

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Hasanuddin dkk (2019), menyatakan bahwa berat kendaraan ringan dan menjadi kata kunci dalam melakukan penghematan energi sehari-hari. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode elemen ke rangka mobil, dengan kondisi beban statis-umum. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Abaqus*. Dari hasil tegangan hasil tegangan maksimum  $1,972 \times 10^5$  Pa, hasil regangan maksimum  $2,592 \times 10^{-6}$  Pa, sedangkan perpindahan yang terjadi sebesar  $2.858 \times 10^{-7}$  m. Hasil penelitian diperoleh bahwa rangka mobil mampu menahan beban yang diberikan sebesar 700 N, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangka mobil ini aman terhadap beban yang diberikan.

Nugraha dkk (2019), menjelaskan bahwa rangka adalah bagian terpenting dari sebuah mobil listrik karena pada bagian ini semua komponen dan penumpang diletakkan. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan tegangan normal, defleksi, dan faktor keamanan sebagai tolak ukur kekuatan sebuah rangka mobil. Perhitungan tegangan pada bagian depan rangka adalah  $2,32 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, bagian tengah adalah  $2,22 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, dan bagian belakang adalah  $3,69 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. Nilai defleksi yang terjadi di bagian depan dari rangka adalah 1,67 mm, di bagian tengah adalah 2,21 mm, dan di bagian belakang adalah 1,8 mm. Faktor keamanan pada bagian depan rangka adalah 10,7, bagian tengah adalah 11,2, dan bagian belakang adalah 6,77. Hasil perhitungan serta pengujian rangka mobil listrik ini menunjukkan capaian sesuai standar.

Isworo dkk (2019), menjelaskan bahwa *chassis* merupakan salah satu komponen penting dalam mobil karena *chassis* berfungsi menopang beban dan tempat melekatnya berbagai komponen mobil, dalam penelitian kali ini akan membahas mengenai analisa tegangan yang terjadi akibat beban pada *chassis* Mobil Listrik Wasaka. Material yang digunakan adalah baja *hollow* 4×7 cm dengan ketebalan 3 mm, metode yang digunakan meliputi pembuatan desain *chassis*, perhitungan menggunakan *software Autodesk Inventor*, dari hasil analisis maka

diperoleh hasil berupa tegangan maksimum yang terjadi adalah 34,77 Nm untuk beban penumpang dan *driver* sebesar 350 N, tegangan maksimum yang terjadi adalah 1,133 Nm untuk beban mesin sebesar 150 N, dan tegangan maksimum yang terjadi 0,2217 Nm untuk beban keseluruhan pada Mobil Listrik Wasaka.

Fadila & Syam (2013), menyatakan bahwa merancang *chassis* perlu dilakukan analisis simulasi elemen hingga untuk mengetahui kekuatan *chassis* pada mobil Mesin USU pada saat *driver* berada di dalamnya. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan hasil simulasi *chassis* pada mobil Mesin USU I apabila mengalami pembebanan dengan menggunakan perangkat lunak *Ansys* 14.5. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap pengerjaan yaitu pemodelan *chassis* dengan perangkat lunak *SolidWorks Premium* 2011 dan simulasi elemen hingga menggunakan perangkat lunak *Ansys* 14.5. Setelah melakukan simulasi dengan beban 700 N terhadap *chassis* Mesin USU I didapat defleksi maksimum = 0,96 mm, defleksi *ground clearance* = 0,6415 mm, tegangan maksimum = 22,563 MPa, regangan maksimum = 11,65-5 mm. Dengan beban 25 kN terhadap *chassis* Mesin USU I didapat defleksi maksimum = 31,542 mm, defleksi *ground clearance* = 21,682 mm, tegangan maksimum = 741,59 MPa, regangan maksimum = 371,12-5 mm. Kesimpulan dari penelitian ini adalah efek dari pembebanan *chassis* dapat diketahui melalui simulasi dengan perangkat lunak *Ansys* dengan pemodelan geometri gambar yang benar.

Shantika dkk (2017), menyatakan bahwa persyaratan spesifikasi kendaraan akan dibuat konsep desain, kemudian perwujudan desain dan detail desain, akan terlihat kekuatan dan keergonomisan rangka memenuhi kriteria keselamatan. Hasil perancangan didapatkan dimensi rangka 1800×800×1000 mm, beban 35,7 kg bobot, dan rangka material JIS G 3445 STKM 11 diperoleh untuk beban statis sedangkan tegangan maksimum beban *impact* 91,6 MPa, defleksi 0,61 mm, dan *safety factor* 2,1.

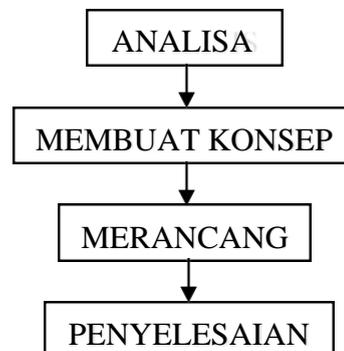
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Perancangan

Perancangan adalah suatu proses menerjemahkan kebutuhan pengguna

informasi ke dalam suatu alternatif rancangan yang diinginkan kepada pemakai informasi untuk dapat dipertimbangkan. Perancangan merupakan langkah awal dalam membuat sebuah produk. Hasil perancangan adalah gambar, dimensi dan spesifikasi produk. Produk tidak dapat dibuat apabila gambar dan spesifikasi produk tersebut belum ada.

Metode VDI (*Verein Deutsche Ingenieuer*) 2222 adalah sebuah metode pendekatan sistematis terhadap desain untuk merumuskan dan mengarahkan berbagai macam metode desain yang makin berkembang akibat kegiatan riset (Pahl, 2010) dan sering digunakan oleh insinyur-insinyur Jerman untuk menjabarkan sebuah ide yang dimiliki untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Penjabaran ide tersebut menjadi sebuah desain yang dibutuhkan dalam suatu permasalahan dan dapat menghasilkan sebuah karya yang nyata dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



**Gambar 2. 1** Tahapan perancangan metode VDI 2222 (Kuswoyo, 2019)

Urutan perancangan dengan metode VDI 2222 adalah sebagai berikut:

- a. Tahap analisa merupakan tahapan pertama yang digunakan dalam perancangan untuk mengidentifikasi suatu masalah yang merupakan acuan pada proses perancangan.
- b. Tahap perancangan konsep produk merupakan hasil dari tahap analisa. Spesifikasi perancangan berisi syarat-syarat teknis yang disusun dari daftar keinginan penggunaan yang dapat diukur.
- c. Merancang merupakan tahap menggambarkan wujud produk yang didapat dari hasil penilaian konsep rancangan. Konstruksi rancangan ini adalah pilihan optimal setelah melalui tahapan penilaian teknis dan ekonomis.

d. Penyelesaian merupakan tahapan terakhir dari setiap tahapan perancangan.

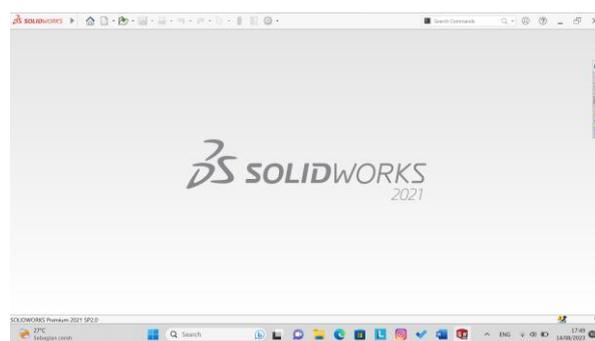
Hasil dari tahap merancang merupakan inputan untuk melakukan perancangan (Kuswoyo, 2019).

### 2.2.2 Peran komputer pada proses perancangan

Komputer dapat menjadi alat bantu untuk merancang produk baru dengan cara yang efisien dan tepat. Proses perancangan produk baru dapat dilakukan melalui perangkat lunak desain yang ada di komputer seperti *Computer Aided Design (CAD)* agar produk yang diinginkan dapat dirancang secara cepat, mudah, dan akurat.

### 2.2.3 Aplikasi *SolidWorks*

*SolidWorks* merupakan *software* yang digunakan untuk merancang suatu produk, mesin, atau alat. *SolidWorks* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD seperti *Pro-Engineer*, *NX Siemens*, *I-Deas*, *Unigraphics*, *Autodesk Inventor*, *Autodesk AutoCAD* dan *CATIA*. *SolidWorks* memakai 3 area kerja, *parts*, *assembly*, dan *drawing* yang saling berkaitan, jika ingin merubah salah satu desain maka gambar yang lain akan ikut menyesuaikan sehingga tidak perlu melakukan *editing* pada desain yang lain. *SolidWorks* juga mampu membuat animasi pergerakan dari desain kita dan mampu secara akurat menghitung nilai tekanan pada material, berat material pada desain, volume dan *MoldFlow* cetakan ketika kita mendesain cetakan, sehingga kemungkinan cacat pada produksi akan sangat minim (Nurpalah, 2017).



**Gambar 2. 2** Tampilan awal aplikasi *SolidWorks*

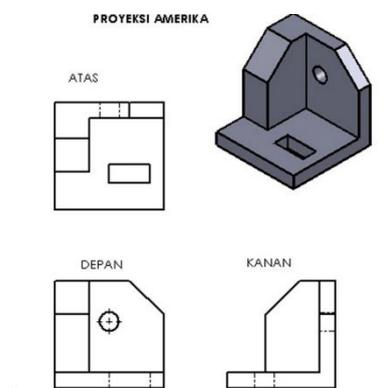
### 2.2.4 Gambar teknik

Gambar adalah sebuah alat komunikasi untuk menyatakan maksud dari seorang ahli teknik. Gambar teknik yang dibuat dengan menggunakan cara-cara,

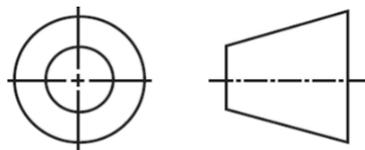
ketentuan-ketentuan, dan aturan-aturan yang telah disepakati oleh para ahli teknik. Dalam teknik mesin, ketentuan-ketentuan dan aturan-aturan tersebut berupa normalisasi atau standarisasi yang telah ditetapkan oleh ISO (*International Organization for Standardization*), merupakan sebuah badan/lembaga internasional untuk standarisasi. Beberapa negara lain juga terdapat badan standarisasi nasional yang cukup dikenal di seluruh dunia, seperti DIN (*Deutsche Institut fur Normung*) di Jerman, NEN (*Nederland Engineering Norm*) di Belanda, JIS (*Japanese Industrial Standards*) di Jepang, dan SII (*Standar Industri Indonesia*) di Indonesia (Abryandoko, 2020). Berikut adalah tipe proyeksi :

a. Proyeksi amerika

Proyeksi amerika dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan simbol proyeksi amerika dapat dilihat pada Gambar 2.4.



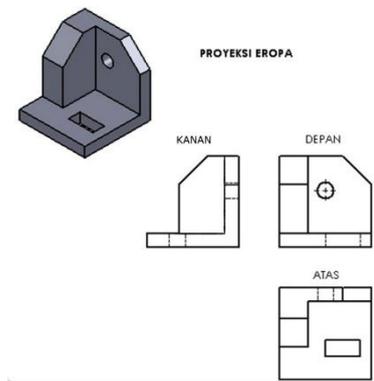
**Gambar 2. 3** Proyeksi amerika (Anwari, 1997)



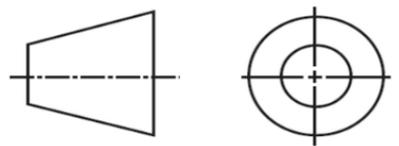
**Gambar 2. 4** Simbol proyeksi amerika (Anwari, 1997)

b. Proyeksi eropa

Proyeksi eropa dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan simbol proyeksi eropa dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2. 5** Proyeksi eropa (Anwari, 1997)



**Gambar 2. 6** Simbol proyeksi eropa (Anwari, 1997)

### 2.2.5 Material teknik

Material teknik adalah material yang dapat digunakan langsung maupun melalui proses pelakuan dan menjadi material baku sebuah produk yang bermanfaat (Sari, 2018). Sifat-sifat mekanik material, yaitu:

a. Kekuatan (*strength*)

Kekuatan merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.

b. Kekakuan (*stiffness*)

Kekakuan adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.

c. Elastisitas (*elasticity*)

Didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan, atau dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami deformasi atau perubahan bentuk.

d. Plastisitas (*plasticity*)

Plastisitas adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

e. Keuletan (*ductility*)

Keuletan adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, contohnya persentase kerenggangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan. Bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dan lain-lain.

f. Ketangguhan (*toughness*)

Ketangguhan merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

g. Kegetasan (*brittleness*)

Kegetasan adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanen. Material yang getas ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi regangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

h. Kelelahan (*fatigue*)

Kelelahan merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastiknya (Hidayat, 2019).

## 2.2.6 Baja

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian, atau penempaan. Karena penggunaannya sangat luas, maka berbagai pihak sering mengklasifikasikan baja antara lain menurut cara pembuatannya, penggunaannya, kekuatannya, menurut struktur mikronya, dan menurut komposisi kimianya. Menurut komposisi kimianya

baja dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan.

Baja karbon juga mengandung unsur lain selain besi dan karbon, seperti mangan, silikon, dan unsur-unsur lainnya seperti fosfor dan sulfur. Secara garis besar baja karbon dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Baja karbon rendah : Kadar karbon (C)  $< 0.30\%$
- b. Baja karbon sedang : Kadar karbon (C)  $< 0.30 - 0.70 \%$
- c. Baja karbon tinggi : Kadar karbon (C)  $< 0.70 - 1.40\%$

Baja paduan adalah baja yang dibentuk sesuai dengan tujuan yang diinginkan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik ataupun sifat dasar pada baja tersebut yang disesuaikan dengan unsur dasar pada baja tersebut. Baja paduan terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. Baja paduan rendah (unsur paduan khusus  $< 8.0 \%$ ),
- b. Baja paduan tinggi (unsur paduan khusus  $> 8.0 \%$ ).

Baja ST-37 adalah baja karbon sedang yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon (C) :  $0.5 \%$ , Mangan (Mn) :  $0.8 \%$ , Silikon (Si) :  $0.3 \%$  ditambah unsur lainnya dan memiliki kekerasan  $\pm 170$  HB dan kekuatan tarik  $650 - 800$  N/mm<sup>2</sup>. Secara umum, baja ST-37 dapat digunakan langsung tanpa mengalami perlakuan panas, kecuali jika diperlukan pemakaian khusus (Kirono & Amri, 2011).

### 2.2.7 Mobil listrik

Mobil listrik atau molis adalah salah satu jenis mobil yang memanfaatkan energi listrik yang disimpan dalam baterai sebagai bahan bakar utama. Molis diharapkan mampu mengurangi penggunaan bahan bakar hasil minyak bumi secara signifikan di masa kini dan masa depan nanti. Beberapa kelebihan molis dengan mobil berbahan bakar cair adalah suara yang halus, tidak berbau, dan bebas dari asap (Hasanuddin dkk, 2019).

### 2.2.8 Rangka kendaraan

Rangka merupakan komponen yang berfungsi untuk menopang berat kendaraan, mesin, serta penumpang, sehingga rangka harus memiliki sifat yang kuat, ringan, kokoh, dan tahan terhadap getaran atau guncangan yang akan diterima dari kondisi jalanan (Fuad, 2015). Biasanya rangka terbuat dari kerangka baja yang

memegang bodi dan *engine* dari sebuah kendaraan. Saat proses manufaktur bodi kendaraan dibentuk sesuai dengan struktur rangkanya. Rangka mobil biasanya terbuat dari logam ataupun komposit. Material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. Rangka juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap rigid, kaku, dan tidak mengalami *bending*. Ada beberapa jenis rangka tergantung pada jenis kendaraan dan kegunaannya, tentunya masing-masing jenis rangka tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan (Fadila & Syam, 2013).

#### 2.2.9 Tubular space frame

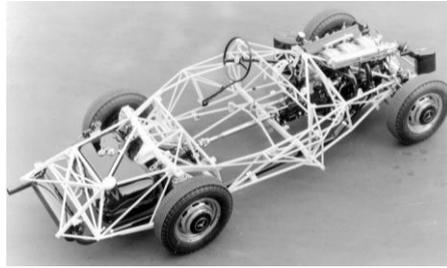
*Tubular space frame* adalah salah satu jenis rangka terbaik yang dikenal dengan kekuatan luluh yang bagus, kekakuan torsional, ketahanan beban berat, dan ketahanan terhadap beban *impact* yang lebih baik. *Frame* jenis ini juga mudah untuk dirancang, namun cukup sulit dalam hal konstruksinya. Pengaplikasian jenis *tubular frame chassis* sangat cocok diterapkan pada jenis kendaraan ringan atau mobil balap, contohnya pada mobil balap *Formula SAE*.



**Gambar 2. 7** *Tubular space frame* (Fadila & Syam, 2013)

Struktur jenis ini sangat penting untuk memastikan semua bidang sepenuhnya triangulasi sehingga elemen balok dasarnya dimuat dalam ketegangan atau kompresi. Beberapa hambatan lentur dan torsi akan terjadi pada sambungan lasnya, dengan mengandalkan pembatasan tersebut akan membuat struktur jauh lebih kaku.

*Tubular space frame* memakai berbagai macam pipa *circular* dan *square tube* agar mudah disambung, meskipun begitu bentuk *circular* memiliki kekuatan yang besar. Posisinya yang berbagai arah menghasilkan kekuatan mekanikal untuk melawan gaya dari berbagai arah. Pipa tersebut dilas sehingga terbentuk struktur yang kompleks (Isworo dkk, 2019).



**Gambar 2. 8** Penggunaan *tubular space frame* ([www.gridoto.com/](http://www.gridoto.com/))

#### 2.2.10 Prosedur perhitungan mekanika teknik

Tahap ini akan dilakukannya perhitungan terhadap bagian-bagian pada rangka. Berikut ini merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung bagian-bagian rangka Mobil Listrik Wijayakusuma 01 :

- a. Menghitung gaya yang bekerja.
- b. Menghitung beban merata.
- c. Menghitung beban terpusat.
- d. Menghitung jarak momen maksimal.
- e. Menghitung reaksi pada titik tumpu.
- f. Menghitung momen maksimal.
- g. Menghitung inersia.
- h. Menghitung tegangan maksimal.
- i. Menghitung tegangan ijin.

#### 2.2.11 Faktor keamanan

Faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi kewanatan dari suatu bagian mesin. Sebuah elemen mesin diberi efek yang berupa gaya, momen puntir, momen lentur, kemiringan, lendutan, atau distorsi yang dinotasikan dengan  $F$ . Apabila nilai  $F$  dinaikan sampai suatu besaran tertentu maka akan mengganggu kemampuan bagian mesin tersebut untuk melakukan fungsinya.

Nilai faktor keamanan yang digunakan dalam skala industri adalah minimal 4. Adapun pedoman untuk menentukan faktor keamanan suatu struktur yang akan dirancang dapat menggunakan aturan berikut :

- a.  $sf = 1,25 - 2$ , digunakan untuk perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk semua data

perancangan.

- b.  $sf = 2 - 2,5$ , digunakan untuk perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.
- c.  $sf = 2,5 - 4$  digunakan untuk perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.
- d.  $sf = 4$  atau lebih, digunakan untuk perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan (Arifin, 2019).

#### 2.2.12 Simulasi pengujian pada rangka

Simulasi pembebanan pada rangka ini menggunakan *software SolidWorks* dengan menggunakan fitur *SolidWorks Simulation* dengan pemilihan simulasi statis atau simulasi beban diam atau tidak bergerak guna mengetahui ketahanan dari hasil perancangan rangka yang telah dibuat terhadap beban yang diakibatkan oleh komponen pada rangka. Hasil dari simulasi pembebanan ini berupa gambaran defleksi yang terjadi pada rangka dan grafik *stress* atau tegangan.

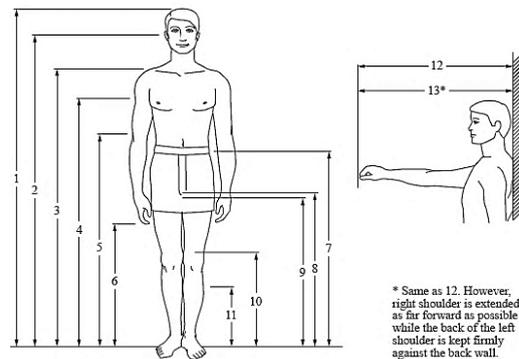
#### 2.2.13 Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari mengenai sifat dan keterbatasan manusia yang digunakan untuk merancang sistem kerja, sehingga sistem tersebut dapat bekerja dengan baik. Aplikasi ilmu ergonomi dapat pula dikatakan bahwa dapat membentuk kondisi yang efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien. Ergonomi tidak terbatas hanya pada rancangan kursi yang baik atau meja yang ergonomis saja, melainkan jauh lebih luas, yakni merancang metode, alat, dan sistem kerja sesuai dengan manusianya (pekerja) atau dikenal dengan istilah *Human Centered Design*.

##### a. Standar ukuran manusia

Manusia lahir dalam bentuk dan ukuran yang berbeda-beda, sehingga penting bahwa data antropometrik memberikan berbagai dimensi. Langkah-langkah dari manusia dipresentasikan sebagai distribusi normal.

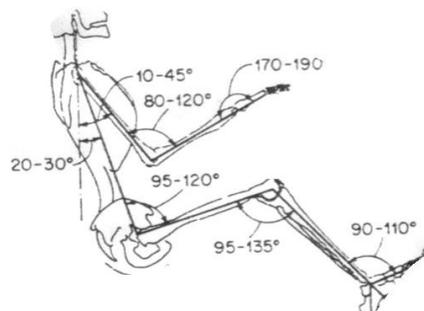
Data antropometri khas tersebut diberikan standar oleh MIL-STD (*Military Standart*) 1472F (Shantika dkk, 2017).



**Gambar 2. 9** Standar ukuran manusia berdasarkan MIL-STD 1472F (Shantika dkk, 2017)

b. Posisi duduk

Faktor ergonomi juga memiliki peran penting demi kenyamanan pengemudi selama duduk mengoperasikan mobil yang sedang dikendarai. Pengemudi harus memiliki ruang yang cukup (25 - 30 cm atau 10 - 12 *inchi*) antara roda kemudi dan dada (tulang dada) agar sabuk pengaman dan kantong udara dapat memberikan perlindungan keselamatan maksimal jika terjadi kecelakaan. Bagian roda kemudi tidak boleh mengganggu gerakan kaki atau membentur lutut saat masuk dan keluar dari kendaraan atau saat mengemudikan dan mengoperasikan pedal (CCOHS, 2023).



**Gambar 2. 10** Sudut badan yang ideal saat mengemudi (A, Bagus dkk, 2016)