

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

Dasar teori ini berisikan tentang definisi ergonomi, ruang lingkup ergonomi, definisi antropometri, penerapan ergonomi dan antropometri dalam perancangan fasilitas kerja, data antropometri, distribusi normal dan perhitungan *percentile*, *Nordic Body Map* (NBM), dan Pengujian Data.

2.1.1. Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “*Ergon*” dan “*Nomos*” (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen, dan *design* atau perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi. Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang ergonomi dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi juga digunakan oleh berbagai macam ahli atau *professional* pada bidangnya masing-masing, misalnya seperti: ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk ergonomi, fisika, fisioterapi, terapi pekerjaan, psikologi, dan teknik ergonomi (Kristanto & Saputra, 2011).

2.1.2. Ruang Lingkup Ergonomi

Ergonomi biasa dibagi menjadi beberapa bagian untuk lebih memudahkan pemahamannya. Ruang lingkup ergonomi adalah (Natassia Napitupulu, 2009):

1. Ergonomi Fisik

Berkaitan dengan anatomi tubuh manusia, antropometri, karakteristik fisiologi dan biomekanika yang berhubungan dengan aktivitas fisik.

2. Ergonomi Kognitif

Berkaitan dengan proses mental manusia, termasuk di dalamnya: persepsi, ingatan, dan reaksi sebagai akibat dari interaksi manusia terhadap pemakaian elemen sistem.

3. Ergonomi Organisasi

Berkaitan dengan optimasi sistem sosioleknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan dan proses.

4. Ergonomi Lingkungan

Berkaitan dengan pencahayaan, temperatur, kebisingan dan getaran.

2.1.3. Definisi Antropometri

Istilah antropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan (*design*) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Secara definisi antropometri dapat digunakan sebagai studi yang

berkaitan dengan pengukuran tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya), berat dan lain-lainya. Antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia, ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah *design* (Widodo & Sasmita, 2016).

Untuk mendapatkan data antropometri maka dilakukan pengukuran dimensi tubuh manusia, untuk itu terdapat dua cara melakukan pengukuran yaitu (Widodo & Sasmita, 2016):

1. Antropometri dinamis

Antropometri dinamis berhubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja melaksanakan kegiatannya. Antropometri dinamis disebut juga dengan pengukuran dimensi tubuh (*functional body dimension*).

2. Antropometri statis

Antropometri statis berhubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan diam atau dalam posisi standar (tetap tegak sempurna). Antropometri statis disebut juga dengan pengukuran dimensi struktur tubuh. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap antara lain berat badan, tinggi tubuh dalam posisi duduk ataupun berdiri, ukuran kepala, tinggi/panjang lutut pada saat berdiri/duduk, panjang jangkauan tangan dan sebagainya.

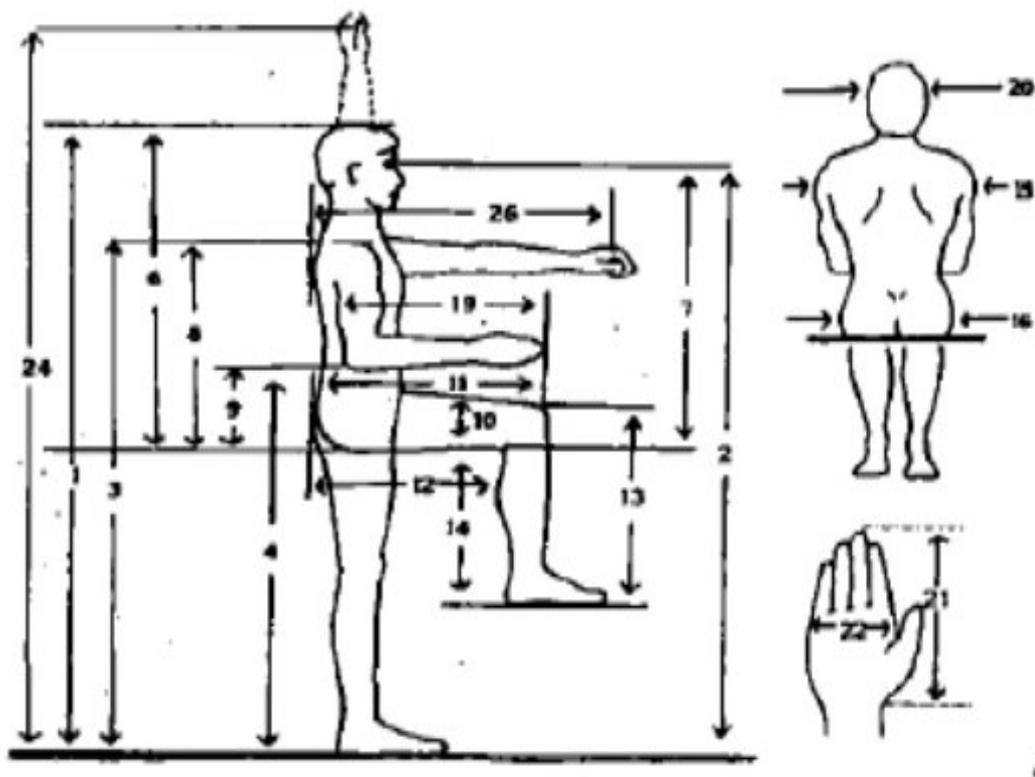
2.1.4. Penerapan Ergonomi dan Antropometri Dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (*design*) ataupun rancang ulang (*redesign*). Penerapan ergonomi memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya: *design* suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka otot manusia, *design* stasiun kerja untuk alat peraga visual (*visual display unit station*). Banyak penerapan ergonomi yang hanya berdasar sekedar “*common sense*” (dianggap sesuatu hal yang sudah biasa terjadi), tetapi harus diikuti dengan pendekatan ilmiah, hal tersebut berguna untuk mendapatkan perancangan produk yang optimum tanpa harus mengalami “*trial and error*”. Suatu hal yang vital pada penerapan ilmiah untuk ergonomi adalah antropometri (kalibrasi tubuh manusia). Dalam hal ini terjadi penggabungan dan pemakaian data antropometri dengan ilmu-ilmu statistik yang menjadi prasyarat utamanya (Prasetyo & Suwandi, 2011).

Didalam suatu stasiun kerja harus dilakukan pengaturan kerja komponen-komponen yang terlibat didalam sistem produksi yaitu menyangkut material (bahan baku, produk jadi, dan *scrap*), mesin/peralatan kerja, perkakas pembantu, fasilitas penunjang, lingkungan fisik kerja dan manusia pelaksana kerja (operator), dengan pendekatan ergonomi diharapkan sistem produksi bisa dirancang untuk melaksanakan kegiatan kerja tertentu dengan didukung keserasian hubungan antara manusia dengan sistem kerja yang dikendalikannya.

2.1.5. Data Antropometri

Data antropometri diperlukan agar rancangan suatu produk bisa sesuai dengan orang yang akan mengoperasikannya atau menggunakannya. Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri untuk diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, ada berbagai macam anggota tubuh yang perlu diukur seperti gambar berikut (Nurmianto, 2008: 56):



Gambar 2. 1 Antropometri Tubuh Manusia yang diukur Dimensinya

(Sumber data: Nurmianto, 2008: 56)

Keterangan gambar 2.1 antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

(Sumber data: Nurmianto, 2008: 65):

1. Tinggi tubuh posisi berdiri tegak

2. Tinggi mata
3. Tinggi bahu
4. Tinggi siku
5. Tinggi genggam tangan (*knuckle*) pada posisi relaks bawah
6. Tinggi badan pada posisi duduk
7. Tinggi mata pada posisi duduk
8. Tinggi bahu pada posisi duduk
9. Tinggi siku pada posisi duduk
10. Tebal paha
11. Jarak dari pantat ke lutut
12. Jarak dari lipat lutut (*popliteal*) ke pantat
13. Tinggi lutut
14. Tinggi lipat lutut (*popliteal*)
15. Lebar bahu (*bideltoid*)
16. Lebar panggul
17. Tebal dada
18. Tebal perut (*abdominal*)
19. Jarak dari siku ke ujung jari
20. Lebar kepala
21. Panjang tangan
22. Lebar tangan
23. Jarak bentang dari ujung jari tangan kanan ke kiri
24. Tinggi pegangan tangan (*grip*) pada posisi tangan vertical ke atas dan berdiri

tegak

25. Tinggi pegangan tangan (*grip*) pada posisi tangan vertical ke atas dan duduk

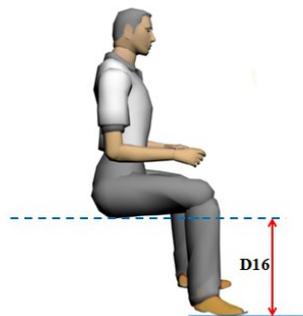
26. Jarak genggam tangan (*grip*) ke punggung pada posisi tangan ke depan (*horizontal*)

Sebelum merancang kursi kerja maka perlu dilakukan pengukuran. Berikut dimensi-dimensi tubuh (antropometri) yang digunakan untuk merancang kursi kerja:

1. Tinggi *Popliteal*

Tinggi *Popliteal* adalah Jarak vertikal dari lantai ke sudut *popliteal* yang terletak di bawah paha, tepat di bagian belakang lutut kaki kanan.

Penggunaannya adalah data ini berguna untuk menentukan tinggi permukaan duduk dari alas lantai atau menentukan tinggi kursi.



Gambar 2. 2 Tinggi *Popliteal*

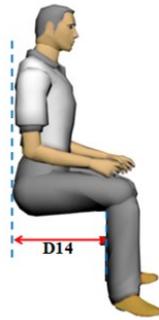
(Sumber data: www.antropometriindonesia.org)

2. Pantat *Popliteal*

Pantat *Popliteal* adalah jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam (*popliteal*) paha dan kaki bagian bawah

membentuk sudut siku-siku.

Penggunaannya adalah data ini berguna untuk menentukan panjang alas duduk kursi.



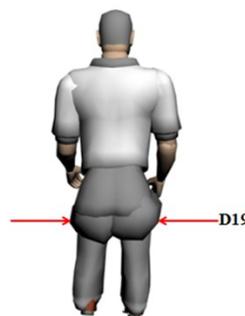
Gambar 2. 3 Pantat *Popliteal*

(Sumber data: www.antropometriindonesia.org)

3. Lebar Pinggul

Lebar Pinggul adalah jarak horizontal dari bagian luar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.

Penggunaannya adalah data ini berguna untuk menentukan lebar alas duduk kursi.



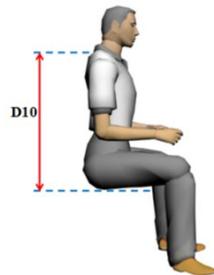
Gambar 2. 4 Lebar Pinggul

(Sumber data: www.antropometriindonesia.org)

4. Tinggi Sandaran Punggung

Tinggi sandaran punggung adalah jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai puncak tulang belikat.

Penggunaannya adalah data ini berguna untuk menentukan tinggi sandaran punggung dari alas duduk kursi.



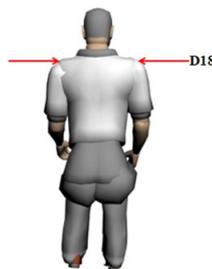
Gambar 2. 5 Tinggi Sandaran Punggung

(Sumber data: www.antropometriindonesia.org)

5. Lebar Sandaran Punggung

Lebar sandaran Punggung adalah jarak vertikal dari tulang belikat sebelah kiri ke tulang belikat sebelah kanan.

Penggunaannya adalah data ini berguna untuk menentukan lebar sandaran punggung.



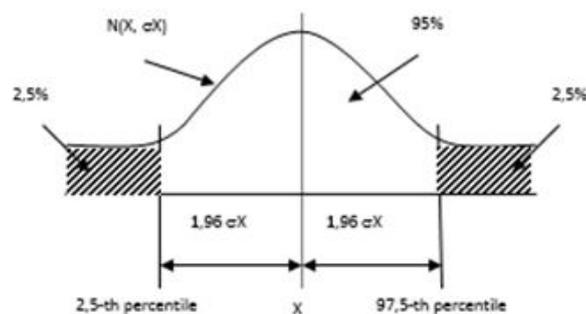
Gambar 2. 6 Lebar Sandaran Punggung

(Sumber data: www.antropometriindonesia.org)

2.1.6. Distribusi Normal dan Perhitungan *Percentile*

Sebagian besar data antropometri dinyatakan dalam bentuk *percentile*. Suatu populasi untuk kepentingan studi dibagi dalam seratus kategori presentase, dimana nilai tersebut akan diurutkan dari terkecil hingga terbesar pada suatu ukuran tubuh tertentu. *Percentile* menunjukkan suatu nilai presentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Apabila dalam *design* produk terdapat variasi untuk ukuran sebenarnya, maka seharusnya dapat merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat mampu menyesuaikan (*adjustable*) dengan suatu rentang tertentu.

Oleh karena itu, untuk penetapan antropometri dapat menerapkan distribusi normal. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada dan digabungkan dengan nilai *percentile* yang telah ada seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 7 Distribusi Normal

(Sumber data: Nurmianto, 2008: 55)

Nilai- nilai distribusi *percentile* yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dijelaskan pada tabel di bawah ini (Nurmianto, 2008: 55):

Tabel 2. 1 Perhitungan Percentile

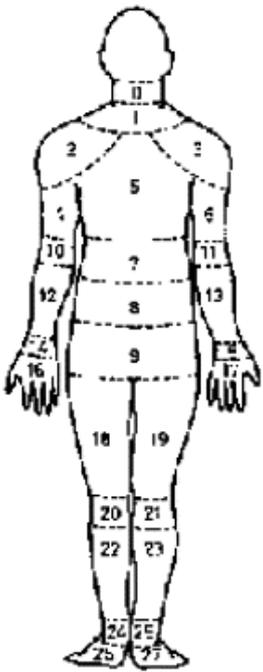
<i>Percentile</i>	Perhitungan
1-st	$x - 1,28 \sigma$
2,5-th	$x - 1,645 \sigma$
5-th	$x - 1,96 \sigma$
10-th	$x - 2,325 \sigma$
50-th	x
90-th	$x + 1,28 \sigma$
95-th	$x + 1,645 \sigma$
97,5-th	$x + 1,96 \sigma$
99-th	$x + 2,325 \sigma$

2.1.7. Nordic Body Map (NBM)

Ada beberapa cara yang telah diperkenalkan dalam melakukan evaluasi ergonomi untuk mengetahui hubungan antara tekanan fisik dengan resiko keluhan otot skeletal (*musculoskeletal disorder*). Salah satu alat bantu untuk mempermudah pengukuran serta mengenali sumber penyebab *musculoskeletal disorder* adalah *Nordic Body Map* (NBM). Melalui *Nordic Body Map* (NBM) dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (tidak sakit) sampai sangat sakit (Prasetyo & Suwandi, 2011).

Sebuah sistem *musculoskeletal* (sistem gerak) adalah sistem organ yang memberikan manusia dan hewan kemampuan untuk bergerak menggunakan sistem otot dan rangka. Sistem *musculoskeletal* menyediakan bentuk, dukungan, stabilitas, dan gerakan tubuh. Sistem *musculoskeletal* mengacu pada sistem yang memiliki otot melekat pada sistem kerangka internal dan diperlukan bagi manusia untuk pindah ke posisi yang lebih menguntungkan. Masalah yang kompleks dan cedera yang melibatkan sistem *musculoskeletal* biasanya ditangani oleh *physiatrist* (spesialis kedokteran fisik dan rehabilitasi) atau ahli bedah ortopedi.

Tabel 2. 2 Kuisisioner *Nordic Body Map*

No	Lokasi	Tingkat Kesakitan				Peta Bagian Tubuh
		1	2	3	4	
0	Sakit/ kaku pada leher atas					
1	Sakit pada leher bawah					
2	Sakit pada bahu kiri					
3	Sakit pada bahu kanan					
4	Sakit pada lengan atas kiri					
5	Sakit pada punggung					
6	Sakit pada lengan atas kanan					
7	Sakit pada pinggang					
8	Sakit pada pantat (Buttock)					
9	Sakit pada Pantat (Buttom)					
10	Sakit pada siku kiri					
11	Sakit pada siku kanan					
12	Sakit pada lengan bawah kiri					
13	Sakit pada lengan bawah kanan					
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri					
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan					
16	Sakit pada tangan kiri					
17	Sakit pada tangan kanan					
18	Sakit pada paha kiri					
19	Sakit pada paha kanan					
20	Sakit pada lutut kiri					
21	Sakit pada lutut kanan					
22	Sakit pada betis kiri					
23	Sakit pada betis kanan					
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri					
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan					
26	Sakit pada kaki kiri					
27	Sakit pada kaki kanan					

Keterangan tingkat keluhan (skoring) pada tabel 2.2:

1 = Tidak sakit

2 = Agak sakit

3 = Sakit

4 = Sakit sekali

2.1.8. Pengujian Data

1. Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data bertujuan untuk menentukan apakah data yang telah dikumpulkan mengikuti distribusi normal. Pengujian normalitas akan mengarahkan teknik statistik lanjutan yang akan digunakan untuk uji pengambilan keputusan (Santoso, dkk, 2014). Uji normalitas juga dapat disajikan dengan menggunakan software, salah satunya dengan menggunakan software minitab yang dengan cepat dan mudah untuk mencapai tujuan yang diharapkan yaitu untuk mengambil keputusan apakah sebuah data berdistribusi normal atau tidak.

2. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang diperoleh sudah ada dalam keadaan terkendali atau belum. Data yang berada dalam batas kendali yang ditetapkan yaitu BKA (Batas Kendali Atas) dan BKB (Batas Kendali Bawah) dapat dikatakan berada dalam keadaan terkendali, sebaliknya jika suatu data berada di luar BKA dan BKB, maka data tersebut dikatakan tidak terkendali. Data yang berada dalam keadaan tidak terkendali akan dibuang dan kemudian diuji kembali keseragamannya hingga tidak ada lagi data yang berada di luar BKA dan BKB (Santoso, dkk, 2014).

Berikut rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan BKA dan BKB pada uji keseragaman data:

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.\ 1}$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.\ 2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.\ 3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots\text{Rumus 2. 4}$$

Keterangan:

x_i = Data ke- i

n = Jumlah data

k = Konstanta nilai keyakinan

\bar{x} = Nilai rata- rata

σ = Standar deviasi

Uji Keseragaman Data juga dapat disajikan dengan cepat dan mudah menggunakan software minitab yang berfungsi untuk mengetahui bahwa tidak ada data yang terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang dari rata-rata. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan peta kontrol. Peta kontrol ini dibuat dengan bantuan software minitab.

3. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui jumlah data yang diperoleh telah memenuhi jumlah pengamatan yang dibutuhkan dalam pengukuran atau belum, sesuai dengan tingkat ketelitian yang diinginkan. Sedangkan data dan jumlah pengukuran yang diperlukan dalam uji kecukupan data merupakan data dan jumlah dari pengukuran yang seragam (Santoso, dkk, 2014). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \dots\dots\dots\text{Rumus 2. 5}$$

Keterangan:

k = Tingkat keyakinan (99% = 3, 95% = 2, 90% = 1,65)

s = Derajat ketelitian

N = Jumlah data pengamatan

N' = Jumlah data teoritis

x = Data pengamatan

Jika $N' \leq N$ maka data dianggap cukup, namun jika $N' > N$ data tidak cukup (kurang) dan perlu dilakukan penambahan data.

2.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu membahas referensi penelitian untuk memperkaya bahan kajian dalam penelitian. Tabel dibawah ini merupakan penelitian terdahulu yang menjadi acuan bagi penulis dalam melakukan penelitian terkait perancangan kursi kerja operator mesin cnc dengan pendekatan antropometri.

Tabel 2. 3 Penyajian Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama dan tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kristanto & Saputra, (2011)	Perancangan meja dan kursi kerja yang ergonomis pada stasiun kerja pemotongan sebagai upaya peningkatan produktivitas.	Hasil penelitian ini adalah rancangan meja dan kursi kerja pada stasiun pemotongan. Kondisi sebelum perancangan, waktu baku dan output standar adalah 9,068 detik/unit dan 396 unit/jam. Setelah perancangan, waktu baku dan output standar adalah 7,377 detik/unit dan 468 unit/jam. Terjadi peningkatan produktivitas sebesar 18,18 %.
2	Widodo & Sasmita, (2016)	Perancangan kursi kerja berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi pada	Penelitian ini bertujuan memberikan suatu solusi mengenai stasiun kerja yang efisien untuk meningkatkan produktivitas kerja. Berdasarkan

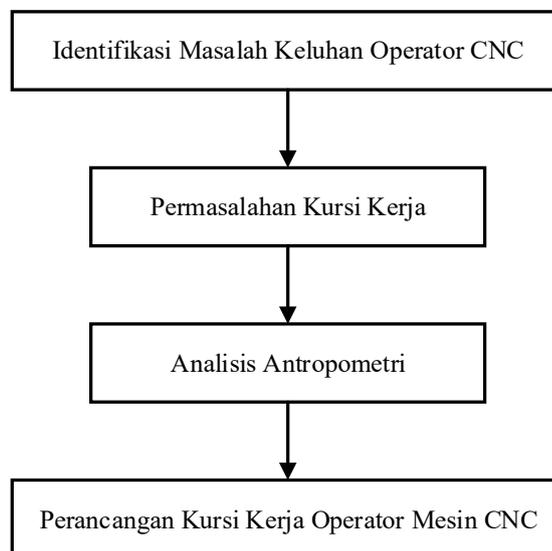
		bagian pengemasan di PT. Propan Raya ICC Tangerang	antropometri tubuh para pekerja, penelitian ini merancang suatu kursi dengan panjang alas duduk 45,78 cm, lebar alas duduk sebesar 34,65 cm, tinggi sandaran duduk ketempat alas duduk sebesar 63,78 cm, lebar sandaran duduk sebesar 43,94 cm.
3	Nurhidayah, dkk, (2010)	Perencanaan tempat duduk traktor roda empat yang ergonomis dengan antropometri	Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kesehatan dan keselamatan bagi operator traktor roda empat. Penelitian ini melakukan pengukuran dimensi tubuh dari 100 siswa pada usia 19 sampai 30 tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan usulan perencanaan tinggi kursi tractor sebesar 39 cm, panjang kursi adalah 51 cm, lebar kursi sebesar 41 cm, tinggi sandaran belakang kursi sebesar 64 cm, lebar sandaran belakang kursi sebesar 50 cm, lengkungan yang diusulkan dari belakang sebesar 33 cm dan beban yang bisa dilawan sebesar 53 kg.
4	Taifa & Desai, (2017)	<i>Anthropometric measurements for ergonomic design of students furniture in India</i>	Penelitian ini menyajikan pengukuran antropometri mengenai mahasiswa teknik di India. Setelah pengumpulan dan analisis data, penelitian ini membuat dimensi lengkap untuk merancang furnitur kelas yang dapat disesuaikan. Dimensi yang direkomendasikan meliputi tinggi permukaan kursi, lebar kursi, lebar dan tinggi sandaran belakang, sudut sandaran, tinggi meja, kedalaman meja, lebar dan sudut meja.
5	Carneiro, dkk, (2017)	<i>Proposal for a universal measurement system for school chairs and desks for children from 6 to 10 years old</i>	Sistem pengukuran universal untuk kursi sekolah dan meja tulis diusulkan dengan metode elips untuk menentukan berapa banyak ukuran yang dibutuhkan untuk mencakup sampel yang dipertimbangkan. Pada data antropometri menggunakan persentil ke-5 dan ke-95. Hasilnya adalah menemukan model rancangan kursi dan meja sekolah berdasarkan

			kriteria ergonomic yang spesifik khususnya anak-anak berusia 6 sampai 10 tahun di semua negara.
--	--	--	---

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian ini hanya berfokus pada membuat rancangan kursi kerja operator mesin cnc yang ideal sesuai antropometri tubuh penggunanya dengan tidak mempengaruhi produktivitas dari output produksi, melainkan untuk segi kenyamanan dan keselamatan kerja operator mesin cnc dalam posisi kerja duduk yang lama.

2.3. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran berisi tentang alur dan hubungan variabel tentang kerangka konsep pemecahan masalah yang telah diidentifikasi atau dirumuskan.



Gambar 2. 8 Kerangka Pemikiran