan, ukuran tempat duduk, giliran tugas, dan waktu istirahat.
3. Desain tempat kerja, seperti ukuran tempat duduk, ketinggian landasan kerja, kondisi bidang pekerjaan, dan faktor lingkungan.
4. Lingkungan kerja (*environment*), intensitas penerangan, suhu lingkungan, kelembaban udara, kecepatan udara, kebisingan, debu, dan getaran.

2.1.1 Posisi Postur Kerja Operator

Postur (*posture*) adalah posisi tubuh manusia secara keseluruhan. Pada saat bekerja posisi tubuh (postur) tiap pekerja berbeda, yaitu postur kerja yang merupakan posisi tubuh pada saat pekerja melakukan aktivitasnya. Tubuh adalah keseluruhan jasad manusia yang kelihatan dari ujung rambut sampai ujung kaki. Pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja membantu mendapatkan postur yang nyaman bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk, angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi pekerja ini memaksa pekerja berada pada postur kerja yang tidak alami. Hal ini mengakibatkan pekerja cepat lelah dan keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk, bahkan cacat tubuh (Barnes, 1980).

commit to user

Menurut (Barnes, 1980), untuk menghindari postur kerja yang demikian dilakukan pertimbangan ergonomi, yaitu:

1. Mengurangi keharusan bekerja dengan posisi postur tubuh membungkuk dalam frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama.
2. Mengatasi hal ini, maka stasiun kerja dirancang dengan memperhatikan fasilitas kerja, seperti meja, kursi yang sesuai data *anthropometri* agar pekerja menjaga postur kerjanya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini ditekankan bilamana pekerjaan dilakukan dengan posisi postur tubuh berdiri.
3. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (prinsip ekonomi gerakan).
4. Pekerja tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja dalam waktu yang cukup lama dengan posisi kepala, leher, dada, dan kaki berada dalam postur kerja miring.
5. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level siku yang normal.

Beberapa masalah berkenaan dengan posisi postur kerja yang sering terjadi, (Barnes, 1980), yaitu:

1. Hindari kepala dan leher yang mendongkak.
2. Hindari tungkai yang menaik.
3. Hindari tungkai kaki pada posisi terangkat.
4. Hindari postur memutar atau asimetris.
5. Sediakan sandaran bangku yang cukup di setiap bangku.

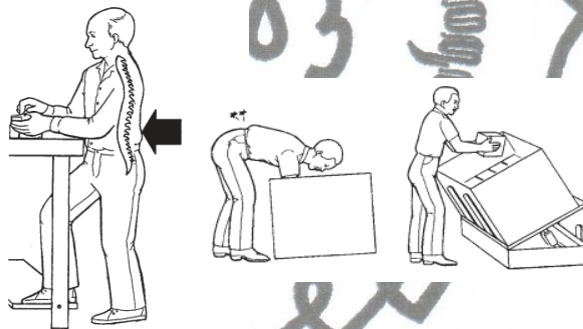
Menurut MacLeod (2000), postur netral adalah posisi optimal tiap sendi yang menyediakan kekuatan paling besar, kontrol gerakan yang paling atas, dan stres fisik paling kecil pada sendi dan jaringan di sekitarnya. Secara umum, posisi ini sudah dekat titik tengah dari berbagai macam gerakan, yaitu posisi di mana otot-otot sekitar sendi seimbang dan santai. Ada pengecualian penting untuk aturan titik tengah ini. Contohnya adalah postur lengan yang dipengaruhi oleh gravitasi, dan lutut yang berfungsi dengan baik dekat posisi perpanjangannya. Beberapa prinsip utama penerapan postur yang relevan di tempat kerja, yaitu:

1. Bagian belakang (punggung) dengan “kurva S” utuh yang paling alami.

Ruas tulang belakang melengkung kira-kira dalam bentuk sebuah "S." Menjaga kurva S adalah sesuatu yang penting untuk mencegah cedera punggung kronis dan mengoptimalkan posisi kerja. Untuk punggung bagian bawah, meliputi mempertahankan beberapa derajat lordosis baik pada posisi duduk maupun berdiri. Pembengkokan ke depan (kifosis) memberikan tekanan pada disk sensitif di punggung bawah yang akhirnya dapat menyebabkan cedera parah. Penyelarasan tulang belakang difasilitasi dengan mempertahankan postur semi-mendekam, menjaga lutut sedikit menekuk.

Posisi yang mempromosikan kerja dalam posisi ini meliputi:

- a. Pada saat berdiri, menggunakan kaki untuk istirahat.
- b. Sambal bersandar ketika duduk agak.
- c. Memiliki dukungan lumbalis yang baik.



Gambar 2.5 Posisi trunk ideal

Sumber: Macleod, 2000

2. Leher dalam posisi tepat sejajar.

Sikap netral leher cukup jelas, yaitu tidak boleh membungkuk atau memutar.



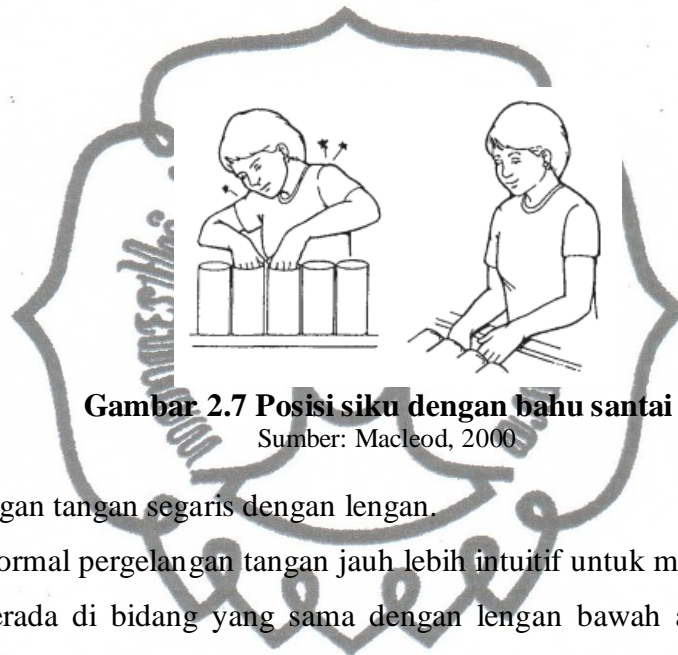
Gambar 2.6 Posisi leher netral

Sumber: Macleod, 2000

commit to user

3. Siku digunakan secara alami di sisi tubuh dan bahu dengan santai.

Siku diadakan nyaman di sisi tubuh, bahu harus rileks dan tidak membungkuk. Bekerja dengan siku mengayun keluar dapat menambahkan regangan pada bahu sehingga menyebabkan kelelahan dan ketidaknyamanan, mengganggu kemampuan orang untuk melakukan pekerjaan mereka dengan baik dan memberikan kontribusi cedera bahu untuk jangka panjang. Jika bukan karena efek dari gravitasi, sikap netral tangan mungkin akan mengayun keluar, setidaknya untuk beberapa derajat, karena merupakan titik tengah dari berbagai gerakan.

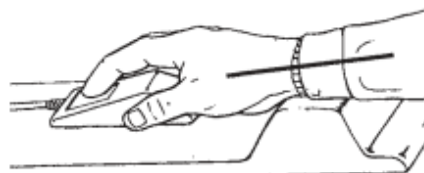


Gambar 2.7 Posisi siku dengan bahu santai

Sumber: Macleod, 2000

4. Pergelangan tangan segaris dengan lengan.

Postur normal pergelangan tangan jauh lebih intuitif untuk memahami. Tangan harus berada di bidang yang sama dengan lengan bawah atau membentuk sudut agak dalam kurang lebih memegang kemudi mobil pada posisi jam 10 dan 2. Perhatikan bahwa sikap netral pergelangan tangan tidak di sudut kanan seperti memegang karangan bunga atau bermain piano. Sekali lagi, perlu ditekankan untuk memastikan bahwa tidak ada orang yang bekerja dengan sangat membungkuk pergelangan tangan. Mengoptimalkan postur pergelangan tangan adalah langkah sekunder.



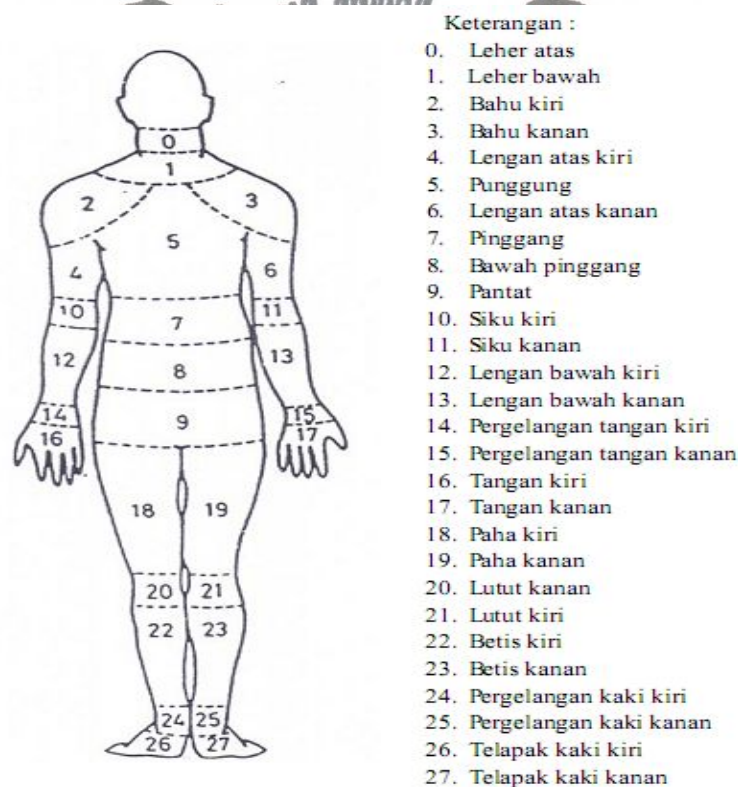
Gambar 2.8 Posisi pergelangan tangan santai

Sumber: Macleod, 2000

commit to user

2.1.2 Nordic Body Map

Adanya keluhan otot *skeletal* yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam 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* 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 2.9.



Gambar 2.9 Nordic body map

Sumber: Wilson, J. R & Corlett, 1995

2.1.3 Elemen Kerja

Elemen *Therblig* adalah penggolongan elemen kerja ke dalam beberapa kelompok elemen. Menurut Frank dan Gilbreth (1920), elemen gerakan terdiri dari 17 elemen gerakan yang dikelompokkan, yaitu:

1. Kelompok gerakan utama.

commit to user

Elemen gerakan yang bersifat memberi nilai tambah termasuk di dalamnya, yaitu *assembly*, *disassembly* dan *use*. Kelompok gerakan utama dijelaskan, sebagai berikut:

a. *Assembly* (A).

Elemen gerakan menghubungkan dua obyek atau lebih menjadi satu kesatuan.

b. *Disassembly* (DA).

Elemen gerakan yang memisahkan atau menguraikan dua obyek yang tergabung menjadi satu menjadi obyek terpisah.

c. *Use* (U).

Elemen gerakan dimana salah satu atau kedua tangan digunakan unruk memakai atau mengontrol suatu alat atau obyek untuk tujuan tertentu.

2. Kelompok gerakan penunjang.

Elemen gerakan yang kurang memberikan nilai tambah, namun diperlukan. Terdiri dari elemen gerakan *reach*, *grasp*, *move* dan *released load*. Elemen gerakan ini dijelaskan, sebagai berikut:

a. *Reach* (RE).

Merupakan gerakan yang menggambarkan gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban atau hambatan baik gerakan menuju atau menjauhi obyek.

b. *Grasp* (G).

Merupakan elemen gerakan tangan yang dilakukan dengan menutup jari-jari tangan pada obyek yang dikehendaki dalam suatu operasi kerja.

c. *Move* (M).

Merupakan gerakan perpindahan tangan, hanya di sini tangan bergerak dalam kondisi membawa beban.

d. *Released load* (RL).

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan operator melepaskan kembali terhadap obyek yang dipegang sebelumnya.

3. Kelompok gerakan pembantu.

Elemen-elemen gerakan yang tidak memberikan nilai tambah dan memungkinkan untuk dihilangkan. Elemen-elemen gerakan yang termasuk di dalamnya, yaitu *search*, *select*, *position*, *hold*, *inspection* dan *pre-position*.

Kelompok gerakan pembantu dijelaskan, sebagai berikut:

a. *Search* (S).

Merupakan elemen dasar gerakan pekerja untuk menentukan lokasi suatu obyek, dalam hal ini dilakukan oleh mata. Gerakan ini dimulai pada saat mata bergerak mencari obyek dan berakhir bila obyek tersebut ditemukan.

b. *Select* (SE).

Merupakan gerakan kerja menemukan atau memilih obyek diantara dua atau lebih obyek yang sama lainnya.

c. *Position* (P).

Elemen gerakan yang terdiri dari menempatkan obyek pada lokasi yang dituju secara tepat.

d. *Hold* (H).

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan memegang obyek tanpa menggerakkan obyek tersebut.

e. *Inspection* (I).

Langkah kerja menjamin bahwa obyek telah memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan.

f. *Pre-position* (PP).

Elemen gerakan mengarahkan obyek pada suatu tempat sementara, sehingga pada saat dilakukan, maka dengan mudah obyek akan bisa dipegang dan dibawa ke arah tujuan yang dikehendaki.

4. Kelompok gerakan luar.

Elemen gerakan yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah, sehingga sedapat mungkin dihilangkan. Terdiri dari elemen gerakan *rest to overcome fatigue*, *plan*, *unavoidable delay* dan *avoidable delay*. Elemen ini dijelaskan, sebagai berikut:

commit to user

a. *Rest to overcome fatigue* (R).

Waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik.

b. *Plan* (P).

Merencanakan merupakan proses mental operator berhenti sejenak bekerja dan memikirkan menentukan tindakan selanjutnya.

c. *Unavoidable delay* (UD).

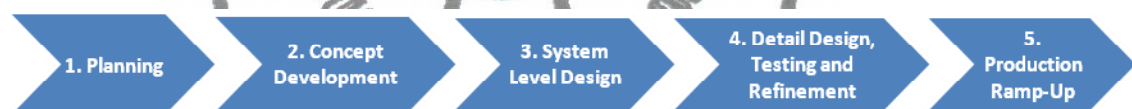
Kondisi kerja ini merupakan kondisi yang diakibatkan oleh hal-hal yang di luar kontrol dari operator dan merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung.

d. *Avoidable delay* (AD).

Waktu menganggur yang terjadi selama siklus kerja yang dihindarkan.

2.2 KEPERLUAN RANCANGAN ALAT BANTU OPERATOR

Menurut Ulrich dan Eppinger (Hopkinson, 2007) menyatakan proses tahapan pengembangan produk, proses tersebut meliputi lima tahapan yang ditampilkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Generic product development process

Sumber: Ulrich dan Eppinger, 2007

Metode pengembangan ini diaplikasikan dengan teknologi dengan sedikit modifikasi. Modifikasi dibutuhkan dalam tahap perencanaan dengan tujuan menghubungkan teknologi ke dalam peluang pasar. Ulrich dan Eppinger dalam Hopkinson (2007), menyebutkan dua syarat dipenuhi dalam mengaplikasikan teknologi pengembangan produk yang teknologinya memberikan nilai tambah dan teknologi alternatif harus tersedia dan praktis. Tahapan dalam metode *generic product development process*, sebagai berikut:

1. *Planning*.

Proses untuk mengidentifikasi dan memahami kebutuhan pasar secara terus menerus agar dapat menetapkan fitur produk yang dirancang.

2. *Concept development*.

Konsep pembangunan merupakan proses yang dikendalikan oleh seperangkat keperluan pelanggan dan target spesifikasi produk, yang kemudian diubah

menjadi satu set konseptual desain dan solusi teknologi yang potensial. Solusi ini merupakan suatu deskripsi perkiraan bentuk, prinsip kerja, dan fitur produk. Seringkali, konsep-konsep yang disertai dengan industry desain model dan *prototype* eksperimental yang membantu dalam pembuatan akhir pilihan.

3. *System level design.*

Pengembangan konsep utama untuk mengevaluasi apakah konsep-konsep ini mengarah pada kepuasan terhadap semua keperluan. Pendekatan terstruktur untuk melakukan *system level design* penting untuk meminimalkan waktu desain dan mengatasi kesulitan dalam membuat keputusan yang tepat pada tahap desain awal.

4. *Detail design, testing and refinement.*

Dalam perancangan, desain fungsi dan operasi dari suatu produk harus dijelaskan secara rinci. Setiap kebutuhan, satu bagian atau lebih elemen desain diproduksi sebagai sebuah prototipe. Elemen desain tersebut menggambarkan fitur produk yang diinginkan secara detail.

Pada tahap pembuatan *prototype*, insinyur membuat sampel kerja yang sebenarnya produk mereka berencana untuk memproduksi. Verifikasi Rekayasa Pengujian (EVT) digunakan pada prototipe untuk memverifikasi bahwa desain memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan dan tujuan desain. Informasi yang berharga ini digunakan untuk memvalidasi desain atau mengidentifikasi daerah yang perlu diubah.

Selain itu pengujian produk juga perlu dilakukan. Pengujian merupakan proses investigasi yang dilakukan untuk memberikan informasi tentang kualitas produk yang sedang diuji. Pengujian misalnya uji fungsi dasar, uji kekuatan produk, uji kualitas, uji ketahanan panas. Dari pengujian tersebut dapat diidentifikasi masalah yang muncul dalam desain. Pada tahap perbaikan, insinyur merevisi dan memperbaiki masalah yang muncul dalam desain agar dapat memenuhi kinerja dan persyaratan desain serta spesifikasi yang diharapkan.

5. *Production ramp-up.*

Setelah desain diperbaiki dan dirasa telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka produk dilanjutkan ke tahapan produksi.

2.3 TEKNIK PENGELASAN

Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Menurut Fadli (2008), posisi mengelas terdiri dari empat macam, yaitu:

1. Posisi di bawah tangan.

Posisi di bawah tangan yaitu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° terhadap benda kerja.



Gambar 2.11 Posisi pengelasan di bawah tangan

Sumber: Fadli, 2008

2. Posisi tegak (vertikal).

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya ke atas atau ke bawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar 10° - 15° terhadap garis vertikal dan 70° - 85° terhadap benda kerja.



Gambar 2.12 Posisi pengelasan vertikal

Sumber: Fadli, 2008

commit to user

3. Posisi datar (horisontal).

Mengelas dengan horisontal disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horisontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5° - 10° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° kearah benda kerja.



Gambar 2.13 Posisi pengelasan datar

Sumber: Fadli, 2008

4. Posisi di atas kepala (*over head*).

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dan mengenai juru las. Oleh karena itu dibutuhkan perlengkapan yang lengkap, meliputi baju las, sarung tangan, dan sepatu kulit. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis vertikal dan 75° - 85° terhadap benda kerja.



Gambar 2.14 Posisi pengelasan di atas kepala

Sumber: Fadli, 2008

commit to user

2.4 PROSES PENGELASAN

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 (Suratman, 2008).

Proses pengelasan bengkel las Mulyana bersifat sama dengan proses pengelasan di bengkel lainnya. Adapun proses pengelasan, sebagai berikut:

1. Menentukan besarnya arus listrik yang sesuai dari ukuran elektroda dan jenis serta tebal dari benda kerja. Besar arus dan tegangan listrik yang digunakan dalam pengelasan diatur sesuai kebutuhan. Daya yang dibutuhkan untuk pengelasan tergantung dari besarnya arus dan tegangan listrik yang digunakan. Tidak ada aturan pasti besar tegangan listrik pada mesin las yang digunakan.
2. Menyalakan busur dengan cara menggosokkan elektroda pada benda kerja untuk pesawat AC dan menyentuh-nyentuh elektroda dari atas ke bawah pada benda kerja untuk pesawat DC.

2.4.1 Perencanaan Konstruksi Pengelasan

Secara umum jenis-jenis sambungan las pada konstruksi pengelasan (Wiryosumarto, 1994), yaitu:

1. Sambungan las dasar.

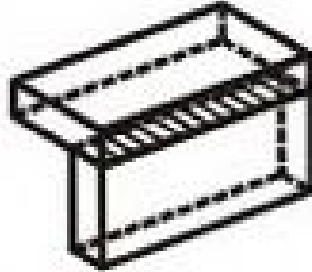
Sambungan las dasar dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar, terdapat sambungan silang, sambungan dengan penguat, dan sambungan sisi.

2. Sambungan sudut.

Sambungan ini terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dihindari dengan membuat alur pada pelat

commit to user

tegak seperti yang terlihat pada gambar, bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan.

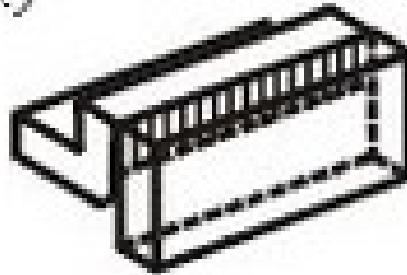


Gambar 2.15 Sambungan sudut

Sumber: Wiryosumarto dan Okomura, 1994

3. Sambungan sisi.

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama pada platnya dibuat alur, sedangkan pada jenis yang kedua pengelasan dilakukan pada ujung plat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal.



Gambar 2.16 Sambungan Sisi

Sumber: Wiryosumarto dan Okomura, 1994

4. Sambungan dengan plat penguat.

Sambungan ini dibagi dua jenis, yaitu sambungan dengan plat penguat tunggal dan dengan penguat ganda. Dengan alasan yang sama dengan sambungan tumpang, maka sambungan ini pun jarang digunakan untuk penyambungan konstruksi utama.

commit to user

2.4.2 Jenis Pengelasan

Berdasarkan pelaksanaannya, proses pengelasan dibagi menjadi 12 macam. Menurut (Wiryosumarto, Okomura, 1994), jenis pengelasan tersebut, sebagai berikut:

1. Pengelasan patri.

Merupakan proses penyambungan logam yang memanfaatkan logam penyambung lainnya dalam keadaan cair yang kemudian membeku. Proses ini digunakan secara meluas dan diterapkan untuk menyambung bagian-bagian yang kecil dan komponen listrik. Pengelasan patri serupa patrian, di sini distribusi logam pengisi tidak dikendalikan oleh gaya kapiler. Pada proses ini logam pengisi dicairkan dan diletakkan di tempat sambungan las.

2. Pengelasan tempa.

Merupakan proses penyambungan tertua yang dikenal manusia. Secara singkat, proses terdiri dari pemanasan logam yang kemudian ditempa, (tekan) sehingga terjadi penyambungan logam. Pengelasan tempa dengan tangan dilakukan untuk benda yang kecil. Sebelum disambung, kedua ujung dibentuk terlebih dahulu, sedemikian sehingga bila disambungkan, keduanya akan bersambung di tengah-tengah terlebih dahulu. Penempaan kemudian dilakukan mulai dari tengah menuju ke sisi, dengan demikian oksida atau kotoran lainnya tertekan keluar. Proses ini dinamakan *scarfing*.

Jenis logam yang banyak digunakan dalam pengelasan tempa adalah baja karbon rendah dan besi tempa karena memiliki daerah suhu pengelasan yang besar.

3. Pengelasan gas.

Kelompok ini mencakup semua proses pengelasan yang digunakan campuran gas sebagai sumber panas. Nyala gas yang lazim digunakan adalah gas alam, asetilen dan *hydrogen* dicampur dengan oksigen. Pengelasan oksihidrogen merupakan proses gas pertama yang digunakan secara komersil. Suhu maksimum yang dapat dicapai adalah 1980°C. Hidrogen dihasilkan oleh proses elektrolisa air atau dengan mengalirkan uap di atas kokas. Campuran gas yang banyak digunakan adalah oksiasetilen dengan suhu nyala hingga 3500°C.

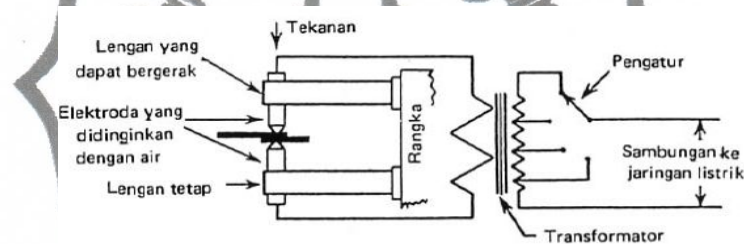
commit to user

4. Pengelasan tahanan atau resistansi listrik.

Proses penyambungan lembaran logam tipis. Peralatan cocok untuk satu jenis sambungan las. Pada proses ini sambungan mengalami tekanan selama proses pemanasan yang diatur dengan cermat dan prosesnya sendiri berlangsung dengan cepat. Pada pengelasan ini ada tiga faktor yang perlu diperhatikan, yaitu arus pengelasan, tahanan listrik antara elektroda yang digunakan, dan waktu. Proses pengelasan resistansi listrik dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Las titik.

Las titik adalah pengelasan menggunakan metode resistansi listrik, dimana pelat lembaran dijepit dengan dua elektroda. Pada saat arus dialirkan maka terjadi sambungan las pada posisi jepitan. Siklus pengelasan titik dimulai pada saat elektroda menekan pelat dimana arus belum dialirkan.

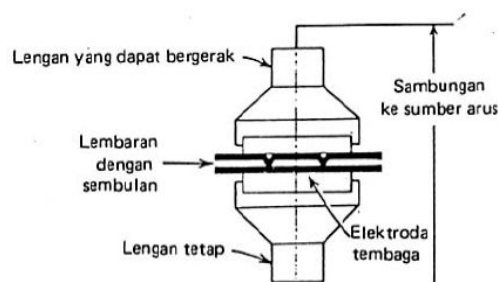


Gambar 2.17 Diagram alat las titik

Sumber: Wirjosumarto dan Okomura, 1994

b. Las proyeksi.

Pengelasan ini mirip dengan pengelasan titik, hanya bagian yang dilas dibuat proyeksi atau tonjolan terlebih dahulu. Ukuran tonjolan mempunyai diameter yang sama dengan tebal pelat yang dilas dengan tinggi tonjolan lebih kurang 60% dari tebal pelat. Hasil pengelasan biasanya mempunyai kualitas yang lebih baik dari pengelasan titik.

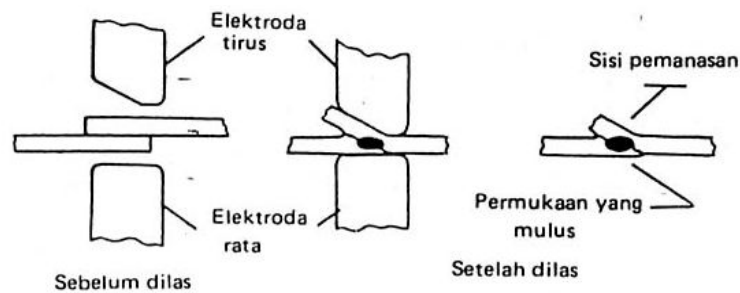


Gambar 2.18 Pengelasan proyeksi

Sumber: Wirjosumarto dan Okomura, 1994

c. Las kampuh (*seam weld*).

Las kampuh merupakan proses las untuk menghasilkan las-an yang kontinyu pada pelat logam yang ditumpuk. Sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh tahanan listrik. Arus mengalir melalui elektroda ke pelat sama seperti pengelasan titik.



Gambar 2.19 Pengelasan kampuh resistansi listrik

Sumber: Wiryo Sumarto dan Okomura, 1994

5. Pengelasan induksi.

Sambungan las pada alas induksi disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh arus induksi dalam logam. Kumbaran induksi sendiri tidak menyentuh logam. Kadang-kadang diperlukan tekanan untuk membentuk sambungan. Arus induksi yang tinggi timbul dalam kedua ujung benda yang disambung. Frekuensi yang digunakan berkisar antara 200.000-500.000 Hertz untuk tujuan khusus, untuk berbagai pekerjaan las frekuensi 400-500 Hertz cukup memadai.

6. Pengelasan busur.

Pada las busur sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian memisahkan penghantar timbullah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur, dan suhu dapat mencapai 5500°C.

7. Pengelasan laser.

Karena intensitas panas yang tinggi, laser dapat digunakan mengelas. Karena energi dipindahkan dalam bentuk cahaya, laser digunakan dalam berbagai media transparan tanpa mengenai benda kerja. Pada pengelasan energi

diteruskan dalam bentuk pulsa dan tidak sebagai berkas kontinu. Berkas terpusat pada benda kerja yang dilas dan panas dengan intensitas tinggi menghasilkan peleburan.

8. Pengelasan gesekan.

Pada pengelasan gesek, penyambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran logam satu terhadap lainnya di bawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan menjadi panas mendekati titik cair dan bahan yang berdekatan dengan permukaan menjadi plastis. Pergerakan relatif antara kedua logam dihentikan dan logam ditekan dalam arah aksial dan terjadilah sambungan lantak.

9. Pengelasan termit.

Merupakan satu-satunya proses pengelasan yang menggunakan reaksi kimia eksotermis sebagai sumber panas. Aluminium mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan digunakan dalam pengelasan ini. Termit terdiri dari campuran serbuk aluminium dan oksida besi dengan perbandingan berat 1:3. Oksida besi berasal dari kerak mesin giling. Campuran ini tidak eksplosif dan baru menyala pada suhu 1500°C . Diperlukan serbuk khusus untuk penyala reaksi. Reaksi kimia berlangsung selama 30 detik dan dapat mencapai suhu sekitar 2500°C .

10. Pengelasan tuang.

Merupakan proses pengelasan dimana sambungan terjadi oleh panas yang berasal dari logam pengisi cair yang dituangkan ke permukaan logam yang akan disambung. Mula-mula daerah las dibersihkan dan dipanaskan. Logam pengisi cair dituangkan di antara ujung benda kerja sampai mencair. Pada saat itu, penuangan logam pengisi dihentikan dan sambungan didinginkan perlahan-lahan.

11. Pengelasan dingin.

Merupakan cara penyambungan logam pada suhu ruang di bawah pengaruh tekanan. Akibat tekanan, permukaan benda kerja mengalami aliran dan menghasilkan sambungan las. Sambungan ini adalah ikatan padat tanpa pengaruh panas.

commit to user

12. Pengelasan ledakan.

Merupakan proses las dimana dua permukaan logam dijadikan satu di bawah pengaruh impak dan tekanan. Tekanan tinggi berasal dari ledakan yang ditempatkan dekat logam.

2.4.3 Teknologi Pengelasan Busur

Sebelum menjelaskan proses pengelasan busur secara individual, dasar yang menyertai proses ini, seperti elektroda, pelindung busur (*arc shielding*), dan sumber daya dalam pengelasan busur, sebagai berikut:

1. Elektroda.

Elektroda menghasilkan gas CO yang melindungi cairan gas, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Diklasifikasikan sebagai elektroda terumpan (*consumable electrodes*), dan elektroda tak terumpan (*nonconsumable electrodes*), yaitu:

a. Elektroda terumpan.

Elektroda berbentuk batang atau kawat yang diumpankan sebagai logam pengisi dalam pengelasan busur. Panjang batang las pada umumnya sekitar 9 in sampai 18 in. (225 mm sampai 450 mm) dengan diameter $\frac{1}{4}$ in. (6,5 mm) atau kurang. Kelemahan dari elektroda bentuk batang, selama pengoperasiannya harus diganti secara periodik, sehingga memperkecil waktu busur dalam pengelasan. Elektroda bentuk kawat memiliki kelebihan bahwa pengumpanan dilakukan secara kontinyu karena kawat memiliki ukuran jauh lebih panjang dibandingkan dengan elektroda bentuk batang. Baik elektroda bentuk batang maupun bentuk kawat keduanya diumpankan ke busur listrik selama proses dan ditambahkan ke sambungan las-an sebagai logam pengisi.

b. Elektroda tak terumpan.

Dibuat dari bahan tungsten atau kadang-kadang dari bahan grafit yang tahan terhadap peleburan busur. Walaupun elektroda ini tidak diumpankan, tetapi secara bertahap menipis selama proses pengelasan, mirip dengan keausan bertahap pada perkakas pemotong dalam operasi pemesinan. Untuk proses pengelasan busur yang menggunakan elektroda tak terumpan, logam pengisi commit to user secara terpisah ke genangan las-an.

2. Pelindung busur.

Pada suhu tinggi dalam pengelasan busur, logam yang disambung mudah bereaksi dengan oksigen, nitrogen, dan hidrogen dalam udara bebas. Reaksi ini memperburuk sifat mekanis sambungan las-an. Perlindungan pengelasan dari pengaruh yang tidak diinginkan tersebut, digunakan gas pelindung atau fluks untuk menutup ujung elektroda dan busur sehingga tidak berhubungan secara langsung dengan udara luar sampai logam las-an tersebut menjadi padat. Adapun jenis pelindung busur, sebagai berikut:

a. Gas pelindung.

Digunakan gas mulia seperti argon dan helium. Dalam pengelasan logam *ferrous* yang dilakukan dengan pengelasan busur, digunakan oksigen dan karbon dioksida, biasanya dikombinasikan dengan Ar atau He yang melindungi las-an dari udara luar atau untuk mengendalikan bentuk las-an.

b. Fluks.

Digunakan mencegah terbentuknya oksida dan pengotoran lainnya. Selama proses pengelasan, fluks melebur dan menjadi terak cair, menutup operasi dan melindungi logam las-an lebur. Terak mengeras setelah pendinginan dilepaskan dengan cara dipecahkan. Fluks biasanya diformulasikan untuk melakukan beberapa fungsi, yaitu:

1. Memberikan perlindungan pengelasan terhadap pengaruh udara luar.
2. Menstabilkan busur.
3. Mengurangi terjadinya percikan.

Metode pemakaian fluks berbeda untuk setiap proses. Teknik pemberian fluks dilakukan dengan cara, sebagai berikut:

1. Menuangkan butiran fluks pada operasi pengelasan.
2. Menggunakan elektroda batang yang dibungkus dengan fluks dan fluks tersebut akan melebur selama pengelasan untuk menutup operasi.
3. Menggunakan fluks yang ditempatkan dalam inti elektroda tabular dan fluks dilepaskan pada saat elektroda diumpankan.

Sumber daya dalam pengelasan busur berupa arus searah (*direct current, DC*), atau arus bolak-balik (*alternating current, AC*). Mesin las yang menggunakan arus bolak-balik lebih murah harga dan biaya pengoperasiannya, tetapi umumnya

terbatas pemakaiannya hanya untuk pengelasan logam *ferrous*. Mesin las yang menggunakan arus searah digunakan untuk semua jenis logam dengan hasil yang baik, dan umumnya busur listrik dikendalikan dengan lebih baik pula.

Daya yang digunakan untuk menjalankan pengoperasian dihasilkan melalui arus listrik (I) yang melewati busur dan tegangan (E). Daya dikonversikan menjadi panas, tetapi tidak semua panas ditransfer ke permukaan benda kerja, karena adanya kebocoran daya dalam penghantar, radiasi, percikan nyala api, sehingga mengurangi jumlah panas yang dimanfaatkan.

Efisiensi transformasi panas (*heat transfer efficiency*) f_1 berbeda untuk setiap proses pengelasan busur. Pengelasan dengan menggunakan elektroda terumpan memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda tak terumpan, karena sebagian besar panas yang dihasilkan digunakan untuk melebur elektroda dan benda kerja. Sedang pengelasan busur tungsten gas yang menggunakan elektroda tak terumpan memiliki efisiensi paling rendah.

2.5 ERGONOMI

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *ERGON* (Kerja) dan *NOMOS* (Hukum alam) dan didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan (Nurmianto, 2004). Disiplin ergonomi secara khusus mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Disiplin ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan baik jangka pendek maupun jangka panjang, pada saat berhadapan dengan lingkungan sistem kerja yang berupa perangkat keras atau *hardware* (mesin, peralatan kerja) dan atau perangkat lunak atau *software*, (Wignjosoebroto, 1995). Tujuan dari penerapan ergonomi (Tarwaka, 2004), sebagai berikut:

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan

jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.

3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, anthropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi

Suatu pengertian yang lebih komprehensif tentang ergonomi pada pusat perhatian ergonomi adalah terletak pada manusia dalam rancangan desain kerja ataupun perancangan alat kerja. Berbagai fasilitas dan lingkungan yang dipakai manusia dalam berbagai aspek kehidupannya. Tujuannya adalah merancang benda-benda fasilitas dan lingkungan tersebut, sehingga efektivitas fungsionalnya meningkat dan segi-segi kemanusiaan seperti kesehatan, keamanan, dan kepuasann dapat terpelihara. Terlihat disini bahwa ergonomi memiliki 2 aspek yaitu efektivitas sistem manusia didalamnya dan sifat memperlakukan manusia secara manusia. Mencapai tujuan ini, pendekatan ergonomi merupakan penerapan pengetahuan-pengetahuan terpilih tentang manusia secara sistematis dalam perancangan sisten-sistem manusia benda, manusia-fasilitas dan manusia lingkungan. Perkataan ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari manusia dalam berinterksi dengan obyek-obyek fisik dalam berbagai kegiatan sehari-hari (Madyana, 1996).

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).

2.6 DESAIN DAN ERGONOMI

Manusia dalam kehidupan sehari-harinya banyak menggunakan berbagai macam produk, mesin maupun peralatan kerja untuk memenuhi kebutuhannya. manusia merupakan komponen yang penting untuk setiap sistem operasional (sistem manusia-mesin) yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah aktivitas kerja. Agar sistem tersebut dapat berfungsi baik, maka sub-sistem (komponen-komponen) pendukungnya haruslah dirancang "*compatible*" satu dengan yang lain. Hal ini tidak saja menyangkut komponen (elemen) yang berada di dalam

sub-sistem mesin, tetapi juga menyangkut manusia yang berinteraksi dengan sub-sistem mesin tersebut untuk membentuk sebuah sistem manusia-mesin (*man-machine system*). Oleh karena itu sangat mendasar sekali kalau seorang perancang mesin (produk) selalu mempertimbangkan manusia sebagai sub-sistem yang perlu diselaraskan dengan sub-sistem mesin (produk) yang layak dioperasikan nantinya.

Berkaitan dengan hal tersebut sudah semestinya seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan di dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*). Kemudian menggunakan semua informasi mengenai faktor manusia (*human factors*) ini sebagai acuan dalam menghasilkan rancangan mesin atau produk yang serasi, selaras dan seimbang dengan manusia yang mengoperasikannya (Wignjosoebroto, 2000).

Seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*). Perancang produk harus dapat mengintegrasikan semua aspek manusiawi tersebut dalam karya rancangannya dalam sebuah konsep "*Human Integrated Design*" (Wignjosoebroto, 2000).

Desain diartikan sebagai salah satu aktivitas luas dari inovasi desain dan teknologi yang digagaskan, dibuat, dipertukarkan (melalui transaksi jual-beli) dan fungsional. Desain merupakan hasil kreativitas budi-daya (*man-made object*) manusia yang diwujudkan memenuhi kebutuhan manusia yang memerlukan perencanaan, perancangan maupun pengembangan desain mulai dari tahap menggali ide atau gagasan, dilanjutkan dengan tahapan pengembangan, konsep perancangan, sistem dan detail, pembuatan prototipe dan proses produksi, evaluasi, dan berakhir dengan tahap pendistribusian. Jadi disimpulkan desain berkaitan dengan pengembangan ide dan gagasan, pengembangan teknik, proses produksi serta peningkatan pasar (Wardani, 2003).

Secara umum aplikasi konsep *Human Integrated Design* (HID) dijelaskan berdasarkan 2 (dua) prinsip, yaitu seorang perancang produk harus menyadari

benar bahwa faktor manusia menjadi kunci penentu sukses didalam operasionalisasi sistem manusia-mesin (produk), tidak peduli apakah sistem tersebut bersifat manual, mekanis (*semi-automatic*) atau otomatis penuh. Kemudian perancang produk harus menyadari bahwa setiap produk memerlukan informasi detail dari semua faktor yang terkait dalam setiap proses perancangan (Wignjosuebrotto, 2000).

Penerapan ergonomi dalam desain sistem harus membuat sistem kerja lebih baik dengan menghilangkan aspek sistem yang berfungsi *undesireable* dan tidak terkendali seperti inefisiensi, kelelahan, kecelakaan, cedera dan kesalahan, kesulitan pengguna dan tidak ramah lingkungan (Bridger, 2003).

Desain ergonomi atau teknik faktor manusia adalah sebuah aplikasi informasi ergonomi untuk mendesain alat, mesin, sistem, tugas, pekerjaan dan lingkungan untuk keamanan, kenyamanan dan keefektifan penggunaan oleh manusia. Aplikasi prinsip ergonomi dalam proses desain dicapai, hasilnya harus menarik dan dapat digunakan dengan baik. Mesin, perlengkapan, stasiun kerja, dan lingkungan kerja yang menggabungkan ergonomi dalam desain berperan dalam kualitas hidup, meningkatkan kesejahteraan dan performansi (De Mores, 1996).

Konsep ergonomi dijadikan sebagai kerangka dasar pengembangan desain produk sehingga hasil desain dan produknya memiliki nilai tambah yang meningkatkan manfaat (*tangible* dan *intangibile benefits*) yang dirasakan oleh konsumen serta sekaligus memenuhi harapan sehingga memberikan kepuasan bagi pemakainya (Syafei, 2007). Seorang desainer harus memahami pentingnya konsep ergonomi dalam pengembangan produk, terutama tahapan desain dimana konsep ergonomi yang dijadikan sebagai kerangka dasar dari segala kepentingan.

Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan data antropometri (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).

Kajian atau evaluasi (pengujian) bahwa desain sudah memenuhi persyaratan ergonomi adalah mempertimbangkan faktor manusia. Ada empat aturan sebagai dasar perancangan desain (Wardani, 2003), yaitu:

1. Memahami manusia merupakan fokus utama perancangan desain, sehingga hal-hal yang berhubungan dengan struktur anatomi (fisiologik) tubuh manusia harus diperhatikan, demikian juga dengan dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*).
2. Menggunakan prinsip-prinsip kinesiologi dalam perancangan desain (studi mengenai gerakan tubuh manusia dilihat dari aspek biomekanik), tujuannya menghindari manusia melakukan gerakan kerja yang tidak sesuai, tidak beraturan dan tidak memenuhi persyaratan efektivitas efisiensi gerakan.
3. Pertimbangan mengenai kelebihan maupun kekurangan (keterbatasan) yang berkaitan dengan kemampuan fisik yang dimiliki oleh manusia di dalam memberikan respon sebagai kriteria yang perlu diperhatikan pengaruhnya dalam perancangan desain.
4. Mengaplikasikan semua pemahaman yang terkait dengan aspek psikologik manusia sebagai prinsip yang mampu memperbaiki motivasi, *attitude*, moral, kepuasan dan etos kerja.

2.6.1 Anthropometri

Prinsip *human centered design* yang menyatakan bahwa manusia merupakan objek dasar dalam melakukan perancangan, manusia tidak menyesuaikan dirinya dengan alat yang dioperasikan (*the man fits to the design*), melainkan sebaliknya yaitu alat yang dirancang terlebih dahulu memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia yang mengoperasikannya (*the design fits to the man*) (Wignjosoebroto, 2000).

Anthropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. *Anthropometri* adalah studi tentang dimensi tubuh manusia (Pullat, 1992). Secara definitif *anthropometri* dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. *Anthropometri* merupakan

commit to user

ilmu yang menyelidiki manusia dari segi keadaan dan ciri-ciri fisiknya, seperti dimensi linier, volume, dan berat.

Pada umumnya manusia berbeda dalam hal bentuk dan ukuran tubuh. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia (Wignyosoebroto, 2000), yaitu:

1. Umur.

Dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur, yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahun. Penelitian yang dilakukan oleh Roche dan Davila (1972) di USA diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21,2 tahun, sedangkan wanita 17,3 tahun. Meskipun ada sekitar 10% yang masih terus bertambah tinggi sampai usia 23,5 tahun untuk laki-laki dan 21,1 tahun untuk wanita, setelah itu tidak lagi terjadi pertumbuhan.

2. Jenis kelamin.

Jenis kelamin pria umumnya memiliki dimensi tubuh yang lebih besar kecuali dada dan pinggul.

3. Suku bangsa.

Dimensi tubuh suku bangsa negara barat lebih besar dari pada dimensi tubuh suku bangsa negara timur.

4. Posisi tubuh.

Sikap ataupun posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh. Oleh karena itu posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

Posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh yang digunakan. Oleh karena itu, dalam anthropometri dikenal 2 cara pengukuran, yaitu:

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh atau statis (*structural body dimension*).

Tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak. Istilah lain untuk pengukuran ini dikenal dengan '*static anthropometri*'. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri, maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut berdiri maupun duduk, panjang lengan.

commit to user

2. Pengukuran dimensi fungsional atau dinamis (*functional body dimension*).

Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat melakukan gerakan tertentu. Hal pokok yang ditekankan pada pengukuran dimensi fungsional tubuh ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang berkaitan dengan gerakan nyata yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu.

Data dari hasil pengukuran yang disebut dengan *anthropometri*, digunakan sebagai data perancangan peralatan. Mengingat bahwa keadaan dan ciri fisik dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga berbeda satu sama lainnya, maka terdapat 3 prinsip dalam pemakaian data tersebut, yaitu:

1. Perancangan fasilitas berdasarkan individu yang ekstrim.

Prinsip perancangan berdasarkan individu ekstrim digunakan apabila mengharapkan agar fasilitas yang dirancang tersebut digunakan dengan enak dan nyaman oleh sebagian orang yang akan memakainya, minimal oleh 95% pemakai.

2. Perancangan fasilitas yang disesuaikan.

Prinsip ini digunakan untuk merancang suatu fasilitas agar menampung atau digunakan dengan nyaman oleh semua orang yang mungkin memerlukannya. Kursi pengemudi mobil yang bisa diatur maju dan mundur serta kemiringan sandarannya, tinggi kursi sekretaris atau tinggi permukaan mejanya, merupakan contoh-contoh dari pemakaian prinsip ini.

3. Perancangan fasilitas berdasarkan harga rata-rata pemakainya.

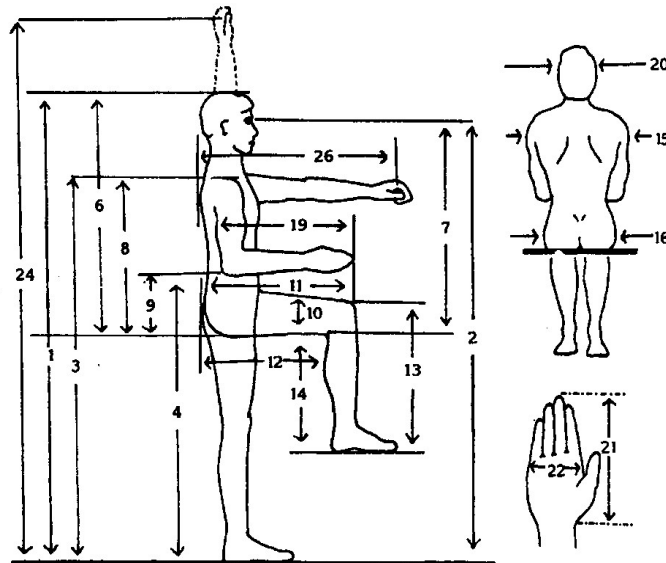
Perancangan ini digunakan apabila perancangan berdasarkan harga ekstrim tidak mungkin dilaksanakan dan tidak layak jika menggunakan prinsip perancangan fasilitas yang disesuaikan. Prinsip berdasarkan harga ekstrim tidak mungkin dilaksanakan bila lebih banyak rugi daripada untungnya, artinya hanya sebagian kecil dari orang-orang yang merasa nyaman ketika menggunakan fasilitas tersebut. Sedangkan fasilitas dirancang berdasarkan fasilitas yang disesuaikan, tidak layak karena mahal harganya.

2.6.2 Dimensi Anthropometri

Data *anthropometri* dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang

commit to user

menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas ditampilkan pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Anthropometri untuk perancangan produk atau fasilitas

Sumber: Wignjosoebroto, 2000

Keterangan gambar 2.20 di atas, yaitu:

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
- 2 : Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk.
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk.
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
- 10 : Tebal atau lebar paha.
- 11 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan. ujung lutut.
- 12 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis.

commit to user

- 13 : Tinggi lutut yang di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
- 14 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha.
- 15 : Lebar dari bahu di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat.
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam gambar).
- 18 : Lebar perut.
- 19 : Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
- 20 : Lebar kepala.
- 21 : Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
- 22 : Lebar telapak tangan.
- 23 : Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar).
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
- 26 : Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.

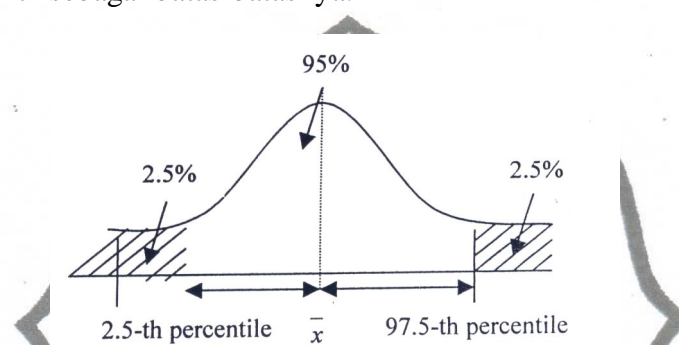
Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data anthropometri yang tepat diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, diperlukan pengambilan ukuran dimensi anggota tubuh.

2.6.3 Aplikasi Distribusi Normal Dalam Anthropometri

Penerapan data *anthropometri* distribusi yang umum digunakan adalah distribusi normal (Nurmianto, 2004). Dalam statistik, distribusi normal diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada. Nilai rata-rata dan standar deviasi yang ditentukan *percentile* sesuai tabel probabilitas distribusi normal.

Adanya variansi tubuh yang cukup besar pada ukuran tubuh manusia secara perseorangan, maka perlu memperhatikan rentang nilai yang ada. Masalah adanya variansi ukuran sebenarnya lebih mudah diatasi bilamana mampu merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat 'mampu suai' dengan suatu rentang

ukuran tertentu. Pada penetapan data *anthropometri*, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Distribusi normal diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Berdasarkan nilai yang ada tersebut, maka persentil (nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut) bisa ditetapkan sesuai tabel probabilitas distribusi normal. Bilamana diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka diambil rentang 2,5th dan 97,5th persentil sebagai batas-batasnya.



Gambar 2.21 Distribusi normal yang mengakomodasi 95% dari populasi

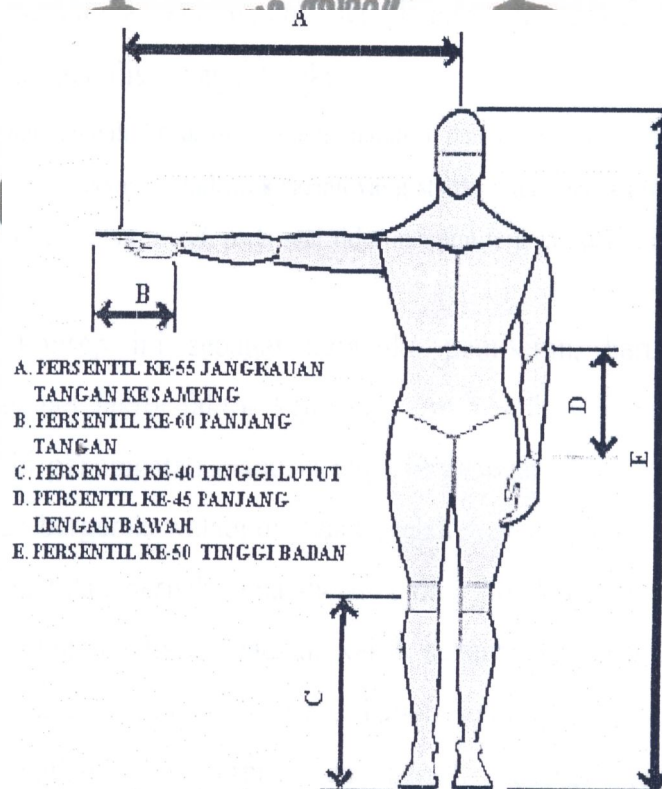
Sumber: Wignjosoebroto, 2000

Secara statistik diperlihatkan data hasil pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik. Persentil menunjukkan jumlah bagian per seratus orang dari suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh tertentu. Tujuan penelitian, sebuah populasi dibagi-bagi berdasarkan kategori dengan jumlah keseluruhan 100% dan diurutkan mulai dari populasi terkecil hingga terbesar berkaitan dengan beberapa pengukuran tubuh tertentu. Sebagai contoh, persentil ke-95 dari suatu pengukuran tinggi badan berarti bahwa hanya 5% data merupakan data tinggi badan yang bernilai lebih besar dari suatu populasi dan 95% populasi merupakan data tinggi badan yang bernilai sama atau lebih rendah pada populasi tersebut.

Menurut Julius Panero dan Martin Zelnik (2003), persentil ke-50 memberi gambaran yang mendekati nilai rata-rata dari suatu kelompok tertentu. Suatu kesalahan yang serius pada penerapan suatu data dengan mengasumsikan bahwa setiap ukuran pada persentil ke-50 mewakili pengukuran manusia rata-rata, sehingga digunakan sebagai pedoman perancangan. Kesalahpahaman yang terjadi

dengan asumsi tersebut mengaburkan pengertian atas makna 50% dari kelompok. Sebenarnya tidak ada yang dapat disebut “manusia rata-rata”.

Ada dua hal penting yang harus selalu diingat bila menggunakan persentil. Pertama, suatu persentil anthropometri dari tiap individu hanya berlaku untuk satu data dimensi tubuh saja. Kedua, tidak dapat dikatakan seseorang memiliki persentil yang sama, ke-95, atau ke-90 atau ke-5, untuk keseluruhan dimensi. Tidak ada orang dengan keseluruhan dimensi tubuhnya mempunyai nilai persentil yang sama, karena seseorang dengan persentil ke-50 untuk data tinggi badannya, memiliki persentil 40 untuk data tinggi lututnya, atau persentil ke-60 untuk data panjang lengannya seperti ilustrasi pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Ilustrasi seseorang dengan tinggi badan P50 mungkin saja memiliki jangkauan tangan ke samping P55

Sumber: Panero dkk, 2003

Sebuah perancangan diperlukan identifikasi mengenai dimensi ruang dan dimensi jangkauan. Dimensi ruang merupakan dimensi yang menggunakan ukuran 90P ataupun 95P, bertujuan orang yang ukuran datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat lebih merasa nyaman ketika menggunakan hasil rancangan. Dimensi jangkauan lebih sering menggunakan ukuran 5P ataupun 10P, bertujuan

orang yang datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat turut menggunakan fasilitas yang tersedia.

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data *anthropometri* ditampilkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Macam Persentil Dan Cara perhitungan Dalam Distribusi Normal

Persentil	Perhitungan
1-St	$\bar{x} - 2.325 \sigma_x$
2.5-th	$\bar{x} - 1.96 \sigma_x$
5-th	$\bar{x} - 1.645 \sigma_x$
10-th	$\bar{x} - 1.28 \sigma_x$
50-th	\bar{x}
90-th	$\bar{x} + 1.28 \sigma_x$
95-th	$\bar{x} + 1.645 \sigma_x$
97.5-th	$\bar{x} + 1.96 \sigma_x$
99-th	$\bar{x} + 2.325 \sigma_x$

Sumber: Nurmianto, 2004

Keterangan Tabel 2.1 di atas, yaitu:

\bar{x} = mean data

σ_x = standar deviasi dari data

2.6.4 Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk

Penggunaan data *anthropometri* dalam penentuan ukuran produk mempertimbangkan prinsip produk yang dirancang sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto, 2003), yaitu :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim.

Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk, yaitu:

- a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
- b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada), agar memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran diaplikasikan, yaitu:

commit to user

- Dimensi *minimum* harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai *percentile* terbesar misalnya *90-th*, *95-th*, atau *99-th percentile*.
 - Dimensi maksimum harus ditetapkan diambil berdasarkan *percentile* terkecil misalnya *1-th*, *5-th*, atau *10-th percentile*.
2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*adjustable*).
- Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksible untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini maka data *anthropometri* yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th.
3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.
- Produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang *50-th percentile*. Berkaitan dengan aplikasi data *anthropometri* yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, beberapa rekomendasi yang diberikan sesuai dengan langkah-langkah, sebagai berikut:
- a. Pertama kali terlebih dahulu ditetapkan anggota tubuh yang difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
 - b. Tentukan dimensi tubuh dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
 - c. Populasi terbesar yang diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut.
 - d. Tetapkan prinsip ukuran yang diikuti semisal apakah rancangan rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
 - e. Pilih persentil populasi yang diikuti; ke-5, ke-50, ke-95 atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.
 - f. Setiap dimensi tubuh yang diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari tabel data *anthropometri* yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan faktor *kelonggaran* (*allowance*) bila diperlukan,

seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*).

2.7 PETA KERJA

Peta kerja adalah alat komunikasi yang digunakan untuk menganalisa proses kerja dari tahap awal sampai tahap akhir. Melalui peta proses ini diperoleh informasi-informasi yang dibutuhkan memperbaiki metode atau sistem kerja. Peta kerja melihat semua langkah-langkah atau kejadian yang dialami oleh obyek mulai tahap awal sampai proses menghasilkan produk (Wignjosoebroto, 2008). Menurut Wignjosoebroto (2008), peta kerja dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Peta kerja keseluruhan.

Peta kerja yang digunakan untuk menganalisis sistem kerja yang bersifat keseluruhan (melibatkan sebagian besar atau semua fasilitas produksi yang diperlukan dalam membuat suatu produk tertentu). Peta ini menggambarkan keseluruhan atau sebagian besar proses beserta karakteristik yang dialami suatu bahan hingga menjadi produk akhir. Peta ini juga menggambarkan interaksi atau hubungan antar kelompok kegiatan operasi. Peta kerja keseluruhan dikelompokkan menjadi lima jenis, yaitu:

a. Peta proses operasi.

Peta kerja yang menggambarkan urutan kerja dengan membagi pekerjaan tersebut ke dalam elemen operasi yang detail.

b. Peta aliran proses.

Peta yang menggambarkan semua aktivitas produktif maupun tidak produktif yang terlibat proses pelaksanaan kerja.

c. Peta proses kelompok kerja.

Peta yang menggambarkan hubungan antara siklus menganggur dan siklus kerja manusia dan mesin, menggambarkan kemungkinan untuk memperbaiki kondisi kerja.

d. Diagram aliran.

Peta yang penggambarannya dilakukan di atas gambar *layout* dari fasilitas kerja.

e. Diagram rakitan (*Assembly chart*).

Peta yang menggambarkan semua aktivitas perakitan dari suatu produk.

2. Peta kerja setempat.

Peta kerja yang digunakan untuk menganalisis kegiatan kerja setempat (terjadi dalam suatu stasiun kerja yang melibatkan orang dan fasilitas dengan jumlah terbatas). Peta kerja setempat ini dijelaskan, sebagai berikut:

a. Peta pekerja mesin.

Peta kerja yang menggambarkan hubungan antara waktu kerja terhadap siklus kerja operator dan siklus operasi mesin.

b. Peta tangan kiri tangan kanan.

Peta tangan kanan dan tangan kiri adalah peta kerja yang menggambarkan semua gerakan pada saat bekerja dan waktu menganggur yang dilakukan tangan kanan dan tangan kiri dan menunjukkan perbandingan antara tugas yang dibebankan pada tangan kanan dan tangan kiri pada saat melakukan pekerjaan. Peta ini sangat praktis untuk memperbaiki pekerjaan manual, yakni setiap siklus dari pekerja terjadi dengan cepat dan terus berulang. Menurut Satalaksana (2006), peta tangan kanan dan tangan kiri memiliki beberapa kegunaan, yaitu:

1. Menyeimbangkan gerakan kedua tangan dan mengurangi kelelahan.
2. Menghilangkan atau mengurangi gerakan-gerakan yang tidak efisien dan tidak produktif, sehingga mempersingkat waktu kerja.
3. Sebagai alat untuk menganalisis tata letak sistem kerja.
4. Sebagai alat untuk melatih pekerja yang baru dengan cara kerja yang ideal.

Peta tangan kanan dan tangan kiri mempunyai beberapa prinsip yang dilaksanakan agar diperoleh peta yang baik yang memberikan informasi mengenai pekerjaan yang dipetakan. Prinsip peta tangan kanan dan tangan kiri menurut Satalaksana (2006), yaitu:

1. Membuat peta tangan kanan dan tangan kiri dengan lembaran kertas dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian kepala dan bagian badan.
2. Pada bagian kepala, dibaris paling atas ditulis "PETA TANGAN KANAN-TANGAN KIRI". Setelah itu, menyertakan identifikasi-identifikasi lainnya seperti nama pekerjaan, nomor peta, cara sekarang atau susulan, nama pembuat peta dan tanggal dipetakan.

3. Bagian "badan" dibagi ke dalam dua pihak. Sebelah kiri kertas digunakan untuk menggambarkan kegiatan yang dilakukan tangan kiri dan sebaliknya, sebelah kanan kertas digunakan untuk menggambarkan kegiatan yang dilakukan tangan kanan pekerja.
4. Memperhatikan urutan gerakan yang dilakukan operator. Operasi tersebut diuraikan menjadi elemen gerakan yang dibagi menjadi delapan elemen, yaitu:
 - a. Elemen menjangkau, diberi lambang Re.
 - b. Elemen memegang, diberi lambang G.
 - c. Elemen membawa, diberi lambang M.
 - d. Elemen mengarahkan, diberi lambang P.
 - e. Elemen menggunakan, diberi lambang U.
 - f. Elemen melepas, diberi lambang Rl.
 - g. Elemen menganggur, diberi lambang D.
 - h. Elemen memegang untuk memakai, diberi lambang H.

Menganggur di sini sudah termasuk elemen kelambatan yang tidak bisa dihindari (UD), kelambatan yang dapat dihindarkan (AD) dan istirahat untuk menghilangkan kelelahan (R). Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu tiap elemen gerakan digambarkan melalui kolom yang berpanjang sebanding lamanya waktu pelaksanaan yang bersangkutan.

2.8 MEKANIKA KONSTRUKSI

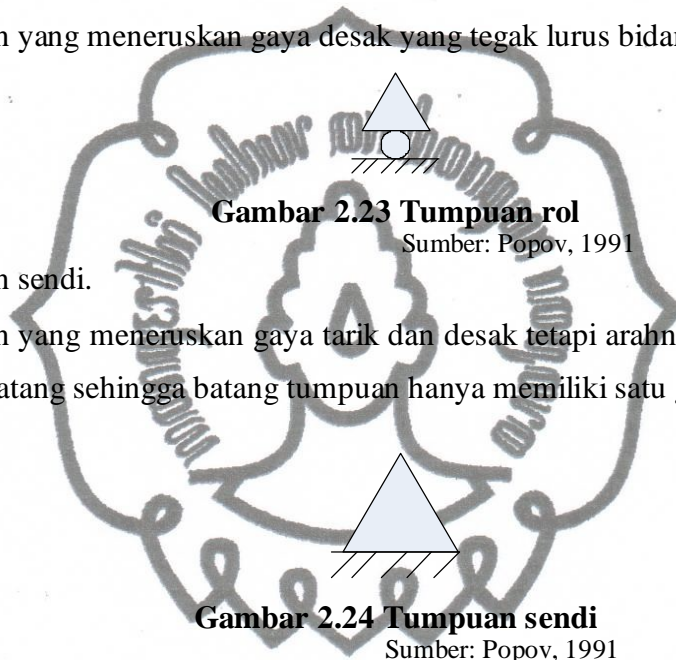
Mekanika (Bahasa Latin *mechanicus*, dari Bahasa Yunani *mechanikos*, "seseorang yang ahli di bidang mesin") adalah jenis ilmu khusus yang mempelajari fungsi dan cara kerja mesin, alat atau benda yang seperti mesin. Mekanika merupakan bagian dalam ilmu fisika terutama untuk ahli sains dan ahli teknik. Mekanika (*mechanics*) juga berarti ilmu pengetahuan yang mempelajari gerakan suatu benda serta efek gaya dalam gerakan itu. Cabang ilmu Mekanika terbagi dua, yaitu mekanika statik dan mekanika dinamik (tidak dibahas dalam penelitian ini). Mekanika teknik dikenal juga sebagai mekanika rekayasa atau analisa struktur. Pokok utama dari ilmu tersebut adalah mempelajari perilaku struktur terhadap beban yang bekerja padanya. Perilaku struktur tersebut umumnya adalah lendutan dan gaya-gaya (gaya reaksi dan gaya internal).

2.8.1 Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang statik dari suatu beban terhadap gaya-gaya dan beban yang mungkin ada pada bahan tersebut, atau juga dapat dikatakan sebagai perubahan terhadap panjang benda awal karena gaya atau beban. Terdapat 3 jenis tumpuan dalam ilmu statika untuk menentukan jenis peletakan yang digunakan dalam menahan beban yang ada dalam struktur beban yang ditahan.

1. Tumpuan rol.

Tumpuan yang meneruskan gaya desak yang tegak lurus bidang peletakannya.



2. Tumpuan sendi.

Tumpuan yang meneruskan gaya tarik dan desak tetapi arahnya selalu menurut sumbu batang sehingga batang tumpuan hanya memiliki satu gaya.

Gambar 2.24 Tumpuan sendi
Sumber: Popov, 1991

3. Tumpuan jepitan.

Tumpuan yang meneruskan segala gaya dan momen sehingga dapat mendukung H, V dan M yang berarti mempunyai tiga gaya. Kesetimbangan terpenuhi agar susunan gaya dalam keadaan setimbang haruslah dipenuhi tiga syarat, yaitu $\sum F_{\text{Horizontal}} = 0$, $\sum F_{\text{Vertikal}} = 0$, $\sum M = 0$.



Gambar 2.25 Tumpuan jepit
Sumber: Popov, 1991

commit to user

2.8.2 Gaya

Suatu konstruksi bertugas mendukung gaya-gaya luar yang bekerja padanya yang disebut sebagai beban. Konstruksi ditumpu dan diletakkan pada peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya yaitu menjaga keadaan konstruksi yang seimbang. Suatu konstruksi dikatakan seimbang bila resultan gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut sama dengan nol atau dengan kata lain $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum F_z = 0$, $\sum M = 0$.

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan suatu benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya. Dalam ilmu statika berlaku hukum (Aksi = Reaksi), gaya dalam statika kemudian dikenal dibedakan, yaitu:

1. Gaya luar.

Gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Beban adalah beratnya beban atau barang yang didukung oleh suatu konstruksi atau bangunan beban dan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

- a. Beban mati yaitu beban yang sudah tidak bisa dipindah-pindah, seperti dinding, penutup lantai.
- b. Beban sementara yaitu beban yang dapat dipindah-pindahkan, ataupun beban yang berjalan seperti beban orang, mobil (kendaraan), kereta.
- c. Beban terbagi rata yaitu beban yang secara merata membebani struktur. Beban dibedakan menjadi beban segi empat dan beban segitiga.
- d. Beban titik terpusat adalah beban yang membebani pada suatu titik.
- e. Beban berjalan adalah beban yang bisa berjalan atau dipindah-pindahkan baik itu beban merata, titik, atau kombinasi antar keduanya.

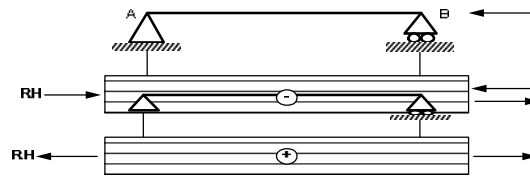
2. Gaya dalam.

Akibat adanya gaya luar yang bekerja, maka bahan memberikan perlawanan sehingga timbul gaya dalam yang menyebabkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk. Gaya dalam dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

- a. Gaya Normal (*normal force*).

Gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban yang arah garis kerjanya searah (//) sumbu batang.

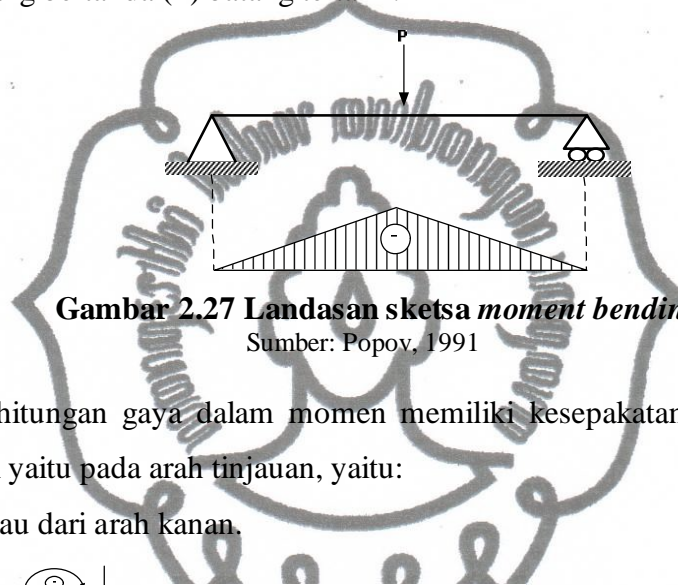
commit to user



Gambar 2.26 Sketsa normal force

Sumber: Popov, 1991

Agar batang tetap utuh, maka gaya dalam sama dengan gaya luar. Pada gambar diatas nampak bahwa tanda (-) negatif yaitu batang tertekan, sedang bertanda (+) batang tertarik.

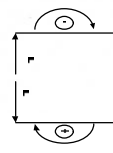


Gambar 2.27 Landasan sketsa moment bending (-)

Sumber: Popov, 1991

Perhitungan gaya dalam momen memiliki kesepakatan yang senantiasa dipenuhi yaitu pada arah tinjauan, yaitu:

- Ditinjau dari arah kanan.



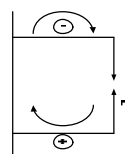
Bila searah jarum jam (+)

Bila berlawanan jarum jam (-)

Gambar 2.28 Landasan arah kanan

Sumber: Popov, 1991

- Ditinjau dari arah kiri.



Bila searah jarum jam (+)

Bila berlawanan jarum jam (-)

Gambar 2.29 Landasan arah kiri

Sumber: Popov, 1991

commit to user

2.8.3 Desain dan Pengembangan Produk

Merancang dan mengembangkan produk, perlu dipahami terlebih dahulu mengenai konsep dasarnya, yang meliputi perspektif pengembangan, tantangan yang dihadapi dalam mengembangkan produk, karakter pengembangan produk dan tipe-tipe proyek pengembangan produk, seperti dijelaskan dibawah ini.

1. Perspektif Perancangan dan Pengembangan Produk.

Produk merupakan sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli. Perancangan dan pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisa persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk (Ulrich, Eppinger, 2001).

Berbagai industri telah melaksanakan pengembangan produk dengan efektif dan menyelaraskan berbagai faktor yang mempengaruhinya dengan sangat baik, seringkali dipengaruhi oleh pasar pelanggan yang berubah dengan cepat. Keberhasilan produk yang dikembangkan tergantung dari respon konsumen, produk hasil pengembangan dikatakan sukses bilamana mendapat respon positif dari konsumen yang diikuti dengan keinginan dan tindakan untuk membeli produk. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen merupakan fase yang paling awal dalam mengembangkan produk, karena tahap ini menentukan arah pengembangan produk (Ulrich dan Eppinger, 2001).

2. Karakter Pengembangan Produk.

Karakter dalam mengembangkan produk terbagi menjadi lima tipe. Karakter ini disesuaikan kemampuan dan tujuan perusahaan (Ulrich dan Eppinger, 2001), yaitu:

a. Tipe *generic (market pull)*.

Tipe ini perusahaan mengawali dengan peluang pasar kemudian mendapatkan teknologi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Contoh penerapan tipe ini yaitu pada barang-barang untuk keperluan olahraga, *furniture*, dan alat bantu kerja.

b. Tipe *technology push*.

Tipe ini perusahaan mengawali dengan suatu teknologi baru, kemudian mendapatkan pasar yang sesuai. Perbedaan dengan tipe *market pull* yaitu pada tahap perencanaan melibatkan kesesuaian antara teknologi dan

kebutuhan pasar. Pengembangan konsep mengasumsikan bahwa teknologinya telah tersedia.

c. Produk *platform*.

Tipe ini perusahaan mengasumsikan bahwa produk baru dibuat berdasarkan sub-sistem teknologi yang telah ada. Peralatan elektronik, komputer dan printer, beberapa hal yang dikembangkan dengan karakter ini.

d. Process *intensive*.

Tipe ini karakteristik produk sangat dibatasi oleh proses produksi. Pada tipe ini proses dan produk harus dikembangkan bersama-sama dari awal atau proses produksi harus dispesifikasikan sejak awal. Contoh *process intensive* adalah pengembangan makanan ringan, bahan kimia, semikonduktor.

e. *Costumized*.

Tipe ini produk baru memungkinkan sedikit variasi dari model yang telah ada. Tipe ini diterapkan pada pengembangan produk saklar, motor, baterai, produk lainnya (alat bantu las).

3. Definisi Prototipe.

Definisi prototipe hanya sebagai sebuah kata benda, dalam praktek pengembangan produk, kata tersebut digunakan sebagai kata benda, kata kerja, ataupun kata sifat. Definisi prototipe adalah “sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian” (Ulrich dan Eppinger, 2001).

Berdasarkan definisi ini, setiap wujud yang memperlihatkan sedikitnya satu aspek produk yang menarik bagi tim pengembangan produk dapat ditampilkan sebagai sebuah prototipe.

Prototipe diklasifikasikan menjadi dua dimensi. Dimensi pertama membagi prototipe menjadi dua yaitu prototipe fisik dan prototipe analitik. Prototipe fisik merupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembangan secara nyata dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan. Prototipe analitik adalah lawan dari prototipe fisik yang hanya menampilkan produk yang tidak nyata, biasanya dalam bentuk matematis. Contoh prototipe analitik meliputi simulasi komputer, model komputer, geometrik tiga dimensi atau dua dimensi, dan sistem persamaan penulisan pada kertas komputer. *commit to user*

Dimensi kedua mengklasifikasikan prototipe menjadi dua pula yaitu prototipe menyeluruh dan prototipe terfokus. Prototipe menyeluruh mengimplementasikan sebagian besar atau semua atribut dari produk. Prototipe menyeluruh adalah yang diberikan kepada pelanggan untuk mengidentifikasi dari desain sebelum memutuskan diproduksi. Berlawanan dengan prototipe menyeluruh, prototipe terfokus hanya mengimplementasikan satu atau sedikit sekali atribut produk. Perlu dicatat bahwa prototipe terfokus merupakan prototipe fisik maupun analitik, namun untuk produk fisik, prototipe menyeluruh biasanya merupakan prototipe fisik.

2.9 PENENTUAN ESTIMASI BIAYA RANCANGAN

Pengertian biaya dalam arti luas adalah “Pengorbanan sumber ekonomi, diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk tujuan tertentu” (Mulyadi, 1991). Mempermudah pengklasifikasian jenis usaha maka digolongkan ke dalam empat jenis biaya (Mulyadi, 1991), yaitu:

1. Biaya penyusutan (*depreciation cost*).

Biaya penyusutan adalah biaya yang harus disediakan oleh perusahaan setiap periode untuk melakukan penggantian peralatan atau mesin, setelah mesin atau alat tersebut sudah tidak berdaya guna lagi. Pengalokasian biaya penyusutan akibat adanya penurunan nilai dari mesin atau kendaraan yang digunakan sepanjang umur pakai benda modal tersebut. Tujuan mengadakan biaya penyusutan, adalah:

- a. Mengembalikan modal yang telah dimasukkan dalam bentuk benda modal.
- b. Memungkinkan biaya tersebut dimasukkan dalam biaya produksi sebelum perhitungan keuntungan ditetapkan.

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Harga Perolehan} - \text{Nilai Sisa}}{\text{Umur Ekonomis}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.3}$$

2. Biaya ketidakpastian.

Biaya ini merupakan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan karena tidak berproduksi. Adanya perbaikan mesin yang memakan waktu dan jadwal rencana yang telah ditentukan sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan kepada tenaga kerja dan menanggung biaya tetap perusahaan selama mesin tersebut diperbaiki, adanya kenaikan bahan baku secara mendadak.

3. Faktor inflasi.

Menilai profitabilitas suatu usulan investasi, maka faktor inflasi harus diperhatikan karena hal ini mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap biaya dan harga, misalnya biaya bahan baku, tenaga kerja, bahan bakar, suku cadang.

4. Metode penilaian investasi.

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam penilaian investasi dan evaluasi suatu proyek (Umar, 2003), yaitu:

a. Metode *payback period*.

Metode *payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain *payback period* merupakan rasio antara *initial cash investment* dengan *cash inflow*-nya yang hasilnya merupakan satuan waktu (yaitu tahun atau bulan). Selanjutnya nilai rasio ini dibandingkan dengan maximum *payback period* yang dapat diterima.

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Kas masuk bersih}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.4}$$

b. Metode *break even point* (BEP).

Break Even Point atau titik impas atau titik pulang pokok merupakan titik atau keadaan dimana perusahaan di dalam operasinya tidak memperoleh keuntungan dan tidak menderita kerugian. Teknis analisis ini untuk mempelajari hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, dan laba dan juga mempelajari pola hubungan antara volume penjualan, *cost*, dan tingkat keuntungan yang diperoleh pada tingkat penjualan tertentu.

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - \frac{\text{Total Biaya Variabel}}{\text{Pendapatan}}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.5}$$

Analisis metode ini, dapat membantu pengambil keputusan mengenai (Rangkuti, 2000), yaitu:

1. Jumlah penjualan minimal yang harus dipertahankan agar perusahaan tidak mengalami kerugian.
2. Jumlah penjualan yang harus dicapai untuk memperoleh keuntungan tertentu.

3. Seberapa jauhkah berkurangnya penjualan agar perusahaan tidak menderita kerugian.
4. Bagaimana efek perubahan harga jual, biaya, dan volume penjualan terhadap keuntungan yang akan diperoleh.

2.10 PENELITIAN PENUNJANG

Penelitian Iqbal Rahman Hakim (2009), mengenai Implementasi Metode *Quick Exposure Checklist* (QEC) Pada Pekerja Pengrajin Keramik Dalam Upaya Perbaikan Postur Posisi Kerja, perlu dilakukan perbaikan posisi kerja terhadap aktivitas pembuatan kramik agar mengurangi resiko cedera pada bagian punggung, pergelangan tangan dan leher yang ditunjukkan dengan berkurangnya level resiko. Identifikasi dilakukan pada enam aktivitas pembuatan keramik, yaitu aktivitas mengambil tanah liat; aktivitas memindahkan tanah liat; aktivitas memadatkan tanah liat; aktivitas pembentukan; aktivitas memindahkan keramik; aktivitas meletakkan keramik. Hasil penilaian QEC menunjukkan bahwa aktivitas pembentukan merupakan aktivitas yang paling berpotensi menimbulkan resiko cedera pada bagian punggung, lengan dan leher. Berdasarkan hasil tersebut maka perlu dilakukan intervensi ergonomi terhadap perbot yang ada. Intervensi ergonomi dilakukan dengan mengubah desain perbot yang ada.

Perbaikan alat pembuat keramik dilakukan dengan mengubah posisi kerja pengrajin dan tetap mempertahankan sistem operasi manual. Alasan tetap dipilihnya sistem operasi manual daripada sistem operasi otomatis yaitu dengan mempertimbangkan aspek estetika dan aspek ekonomis. Alat pembuat keramik yang menggunakan sistem operasi manual akan menghemat pemakaian energi listrik dan bahan bakar minyak jika dibandingkan dengan sistem operasi otomatis yang menggunakan motor listrik maupun motor bakar.

Penelitian Oktiana Radiatul Khasanah (2009), mengenai Perancangan Ulang Alat Pembuat Keramik Dengan Sistem Penggerak Pedal Searah Berdasarkan Pendekatan Anthropometri Sebagai Usaha Pengurangan Beban Kerja, perlu dilakukan perbaikan terhadap posisi kerja pengrajin keramik putaran miring yang dipandang kurang ergonomis karena pengrajin melakukan serangkaian aktivitas

commit to user

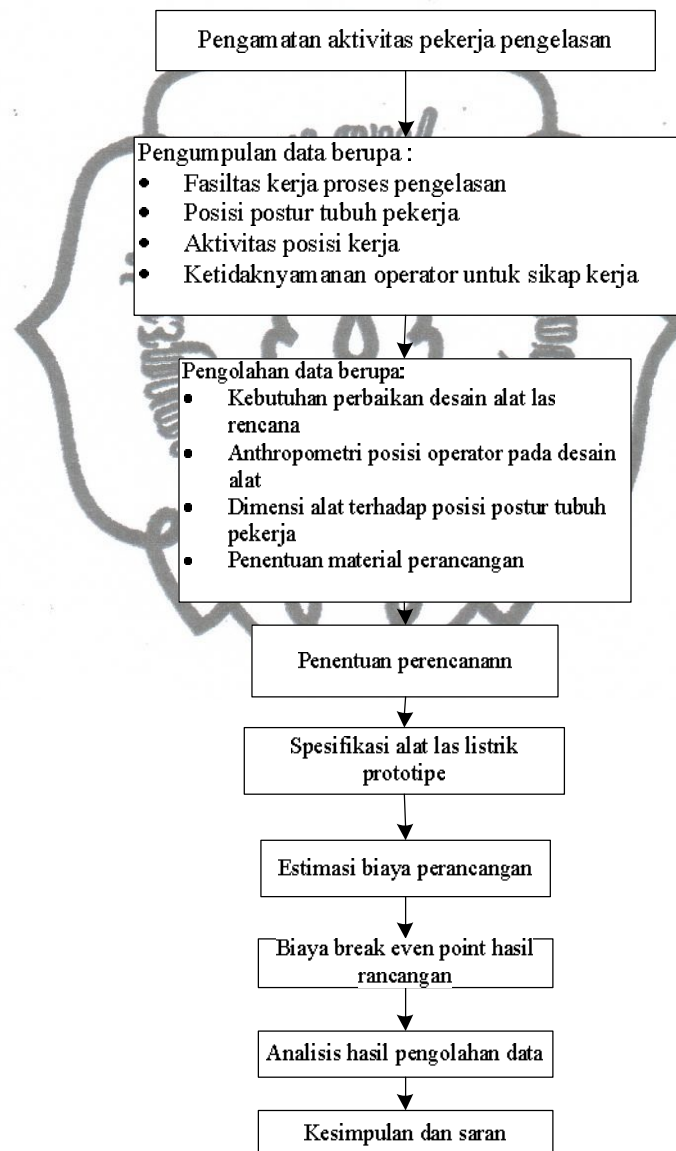
yang *repetitive* dengan sikap kerja yang tidak alami, misalnya ketika batang tubuh (*trunk*) melakukan gerakan *twisting*.

Iqbal Rahman Hakim (2009) telah merancang alat pembuat keramik (alat lama) dengan menganalogikan prinsip kerja mesin jahit. Alat ini dirancang berdasarkan identifikasi keluhan yang dirasakan oleh pengrajin keramik putaran miring dan hasil dari implementasi *Quick Exposure Checklist* (QEC) untuk perbaikan posisi kerja. Desain alat lama berupa meja dengan dimensi panjang 66 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 80 cm. Penggerak alat berupa pedal yang digerakkan secara manual. Sistem transmisi daya utama pada alat lama menggunakan puli. Puli yang digunakan berbahan baja cor dengan massa puli sebesar ± 7 kg untuk puli penggerak dan ± 4 kg untuk puli yang digerakkan. Dengan sistem puli ini, input gerak pijakan kaki yang dilakukan pengrajin rata-rata sebesar 70 pijakan per menit, sedangkan output putaran plendes yang dihasilkan ± 100 rpm.

Perbaikan alat pembuat keramik dengan pendekatan *anthropometri* yang diawali dengan mengevaluasi alat perancangan lama. Dengan perbaikan ini diharapkan pengrajin dapat bekerja lebih nyaman dan beban kerja dapat berkurang. Perancangan ini juga dilakukan untuk menyisakan momen pada putaran plendes, putaran pedal lebih ringan, dan dimensi alat yang sesuai dengan ukuran tubuh. Selain itu perancangan ini juga untuk mengembangkan desain alat yang dapat mendukung aktivitas kerja pembentukan keramik dalam satu area kerja.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan secara sistematis mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ditampilkan dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metodologi penelitian

Tahapan-tahapan yang dijelaskan pada gambar 3.1 digunakan untuk mengkaji alat bantu las listrik. Penjelasan lebih terperinci mengenai metode penelitian diatas akan dijelaskan dalam sub bab berikut ini.

3.1 PENGAMATAN AKTIVITAS PEKERJA

Pengamatan aktivitas pekerja merupakan tahap awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian. Tahap ini diawali dengan pengambilan gambar saat pekerja melakukan proses pengelasan untuk mengetahui posisi postur tubuh pekerja yang dilakukan pada saat pengelasan dan mengetahui aktivitas yang dilakukan selama proses pengelasan.

3.2 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data pada penelitian ini diperlukan untuk mendapatkan data yang diperlukan guna mendukung penyelesaian masalah yang menjadi tujuan dari penelitian.

3.2.1 Persiapan Pengumpulan Data

Persiapan penelitian meliputi penentuan tempat penelitian dan alat yang digunakan dalam penelitian. Penelitian dilakukan di Bengkel Mulyana pada bulan Mei hingga Agustus 2010. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data *anthropometri* pekerja, dimensi fasilitas bantu pengelasan yang ada, foto aktivitas pekerja pada saat melakukan pengelasan.

Tabel 3.1 Pengumpulan data

No	Data	Keterangan	Tujuan
1	Data <i>anthropometri</i> pekerja	Data hasil pengukuran langsung	Mengetahui ukuran tubuh pekerja
2	Data dimensi fasilitas bantu besi siku pengelasan	Data hasil pengukuran langsung	Mengetahui dimensi fasilitas bantu besi siku pengelasan
3	Data foto aktivitas pengelasan	Data dokumentasi	Mengetahui aktivitas pada saat pengelasan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Kamera digital.

Kamera digital digunakan membantu dalam pengambilan gambar pada saat aktivitas pengelasan.



Gambar 3.2 Kamera digital

2. Meteran.

Meteran digunakan dalam penelitian ini adalah meteran badan dan meteran bangunan. Meteran badan untuk mengukur *anthropometri* pekerja, sedangkan meteran bangunan digunakan untuk mengukur fasilitas bantu besi siku. Berikut adalah gambar meteran badan dan meteran bangunan yang digunakan.



Gambar 3.3 Alat ukur, (a) Meteran badan, (b) Meteran bangunan

3.2.2 Prosedur Pengumpulan Data Penelitian

Pengukuran yang pertama kali digunakan adalah pengukuran *anthropometri* pekerja. Data *anthropometri* pekerja yang digunakan adalah tinggi siku berdiri, lebar bahu dan jangkauan tangan ke depan. Pada penelitian ini melibatkan 3 orang pekerja pengelasan.

Pelaksanaan pengumpulan data terdiri dari pengamatan terhadap aktivitas pekerja saat mengelas, dan melakukan pengukuran data *anthropometri* pekerja. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Ketidaknyamanan operator untuk sikap kerja yang disertai keluhan dan harapan dari pekerja saat melakukan pengelasan. Untuk mengetahui keluhan yang terjadi pada tubuh operator dilakukan wawancara dan penyebaran kuesioner *nordic body map* sehingga dapat diketahui dengan melihat model yang dirasakan.
2. Pengukuran *anthropometri* tubuh pekerja menggunakan meteran badan pada masing- masing segmen tubuh.
3. Posisi postur tubuh pekerja pengelasan.
4. Pengukuran dimensi alat yang sudah ada sebelumnya dengan menggunakan meteran.

3.3 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data yang dilakukan meliputi pengujian data *anthropometri*, perhitungan persentil, dan perhitungan teknik. Pengolahan data tersebut dijelaskan pada subbab berikut ini.

3.3.1 Identifikasi Kebutuhan Perbaikan Desain Alat Las Rencana Berdasarkan Keluhan dan Harapan

Berdasarkan observasi, wawancara, dan penyebaran kuesioner yang telah dilakukan dengan pekerja las, maka diperoleh informasi tentang keluhan dan harapan pekerja saat melakukan aktivitas pengelasan dengan alat las yang sudah ada saat ini. Setelah diperoleh data keluhan dan harapan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengelompokan data berdasarkan keluhan dan harapan ke dalam sebuah tabel. Pengelompokan data tersebut nantinya dijadikan sebagai masukan dan pertimbangan dalam perancangan alat bantu las listrik.

3.3.2 Penentuan Data Anthropometri Posisi Operator Pada Desain Alat

Berdasarkan kebutuhan perancangan yang telah dinyatakan, maka dapat dikembangkan suatu solusi pemecahan masalah. Penentuan solusi perancangan haruslah berorientasi pada pemenuhan kebutuhan perancangan yang berasal dari

engineer atau peneliti. Pada penjabaran kebutuhan, peneliti melihat adanya peluang untuk mengantisipasi timbulnya keluhan pada bagian tubuh yaitu dengan merancang sebuah alat bantu kerja berupa alat bantu las listrik. Perancangan alat bantu las listrik tersebut bertujuan mengurangi atau meminimalkan keluhan. Untuk merancang alat bantu las listrik tersebut peneliti mengadopsi dan memodifikasi prinsip kerja pengelasan sebagai *idea*. *Idea* tersebut nantinya akan dijadikan sebagai masukan tentang hal-hal yang ingin diganti ataupun dilakukan penambahan baik pada komponen atau kelengkapan alat bantu las listrik sebagai pertimbangan dalam perancangan.

3.3.3 Penentuan Material Perancangan

Penentuan material perancangan yang dilakukan dengan penggambaran BOM untuk mengetahui fungsi dan bagian dari material tersebut.

3.3.4 Penentuan Perencanaan

Penentuan perencanaan dalam perancangan ini digunakan untuk mengetahui beban sambungan sebagai verifikasi desain. Perhitungan teknik dilakukan untuk penentuan gaya dalam alat bantu las listrik, dan pengujian mekanika.

3.3.5 Prototipe Alat Bantu Las Listrik

Berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat, maka dilakukan pembuatan prototipe alat bantu las listrik untuk mengetahui kelayakan dari hasil sebuah rancangan yang digunakan dalam proses pengelasan.

3.3.6 Penentuan Spesifikasi

Penentuan spesifikasi produk dilakukan berdasarkan komponen yang digunakan dalam perancangan alat bantu las listrik. Komponen yang ditentukan berdasarkan pengetahuan peneliti tentang material ataupun peralatan, dan komponen.

3.3.7 Permodelan Posisi Postur Tubuh Pekerja

Permodelan posisi postur tubuh pekerja dilakukan dengan penggunaan alat bantu rancangan dengan posisi postur kerja berdiri yang disesuaikan dengan data *anthropometri*.

3.3.8 Penentuan Estimasi Biaya Alat Bantu Las Listrik

Estimasi biaya dilakukan untuk memperkirakan besarnya biaya yang dikeluarkan untuk perancangan alat bantu fasilitas kerja yang berupa alat bantu las listrik. Biaya yang dihitung meliputi biaya material, dan biaya non material.

3.3.9 Penentuan Biaya Break Even Point Investasi Perancangan Prototipe Alat Bantu Las Listrik

Break even point digunakan untuk mempelajari pola hubungan antara volume penjualan, *cost*, dan tingkat keuntungan yang diperoleh pada tingkat penjualan tertentu.

3.4 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, kemudian dilakukan analisis. Analisis yang dilakukan adalah aktivitas yang terjadi di setiap segmen tubuh pada operator pengelasan sebelum dan sesudah menggunakan desain alat bantu las listrik.

3.5 KESIMPULAN DAN SARAN

Tahap terakhir penelitian yaitu membuat kesimpulan yang menjawab tujuan akhir dari penelitian berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang dilakukan serta saran yang disampaikan berdasarkan kelemahan dan halangan selama penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini diuraikan proses pengumpulan dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan meliputi keluhan dan harapan pekerja las, data posisi postur tubuh pekerja, data alat bantu las listrik yang ada saat ini, dan data *anthropometri*. Kemudian tahap pengolahan data meliputi penentuan ukuran dan pembuatan gambar rancangan alat bantu las listrik.

4.1 PENGUMPULAN DATA

Tahap pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data awal untuk perancangan alat bantu las listrik. Tahap pengumpulan data lebih lengkap ditampilkan pada subbab selanjutnya.

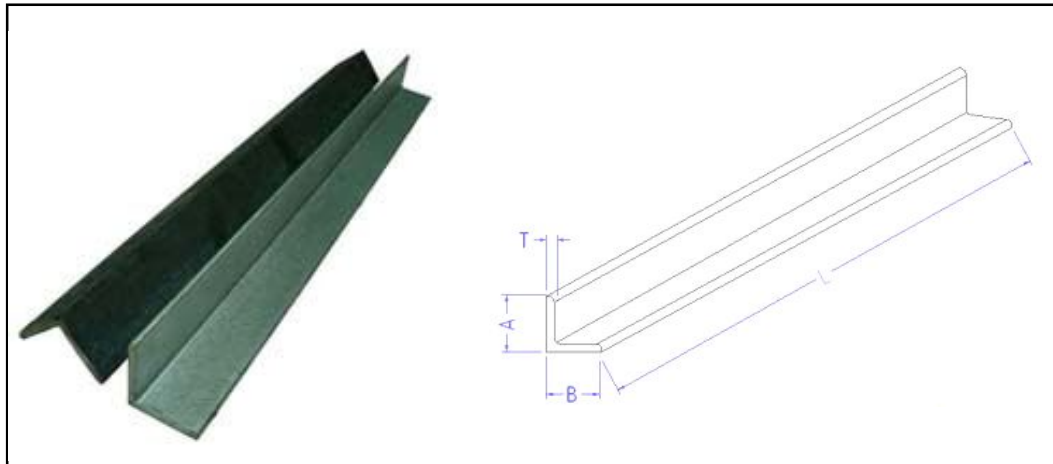
4.1.1 Fasilitas Kerja Proses Pengelasan

Fasilitas pengelasan yang ada di Bengkel Mulyana ditampilkan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Fasilitas bantu besi siku bengkel Mulyana

Fasilitas bantu yang digunakan untuk menyusun kampuh terhadap benda kerja yang dilas berupa besi siku yang diletakkan pada lantai. Proses ini dilakukan dengan meletakkan benda kerja di bagian siku besi kemudian meluruskannya. Setelah benda dianggap lurus kemudian benda dilas, sehingga pekerja melakukan aktivitas pengelasan dengan posisi jongkok. Besi siku beserta dimensi besi siku ditampilkan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Besi siku

4.1.2 Posisi Postur Tubuh Pekerja

Data posisi postur tubuh pekerja diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan dengan cara mengambil foto pekerja saat melakukan pengelasan menggunakan fasilitas yang telah ada. Diketahui posisi postur tubuh pekerja dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok. Hasil pengumpulan data posisi postur tubuh pekerja berdasarkan aktivitas pengelasan yang dilakukan di bengkel Mulyana ditampilkan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Posisi postur tubuh pekerja pengelasan

Berdasarkan gambar 4.3 dijelaskan aktivitas yang dilakukan selama proses pengelasan, sebagai berikut:

1. Penyusunan terhadap bidang kampuh.

Aktivitas menyusun bidang kampuh dengan menggunakan fasilitas besi siku dengan posisi postur tubuh jongkok. Berdasarkan analisis bahwa posisi tersebut menyebabkan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh, terutama pada bagian telapak kaki sebagai tumpuan yang dapat menyebabkan rasa nyeri dibagian lutut, pinggang dan punggung karena posisi yang terlalu jongkok.

commit to user

2. Pengelasan terhadap bidang kampuh.

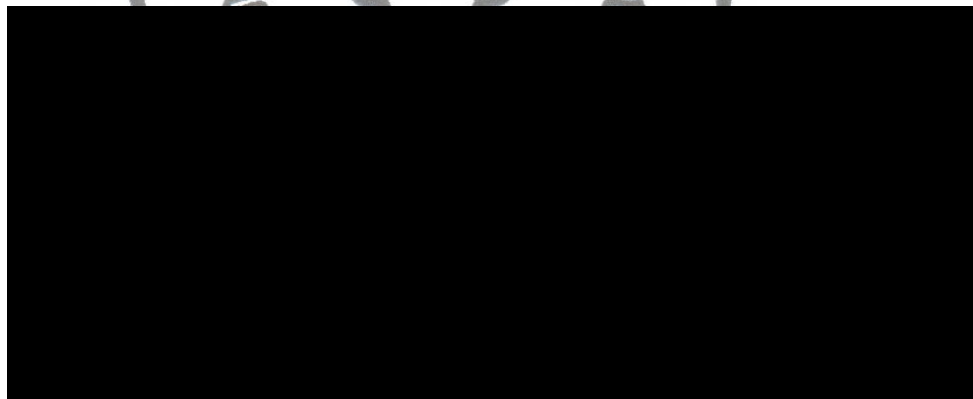
Pada posisi ini operator mulai melakukan pengelasan terhadap bidang kampuh. Pengelasan juga dilakukan dengan posisi jongkok dengan telapak kaki sebagai tumpuan dan punggung yang terlalu membungkuk yang dapat menyebabkan rasa nyeri dibagian lutut, pinggang dan punggung.

3. Pengelasan terhadap bidang kampuh berikutnya.

Pada posisi ini operator melakukan pengelasan terhadap bidang kampuh berikutnya. Pada aktivitas ini pengelasan juga dilakukan dengan posisi jongkok dengan telapak kaki sebagai tumpuan dan punggung yang terlalu membungkuk dan sikap leher yang terlalu menunduk kebawah, hal ini menyebabkan rasa nyeri dibagian lutut, pinggang dan punggung.

4.1.3 Aktivitas Posisi Kerja

Rangkaian aktivitas yang dilakukan oleh operator pengelasan ditampilkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Aktivitas pengelasan

Berdasarkan gambar 4.4, dijelaskan mengenai aktivitas yang dilakukan pada saat pengelasan, yaitu:

1. Penyusunan terhadap bidang kampuh.

Proses ini dilakukan dengan meletakkan benda kerja di bagian siku besi untuk mengetahui kelurusannya.

2. Pengelasan terhadap bidang kampuh.

Pada bagian ini mulai dilakukan pengelasan dengan tambahan fasilitas yang berupa alat las yang dikerjakan dengan mengelas pada bidang kampuh benda yang diletakkan dibagian siku benda.

3. Pengelasan terhadap bidang kampuh berikutnya.

Pada tahap ini sama dengan penjelasan nomor dua, mulai dilakukan pengelasan terhadap bidang kampuh dengan menggunakan fasilitas alat las terhadap bidang kampuh, hanya saja pada tahap ini bidang kampuh yang dilas adalah bidang kampuh berikutnya atau bidang kampuh bagian belakang.

Ketiga aktivitas gambar 4.3 merupakan rangkaian aktivitas pada proses pengelasan yang dilakukan oleh operator laki-laki. Hal ini menyebabkan kecenderungan rasa nyeri pada beberapa bagian tubuh. Tingkat rasa nyeri pada aktivitas tersebut diketahui dengan melakukan analisis.

4.1.4 Identifikasi Ketidaknyamanan Operator Mengenai Keluhan dan Harapan Untuk Sikap Kerja

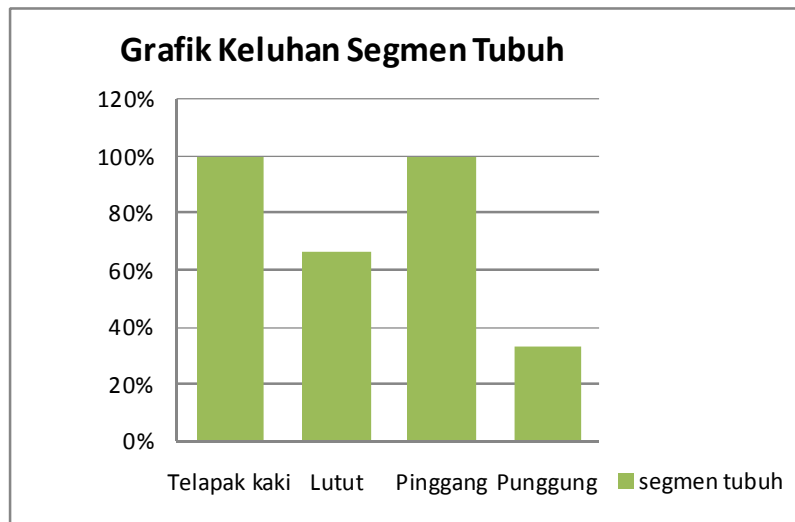
Berdasarkan rangkaian aktivitas yang diuraikan, diketahui aktivitas pengelasan menimbulkan ketidaknyamanan terhadap operator las dengan resiko keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh. Identifikasi terhadap keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh dilakukan dengan penyebaran kuesioner *nordic body map* terhadap 3 operator dan wawancara terhadap operator. Kuesioner disusun berupa pertanyaan mengenai segmen tubuh yang mengalami keluhan pada saat melakukan semua elemen kerja pengelasan. Sifat dari kuesioner ini adalah individual. Hal ini dilakukan untuk menjamin keakuratan hasil dari kepentingan terhadap aktivitasnya tersebut. Hasil kuesioner melalui *nordic body map* terhadap 3 rangkaian aktivitas pada 3 operator pengelasan ditampilkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel keluhan segmen tubuh

No	Segmen tubuh	Operator ke-			Jumlah	Presentase tingkat keluhan
		1	2	3		
1	Telapak kaki	√	√	√	3	100%
2	Lutut	√		√	2	66,70%
3	Pinggang	√	√	√	3	100%
4	Punggung		√		1	33,30%

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa 3 operator mengalami keluhan di setiap segmen tubuhnya. Tanda *checklist* (√) menunjukkan bahwa bagian segmen tubuh operator mengalami keluhan. Persentase tingkat keluhan pada tiap segmen pada tiga operator ditampilkan dalam gambar 4.5.

commit to user



Gambar 4.5 Grafik tingkat keluhan segmen tubuh

Berdasarkan grafik gambar 4.5 menunjukkan ada tiga segmen tubuh yang mengalami keluhan tertinggi dengan tingkat persentase lebih dari 50% yaitu segmen ke-1 (telapak kaki), ke-2 (lutut), dan ke-3 (pinggang).

Identifikasi dengan metode wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi secara langsung dari operator las mengenai kesulitan dan keluhan yang dialami pada aktivitas pengelasan. Berikut merupakan pertanyaan untuk mengidentifikasi keluhan ketidaknyamanan dan kesulitan pada proses pengelasan.

1. Adakah keluhan yang Anda alami pada saat melakukan proses pengelasan? Jika ada, apa saja keluhan yang anda alami?
2. Alat bantu las listrik seperti apa yang anda inginkan?

Hasil wawancara terhadap operator las “Bengkel Mulyana” Sukoharjo mengenai keluhan ketidaknyamanan dan kesulitan pada proses pengelasan ditampilkan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Keluhan operator

No	Keluhan Operator	Jumlah	Persentase
1.	Nyeri pada telapak kaki	3	100 %
2.	Nyeri pada lutut	2	66,7 %
3.	Nyeri pada pinggang	3	100 %
4.	Nyeri pada punggung	1	33,3 %
5.	Operator merasa kurang nyaman pada saat membalik bagian kampuh depan dan belakang benda kerja karena alat las yang ada saat ini belum dilengkapi dengan alat bantu yang memadai	3	100 %

Selain itu wawancara juga dilakukan untuk mengetahui harapan operator yang selanjutnya dijadikan pertimbangan dalam perancangan. Tabel 4.3 menunjukkan beberapa pernyataan harapan operator di “Bengkel Mulyana” mengenai perancangan alat bantu las listrik.

Tabel 4.3 Harapan operator

No	Harapan Operator	Jumlah	Persentase
1.	Operator menginginkan alat bantu las yang lebih tinggi sehingga posisi postur tubuh dalam bekerja tidak jongkok dan dapat meningkatkan kenyamanan posisi kerja	3	100 %
2.	Operator menginginkan benda yang dilas tidak harus dipegang sehingga benda tetap berada pada posisi yang terkunci	2	66,7 %
3.	Operator menginginkan alat bantu las yang lebih mudah pada saat melakukan proses pengelasan terhadap kampuh depan dan belakang	3	100 %
4.	Operator menginginkan alat bantu las yang lebih akurat dalam pengaturan sudut	3	100 %

Berdasarkan analisis posisi postur tubuh pekerja dan hasil wawancara didapatkan keluhan dan harapan dari para operator. Berdasarkan keluhan dan harapan, maka kebutuhan dan rancangan produk ditentukan. Tabel 4.4 menyatakan tentang keluhan, harapan, kebutuhan dan desain produk yang dibuat.

Tabel 4.4 Keluhan, harapan dan desain alat

No	Keluhan	Harapan	Kebutuhan	Desain Alat
1	Nyeri pada bagian telapak kaki, lutut pinggang, dan punggung.	Alat bantu las yang lebih tinggi sehingga posisi postur tubuh pekerja tidak jongkok .	Alat bantu las yang mengurangi nyeri pada bagian telapak kaki, lutut pinggang, dan punggung.	Alat dibuat dengan menambahkan meja sehingga posisi postur tubuh pekerja dilakukan dengan berdiri yang disesuaikan dengan anthropometri tinggi siku berdiri yang dilengkapi dengan <i>lockable gaspring</i> dan klem penjepit.
		Alat bantu las tanpa harus memegang benda kerja sehingga tetap berada pada posisi yang terkunci pada saat dilakukan pengelasan.	Alat bantu las listrik dengan menggunakan sistem pengunci yang lebih baik.	
2	Proses pengelasan pada kampuh depan maupun belakang dan pengaturan sudut.	Alat bantu las listrik yang lebih mempermudah pada saat melakukan pengelasan pada bagian kampuh depan dan belakang.	Alat bantu las listrik dengan proses pengelasan kampuh depan maupun belakang secara kontinyu.	Ada penempatan meja putar yang mekanismenya kontinyu.
		Alat bantu las yang lebih akurat dalam pengaturan sudut	Alat bantu las yang dilengkapi dengan pengaturan sudut.	

Proses pengelasan melalui beberapa aktivitas dan elemen gerakan kerja. Proses ini diawali dengan pengambilan benda kerja hingga pengelasan selesai. Detail aktivitas dan elemen gerakan kerja yang dilakukan operator selama proses pengelasan digambarkan melalui peta kerja tangan kanan dan tangan kiri yang ditampilkan dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Peta tangan kiri tangan kanan awal

PETA TANGAN KIRI TANGAN KANAN							
PEKERJAAN : PENGELASAN							
DIPETAKAN OLEH : SULTRA RETNAWAN SURPTO							
SEKARANG <input checked="" type="checkbox"/> USULAN <input type="checkbox"/>							
OPERATOR : MULYANA							
TANGGAL DIPETAKAN : 11 JANUARI 2011							
Tangan kiri	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lambang		Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan kanan
Mengambil alat las	100	00:30	G, M	G, M	00:30	100	Mengambil alat las
Mengambil besi siku		00:05	G, M	G, M	00:05		Mengambil besi siku
Mengambil benda kerja		00:05	G, M	G, M	00:05		Mengambil benda kerja
Menyusun benda kerja		01:00	G, P	G, P	00:60		Menyusun benda kerja
Memilih besarnya arus listrik		00:10	P, U	D	00:10		Menganggur
Menyalakan busur		00:15	P, U	U, D	00:15		Menganggur
Menjepit klem massa		00:07	Re, G, M	Re, G, M	00:07		Menganggur
Memasang elektroda		00:10	G, M	G, M	00:10		Memegang alat las
Mengelas bidang kampuh awal		10:03	U, P, H	U, P	10:03		Memegang besi siku
Membalik benda kerja		01:20	G, P	G, P	01:20		Membalik benda kerja
Mengelas bidang kampuh akhir		10:02	U, P	U, P	10:02		Memegang besi siku
TOTAL		1427			1427		
RINGKASAN							
WAKTU TIAP SIKLUS					1427		
JUMLAH PRODUK TIAP SIKLUS					1		
WAKTU UNTUK MEMBUAT SATU PRODUK					1427 (23 menit 47 detik)		

4.2 PENGOLAHAN DATA

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data, adapun langkah-langkah dalam pengolahan data dijelaskan pada sub bab berikut.

4.2.1 Kebutuhan Perbaikan Desain Alat Las Rencana

Perancangan alat bantu las listrik ini melalui beberapa tahap pokok yang harus dilalui, tahap-tahap perancangan alat bantu las listrik ini dilakukan berdasarkan ketidaknyamanan terhadap keluhan yang terjadi pada operator *commit to user* dibeberapa segmen tubuh operator.

Kebutuhan perbaikan terhadap desain alat las rencana dijelaskan, sebagai berikut:

1. Kebutuhan (*need*).

Pada cara kerja alat las listrik yang sudah ada saat ini membutuhkan beberapa aktivitas yang menimbulkan rasa nyeri pada segmen tubuh operator saat melakukan proses pengelasan. Berdasarkan permasalahan tersebut dibutuhkan adanya alat bantu las listrik yang didasarkan pada prinsip ergonomi sehingga meningkatkan kenyamanan pada posisi postur tubuh pekerja dan mengurangi keluhan-keluhan yang dialami oleh para operator. Kebutuhan operator terhadap alat bantu las listrik yang baru telah ditunjukkan pada pendataan harapan operator pada tabel 4.4.

2. Gagasan (*idea*).

Berdasarkan kebutuhan yang telah dinyatakan diatas, dikembangkan sejumlah ide maupun alternatif pemecahan masalah. Ide maupun alternatif yang dikembangkan diharapkan memenuhi kebutuhan dan mewakili konsep mekanisme perancangan alat bantu las listrik yang baru. Berikut pembangkitan ide-ide dalam perancangan alat bantu las listrik, yaitu:

- a. Rancangan alat bantu las listrik yang baru diwakili dengan pembuatan alat bantu las listrik yang dibagi menjadi beberapa *part* pada saat melakukan pengelasan logam. Pengelasan logam dibagi menjadi dua bagian yakni bagian yang merupakan tempat menjepit maupun mengunci benda kerja dan bagian yang memutar saat dilakukan proses pengelasan terhadap bidang kampuh bagian depan atau belakang.
- b. Kontruksi pada rancangan alat bantu las listrik juga bertujuan agar benda yang dilas tetap berada pada posisi yang terkunci, karena proses pengelasan yang ada saat ini memungkinkan benda dalam posisi yang kurang stabil.
- c. Penambahan alat bantu las listrik pada alat las saat ini dimaksudkan mempermudah proses pengelasan terhadap bidang kampuh bagian depan dan belakang dimana proses pengelasan ini dilakukan dengan memanfaatkan sebuah meja putar yang menjadi satu dalam alat bantu las listrik sehingga pengelasan terhadap bidang kampuh tersebut dilakukan dengan memutar pada bagian meja putar tersebut. Hal ini mempermudah

proses pengelasan terhadap bidang kampuh yang dilas tanpa harus membalik benda kerja.

- d. Posisi postur tubuh pekerja saat proses pengelasan awalnya dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok karena tidak adanya fasilitas bantu pada saat melakukan pengelasan. Keadaan ini menyebabkan operator mengeluh pada bagian pinggang, lutut, punggung, telapak kaki. Usulan untuk perbaikan tersebut yaitu membuat alat bantu las listrik yang penggunaannya dilakukan dengan berdiri dan didukung penyediaan meja atau perangkat tambahan untuk peletakan benda yang dilas. Hal ini diharapkan mampu memperbaiki posisi postur tubuh pekerja menjadi lebih nyaman. Proses penentuan sikap kerja sangat ditentukan oleh jenis dan sifat pekerjaan, baik sikap duduk maupun berdiri. Oleh karena itu pemilihan posisi kerja harus disesuaikan menurut jenis pekerjaan yang dilakukan.
- e. Pada pemasangan benda kerja dan pengaturan sudut dilakukan dengan menggunakan bantuan sebuah besi siku kemudian menyatukan kedua logam tersebut terhadap besi siku adalah kurang baik. Dengan demikian perlu adanya alat bantu las listrik dengan sistem penjepit yang lebih baik dan pengaturan sudut yang lebih akurat. Alat bantu las listrik ini memiliki sistem penjepit yang berupa ragam dan klem penjepit. Jadi pada saat proses dilakukan, benda tetap berada pada posisi kuat dengan pengaturan sudut yang lebih akurat dengan penambahan busur derajat.

3. Keputusan (*decision*).

Pada tahapan ini dilakukan penilaian dan analisis terhadap berbagai alternatif yang ada, sehingga perancang memutuskan (*decision*) suatu alternatif terbaik. Berdasarkan analisis kebutuhan dari operator dan munculnya berbagai idea tau gagasan, disimpulkan bahwa perlu adanya perancangan alat bantu las listrik yang lebih baik. Rancangan alat bantu las listrik ini harus memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi pemakainya. Agar berbagai ide yang dimunculkan memenuhi tujuan perbaikan dari alat las listrik yang ada sekarang, maka alternatif atau ide tersebut diterapkan pada proses perancangan alat bantu las listrik yang baru. Hal ini dimulai dari perbaikan

posisi postur tubuh pekerja, mekanisme pengelasan, sistem pengunci benda kerja, pemasangan benda kerja, pengelasan terhadap bidang kampuh bagian depan dan belakang, hingga penjepit benda kerja dan pengaturan sudut.

4. Tindakan (*action*).

Tahap ini diawali dengan proses mendetailkan ide. Detail ide pembuatan alat bantu las listrik mengacu pada ide-ide yang telah muncul. Hasil dari detail ide tersebut adalah dibuat alat bantu las listrik yang memperbaiki posisi postur tubuh pekerja dan meningkatkan pengelasan terhadap bidang kampuh bagian depan maupun belakang dan pengaturan sudut baik dari segi proses dan mekanisme serta memberikan kenyamanan bagi operator. Selain itu alat bantu las listrik yang dirancang dilengkapi dengan sistem pengunci dan alat bantu penjepit benda kerja. Berdasarkan detail ide yang telah ditentukan, diperlukan kesesuaian *anthropometri* operator dengan alat bantu las listrik. Dalam perancangan alat bantu las listrik ini, data *anthropometri* yang dibutuhkan adalah *anthropometri* tinggi siku berdiri, lebar bahu, dan jangkauan tangan ke depan. Data *anthropometri* tinggi siku berdiri ini digunakan sebagai acuan dimensi tinggi alat bantu las listrik. Sedangkan untuk data *anthropometri* lebar bahu digunakan sebagai acuan dimensi panjang alat bantu las listrik. Sedangkan data *anthropometri* jangkauan tangan ke depan digunakan sebagai acuan jarak antara alat bantu las listrik terhadap operator.

4.2.2 Anthropometri Posisi Operator Pada Desain Alat

Perancangan alat bantu las listrik ini didasarkan dengan data *anthropometri* pengguna. Data *anthropometri* yang digunakan dalam perancangan alat bantu las listrik ditampilkan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data anthropometri yang dibutuhkan

No	Data yang dibutuhkan	Tujuan
1.	Tinggi siku berdiri (tbb)	Untuk menyesuaikan posisi postur tubuh pekerja pada saat melakukan pengelasan dengan posisi postur tubuh berdiri
2.	Lebar bahu (lb)	Untuk menentukan panjang alat bantu
3.	Jangkauan tangan ke depan (jtd)	Untuk menyesuaikan jarak alat bantu las terhadap posisi postur tubuh pekerja

commit to user

Berdasarkan penentuan data *anthropometri*, maka alat bantu las dirancang melalui data yang ditampilkan dalam tabel 4.7. Perancangan alat bantu fasilitas dibutuhkan perhitungan persentil dari data yang telah ditentukan. Persentil yang digunakan adalah persentil ke-50. Nilai persentil 50 adalah sama dengan nilai rata-rata (*mean*) dari data *anthropometri* yang dihitung. Nilai persentil ke-50 data tinggi siku berdiri, lebar bahu, jangkauan tangan ke depan, sebagai berikut:

1. Tinggi siku berdiri.

$$P50 = \mu = 105 \text{ cm}$$

Pada perhitungan di atas, didapatkan nilai persentil P-50 data tinggi siku berdiri 105 cm.

2. Lebar bahu.

$$P50 = \mu = 42 \text{ cm}$$

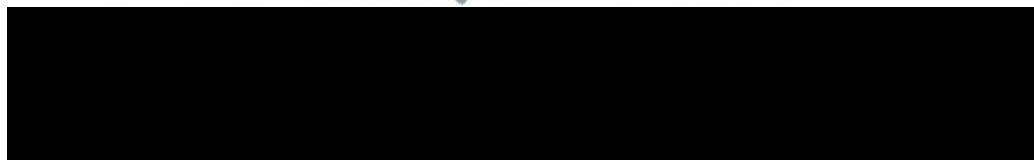
Pada perhitungan di atas, didapatkan nilai persentil P-50 data lebar bahu adalah 42 cm.

3. Jangkauan tangan ke depan.

$$P50 = \mu = 63.1 \text{ cm}$$

Pada perhitungan di atas, didapatkan nilai persentil P-50 data jangkauan tangan ke depan adalah 63.1 cm

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil perhitungan data anthropometri



4.2.3 Menentukan Dimensi Rancangan Alat Bantu Las listrik

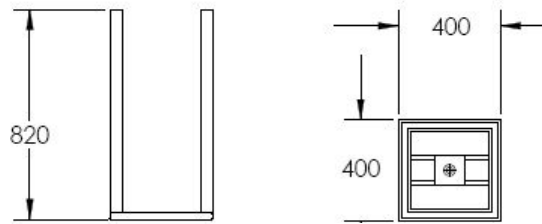
Bagian-bagian alat bantu las listrik yang dimensinya ditentukan berdasarkan data *anthropometri* pekerja pada bagian tinggi alat bantu las listrik, selebihnya mempertimbangan dari segi proses pengelasan yang dilakukan, yaitu:

1. Meja.

Bagian ini merupakan bagian utama dari alat bantu las listrik yang dirancang. Bagian ini terdiri dari beberapa part yang diposisikan menyatu pada lubang untuk meletakkan komponen alat bantu bagian atas nantinya digunakan

commit to user

sebagai penyangga komponen atas alat bantu las listrik. Pada bagian kaki meja ini dilengkapi dengan penyangga kaki dengan tujuan memperkuat meja.



Gambar 4.6 Meja

Secara rinci bagian ini terdiri dari:

a. Kaki meja.

Kaki meja ini memiliki dimensi yang disesuaikan dengan tinggi rata-rata untuk penempatan komponen alat bagian atas. Meja ini berbentuk balok yang memiliki dimensi sebagai berikut:

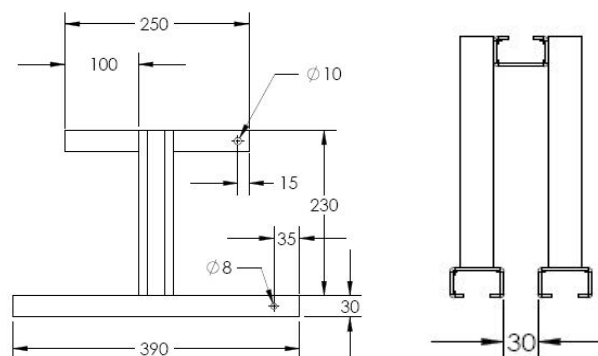
- Tinggi = 82 cm = Tinggi meja
- Panjang = 40 cm = Panjang meja

b. Bidang alas alat bantu las listrik: sebuah bidang alas untuk menempatkan komponen atas alat bantu las listrik yang merupakan poros utama pergerakan pada saat pengelasan. Bagian ini memiliki dimensi sebagai berikut:

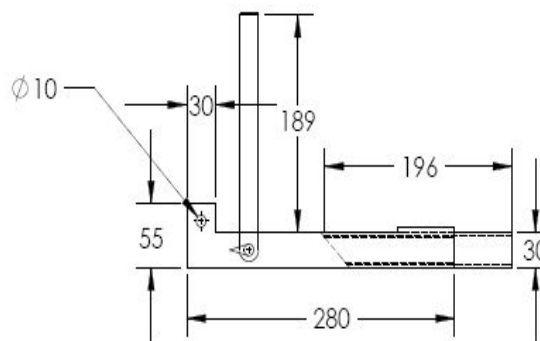
- Diameter = Diameter lubang meja = 2.5 cm
- Panjang = panjang sisi bidang alas = 40 cm

2. Komponen dasar alat bantu las listrik bagian atas.

Bagian ini merupakan bagian dari alat bantu las listrik yang berfungsi sebagai pergerakan alat bantu pada saat pengelasan.



Gambar 4.7 Komponen dasar alat bantu las listrik bagian atas



Gambar 4.8 Komponen dasar alat bantu las listrik bagian atas

Secara rinci bagian ini terdiri dari:

a. Landasan atau lengan statis.

Berfungsi sebagai landasan dari dua besi c penyangga alat bantu las listrik. Penentuan ukuran menggunakan tinggi siku berdiri dan lebar bahu dengan persentil 50. Penentuan ukuran ini bertujuan mengakomodasi bagi 50% populasi sehingga pemakai dengan ukuran diameter dibawah P50 bisa sesuai, sedangkan bagi pemakai dengan ukuran diameter diatas P50 tidak merasa terlalu kecil. Pada bagian tengah landasan dan penyangga diberi sebuah besi c pada bagian atas guna penempatan benda kerja dan perangkat tambahan lainnya. Bagian ini memiliki dimensi sebagai berikut:

- Diameter lubang landasan bawah = 0,8 cm
- Panjang = lebar bahu (P50) = 39 cm
- Jarak landasan = 3 cm

b. Tiang penyangga.

Berfungsi sebagai penyangga terhadap besi landasan penempatan benda kerja. Bagian ini menyatu dengan landasan bagian bawah. Dimensi dari bagian ini, sebagai berikut:

- Panjang = 23 cm

c. Landasan penempatan benda kerja.

Berfungsi membantu memposisikan benda kerja dan perangkat tambahan lainnya. Dimensi dari bagian ini, sebagai berikut:

- Diameter = 0,1 cm
- Panjang = 25 cm

commit to user

d. Lengan dinamis.

Bagian ini berfungsi untuk mengarahkan benda kerja pada sudut yang diinginkan. Dimensi dari bagian ini, sebagai berikut:

- Panjang lengan penjepit = 28 cm
- Tinggi stang putar = 18,9 cm
- Diameter = 0,1 cm
- Tinggi lengan = 5 cm

3. Pengunci.

Bagian ini merupakan alat bantu pengunci yang berupa *lockable gaspring* sebagai pengunci benda kerja dan juga penyimpan energi pada saat ditekan.

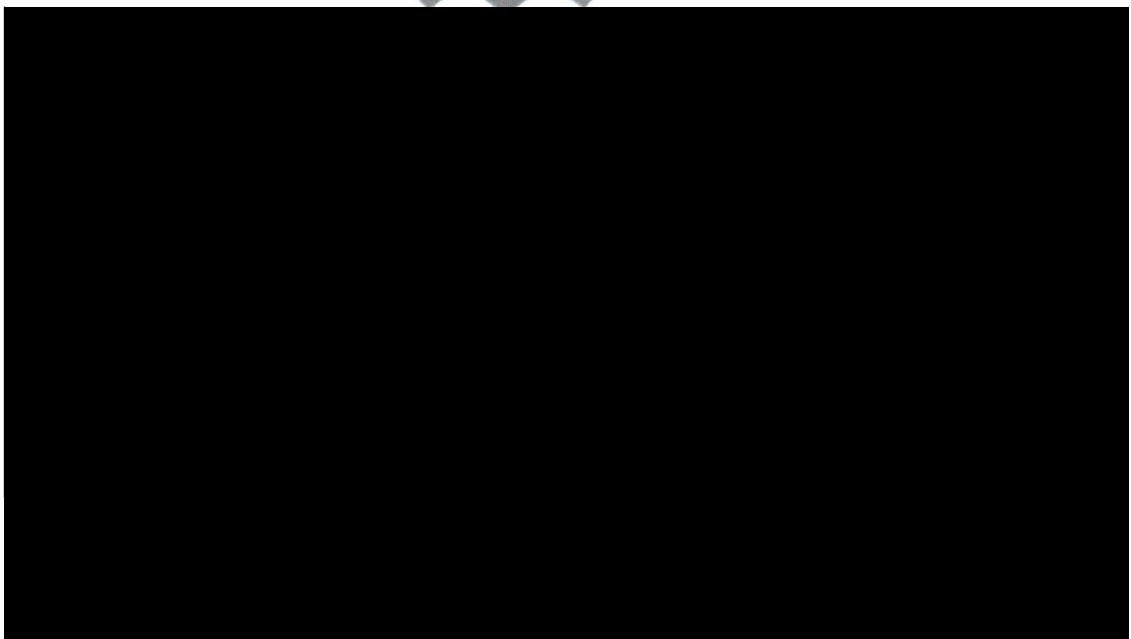
4. Penjepit.

Bagian ini merupakan alat bantu penjepit yang berupa ragum dan klem untuk menjepit benda kerja agar posisi benda kerja tidak bergeser.

5. Pengatur sudut.

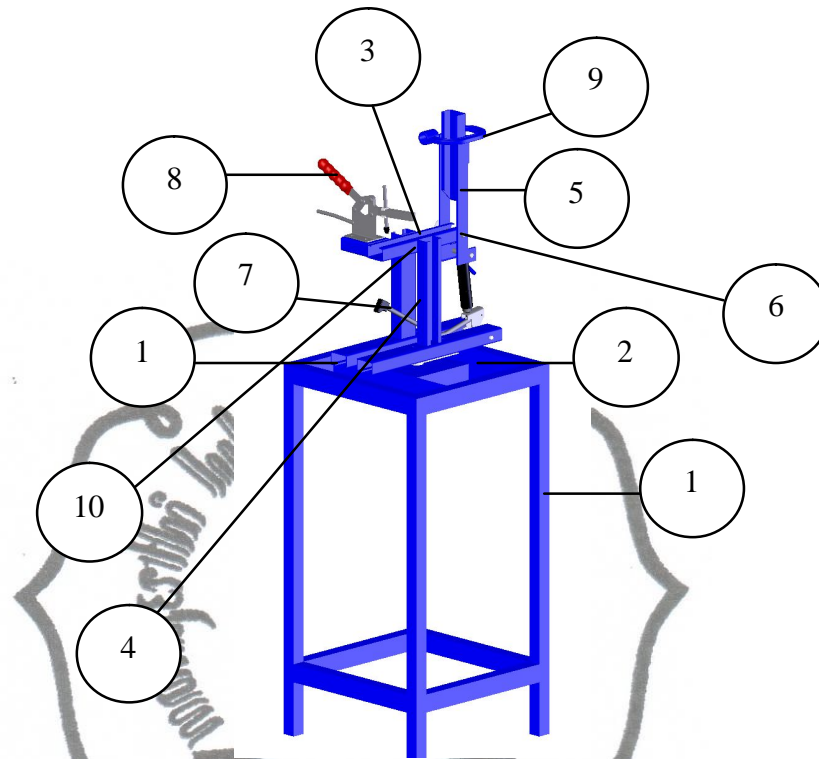
Bagian ini berupa alat bantu pengaturan terhadap sudut yang diinginkan. Adapun alat bantu pengaturan sudut ini yaitu busur derajat. Setelah tiap fitur kerangka alat bantu las listrik ditentukan, maka diperoleh ukuran alat bantu las listrik hasil rancangan yang ditampilkan dalam tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rekapitulasi dimensi rancangan



commit to user

Berdasarkan ukuran rancangan alat bantu las diatas, maka keseluruhan gambar alat bantu las ditampilkan dalam gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rancangan alat bantu las listrik

Berdasarkan gambar 4.9 dijelaskan bagian-bagian alat bantu las listrik yang ditampilkan dalam tabel 4.9.

Tabel 4.9 Bagian alat bantu las listrik

No.	Part name
1.	Kaki meja
2.	Bidang alas meja
3.	Besi C landasan benda kerja
4.	Tiang penyangga
5.	Besi C landasan atas
6.	Lengan dinamis
7.	Lockable gaspring
8.	Ragum
9.	Klem C Stanley
10.	Busur derajat

Berdasarkan penjabaran di atas diketahui pengoperasian alat bantu las listrik yang dirancang dilakukan dengan berdiri. Posisi postur tubuh pekerja pada

pengoperasian alat dengan berdiri disesuaikan dengan tinggi siku berdiri dari operator. Berdasarkan uraian diatas, diketahui fungsi bagian alat bantu las listrik yang ditampilkan dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10 Fungsi-fungsi bagian alat bantu las listrik

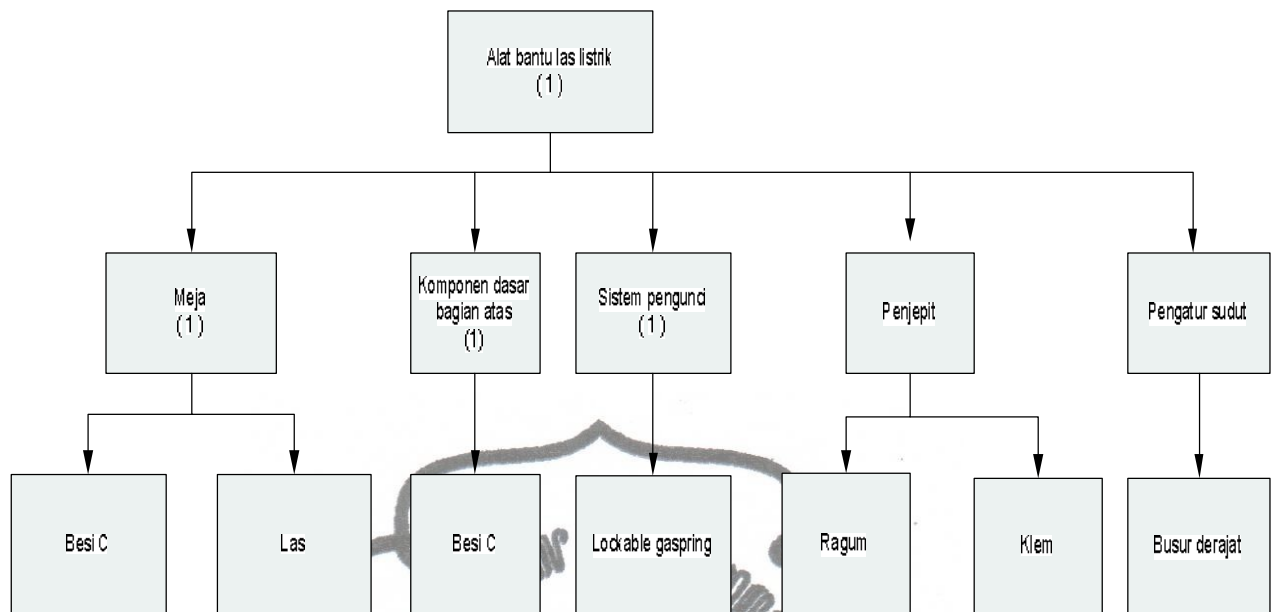
No	Bagian		Fungsi
1.	Meja	Kaki meja	Sebagai bagian penahan dari beban keseluruhan alat bantu las listrik.
		Bidang alas meja	Sebagai suatu ruang penempatan bagian atas alat bantu las listrik.
2.	Komponen dasar alat bantu las listrik bagian atas	Landasan atau lengan statis	Sebagai landasan dari dua besi c penyangga alat bantu las listrik.
		Tiang penyangga	Sebagai penyangga terhadap besi landasan penempatan benda kerja.
		Penempatan benda kerja	Membantu memposisikan benda kerja dan perangkat tambahan lainnya.
		Lengan dinamis	Untuk mengarahkan benda kerja pada sudut yang diinginkan.
3.	Pengunci	<i>Lockable gaspring</i>	Sebagai sistem pengunci dan juga penyimpan energi pada saat menggerakkan bagian lengan dinamis.
4.	Penjepit	Ragum	Sebagai penjepit benda kerja terhadap bidang di lengan statis.
		Klem c stanley	Sebagai penjepit benda kerja dibagian lengan dinamis
5.	Pengatur sudut	Busur derajat	Sebagai alat bantu untuk menentukan besarnya sudut yang diinginkan pada saat pengelasan.

Berdasarkan tabel 4.10 diketahui setiap bagian alat bantu las listrik memiliki fungsi yang disesuaikan terhadap bagiannya masing-masing, sehingga setiap bagian alat bantu las listrik digunakan sesuai dengan kebutuhan yang ada.

4.2.4 Penentuan Material Rancangan Alat Bantu Las Listrik

Alat bantu las tersusun oleh komponen-komponen penyusun. Penentuan komponen penyusun alat dilakukan berdasarkan informasi dari pustaka terkait elemen permesinan serta dari pihak teknisi. Penentuan material rancangan alat bantu las listrik ditampilkan dalam gambar 4.10.

commit to user



Gambar 4.10 Bill of material

Berdasarkan gambar *bill of materials* diatas dijelaskan masing-masing komponen penyusun produknya beserta dengan fungsinya, yaitu:

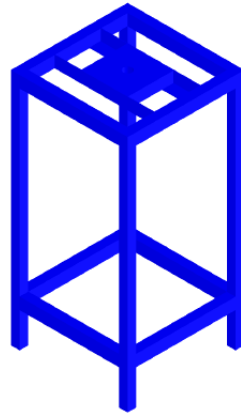
1. Meja.

a. Kaki meja.

Bagian ini merupakan penahan atau penopang dari beban keseluruhan alat bantu las listrik. Material yang digunakan membuat bagian ini dipilih bahan besi c. Hal ini dikarenakan pada rancangan alat bantu las listrik dibutuhkan bahan yang kuat untuk menyangga beban keseluruhan dari alat bantu las listrik tersebut. Kesatuan meja yang terbuat dari besi c ini kemudian dilengkapi dengan besi c ukuran kecil yang dipasang mengelilingi kaki meja pada bagian bawah meja. Hal ini bertujuan untuk mencegah agar meja tidak bergeser dan tetap stabil pada saat operator memijakkan kaki pada bagian tersebut. pada saat operator memijakkan kaki dibagian tersebut.

b. Bidang alas meja merupakan kesatuan dari meja yang berfungsi sebagai penempatan terhadap alat bantu las listrik yang dimasukkan melalui lubang tengah yang terdapat pada bidang alas meja tersebut.

commit to user



Gambar 4.11 Meja

2. Komponen dasar alat bantu las listrik bagian atas.

a. Landasan atau lengan statis.

Material yang digunakan membuat bagian ini dipilih besi c dengan pertimbangan nantinya bagian ini sebagai alas terhadap besi c yang menyangga bagian tinggi alat bantu las listrik dengan cara dilas.

b. Tiang penyangga.

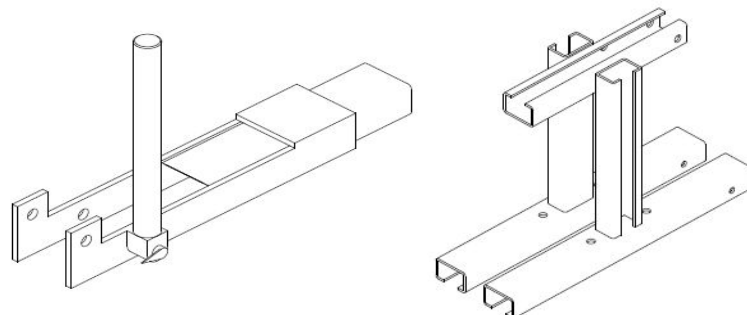
Sama halnya dengan pegangan, material yang digunakan membuat tiang penyangga juga dipilih dari bahan besi c.

c. Penempatan benda kerja.

Material yang digunakan membuat bagian penempatan benda kerja juga digunakan bahan dari besi c yang nantinya bagian ini membantu memposisikan benda kerja dan perangkat tambahan lainnya.

d. Lengan dinamis.

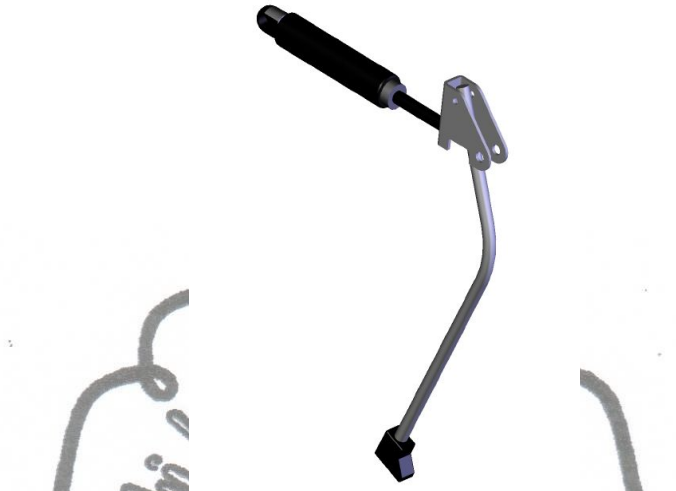
Material yang digunakan membuat bagian lengan dinamis ini digunakan bahan dari besi pipa ukuran kecil yang nantinya bagian ini membantu mengarahkan benda kerja pada sudut yang diinginkan.



Gambar 4.12 Komponen dasar bagian atas

3. Pengunci.

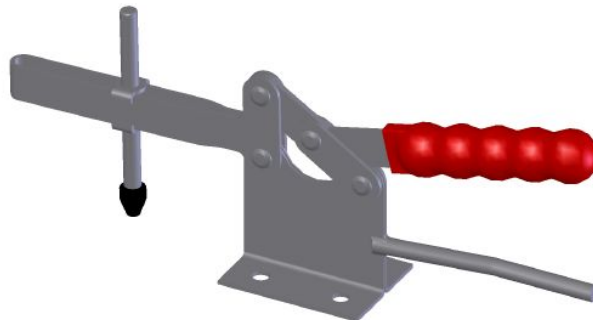
Pada bagian pengunci material yang digunakan yaitu berupa lockable gaspring yang telah tersedia dipasaran.



Gambar 4.13 Lockable gaspring

4. Penjepit.

Material yang digunakan membuat bagian penempatan benda kerja juga digunakan bahan dari besi c yang nantinya bagian ini membantu memposisikan benda kerja dan perangkat tambahan lainnya.



Gambar 4.14 Ragum

Material yang digunakan menjepit benda kerja bagian lengan dinamis menggunakan klem c stanley yang pengaturannya disesuaikan dengan benda kerja.

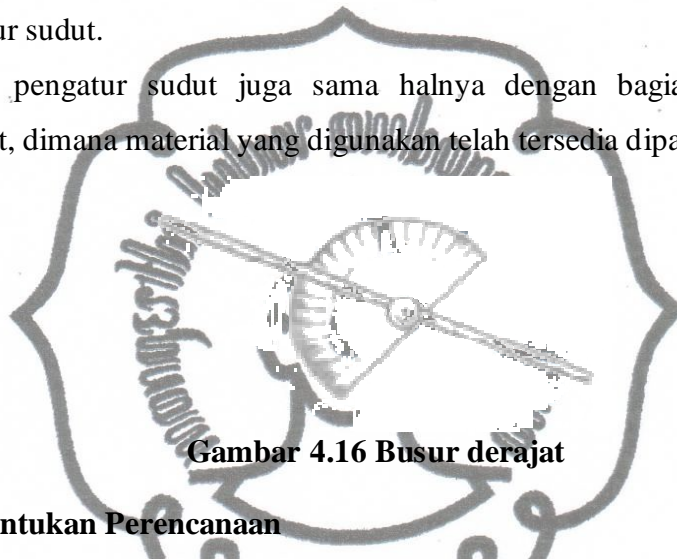
commit to user



Gambar 4.15 Klem c stanley

5. Pengatur sudut.

Bagian pengatur sudut juga sama halnya dengan bagian pengunci dan penjepit, dimana material yang digunakan telah tersedia dipasaran.



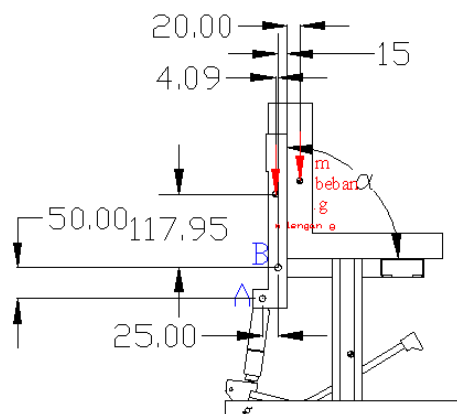
Gambar 4.16 Busur derajat

4.2.5 Menentukan Perencanaan

Menentukan perencanaan alat bantu las listrik diperlukan untuk mengetahui beban sambungan sebagai verifikasi desain. Dalam perancangan ini dilakukan, sebagai berikut:

1. Perhitungan gaya di titik A.

Jika diketahui:



$$m_{\text{lengan}} = 0.826$$

$$m_{\text{bahan}} = 0.565$$

$$g = 9,8$$

$$m.g (\text{lengan dinamis}) = 8.09$$

$$m.g (\text{bahan}) = 5,53$$

$$\sum M = 0$$

$$0 = M_{\text{lengan}} - g (117,95 \cdot \cos(\alpha) - 4,09 \cos(90 - \alpha)) + M_{\text{bahan}} g (140 \cos(\alpha) + 35 \cos(90 - \alpha)) + F_A (80 \cos(180 + \alpha) + 25 \cos(90 - (-\alpha)))$$

$$F_A = \frac{m_{\text{lengan}} \cdot g (117,95 \cdot \cos(\alpha) - 4,09 \cos(90 - \alpha)) + m_{\text{bahan}} \cdot g (140 \cos(\alpha) + 35 \cos(90 - \alpha))}{F_A (80 \cos(180 + \alpha) + 25 \cos(90 - (-\alpha)))}$$

Hasil perhitungan beberapa sudut yang dilakukan ditampilkan dalam tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan sudut (F_A)

Sudut					
40°	50°	60°	70°	80°	90°
-26,273	-24,08	-21,525	-18,296	-13,772	-6,4275

- Contoh perhitungan manual sudut 40° dijabarkan sebagai berikut :

$$\sum M = 0$$

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8 (117,95 \cdot \cos(40) - 4,09 \cos(90 - 40)) + M_{\text{bahan}} \cdot g (140 \cos(40) + 35 \cos(90 - 40))}{(80 \cos(180 + 40) + 25 \cos(90 - (-40)))}$$

$$= -26,273 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 50° dijabarkan sebagai berikut

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8 (117,95 \cdot \cos(50) - 4,09 \cos(90 - 50)) + M_{\text{bahan}} \cdot g (140 \cos(50) + 35 \cos(90 - 50))}{(80 \cos(180 + 50) + 25 \cos(90 - (-50)))}$$

$$= -24,08 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 60°

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8 (117,95 \cdot \cos(60) - 4,09 \cos(90 - 60)) + M_{\text{bahan}} \cdot g (140 \cos(60) + 35 \cos(90 - 60))}{(80 \cos(180 + 60) + 25 \cos(90 - (-60)))}$$

$$= -21,525 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 70°

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8 (117,95 \cdot \cos(70) - 4,09 \cos(90 - 70)) + M_{\text{bahan}} \cdot g (140 \cos(70) + 35 \cos(90 - 70))}{(80 \cos(180 + 70) + 25 \cos(90 - (-70)))}$$

$$= -18,296 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 80°

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8(117,95 \cdot \cos(80) - 4,09 \cos(90 - 80)) + M_{\text{bahan}} \times g(140 \cos(80) + 35 \cos(90 - 80))}{(80 \cos(180 + 80) + 25 \cos(90(-80)))}$$

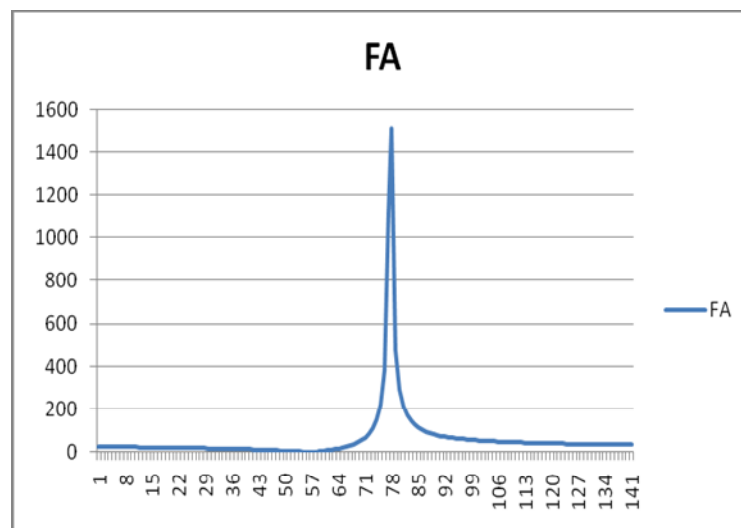
$$= -13,772 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 90°

$$F_A = \frac{0.826 \times 9,8(117,95 \cdot \cos(80) - 4,09 \cos(90 - 80)) + M_{\text{bahan}} \times g(140 \cos(80) + 35 \cos(90 - 80))}{(80 \cos(180 + 80) + 25 \cos(90(-80)))}$$

$$= -6,427 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sudut yang telah dilakukan diperoleh grafik perubahan gaya yang ditampilkan dalam gambar 4.17.



Gambar 4.17 Grafik perubahan gaya titik A

Berdasarkan hasil grafik perhitungan gaya pada titik A diperoleh gaya terbesar pada sudut 117° .

2. Perhitungan gaya di titik B.

Jika diketahui:

$$m_{\text{lengan}} = 0.826 \text{ kg}$$

$$m_{\text{bahan}} = 0.565 \text{ kg}$$

$$g = 9,8$$

$$m \cdot g (\text{lengan dinamis}) = 8.09$$

$$m \cdot g (\text{bahan}) = 5,53$$

$$\sum F = 0$$

$$F_A + F_B - (m \text{ lengan.g} + m \text{ bahan.g}) = 0$$

$$F_B = m \text{ lengan.g} + m \text{ bahan.g} + F_A$$

Hasil perhitungan sudut yang dilakukan dditampilkan dalam tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan sudut (FB)

Sudut					
40	50	60	70	80	90
12,64123765	10,4485	7,89288	4,66378	0,68191	-7,2043

- Contoh perhitungan manual sudut 40°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-26,273)$$

$$= 39,90 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 50°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-24,08)$$

$$= 37,712 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 60°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-21,525)$$

$$= 35,156 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 70°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-18,296)$$

$$= 31,927 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 80°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-13,772)$$

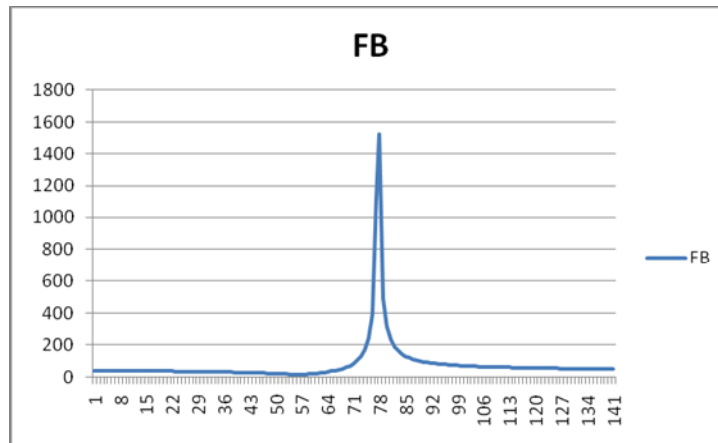
$$= 27,404 \text{ N}$$

- Contoh perhitungan manual sudut 90°

$$F_B = 8,09 + 5,53 + (-6,42)$$

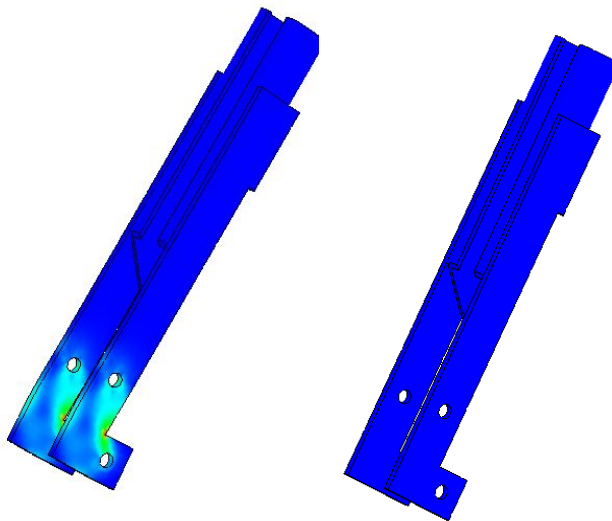
$$= 20,059 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sudut yang telah dilakukan diperoleh grafik perubahan gaya yang ditampilkan dalam gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik perubahan gaya titik B

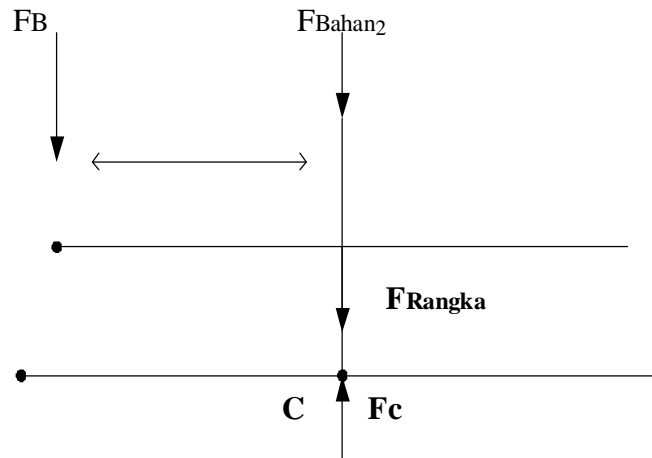
Berdasarkan hasil grafik perhitungan gaya pada titik B gaya terbesar pada sudut 117° . Setelah melakukan perhitungan gaya, maka perancangan alat bantu las ini diketahui titik keamanan melalui *solidworks* dengan simulasi *cosmos Xpress* untuk mengetahui bagian rawan yang terjadi pada alat bantu las ini. Hasil simulasi *cosmos Xpress* ditampilkan dalam gambar 4.19.



Gambar 4.19 Simulasi cosmosXpress

Berdasarkan hasil simulasi *cosmosXpress* pada gambar 4.19 diketahui bahwa rancangan alat bantu las listrik layak digunakan pada proses pengelasan. Hal ini diketahui berdasarkan simulasi *cosmosXpress* yang menampilkan warna hijau dan biru pada bagian lengan dinamis alat bantu las listrik, karena berdasarkan simulasi yang dilakukan melalui *solidworks*, warna hijau dan biru merupakan keadaan aman yang layak digunakan.

3. Perhitungan gaya pada rangka.



Gambar 4.20 Penguraian gaya pada rangka

Jika diketahui $\sum F = 0$, maka:

$$\begin{aligned} F_{\text{rangka}} &= 4,3 \text{ kg} \times 9,8 \\ &= 42,14 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan F_{rangka} , maka ditentukan besar gaya pada titik C.

Perhitungan gaya pada titik C dijabarkan, sebagai berikut:

$\sum F = 0$, dengan sudut yang akan dicari pada titik B adalah 40°

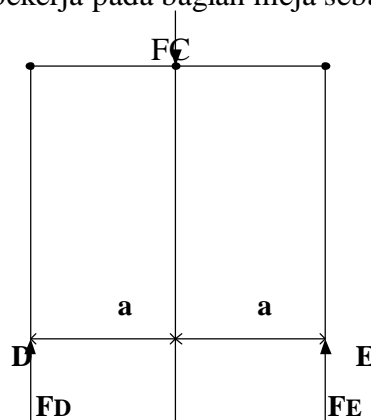
$$0 = F_B - F_{\text{bahan}} - F_{\text{rangka}} + F_C$$

$$F_C = F_B \cos 40^\circ + F_{\text{bahan}} + F_{\text{rangka}}$$

$$= 39,90 + 5,53 + 42,14 \text{ N}$$

$$= 87,57 \text{ N}$$

Sehingga, gaya yang bekerja pada bagian meja sebagai berikut:



Gambar 4.21 Penguraian gaya pada bagian meja

$$\sum MD = 0$$

$$0 = F_c - a + F_E \cdot 2a \cdot 4,3 \text{kg}$$

$$\frac{F_c}{a} = F_E$$

$$\frac{87,57}{20} = 4,37 \text{N}$$

$$\sum F = 0$$

$$0 = F_c + F_D + F_E$$

$$F_D = F_E - F_c$$

$$= -83,27 \text{ N}$$

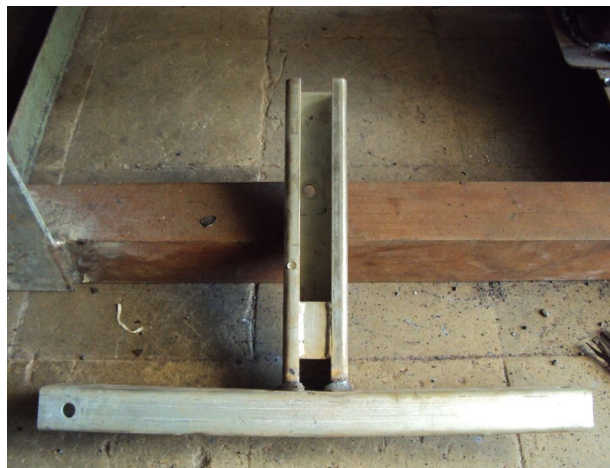
Berdasarkan perhitungan terhadap bagian meja, maka diperoleh gaya yang bekerja pada bagian meja sebesar -83,27 N.

4.2.6 Spesifikasi Prototipe Alat Bantu Las Listrik

Spesifikasi produk ditentukan berdasarkan komponen yang digunakan dalam perancangan alat bantu las listrik. Komponen yang ditentukan berdasarkan pengetahuan peneliti tentang material ataupun peralatan, komponen. Selain itu juga dilakukan konsultasi dengan pakar *RWIN development* dalam penentuan dan pengembangan komponen tersebut. Komponen yang digunakan dalam penentuan perancangan alat bantu las listrik, yaitu:

1. Besi C.

Besi C merupakan komponen dasar yang digunakan dalam perancangan alat bantu ini. Pemilihan besi C dalam penentuan komponen alat bantu las digunakan mensenterkan bila benda berbentuk pipa.



Gambar 4.22 Besi C

2. Rangka meja.

Rangka merupakan komponen yang berfungsi sebagai penyangga dalam perancangan alat bantu las ini, dimana komponen tersebut terbuat dari besi kanal C.



Gambar 4.23 Rangka meja

3. Lockable gaspring.

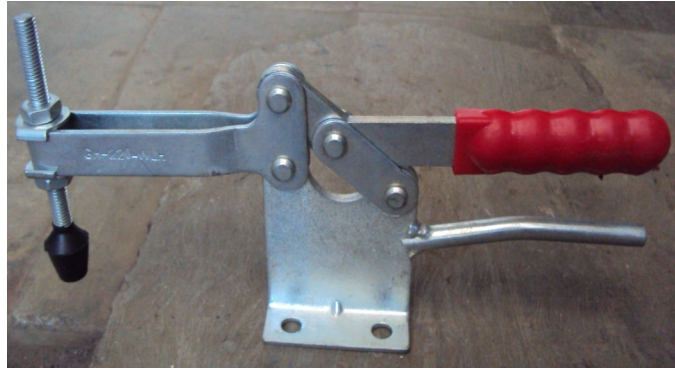
Lockable gaspring dipilih karena berfungsi sebagai komponen pengunci yang membantu menahan beban. *Lockable gaspring* yang digunakan dalam perancangan adalah *lockable gaspring* baru.



Gambar 4.24 Lockable gaspring

4. Ragum.

Ragum digunakan untuk menjepit suatu benda kerja pada waktu pekerjaan mekanik terutama pada saat pengelasan.



Gambar 4.25 Ragum

5. Klem.

Klem merupakan perangkat tambahan yang berfungsi menjepit benda kerja pada bagian letan statis atau penempatan benda kerja. Adapun klem yang digunakan yaitu klem c stanley dengan konstruksi baja dan besi *malleable*.



Gambar 4.26 Klem c stanley

6. Busur derajat.

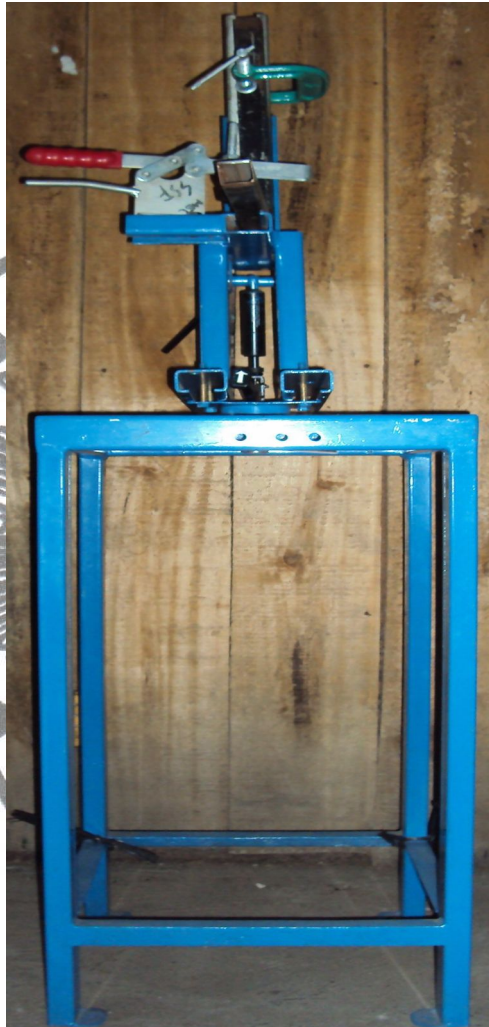
Busur derajat merupakan komponen yang berfungsi mengatur dan mengetahui besarnya sudut terhadap benda kerja yang dilas, sehingga pada proses pengelasan ditentukan langsung sudut yang dilas.



commit to user
Gambar 4.27 Busur derajat

4.2.7 Prototipe Alat Bantu Las Listrik

Prototipe merupakan hasil rancangan yang dibuat berdasarkan perhitungan *anthropometri* pekerja dan pertimbangan kondisi *riil* dengan tujuan evaluasi produk. Hasil rancangan alat bantu las listrik ditampilkan dalam gambar 4.28.



Gambar 4.28 Prototipe rancangan alat bantu las listrik

Prosedur pemakaian alat, sebagai berikut:

1. Memasang benda kerja 1 pada bagian lengan statis dan lengan dinamis.
2. Menjepit ujung benda kerja pada bagian lengan statis dengan menggunakan ragum yang telah terpasang pada alat bantu las listrik.
3. Menaikkan lockable gaspring dan lengan dinamis secara bersamaan pada saat menyusun kampuh terhadap bidang las bagian atas.
4. Mengarahkan busur derajat terhadap kampuh yang akan dilas sesuai dengan kebutuhan sudut yang akan dilas.

commit to user

5. Melakukan pengelasan.
6. Memutar alat bantu las listrik pada saat melakukan pengelasan terhadap kampuh berikutnya.
7. Melepaskan benda kerja dari alat bantu las listrik.

Berdasarkan prosedur pemakaian alat bantu las rancangan, maka aktivitas pekerja digambarkan melalui peta kerja tangan kiri tangan setelah menggunakan alat. Peta tangan kiri tangan kanan menggunakan alat bantu las rancangan ditampilkan dalam tabel 4.13.

Tabel 4.13 Peta tangan kiri tangan kanan menggunakan alat bantu las

PETA TANGAN KIRI TANGAN KANAN							
PEKERJAAN : PENGELASAN							
DIPETAKAN OLEH : SULTRA RETNAWAN SURIPTO							
SEKARANG <input type="checkbox"/> USULAN <input checked="" type="checkbox"/>							
OPERATOR : MULYANA							
TANGGAL DIPETAKAN : 11 JANUARI 2011							
Tangan kiri	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lambang		Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan kanan
Mengambil alat las	100	00:30	G, M	G, M	00:30	100	Mengambil alat las
Mengambil benda kerja		00:05	G, M	G, M	00:05		Mengambil benda kerja
Mengatur sudut		00:10	G, P	G, P	00:10		Mengarahkan lengan dinamis
Memasang benda kerja pada ragum		00:20	G, P	G, P	00:20		Memasang benda kerja pada ragum
Memasang benda kerja pada klem c		00:25	G, M, P	G, M, P	00:25		Memasang benda kerja pada klem c
Mengayunkan lengan dinamis		00:05	P, U	P, U	00:05		Mengarahkan lockable gaspring
Memilih besarnya arus listrik		00:10	P, U	D	00:10		Menganggur
Menyalakan busur		00:15	P, U	U, D	00:15		Menganggur
Memasang elektroda		00:08	G, M	G, M	00:08		Memegang alat las
Mengelas bidang kampuh awal		15:00	U, P, H	U, P	15:00		Memegang besi siku
Memutar meja		00:07	G, P	G, P	00:07		Memutar meja
Mengelas bidang kampuh akhir		10:02	U, P	U, P	10:02		Memegang besi siku
Menganggur		12:00	D	D	12:00		Memeriksa hasil las-an
Melepas benda kerja		05:00	Rl	G, P	05:00		Melepas benda kerja
TOTAL		3970			3970		
RINGKASAN							
WAKTU TIAP SIKLUS					3970		
JUMLAH PRODUK TIAP SIKLUS					1		
WAKTU UNTUK MEMBUAT SATU PRODUK					3970 (1 jam 6 menit 10 detik)		

Berdasarkan peta tangan kiri tangan kanan, terjadi perubahan mekanisme pada saat pengelasan. Perubahan terjadi pada saat pemasangan benda kerja dan pengelasan terhadap dua bidang kampuh.

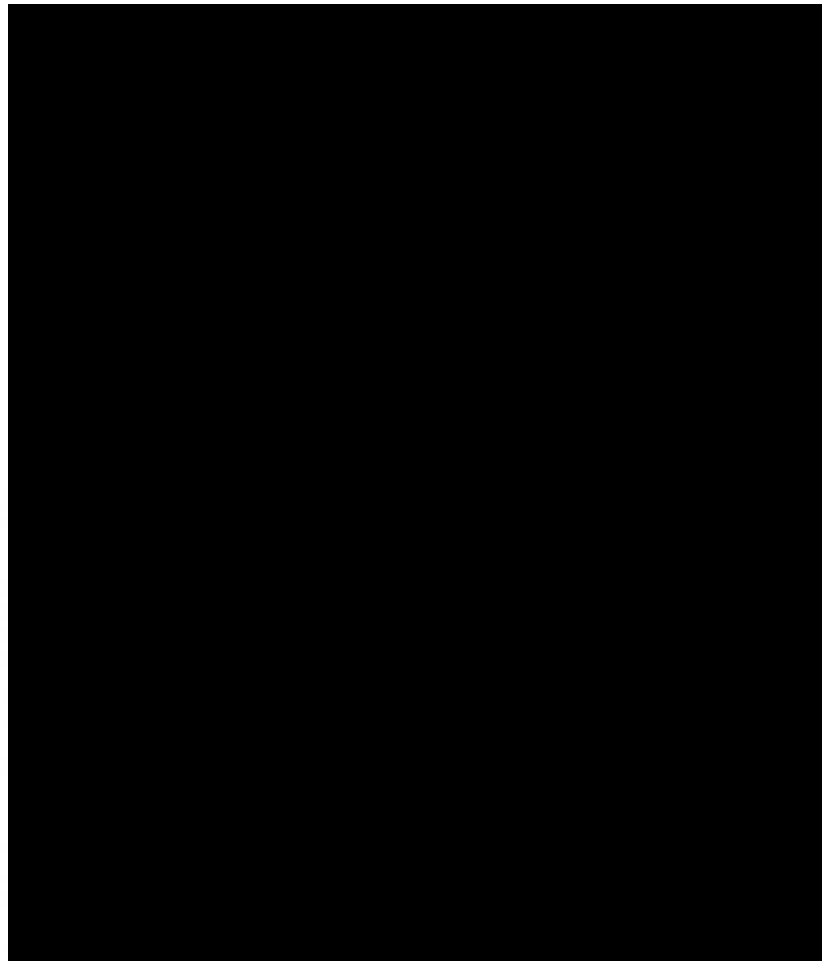
4.2.8 Pemodelan Posisi Postur Tubuh Pada Alat Bantu Las Listrik Rancangan

Setelah melihat kondisi perancangan alat bantu las listrik dan perbaikan posisi posisi postur tubuh pekerja, maka elemen kerja kerja yang dilakukan adalah elemen kerja pemasangan benda kerja dan posisi pada saat melakukan pengelasan dengan posisi postur tubuh berdiri. Posisi postur tubuh pekerja pengelasan ditampilkan dalam gambar 4.29.

Aktivitas ke	Gambar Aktivitas	Keterangan
1.		Pemasangan benda kerja dengan menjepit benda kerja dengan ragum.
2.		Pemasangan benda kerja dengan menjepit benda kerja dengan klem c Stanley.
3.		Persiapan mengarahkan benda kerja terhadap posisi yang akan dilas.
4.		Mengayunkan lengan dinamis kearah sudut 90° dengan mengayun lockable gaspring kearah atas untuk mengunci posisi lengan dinamis.

Gambar 4.29 Posisi postur tubuh menggunakan rancangan alat

commit to user



Gambar 4.29 Posisi postur tubuh menggunakan rancangan alat

Perbaikan alat bantu las memperhatikan posisi postur tubuh yang dilakukan dengan posisi postur tubuh berdiri yang bertujuan menghindari keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh pekerja. Selain itu posisi ini juga menghindari percikan api terhadap pekerja pada saat melakukan pengelasan. Semula operator melakukan kegiatan pengelasan dengan posisi postur tubuh jongkok. Setelah perbaikan alat bantu las listrik, posisi tubuh operator tetap tegak sehingga resiko keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh pada operator diminimalisir.

4.2.9 Penentuan Estimasi Biaya Alat Bantu Las Listrik

Biaya rancangan alat bantu las merupakan biaya yang dibutuhkan untuk membeli material yang memproduksi alat dan biaya tenaga kerja yang digunakan. Keseluruhan biaya rancangan yang diperoleh dari bengkel *RWIN development* mesin dan peralatan industri ditampilkan dalam tabel 4.14.

commit to user

Tabel 4.14 Estimasi biaya material

No.	Bahan	Kegunaan	Ukuran	Biaya (Rp)
1.	Besi C	Sebagai rangka dasar	Tebal 3 cm	650.000
2.	Ragum	Sebagai rangka penjepit	Telah tersedia dipasaran	285.000
3.	Lockable gaspring	Sebagai sistem pengunci	Telah tersedia dipasaran	330.000
4.	Busur derajat	Sebagai pengatur sudut	Telah tersedia dipasaran	35.000
5.	Baut	Sebagai penjepit	M10,M8,M6	15000
6.	Baut counter	Sebagai penjepit	M6	15000
7.	Klem c stanley	Sebagai penjepit benda kerja	50 mm x 30 mm	35.000
TOTAL BIAYA				1.365.000

Berdasarkan tabel 4.12 diketahui besarnya biaya yang dikeluarkan untuk pembelian material sebesar Rp 1.365.000,00. Biaya non material terdiri dari biaya tenaga kerja (termasuk biaya proses permesinan) dan biaya ide, dan transportasi. Besarnya biaya non material yang dikeluarkan ditampilkan dalam tabel 4.15.

Tabel 4.15 Estimasi biaya non material

No.	Biaya non material	Pengeluaran biaya (Rp)
1	Biaya tenaga kerja	250.000
2	Biaya ide & design	300.000
3	Biaya transportasi	200.000
TOTAL BIAYA		750.000

Besarnya biaya non material yang diperlukan dalam pembuatan alat bantu las listrik hasil rancangan sebesar Rp.770.000,00. Total biaya keseluruhan yang dikeluarkan untuk membuat alat bantu las listrik ditampilkan dalam tabel 4.16.

Tabel 4.16 Estimasi biaya perancangan alat bantu las listrik

No.	Biaya	Pengeluaran biaya (Rp)
1	Biaya material perancangan	1.365.000
2	Biaya non material	750.000
TOTAL BIAYA		2.115.000

4.2.10 Biaya Break Even Point (BEP) Investasi Perancangan Prototipe Alat Bantu Las Listrik

Berdasarkan estimasi biaya yang dilakukan terhadap pembuatan alat bantu las listrik, dilakukan perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan

modal (*Break Even Point*) pembuatan alat bantu las listrik yang baru. Perhitungan BEP pembuatan alat bantu las listrik, sebagai berikut.

1. Seperti halnya:

- a. Barang yang diproduksi adalah kursi
- b. Periode investasi alat (N) = 1 tahun

2. Konstrain:

- a. Suku bunga = 12% per tahun
- b. Jam kerja efektif = 5 jam = 300 menit
- c. Produksi 1 kursi = 66,10 menit
- d. Harga satu kursi = Rp 75.000,-/
- e. Biaya pembuatan alat bantu las listrik = Rp 2.115.000,00

3. Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{a. Banyaknya pembuatan selama jam kerja efektif} &= \frac{\text{jam kerja efektif}}{\text{jam produksi 1 kursi}} \\ &= \frac{300 \text{ menit}}{66,10 \text{ menit}} \\ &= 4,5 \\ &\approx 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Jumlah kursi yang diproduksi selama jam kerja efektif} &= 4 \times 1 \text{ kursi} \\ &= 4 \text{ kursi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Biaya per tahun (F)} &= P (F/P, 12\%, 1) \\ &= \text{Rp } 2.115.000,00 (1,1200) \\ &= \text{Rp } 2.368.000,00 \end{aligned}$$

d. Lamanya waktu pengembalian modal

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{biaya pembuatan alat bantu las listrik}}{\text{penjualan kursi yang diproduksi selama jam kerja}} \\ &= \frac{\text{Rp } 2.368.000,00}{4 \times \text{Rp } 75.000,00} \\ &= \frac{\text{Rp } 2.368.000,00}{\text{Rp } 300.000,00} \\ &= 7,8 \approx 8 \text{ hari produksi} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan BEP, diketahui pengembalian modal pembuatan alat bantu las listrik terpenuhi dalam 8 hari produksi.

4.2.11 Posisi Postur Tubuh Terhadap Alat Bantu Las Listrik Rancangan

Posisi postur tubuh pekerja terhadap alat bantu las listrik rancangan dilakukan dengan posisi postur tubuh berdiri. Aktivitas dan analisa terhadap posisi tersebut dilakukan terhadap keseluruhan segmen tubuh, yaitu

1. Pemasangan benda kerja.

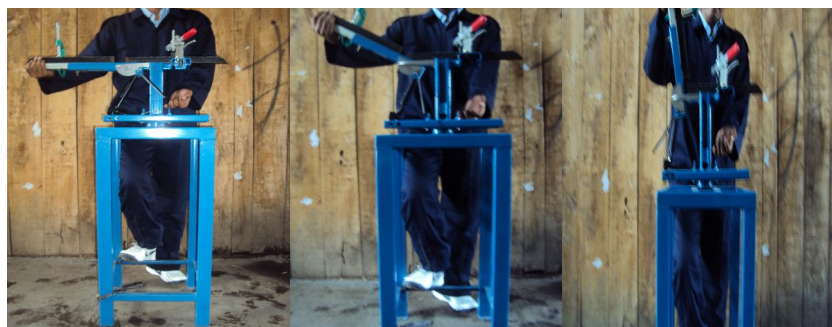
Pemasangan benda kerja untuk pertama kalinya dilakukan dengan meletakkan benda kerja kemudian menjepit benda kerja menggunakan alat bantu (ragum dan klem).



Gambar 4.30 Pemasangan benda kerja

2. Mengarahkan posisi lengan dinamis.

Posisi pada saat mengarahkan benda kerja dilakukan dengan mengayunkan bagian lengan dinamis kearah sudut yang akan dilas dengan mengacu pada busur derajat. Pada posisi ini pekerja melakukan aktivitasnya dengan mengarahkan *lockable gaspring* kearah atas untuk membantu proses penguncian pada saat benda kerja telah mencapai sudut yang akan dilas. Sedangkan posisi postur tubuh pekerja dilakukan dengan posisi tegak dengan tangan menjadi tumpuan dalam aktivitas ini.



Gambar 4.31 Mengarahkan posisi lengan dinamis

3. Pengelasan terhadap bidang kempuh.

Proses pengelasan dilakukan setelah semua benda kerja terpasang dan sudut terhadap kempuh yang dilas telah ditentukan. Proses ini dilakukan dengan bantuan sebuah alat las yang dikenakan pada bagian kempuh. Pada posisi ini pekerja melakukan pengelasan dengan posisi berdiri dengan sikap tegak yang memungkinkan pekerja juga terhindar dari percikan api pada saat pengelasan dan mengurangi keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh.



Gambar 4.32 Pengelasan terhadap bidang kempuh

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Pada bab ini akan dilakukan analisis dari hasil pengolahan data yang telah dikumpulkan dan diolah pada bab sebelumnya. Analisis dari hasil pengolahan data tersebut diuraikan dalam sub bab di bawah ini.

5.1 ANALISIS

Fasilitas kerja yang digunakan operator dalam menjalankan aktivitas pengelasan, berpengaruh terhadap sikap kerja yang dilakukan. Fasilitas kerja berperan langsung terhadap kondisi kerja operator pada saat menggunakan fasilitas tersebut. Fasilitas yang kurang mendukung kerja, berpotensi menyebabkan keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh operator. Dengan demikian, analisis fasilitas kerja perlu dilakukan untuk disesuaikan dengan kondisi tubuh operator.

5.1.1 Analisis Fasilitas Kerja Pada Kondisi Awal

Kondisi kerja awal di bengkel Mulyana pada proses pengelasan, kurang diperhitungkan pada saat pengelasan terhadap benda kerja yang dilas, sehingga pada saat melakukan proses pengelasan operator mengalami keluhan-keluhan di sebagian segmen tubuh. Fasilitas kerja yang digunakan pada proses pengelasan yaitu dengan menggunakan besi siku. Sehingga operator harus jongkok melakukan proses pengelasan. Kondisi seperti ini cenderung mengakibatkan keluhan di beberapa segmen tubuh operator. Tingkat resiko cedera pada aktivitas tersebut diketahui dengan melakukan analisis segmen-segmen tubuh operator, mulai dari telapak kaki hingga bagian punggung yang secara teknis dengan melakukan penyebaran kuesioner *nordic body map*. Hasil kuesioner melalui *nordic body map* terhadap 3 rangkaian aktivitas menunjukkan bahwa ada tiga segmen tubuh yang mengalami keluhan tertinggi dengan tingkat persentase lebih dari 50% yaitu segmen telapak kaki kanan sebesar 100%, lutut sebesar 66,70%, dan pinggang sebesar 100%.

commit to user

5.1.2 Analisis Rancangan Alat

Dalam proses pengelasan, spesifikasi alat yang dibuat menyebabkan perubahan pada posisi maupun metode kerja pada saat melakukan pengelasan oleh operator. Dengan adanya rancangan alat bantu ini diharapkan operator bisa memahami dan menerima tata cara kerja yang baru yang lebih ergonomi.

Perbedaan spesifikasi pada alat yang dibuat terjadi pada keseluruhan terhadap fasilitas bantu yang ada saat ini, mulai dari cara pemasangan benda kerja, pengukuran, pengaturan, dan pada saat pengelasan. Untuk bagian pemasangan benda kerja, terjadi perubahan yang semula melibatkan satu besi siku yang diletakkan dilantai menjadi dua besi c yang terpasang pada bagian lengan alat bantu dengan dilengkapi ragam penjepit dan klem c stanley. Hal ini dikarenakan pemasangan sekaligus pengaturan dengan menggunakan satu besi siku memungkinkan terjadinya pergeseran posisi pada benda kerja. Untuk mengatasi kondisi diatas, maka dilengkapi penjepit agar dapat mengurangi resiko terjadinya pergeseran benda kerja.

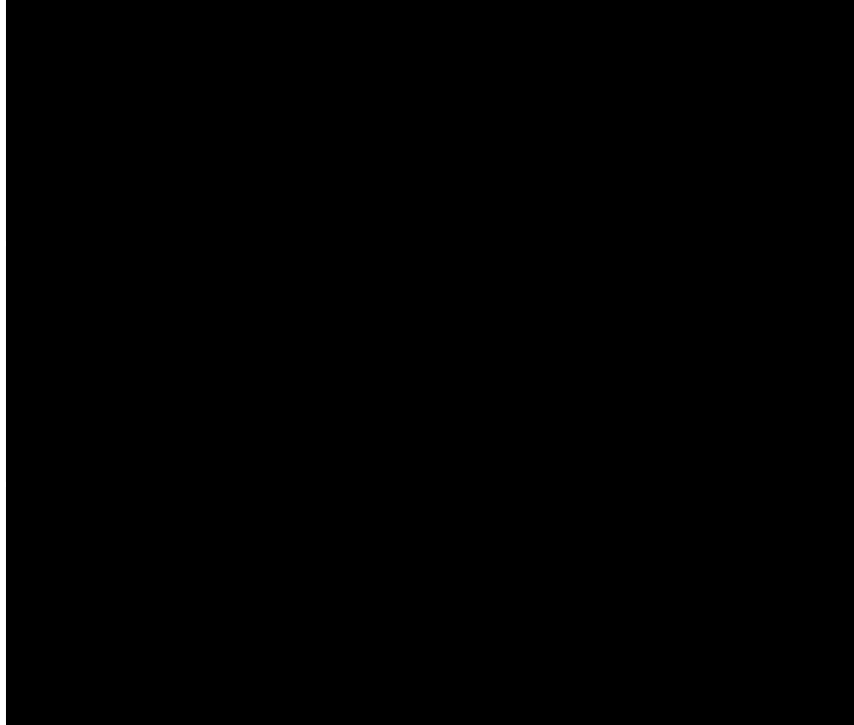
Pada bagian pengaturan terjadi perubahan pada pengaturan sudut yang dilas. Pada rancangan ini, pengaturan sudut dilakukan dengan menambahkan busur derajat diantara lengan dinamis dan bagian lengan statis, sehingga pada saat dilakukan pengelasan, sudut dari benda kerja yang dilas dapat diketahui secara langsung dengan membaca pada busur derajat. Perubahan ini dikarenakan pada saat menentukan sudut, operator hanya melakukan perkiraan terhadap sudut yang dilas dengan bantuan fasilitas bantu besi siku, sehingga kemungkinan sudut yang ditentukan kurang akurat.

Perubahan lainnya terjadi pada saat menyusun kampuh. Dimana pada keadaan sebelumnya, penyusunan kampuh hanya dilakukan dengan menyambung bagian kampuh yang hanya dilandasi oleh besi siku. Sedangkan pada rancangan alat, penyusunan kampuh dilakukan dengan bantuan alat penjepit yang dilengkapi dengan *lockable gaspring*. Sehingga pada saat penyusunan kampuh telah dilakukan, dan benda kerja telah terjepit, maka dilakukan penguncian dengan menggunakan *lockable gaspring* agar posisi dan arah pengelasan tidak bergeser. Dimensi pada beberapa spesifikasi alat yang dibuat juga mempunyai dimensi yang

commit to user

berbeda dengan rancangan, Rincian perbedaan antara alat yang dibuat dengan rancangan ditampilkan dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perbedaan antara rancangan dengan alat jadi



Ada beberapa kelemahan ataupun hambatan yang dimiliki alat bantu las yang baru. Pada keadaan sebelumnya proses pengelasan lebih cepat, karena fasilitas yang ada hanya besi siku. Berdasarkan analisis, keadaan sebelumnya pada saat pengelasan menimbulkan keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh karena posisi pengelasan dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok. Sedangkan pada alat las rancangan diketahui waktu pengelasan lebih lama, karena sistem pemasangan benda kerja harus dilakukan satu persatu sesuai dengan bagian penjepit alat bantu tersebut. Hal ini menyebabkan operator harus memasang dan melepas satu persatu terhadap benda yang dilas. Berdasarkan analisis, alat las rancangan juga mempunyai keunggulan dibandingkan keadaan sebelumnya, karena desain alat las rancangan mengurangi keluhan di beberapa segmen tubuh, karena posisi pengelasan dilakukan dengan posisi postur tubuh berdiri.

5.1.3 Analisis Posisi Postur Tubuh Pekerja

Posisi postur tubuh kerja awal yang dilakukan oleh pekerja saat pengelasan merupakan posisi postur tubuh kerja yang melibatkan posisi bagian-bagian tubuh



tidak baik. Punggung terlalu membungkuk, kaki dan lutut yang harus menopang tubuh dalam waktu yang cukup lama.

Pada posisi ini operator melakukan pengelasan dengan posisi postur tubuh jongkok yang bertumpu pada segmen telapak kaki dan punggung terlalu membungkuk yang diikuti dengan posisi leher yang terlalu kebawah. Hal ini mengakibatkan dirasakan keluhan di bagian pinggang dan di beberapa segmen tubuh yang terkena dampak dari posisi postur tubuh jongkok tersebut. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap posisi awal, maka perlu dilakukan perubahan posisi postur tubuh pekerja untuk mengurangi keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh.

Analisis posisi postur tubuh pekerja baru yaitu analisis posisi postur tubuh kerja saat operator melakukan pengelasan menggunakan alat bantu las listrik yang baru. Posisi postur tubuh pekerja pada saat menggunakan alat bantu las rancangan dapat disesuaikan dengan kenyamanan operator karena sifat alat diposisikan sesuai kebutuhan. Analisis posisi postur tubuh pekerja pada penggunaan alat bantu las yang baru dilakukan dengan mengaplikasikan alat baru terlebih dahulu kemudian membagi pekerjaan yang dilakukan operator. Gerakan yang dihasilkan oleh aktivitas pengelasan dengan menggunakan alat baru dikelompokkan menjadi 3 fase gerakan yakni fase gerakan pemasangan benda, penggerakan lengan dinamis (pengarahan sudut, dan pengelasan).

Berdasarkan analisis yang dihasilkan diperoleh hasil bahwa posisi postur tubuh pekerja operator saat melakukan pengelasan dengan menggunakan alat bantu yang dirancang dapat mengurangi resiko keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh karena rancangan alat merubah posisi postur tubuh pekerja yang semula jongkok menjadi berdiri. Perbandingan posisi postur tubuh awal dan akhir ditampilkan dalam tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perbandingan posisi postur tubuh pekerja pada saat pengelasan

No.	Posisi postur tubuh awal	Posisi postur tubuh akhir
1.		
2.		
3.		

5.2 INTERPRETASI HASIL PENELITIAN

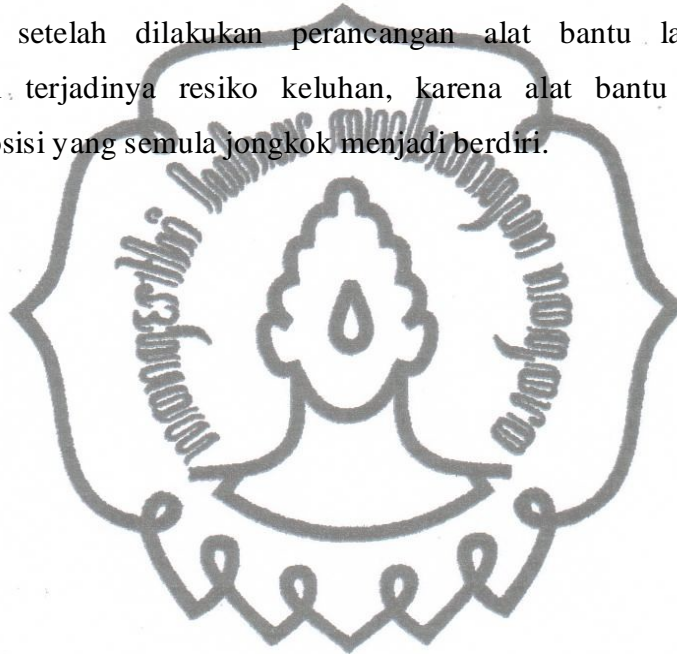
Berdasarkan hasil pengolahan data, rangkaian aktivitas pengelasan menyebabkan keluhan yang membahayakan bagi kesehatan tubuh operator. Berdasarkan tinjauan ergonomi sebagai pendekatan untuk mengetahui pengeluaran gaya di setiap segmen tubuh operator yang mengalami keluhan, didapatkan bahwa tubuh operator dalam kondisi yang sangat beresiko terjadinya kelelahan otot dan rasa nyeri.

Perbaikan sistem kerja di bagian pengelasan dilakukan dengan melihat fasilitas kerja yang digunakan. Perancangan fasilitas kerja secara langsung dapat memperbaiki posisi postur tubuh operator karena operator harus menyesuaikan dengan fasilitas yang digunakan. Berdasarkan rangkaian aktivitas yang

commit to user

menimbulkan masalah pada tubuh operator pada saat melakukan pengelasan, maka perlu dirancang fasilitas yang mengurangi resiko keluhan kelelahan otot dan rasa nyeri pada saat melakukan aktivitas pengelasan.

Rancangan fasilitas alat bantu las listrik digunakan untuk memudahkan proses pengelasan terhadap bidang kampuh tanpa harus membalik benda kerja dan penentuan sudut pada saat pengelasan. Berdasarkan prinsip ergonomi dinyatakan posisi kerja operator berada dalam kondisi yang aman. Berdasarkan aktivitas pengelasan yang dilakukan, berpotensi menimbulkan resiko keluhan. Sedangkan setelah dilakukan perancangan alat bantu las listrik, dapat mengurangi terjadinya resiko keluhan, karena alat bantu yang dirancang merubah posisi yang semula jongkok menjadi berdiri.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, dijelaskan pada sub bab berikut ini.

6.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan alat bantu las listrik yang memperbaiki posisi postur tubuh pekerja yang semula dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok menjadi berdiri, dan mengurangi keluhan rasa nyeri di segmen tubuh telapak kaki, lutut, pinggang, dan punggung.
2. Perbaikan alat las listrik berupa alat bantu las listrik, mempermudah kerja operator pada saat melakukan pengelasan terhadap dua bidang kampuh. Semula operator melakukan pengelasan dua sisi terhadap kampuh dengan membalik posisi benda kerja, kemudian pada saat mengatur sudut operator melakukan dengan menggunakan besi siku, maka dengan adanya rancangan alat bantu las listrik ini operator cukup memutar bagian meja, dan penentuan sudut dilakukan dengan membaca busur derajat, sehingga mempermudah kerja operator dalam melakukan proses pengelasan dua sisi terhadap bidang kampuh.

6.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk langkah pengembangan atau penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Berdasarkan analisis kelebihan dan kelemahan prototipe yang telah dibuat, pengembangan pembuatan produk riil nantinya diperhatikan mengenai tempat menjepitkan klem massa dan kepresisian ukuran maupun pemasangan bagian-bagian dari alat bantu las listrik yang dibuat.
2. Penelitian lebih lanjut dalam hal pengembangan rancangan dapat diarahkan untuk pemasangan benda kerja yang lebih sederhana.

commit to user

3. Pengembangan rancangan alat bantu las listrik sebaiknya disertai beberapa alternatif material yang dapat digunakan dengan mempertimbangkan kekurangan dan kelebihan masing-masing.



commit to user