

BAB V ANALISIS

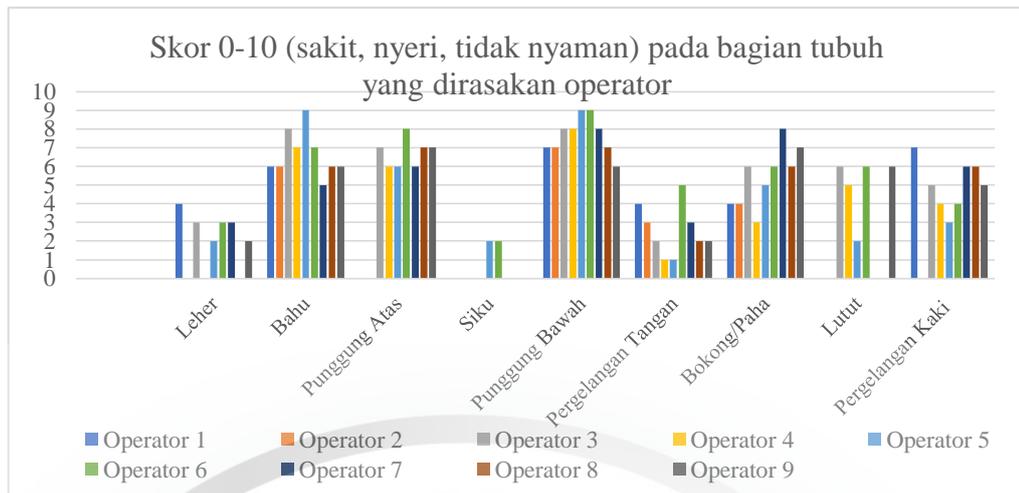
5.1 Analisis Ayat Al-Qur'an

PT Tirta Investama-Subang Plant memiliki permasalahan dalam salah satu kegiatan produksi yang masih dilakukan secara manual, salah satu permasalahan yang ada di perusahaan ini adalah pada bagian pengangkatan dan pemindahan dus SPS 600 ml dari atas konveyor ke *pallet*. Permasalahan ini terjadi karena operator mengangkat beban secara berulang-ulang dan terus-menerus dengan gerakan badan membungkuk pada saat akan menyimpan beban. Merujuk dari Al-Qur'an surat Az-Zumar ayat 39 yang artinya "Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka berdoa): Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami tersalah. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri maaflah kami; ampunilah kami; dan rahmatilah kami. Engkaulah Penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir." Ayat ini dapat diaplikasikan untuk mengevaluasi kemampuan fisik manusia saat bekerja yang harus disesuaikan dengan beban yang akan diterima pekerja sehingga tidak menimbulkan cedera dan risiko kerja yang tidak diinginkan, seperti adanya keluhan-keluhan pada saat bekerja pada bagian tubuh tertentu. Beban kerja yang diangkat oleh operator pada saat ini menyebabkan adanya keluhan yang dirasakan baik melalui wawancara, hasil penyebaran kuesioner *nordic body map* dan hasil perhitungan $F_{compression}$ pada otot dan F_{shear} pada L5/S1 menunjukkan pekerjaan tersebut berisiko menimbulkan cedera punggung dan *musculoskeletal disorders* hal tersebut menunjukkan beban kerja yang diterima para operator melebihi kemampuan fisik operator. Adanya tekanan dan penggunaan otot berlebih pada posisi kerja yang salah yang dilakukan secara terus-menerus tanpa istirahat yang cukup akan menimbulkan dampak peradangan pada tendon, ligamen dan sendi (Iridiastadi dan Yassierli, 2016). Merujuk pada hal tersebut perlu dilakukan perbaikan cara pengangkatan beban kerja

dan penambahan fasilitas kerja ergonomis serta kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) bagi operator untuk meminimasi risiko kerja.

5.2 Analisis Keluhan Berdasarkan Kuesioner *Nordic Body Map*

Pekerjaan pengangkatan dan pemindahan beban dari atas konveyor ke atas *pallet* yang dilakukan oleh operator yang memiliki tinggi badan yang cukup tinggi berdasarkan hasil pengamatan secara langsung dilapangan bahwa operator tersebut melakukan kegiatan pemindahan beban dengan gerakan tubuh membungkuk secara ekstrem yang dapat menyebabkan terjadinya risiko kerja. Berbeda dengan operator yang tidak terlalu tinggi, gerakan tubuh yang dilakukan oleh operator tidak terlalu membungkuk namun masih harus dilakukan perbaikan agar gerakan-gerakan membungkuk dapat dihilangkan. Berdasarkan hasil dari kuesioner yang diperoleh bahwa keluhan yang dirasakan operator 1 yaitu leher, bahu, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong atau paha dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 2 yaitu bahu, punggung bawah, pergelangan tangan dan bokong/paha. Keluhan yang dirasakan oleh operator 3 yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 4 yaitu bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 5 yaitu leher, bahu, punggung atas, siku, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 6 yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 7 yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 8 yaitu bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha dan pergelangan kaki. Keluhan yang dirasakan oleh operator 9 yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, pergelangan tangan, bokong/paha, lutut dan pergelangan kaki. Dari keluhan yang dirasakan oleh masing-masing operator diberikan kategori minimal dengan nilai keluhan ≤ 5 dan diberikan kategori sakit jika nilai keluhan > 5 . Grafik skor keluhan rasa sakit pada bagian tubuh yang dirasakan oleh operator pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik skor (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh yang dirasakan operator

Keluhan pada bahu, punggung bawah dan bokong atau paha dirasakan oleh operator karena pada saat mengangkat beban yang berada di atas konveyor dan harus diletakkan di atas *pallet* yang berada di bawah konveyor atau tidak sejajar dengan operator sehingga membuat operator harus melakukan gerakan membungkuk secara berulang-ulang. Keluhan yang dirasakan operator akan mengakibatkan efek cedera yang berkepanjangan apabila tidak segera dilakukan perbaikan fasilitas kerja atau penambahan fasilitas kerja, maka diperlukan suatu perbaikan atau penambahan fasilitas kerja pengangkatan dus SPS 600 ml dengan merancang alat bantu ergonomis untuk mempermudah operator dan meminimasi risiko kerja. Pada saat pengisian kuesioner *nordic body map* beberapa operator mengisi dengan tidak konsisten, pada bagian penilaian rasa sakit operator mengeluhkan adanya rasa sakit tapi pada bagian apakah operator terganggu dalam melakukan pekerjaannya dan apakah operator pernah mendatangi dokter atau terapis sebagian operator mengisi tidak pernah. Faktor yang mempengaruhi dan menjadi gangguan pada sistem otot rangka adalah kerja yang menggunakan kekuatan otot secara berlebih, gerakan yang dilakukan secara berulang ulang (Iridiastadi dan Yassierli, 2016). Selain itu, karena kurangnya rasa peduli akan kesehatan tubuhnya, operator pengangkatan beban tidak mengikuti cara atau metode yang benar dengan menggunakan alat pelindung diri pada saat melakukan pengangkatan dus dari atas konveyor ke atas *pallet* meskipun telah disediakan alat pelindung diri. Metode pengangkatan barang oleh operator saat ini dilakukan dengan mengangkat beban dengan gerakan cepat, berulang dan sikap punggung maupun bahu tidak lurus sehingga badan harus membungkuk dengan posisi miring.

5.3 Analisis Penilaian Risiko Kerja Menggunakan Metode Biomekanika

Pengukuran biomekanika yang harus dilakukan pertama kali adalah mengumpulkan data berat badan operator, pengukuran jarak antara titik pusat massa dengan L5/S1 dan pengukuran jarak antara pusat benda dengan L5/S1. Penilaian dilakukan terhadap 6 operator dengan berat badan 50, 55, 63, 65 dan 68. Pengangkatan yang dilakukan oleh operator adalah 60 beban yang disusun menjadi 6 tumpukan di atas *pallet* dimana pada setiap tumpukan terdapat 10 beban dengan berat beban sama 15 Kg. Dilihat dari operator yang memiliki berat badan 50 Kg – 63 Kg dengan tinggi badan 164 cm – 170 cm pada saat melakukan pengangkatan dikatakan dengan risiko yang berat begitupun dengan operator yang memiliki berat badan > 64 Kg dengan tinggi badan > 170 cm berisiko sangat berat, karena pada saat melakukan pengangkatan operator melakukan gerakan membungkuk yang dapat menyebabkan *musculoskeletal disorders*. Hasil perhitungan model punggung bawah menunjukkan bahwa gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) tidak memenuhi kriteria aman, karena dari ke-60 beban menunjukkan hasil yang bervariasi, jika salah satu kriteria tidak terpenuhi maka pekerjaan yang dilakukan oleh operator dianggap berisiko. Pada tumpukan ke-2 pekerjaan memindahkan beban ke-15 yang dikerjakan oleh operator 3 gaya tekan memiliki nilai di atas kriteria aman yang paling besar $F_{compression} < 3.400$ N yaitu $F_{compression}$ 20.192 N karena dipengaruhi oleh posisi tubuh operator saat mengangkat beban yang kurang baik. Pada tumpukan ke-5 beban ke-48 yang dikerjakan oleh operator 6 gaya geser memiliki nilai paling kecil, $F_{shear} < 500$ N yaitu 0 N karena dipengaruhi oleh posisi tubuh operator tegak dan tidak membungkuk saat mengangkat beban, meskipun gaya geser menunjukan nilai 0 (tidak berisiko) pekerjaan tetap dinyatakan berisiko karena gaya tekan yang dihasilkan adalah 7.170,67 N, maka pemindahan dikatakan berisiko.

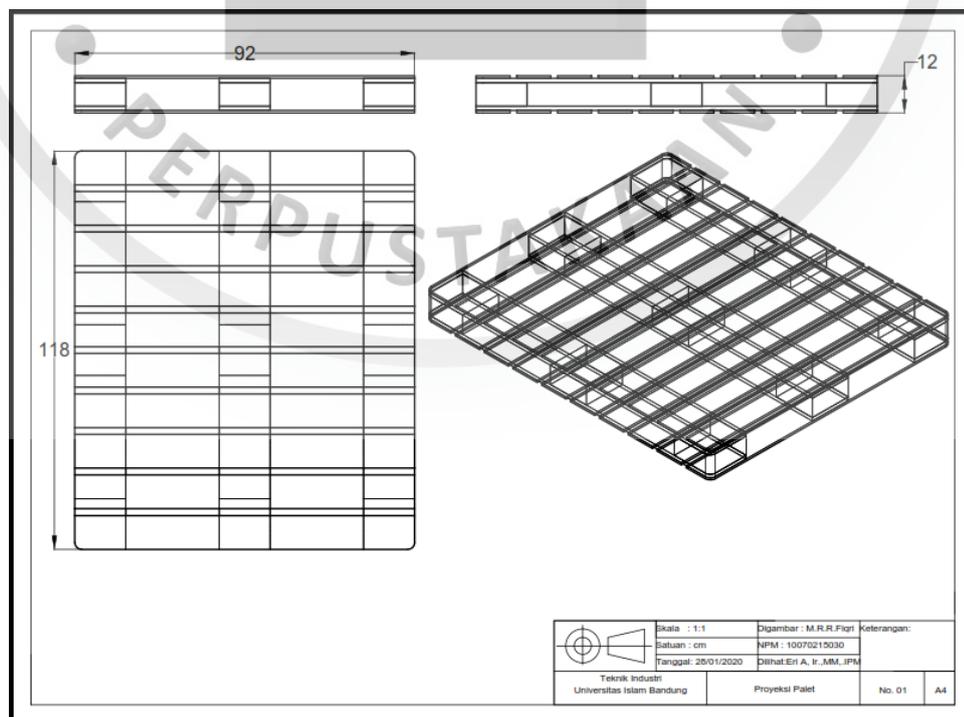
5.4 Usulan Perancangan Fasilitas Kerja

Usulan perancangan fasilitas kerja diperoleh berdasarkan hasil dari pengolahan data biomekanika yang menunjukkan nilai hasil $F_{compression}$ dan F_{shear} melebihi standar yang telah ditentukan sehingga dapat dikatakan operator pengangkatan dus SPS 600 ml berisiko dan perlu dilakukan penambahan fasilitas kerja untuk meminimalisir risiko kerja pada saat pengangkatan dan pemindahan. Fasilitas kerja yang ada saat ini adalah *pallet* yang berada lantai produksi dengan tinggi 12 cm dan tinggi konveyor 75 cm yang menunjukkan tidak sama atau tidak sejajar tingginya.

Kondisi tersebut menyebabkan operator harus membungkuk secara berulang-ulang dan terus-menerus sepanjang waktu bekerja. Merujuk reverensi untuk menghindari posisi membungkuk pada saat pemindahan beban tinggi yang baik untuk aktivitas pengangkatan dan pemindahan adalah 75 cm (Umami, Hadi, Agustina. 2014). Hidrolik adalah alat bantu yang dapat membantu operator untuk meminimasi gerakan membungkuk saat melakukan pengangkatan dus dari atas konveyor ke atas *pallet* yang dilakukan berulang ulang secara terus-menerus. Fungsi hidrolik dirancang untuk menurunkan dan menaikkan *pallet* yang disesuaikan dengan rata-rata tinggi operator agar pekerjaan dapat dikerjakan dengan aman. Fasilitas kerja sebelum penambahan fasilitas kerja baru dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.



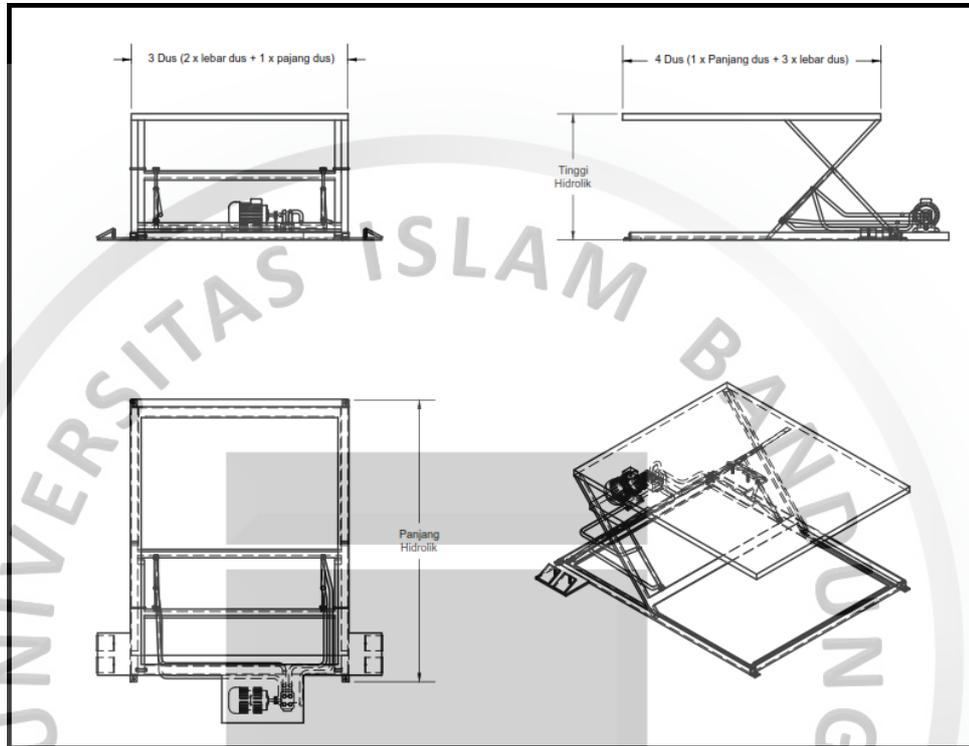
Gambar 5.2 Fasilitas kerja sebelum penambahan fasilitas kerja baru



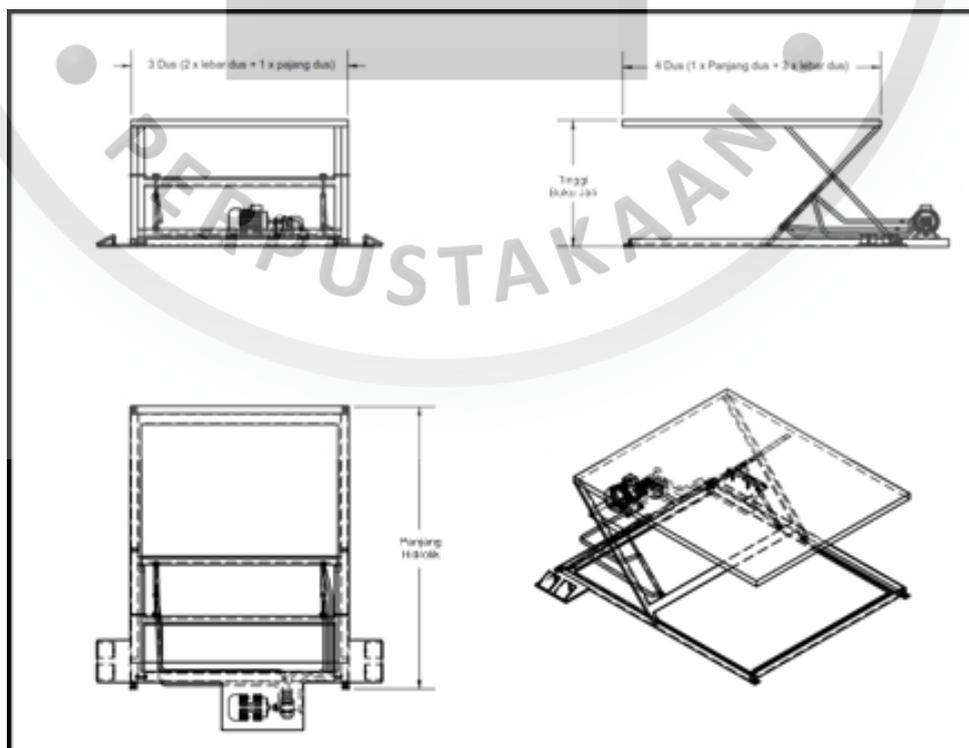
Gambar 5.3 Proyeksi fasilitas kerja sebelum penambahan fasilitas kerja baru

5.4.1 Penentuan Dimensi Tubuh

Penentuan dimensi tubuh adalah tahapan yang dilakukan untuk merancang usulan fasilitas kerja yang baru dengan memilih dimensi tubuh yang diperlukan untuk mempermudah pekerjaan operator. Penentuan dimensi rancangan fasilitas kerja dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.4 dan 5.5.



Gambar 5.4 Dimensi fasilitas kerja



Gambar 5.5 Dimensi tubuh yang digunakan

Tabel 5.1 Dimensi rancangan fasilitas kerja

No.	Rancangan Fasilitas Kerja	Dimensi Fasilitas Kerja	Dimensi Tubuh yang Digunakan	Alasan
1	Pallet Hidrolik	Lebar Alas Hidrolik	3 x Dus (2 x lebar dus + 1 x Panjang dus)	Untuk Menentukan Lebar Maksimal Pallet Hidrolik
2		Panjang Alas Hidrolik	4 x Dus (1 x Panjang dus + 3 x lebar dus)	Untuk Menentukan Panjang Maksimal Pallet Hidrolik
3		Tinggi Pallet Hidrolik	Tinggi Buku Jari	Untuk Menentukan Tinggi Maksimal Pallet Hidrolik Agar Operator dapat Bekerja dengan Senyaman Mungkin

5.5 Pengolahan Data Antropometri

Pengukuran data antropometri dilakukan kepada operator pengangkatan dan karyawan yang bekerja di gedung produksi *small packaging size* 600 ml yang berada di PT Tirta Investama-Subang Plant. Data dimensi tubuh yang digunakan yaitu, Tinggi Buku Jari (TBJ) dengan sample sebanyak 46 dari 62 orang yang berada di area produksi SPS Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Data dimensi tubuh tinggi buku jari

No	TBJ (cm)	No	TBJ (cm)	No	TBJ (cm)	No	TBJ (cm)	No	TBJ (cm)
1	56	11	59	21	56	31	60	41	49
2	49	12	53	22	57	32	56	42	53
3	50	13	49	23	57	33	50	43	60
4	59	14	53	24	62	34	59	44	56
5	56	15	55	25	56	35	56	45	50
6	57	16	50	26	49	36	49	46	60
7	57	17	49	27	62	37	50		
8	59	18	49	28	50	38	59		
9	57	19	56	29	59	39	54		
10	50	20	56	30	53	40	55		

5.5.1 Penentuan Ukuran Rancangan Fasilitas Kerja

Penentuan ukuran rancangan fasilitas kerja merupakan perhitungan yang terdiri dari beberapa tahap pengujian untuk mengetahui ukuran yang sesuai dengan rancangan yang akan dibuat berdasarkan dimensi tubuh yang telah ditentukan. Beberapa tahap pengujian yaitu uji keseragaman data, uji kecukupan data dan uji kenormalan data. Penentuan ukuran dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) sebagai berikut. Penentuan ukuran rancangan fasilitas menggunakan persamaan II.8 - II.23.

a. Uji Keseragaman Data

- Jumlah Data

$$(\sum X) = 2.516 \text{ data}$$

- Menghitung rata-rata

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{(\sum xi)}{N} \\ &= \frac{2.516}{46} \\ &= 54,70 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Menghitung Standar Deviasi

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(56-54,70)^2+(49-54,70)^2+\dots\dots\dots+(60-54,70)^2}{46-1}} \\ &= 4,05 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Menghitung Batas Kelas Atas (BKA) dan Batas Kelas Bawah (BKB)

Perhitungan BKA dan BKB menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%.

$$\alpha = 1 - 95\%$$

$$\begin{aligned}\frac{\alpha}{2} &= \frac{0,05}{2} \\ &= 0,025\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas kurva} &= 1 - \frac{\alpha}{2} \\ &= 0,975\end{aligned}$$

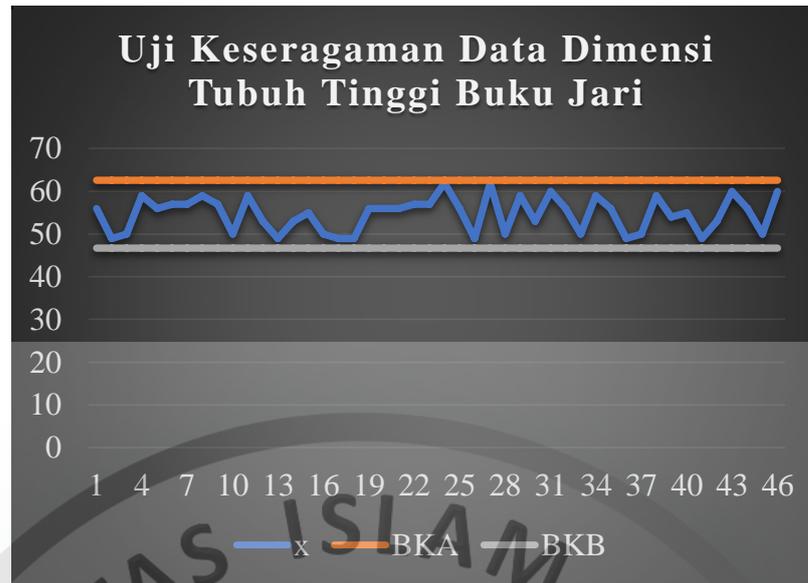
$$\text{Nilai Z} = 1,96$$

Maka batas kendalinya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{BKA} &= \bar{x} + Zs \\ &= 54,70 + (1,96 \times 4,05) \\ &= 62,63\text{cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BKB} &= \bar{x} - Zs \\ &= 54,70 - (1,96 \times 4,05) \\ &= 46,76 \text{ cm}\end{aligned}$$

Grafik uji keseragaman data dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Uji keseragaman data

Berdasarkan grafik uji keseragaman pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa data dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) tidak ada data yang menunjukkan *out of control* sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut seragam.

b. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah mencukupi untuk diolah. Sebelum dilakukan pengujian data dilakukan penentuan derajat kebebasan 0,05 dengan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%. Perhitungan uji kecukupan data pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 N' &= \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{(\sum x_i)} \right]^2 \\
 &= \left[\frac{(1,96/0,05) \sqrt{(46 \times (138.352)) - (2.516)^2}}{2.516} \right]^2 \\
 &= 8,24 \approx 9 \text{ data}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan uji kecukupan data dapat diketahui bahwa nilai $N' < N$ yaitu $9 < 46$, maka data tersebut cukup dengan 46 data dan hasilnya dapat diaplikasikan.

c. Pembuatan Kelas Boundaris

Uji kenormalan data adalah tahap yang dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut mendekati distribusi normal atau tidak. Penerapan data antropometri akan dapat digunakan jika ada nilai *mean* (rata-rata) dan SD (Standar Deviasi) dari

suatu distribusi normal. Perhitungan uji kenormalan data pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) sebagai berikut.

- Menentukan jumlah kelas (K)

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \log 46 \\ &= 6,49 \approx 7 \text{ Kelas} \end{aligned}$$

- Menentukan rentang kelas (R)

$$\begin{aligned} R &= \text{data maximum} - \text{data minimum} \\ &= 62 - 49 \\ &= 13 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan panjang kelas interval (I)

$$\begin{aligned} I &= R / K \\ &= 13/7 \\ &= 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan jumlah kelas (K), rentang kelas (R) dan panjang kelas interval (I) menghasilkan kelas interval, kelas boundaris dan frekuensi yang ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kelas interval, kelas boundaris dan frekuensi

No	Class Limit		Class Boundaries		Frekuensi	Frekuensi Kumulatif
	Kelas Bawah	Kelas Atas	Kelas Bawah	Kelas Atas		
1	49	50.99	48.995	50.995	14	14
2	51	52.99	50.995	52.995	0	14
3	53	54.99	52.995	54.995	5	19
4	55	56.99	54.995	56.995	11	30
5	57	58.99	56.995	58.995	5	35
6	59	60.99	58.995	60.995	6	41
7	61	62.99	60.995	62.995	5	46
Jumlah					46	

- Menghitung nilai Z_1 dan Z_2

$$Z_1 = \frac{\text{Batas bawah kelas boundaris} - X}{\text{standar deviasi}} \dots \dots (\text{Menggunakan Persamaan II-15})$$

$$Z_{11} = \frac{48,995 - 54,70}{4,05} = -1,41$$

$$Z_{21} = \frac{50,995 - 54,70}{4,05} = -0,91$$

$$Z_{12} = \frac{50,995 - 54,70}{4,05} = -0,91$$

$$Z_{22} = \frac{52,995 - 54,70}{4,05} = -0,42$$

$$Z_{13} = \frac{52,995 - 54,70}{4,05} = -0,42$$

$$Z_{23} = \frac{54,995 - 54,70}{4,05} = 0,07$$

$$Z_{14} = \frac{54,995 - 54,70}{4,05} = -0,07 \quad Z_{24} = \frac{56,995 - 54,70}{4,05} = 0,57$$

$$Z_{15} = \frac{56,995 - 54,70}{4,05} = 0,57 \quad Z_{25} = \frac{58,995 - 54,70}{4,05} = 1,06$$

$$Z_{16} = \frac{58,995 - 54,70}{4,05} = 1,06 \quad Z_{26} = \frac{60,995 - 54,70}{4,05} = 1,56$$

$$Z_{17} = \frac{60,995 - 54,70}{4,05} = 1,56 \quad Z_{27} = \frac{62,995 - 54,70}{4,05} = 2,05$$

Rekapitulasi Nilai Z_1 dan Z_2 pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi nilai Z_1 dan Z_2 dimensi tubuh TBJ

No	Z1	Nilai	Z2	Nilai
1	Z11	-1.41	Z21	-0.91
2	Z12	-0.91	Z22	-0.42
3	Z13	-0.42	Z23	0.07
4	Z14	0.07	Z24	0.57
5	Z15	0.57	Z25	1.06
6	Z16	1.06	Z26	1.56
7	Z17	1.56	Z27	2.05

- Menentukan luas kurva

$P(Z_1 < Z < Z_2)$, menentukan nilai P dengan menggunakan tabel Z. Luas Kurva pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) sebagai berikut.

$$P_1 (Z_{11} < Z < Z_{21}) = P(Z < Z_{11}) - P(Z < Z_{21})$$

$$= P(Z < -1,41) - P(Z < -0,91)$$

$$= 0,18 - 0,08$$

$$= 0,10$$

Perhitungan yang lain dilakukan dengan cara yang sama, maka diperoleh nilai P sebagai berikut :

$$P_1 = 0,10 \quad P_3 = 0,19 \quad P_5 = 0,14 \quad P_7 = 0,04$$

$$P_2 = 0,16 \quad P_4 = 0,19 \quad P_6 = 0,08$$

- Menentukan nilai e_i

$$e_i = N \times \text{Luas Kurva}$$

$$e_1 = 46 \times 0,10 = 4,64 \quad e_3 = 46 \times 0,19 = 8,84 \quad e_5 = 46 \times 0,14 = 6,48$$

$$e_2 = 46 \times 0,16 = 7,22 \quad e_4 = 46 \times 0,19 = 8,53 \quad e_6 = 46 \times 0,08 = 3,88$$

$$e_7 = 46 \times 0,04 = 1,83$$

Rekapitulasi hasil perhitungan luas kurva dan nilai e_i pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Luas kurva dan nilai ei

No	Class Boundaries		Fi	F.Kum	Z1	Z2	Luas (P)	Ei
	Kelas Bawah	Kelas Atas						
1	48.995	50.995	14	14	-1.41	-0.91	0.10	4.64
2	50.995	52.995	0	14	-0.91	-0.42	0.16	7.22
3	52.995	54.995	5	19	-0.42	0.07	0.19	8.84
4	54.995	56.995	11	30	0.07	0.57	0.19	8.53
5	56.995	58.995	5	35	0.57	1.06	0.14	6.48
6	58.995	60.995	6	41	1.06	1.56	0.08	3.88
7	60.995	62.995	5	46	1.56	2.05	0.04	1.83
Jumlah			46					41.41

Perbandingan antara nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel} harus memperhatikan nilai harapan untuk tiap selang. Apabila terdapat frekuensi dan nilai ei yang kurang dari lima maka nilai tersebut harus digabung atau dijumlahkan dengan nilai sebelum maupun sesudah kelasnya. Hasil perhitungan luas kurva dan nilai ei setelah penggabungan ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil perhitungan luas kurva dan nilai ei setelah penggabungan

No	Class Boundaries		Fi	F.Kum	Z1	Z2	Luas (P)	Ei Gabungan	$\sum \frac{(Fi-Ei)^2}{Ei}$
	Kelas Bawah	Kelas Atas							
1	48.995	50.995	14	14	-1.408	-0.914	0.101	11.852	0.389
2	50.995	52.995			-0.914	-0.420	0.157		
3	52.995	54.995	5	19	-0.420	0.074	0.192	8.843	1.670
4	54.995	56.995	11	30	0.074	0.568	0.185	8.532	0.714
5	56.995	58.995	5	35	0.568	1.062	0.141	6.481	0.339
6	58.995	60.995	11	46	1.062	1.556	0.084	5.702	4.922
7	60.995	62.995		46	1.556	2.050	0.040		
Jumlah			46						8.034

d. Uji Hipotesis

- $H_0 : \chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel}$ (data berdistribusi normal)
- $H_1 : \chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{tabel}$ (data tidak berdistribusi normal)
- $\alpha : 0,05$
- Daerah kritis : $\chi^2_{tabel} \geq \chi^2_{hitung}$

Dengan χ^2_{tabel} dapat dilihat pada tabel chi-kuadrat.

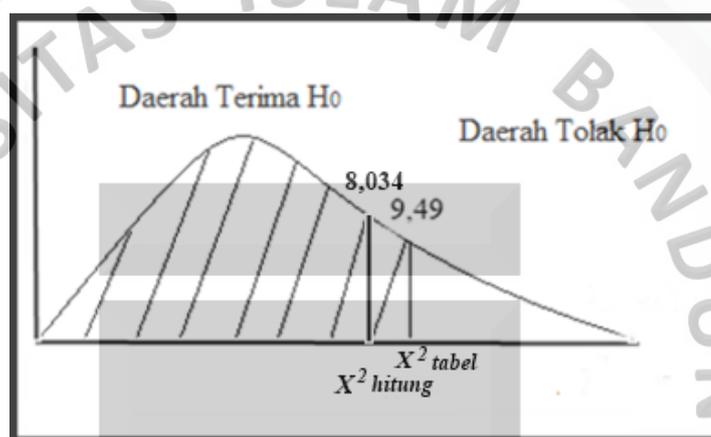
$$\begin{aligned} \text{Derajat kebebasan } V &= K - 1 \\ &= 5 - 1 \\ &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi^2_{tabel} &= \chi^2_{(1-\alpha)}(v) \\ &= \chi^2_{(1-0,05)}(4) \\ &= 9,49 \end{aligned}$$

5. Perhitungan :

$$\begin{aligned}\chi^2_{\text{hitung}} &= \sum \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i} \\ &= \frac{(14-11,852)^2}{11,852} + \frac{(5-8,843)^2}{8,843} + \frac{(11-8,532)^2}{8,532} + \frac{(5-6,481)^2}{6,481} + \frac{(11-5,702)^2}{5,702} \\ &= 0,389 + 1,670 + 0,714 + 0,339 + 4,922 \\ &= 8,034\end{aligned}$$

6. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa data berdistribusi normal karena $\chi^2_{\text{tabel}} > \chi^2_{\text{hitung}}$ yaitu $9,49 > 8,034$. Kurva berdistribusi normal pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Kurva berdistribusi normal

Kesimpulan:

Terima H_0 dan Tolak H_1 karena nilai $\chi^2_{\text{tabel}} > \chi^2_{\text{hitung}}$ yaitu $9,49 > 8,034$, maka dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) berdistribusi normal.

e. **Perhitungan Nilai Persentil**

Perhitungan nilai persentil adalah tahap yang dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan ukuran yang dapat dipakai dalam rancangan fasilitas kerja yang akan dibuat. Nilai persentil terbagi menjadi 3 yaitu 5 menunjukkan ukuran terkecil, 50 menunjukkan rata-rata dan 95 menunjukkan 95% populasi, persentil 95 menggambarkan ukuran terbesar.

- Rumus persentil untuk data normal

$$P_5 = \bar{X} - Z\sigma$$

$$P_{50} = \bar{X}$$

$$P_{95} = \bar{X} + Z\sigma$$

Perhitungan persentil pada dimensi tubuh Tinggi Buku Jari (TBJ) sebagai berikut:

$$P_5 = 54,70 + ((-1,645) \times 4,05) = 48 \text{ cm}$$

$$P_{50} = 54,70 = 54,70 \sim 55 \text{ cm}$$

$$P_{95} = 54,70 + (1,645 \times 4,05) = 61 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai persentil pada perhitungan antropometri, maka alasan penentuan persentil yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan alasan penggunaan toleransi dapat dilihat pada Tabel 5.8.

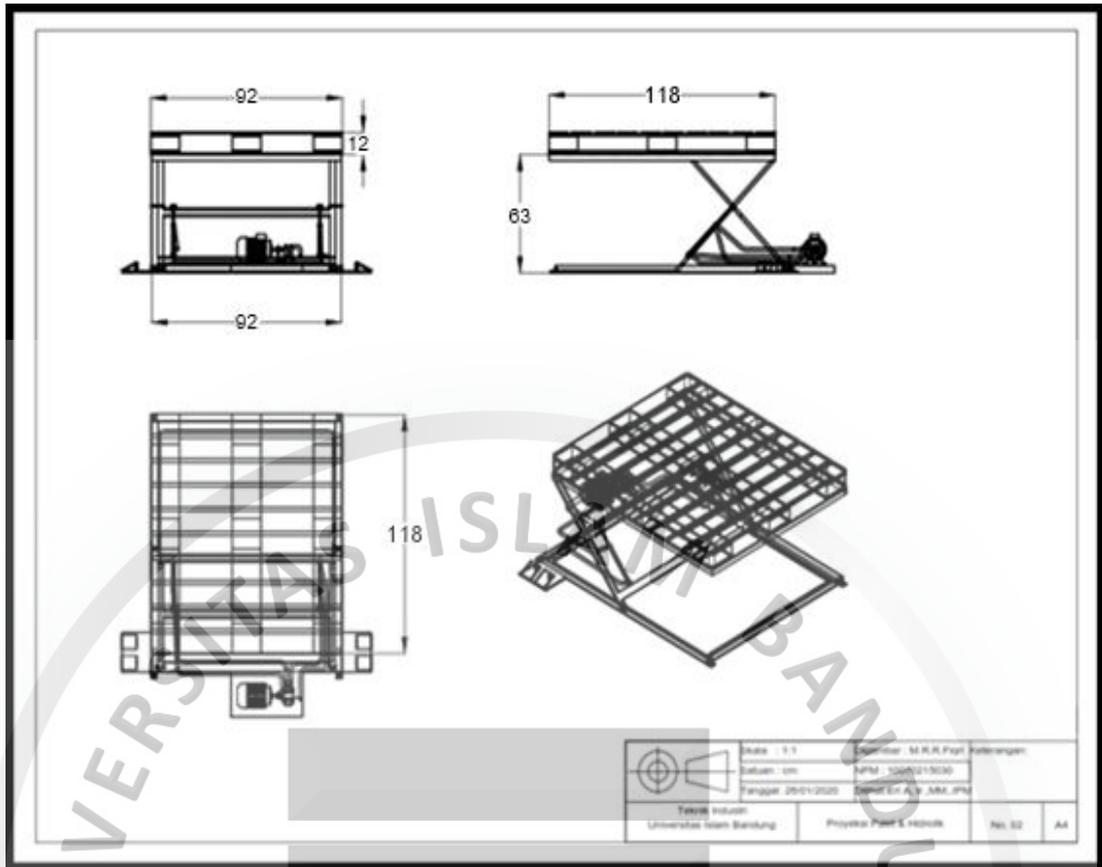
Tabel 5.7 Penentuan persentil yang dipilih

No.	Rancangan Fasilitas Kerja	Dimensi Fasilitas Kerja	Dimensi Tubuh yang Digunakan	Persentil yang Dipilih	Ukuran (cm)	Alasan
1	<i>Pallet Hidrolik</i>	Lebar Alas Hidrolik	3 x Dus (2 x lebar dus + 1 x Panjang dus)	-	92	Untuk Menentukan Lebar Maksimal <i>Pallet Hidrolik</i>
2		Panjang Alas Hidrolik	4 x Dus (1 x Panjang dus + 3 x lebar dus)	-	118	Untuk Menentukan Panjang Maksimal <i>Pallet Hidrolik</i>
3		Tinggi <i>Pallet Hidrolik</i> Maksimal	1 x Tinggi Buku Jari	95	61	Untuk Menentukan Tinggi Maksimal <i>Pallet Hidrolik</i> agar Operator dapat Bekerja dengan Senyaman Mungkin
4		Tinggi <i>Pallet Hidrolik</i> Minimal	-	2	18	Untuk Menentukan Tinggi Minimal <i>Pallet Hidrolik</i> Agar Operator dapat Bekerja dengan Senyaman Mungkin

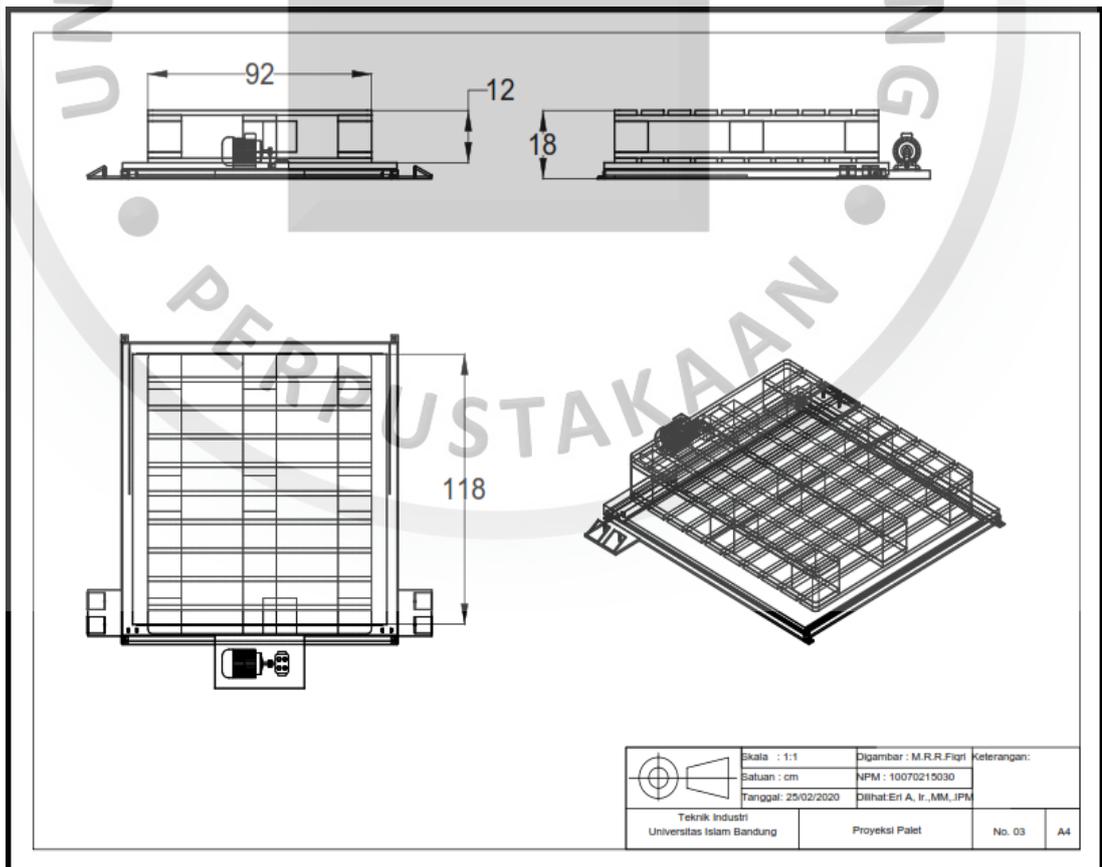
Tabel 5.8 Penentuan toleransi dan ukuran akhir produk

No	Rancangan Fasilitas Kerja	Dimensi Fasilitas Kerja	Dimensi Tubuh yang Digunakan	Ukuran Hasil Perhitungan	Toleransi (cm)	Ukuran yang Digunakan (cm)
1	<i>Pallet Hidrolik</i>	Lebar Alas Hidrolik	3 x Dus (2 x lebar dus + 1 x Panjang dus)	92	0	92
2		Panjang Alas Hidrolik	4 x Dus (1 x Panjang dus + 3 x lebar dus)	118	0	118
3		Tinggi <i>Pallet Hidrolik</i> Maksimal	1 x Tinggi Buku Jari	61	2	63
4		Tinggi <i>Pallet Hidrolik</i> Minimal	-	18	0	18

Nilai persentil beserta toleransinya telah ditentukan maka selanjutnya melakukan pembuatan rancangan fasilitas kerja yaitu *pallet* hidrolik sesuai dengan ukuran akhir produk. Rancangan fasilitas kerja *pallet* hidrolik dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.



Gambar 5.8 Rancangan fasilitas kerja *pallet* hidrolik maksimal dan ukurannya



Gambar 5.9 Rancangan fasilitas kerja *pallet* hidrolik minimal dan ukurannya

5.5.2 Biaya Pembuatan Fasilitas Kerja Baru

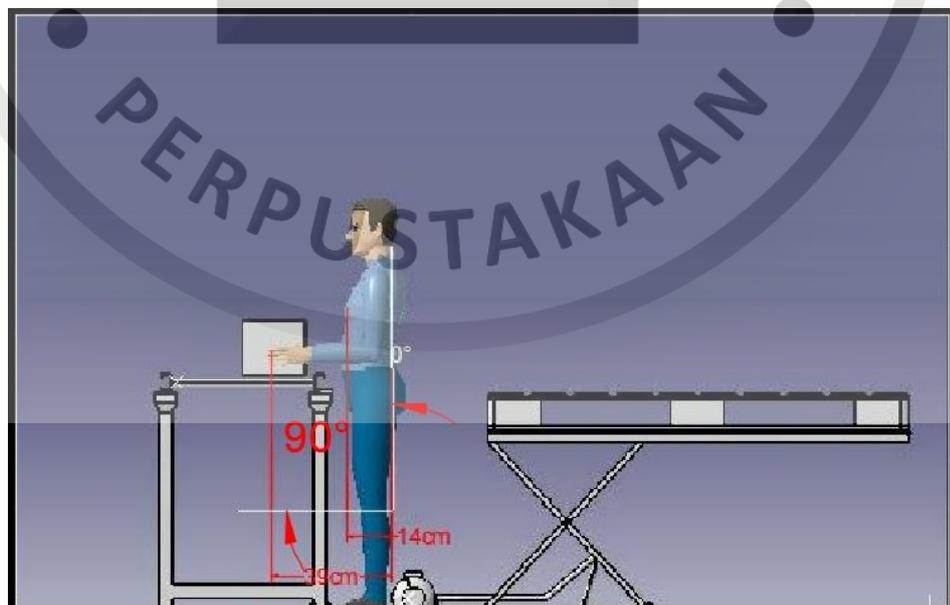
Biaya pembuatan fasilitas kerja *pallet* hidrolik dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Biaya Pembuatan Usulan Fasilitas Kerja Baru

No	Komponen	Satuan	Kuantitas	Harga (Rp)/(m)	Total Harga (Rp)
1	Besi Kanal U Baja UNP 5	1,18 m	2	Rp. 35.000	Rp. 70.000
2	Besi Kanal U Baja UNP 5	0,92 m	3	Rp. 35.000	Rp. 105.000
3	Besi Hollow	1 m	4	Rp. 185.000	Rp. 740.000
4	Plat Baja (1,18 m x 0,92 m)	1,085 m ²	1	Rp. 1.068.000	Rp 1.158.780
5	Hidrolik	-	2	Rp 425.000	Rp. 850.000
6	<i>Electric Hydraulic Pump</i> 8L 0.7 L/min <i>Solenoid Double Pompa Hidrolik</i>	-	1	Rp. 15.500.000	Rp. 15.500.000
7	<i>Bearing</i>	-	2	Rp. 50.000	Rp. 100.000
8	Ongkos Pekerja	-		Rp. 600.000	Rp. 600.000
Total Biaya					Rp. 18.273.780

5.5.3 Pengujian Risiko Kerja dengan Usulan Fasilitas Kerja Baru

Pengujian resiko kerja kembali dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kerja operator terhadap rancangan fasilitas kerja baru. Pengujian risiko kerja divisualisasikan menggunakan *software Catia* yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 untuk pengangkatan beban dari atas konveyor dan Gambar 5.11 penyimpanan beban ke atas *pallet*.



Gambar 5.10 Pengangkatan Beban Dari Atas Konveyor

Berikut ini adalah data untuk perhitungan biomekanika model punggung bawah pada titik L5/S1 dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Data Perhitungan Biomekanika Visualisasi Pengangkatan

T	BB (Kg)	B (m)	H (m)	Bbeban (Kg)	G	Derajat°	SIN	COS
1	63	0.14	0.39	15	10	90	1	0

Pengukuran risiko kerja dengan metode Biomekanika dilakukan melalui 3 tahap. Tahap ke-1 adalah menghitung momen eksternal, tahap ke-2 adalah menghitung momen internal dan tahap ke-3 menghitung gaya tekan dan gaya geser menggunakan Persamaan II.4 – Persamaan II.7. Momen eksternal dihitung akibat adanya beban di tangan yang harus diangkat dan massa tubuh bagian atas pekerja yang harus ditahan, berikut adalah perhitungan untuk mencari momen eksternal tumpukan ke-1 pada saat pengangkatan.

$$\begin{aligned} \sum M_{L5/S1} &= 0 = M_{L5/S1} + \bar{M}_{L5/S1} \\ M_{L5/S1} &= -\bar{M}_{L5/S1} \\ M_{L5/S1} &= M_{tubuh} + M_{beban} \\ M_{L5/S1} &= ((BB \times g \times B) + (B_{beban} \times g \times H)) \\ M_{L5/S1} &= (-63N \times 10 \times 0,14m) + (-15 \times 10 \times 0,39m) \\ M_{L5/S1} &= -146,7 Nm \text{ (atau } 146,7 Nm \text{ searah jarum jam)} \\ M_{L5/S1} &= -\bar{M}_{L5/S1} \\ \bar{M}_{L5/S1} &= 146,7 Nm \end{aligned}$$

Momen internal yang terjadi sebagai respons adanya momen eksternal disebabkan adanya kerja otot punggung. Diasumsikan, jarak antara otot punggung dan tulang belakang sekitar 3cm (Iridiastadi dan Yassierli, 2017).

$$\begin{aligned} \bar{M}_{L5/S1} &= F_{otot} \times d \\ 146,7 Nm &= F_{otot} \times d = F_{otot} \times 0,03m \\ F_{otot} &= \frac{146,7}{0,03} = 4.890 N \text{ (ke atas)} \end{aligned}$$

Kerja otot tersebut mengakibatkan adanya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1. Kedua gaya tersebut dapat dihitung mengacu pada Gambar 5.8, dengan dua Persamaan (II.6 dan II.7) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{compression} &= F_{tubuh} \sin \theta + F_{beban} \sin \theta + F_{otot} \\ F_{compression} &= (m_{tubuh} \times g) \sin 90^0 + (m_{beban} \times g) \sin 90^0 + 4.890 N \\ F_{compression} &= (63 \times 10) \sin 90^0 + (15 \times 10) \sin 90^0 + 4.890 N \end{aligned}$$

$$F_{compression} = 5.670 \text{ N}$$

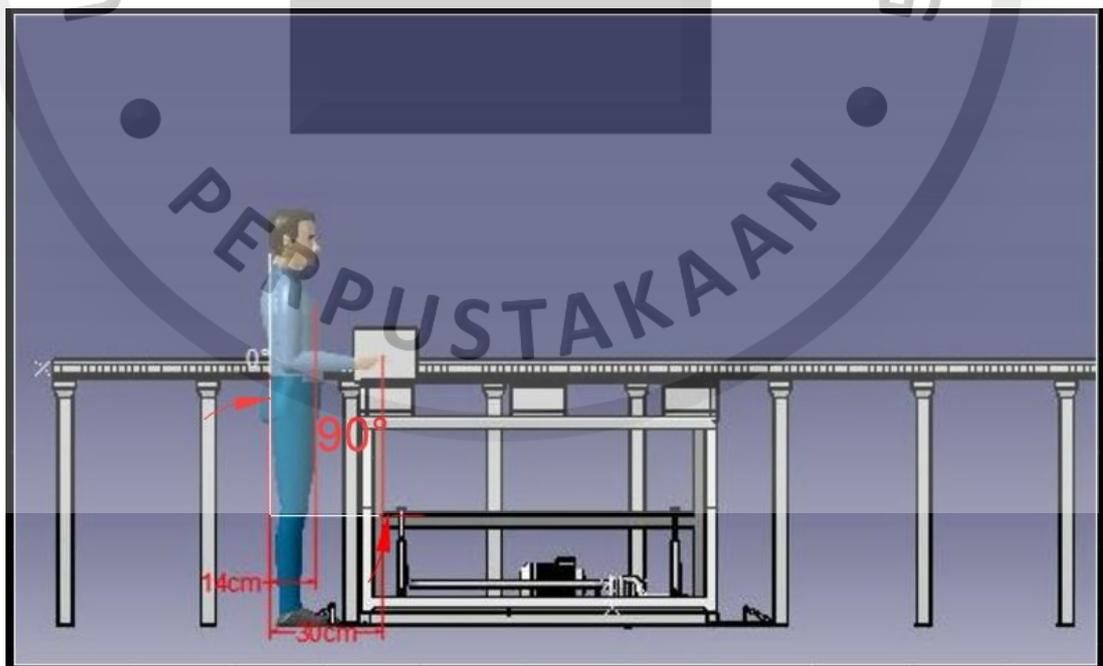
$$F_{shear} = F_{tubuh} \cos \theta + F_{beban} \cos \theta$$

$$F_{shear} = (m_{tubuh} \times g) \cos 90^0 + (m_{beban} \times g) \cos 90^0$$

$$F_{shear} = (63 \times 10) \cos 90^0 + (15 \times 10) \cos 90^0$$

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

Berdasarkan hasil perhitungan gaya tekan ($F_{compression}$) pada ruas L5/S1 diperoleh nilai 5.670 N sedangkan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1 diperoleh nilai 0 N. Pekerjaan pengangkatan dan pemindahan dianggap aman jika gaya tekan ($F_{compression}$) < 3.400 N dan gaya geser (F_{shear}) < 500 N. Pekerjaan yang dilakukan oleh operator pada beban tumpukan ke-1 dapat dikatakan berisiko, setelah dilakukan perancangan fasilitas kerja baru dan divisualisasikan dalam *software Catia* operator dalam melakukan pekerjaannya sudah tidak membungkuk, artinya risiko kerja dapat diminimasi dengan adanya tambahan fasilitas kerja baru karena tidak adanya gaya geser yang dihasilkan pada titik L5/S1. Hasil $F_{compression} > 3.400 \text{ N}$ dikatakan belum aman, hal ini dapat diperbaiki dengan penambahan jam istirahat operator dan harus ada pengawasan pada saat melakukan operator melakukan pengangkatan beban.



Gambar 5.11 Penyimpanan beban ke atas *pallet*

Berikut ini adalah data untuk perhitungan biomekanika model punggung bawah pada titik L5/S1 dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Data Perhitungan Biomekanika Visualisasi Penyimpanan

T	BB (Kg)	B (m)	H (m)	Bbeban (Kg)	G	Derajat°	SIN	COS
1	63	0.14	0.30	15	10	90	1	0

Pengukuran risiko kerja dengan metode Biomekanika dilakukan melalui 3 tahap. Tahap ke-1 adalah menghitung momen eksternal, tahap ke-2 adalah menghitung momen internal dan tahap ke-3 menghitung gaya tekan dan gaya geser menggunakan Persamaan II.4 – Persamaan II.7. Momen eksternal dihitung akibat adanya beban di tangan yang harus diangkat dan massa tubuh bagian atas pekerja yang harus ditahan, berikut adalah perhitungan untuk mencari momen eksternal tumpukan ke-1 pada saat penyimpanan.

$$\begin{aligned} \sum M_{L5/S1} &= 0 = M_{L5/S1} + \bar{M}_{L5/S1} \\ M_{L5/S1} &= -\bar{M}_{L5/S1} \\ M_{L5/S1} &= M_{tubuh} + M_{beban} \\ M_{L5/S1} &= ((BB \times g \times B) + (B_{beban} \times g \times H)) \\ M_{L5/S1} &= (-63N \times 10 \times 0,14m) + (-15 \times 10 \times 0,30m) \\ M_{L5/S1} &= -133,2 Nm \text{ (atau } 133,2 Nm \text{ searah jarum jam)} \\ M_{L5/S1} &= -\bar{M}_{L5/S1} \\ \bar{M}_{L5/S1} &= 133,2 Nm \end{aligned}$$

Momen internal yang terjadi sebagai respons adanya momen eksternal disebabkan adanya kerja otot punggung. Diasumsikan, jarak antara otot punggung dan tulang belakang sekitar 3cm (Iridiastadi dan Yassierli, 2017).

$$\begin{aligned} \bar{M}_{L5/S1} &= F_{otot} \times d \\ 146,7 Nm &= F_{otot} \times d = F_{otot} \times 0,03m \\ F_{otot} &= \frac{133,2}{0,03} = 4.440 N \text{ (ke atas)} \end{aligned}$$

Kerja otot tersebut mengakibatkan adanya gaya tekan ($F_{compression}$) dan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1. Kedua gaya tersebut dapat dihitung mengacu pada Gambar 5.8, dengan dua Persamaan (II.6 dan II.7) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{compression} &= F_{tubuh} \sin \theta + F_{beban} \sin \theta + F_{otot} \\ F_{compression} &= (m_{tubuh} \times g) \sin 90^0 + (m_{beban} \times g) \sin 90^0 + 4.440 N \\ F_{compression} &= (63 \times 10) \sin 90^0 + (15 \times 10) \sin 90^0 + 4.440 N \\ F_{compression} &= 5.220 N \end{aligned}$$

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

$$F_{shear} = (m_{tubuh} \times g) \cos 90^0 + (m_{beban} \times g) \cos 90^0$$

$$F_{shear} = (63 \times 10) \cos 90^0 + (15 \times 10) \cos 90^0$$

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

Berdasarkan hasil perhitungan gaya tekan ($F_{compression}$) pada ruas L5/S1 diperoleh nilai 5.220 N sedangkan gaya geser (F_{shear}) pada ruas L5/S1 diperoleh nilai 0 N. Pekerjaan pengangkatan dan pemindahan dianggap aman jika gaya tekan ($F_{compression}$) < 3.400 N dan gaya geser (F_{shear}) < 500 N. Pekerjaan yang dilakukan oleh operator pada beban tumpukan ke-1 pada saat penyimpanan dapat dikatakan berisiko, setelah dilakukan perancangan fasilitas kerja baru dan divisualisasikan dalam *software Catia* operator dalam melakukan pekerjaannya sudah tidak membungkuk, artinya risiko kerja dapat diminimasi dengan adanya tambahan fasilitas kerja baru karena tidak adanya gaya geser yang dihasilkan pada titik L5/S1. Hasil $F_{compression} > 3.400$ N dikatakan belum aman, hal ini dapat diperbaiki dengan penambahan jam istirahat operator dan harus ada pengawasan atau *assessment* cara kerja pada saat operator melakukan pengangkatan beban.

5.6 Assesment Cara Kerja

Usulan perancangan metode pengangkatan manual dilakukan untuk memperbaiki sistem kerja yang dilakukan operator pengangkatan beban agar dapat mengurangi keluhan-keluhan yang dirasakan operator. *Assesment* cara kerja pengangkatan manual adalah sebagai berikut (*Health and Safety Executive, 2011*):

1. Pikirkan sebelum mengangkat, rencanakan cara mengangkat.
2. Memosisikan posisi yang stabil. Kaki harus pada posisi yang terpisah yaitu dengan satu kaki sedikit ke depan untuk menjaga keseimbangan.
3. Dapatkan pegangan yang bagus.
4. Jaga agar muatan tetap dekat dengan pinggang.
5. Hindari memutar bagian belakang atau condong ke samping, terutama saat bagian belakang bengkok. Seharusnya bahu tetap sejajar dan menghadap pada arah yang sama dengan posisi pinggul.
6. Angkat kepala saat memegang. Lihat ke depan, bukan turun pada beban, setelah dipegang dengan aman.
7. Letakkan, lalu sesuaikan. Jika posisi yang tepat dari beban diperlukan, letakkan dulu, lalu geser ke dalam posisi yang diinginkan.

Berikut adalah cara mengangkat yang benar, dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Cara mengangkat yang benar